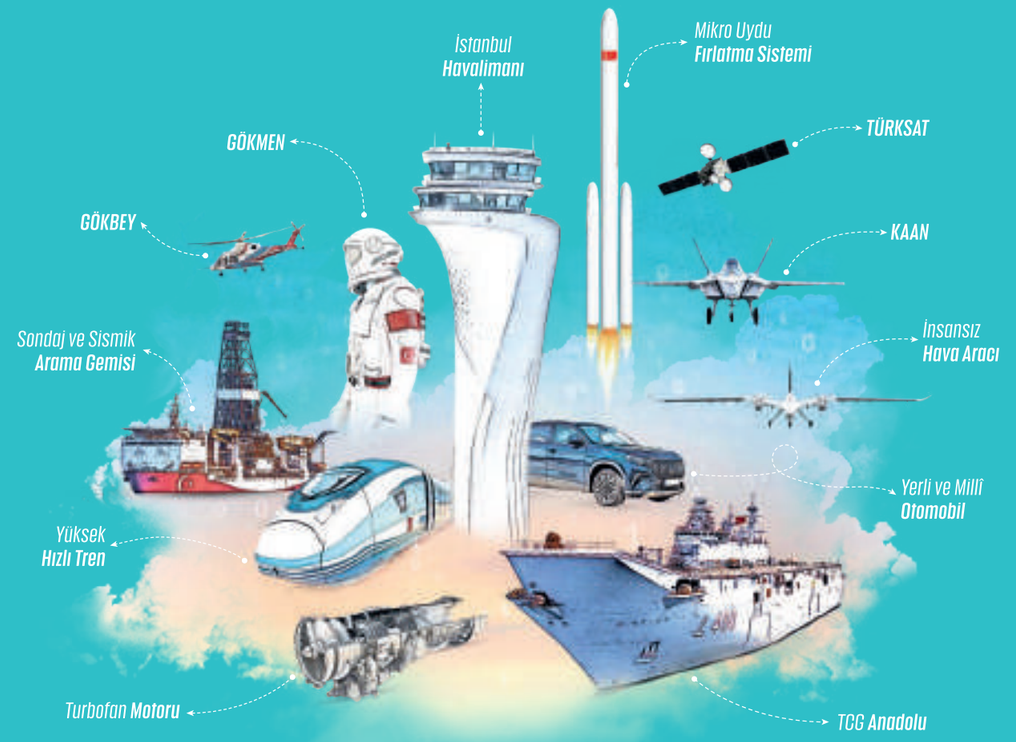
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-8792-5

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI AYDINLATMA VE KONTROLÜ 11-12 DERS MATERYALİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI

AYDINLATMA VE KONTROLÜ

DERS MATERYALİ

11-12



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI

AYDINLATMA VE KONTROLÜ

11-12

DERS MATERYALİ

Yazarlar

Dr. Zafer ÖZTÜRK

Gökhan BOZTARLA

Özkan ERDEM

Yalçın TIRAŞ

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .....: 9867
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ .....: 3319

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı
Zülfü MUTLU

Program Geliştirme Uzmanı
Fulya ÖLKEN

Rehberlik Uzmanı
Serpil GÜLER

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Hatice GÜRDİL

Görsel Tasarım Uzmanı
Tümay ALDEMİR

ISBN: 978-975-11-8792-5

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

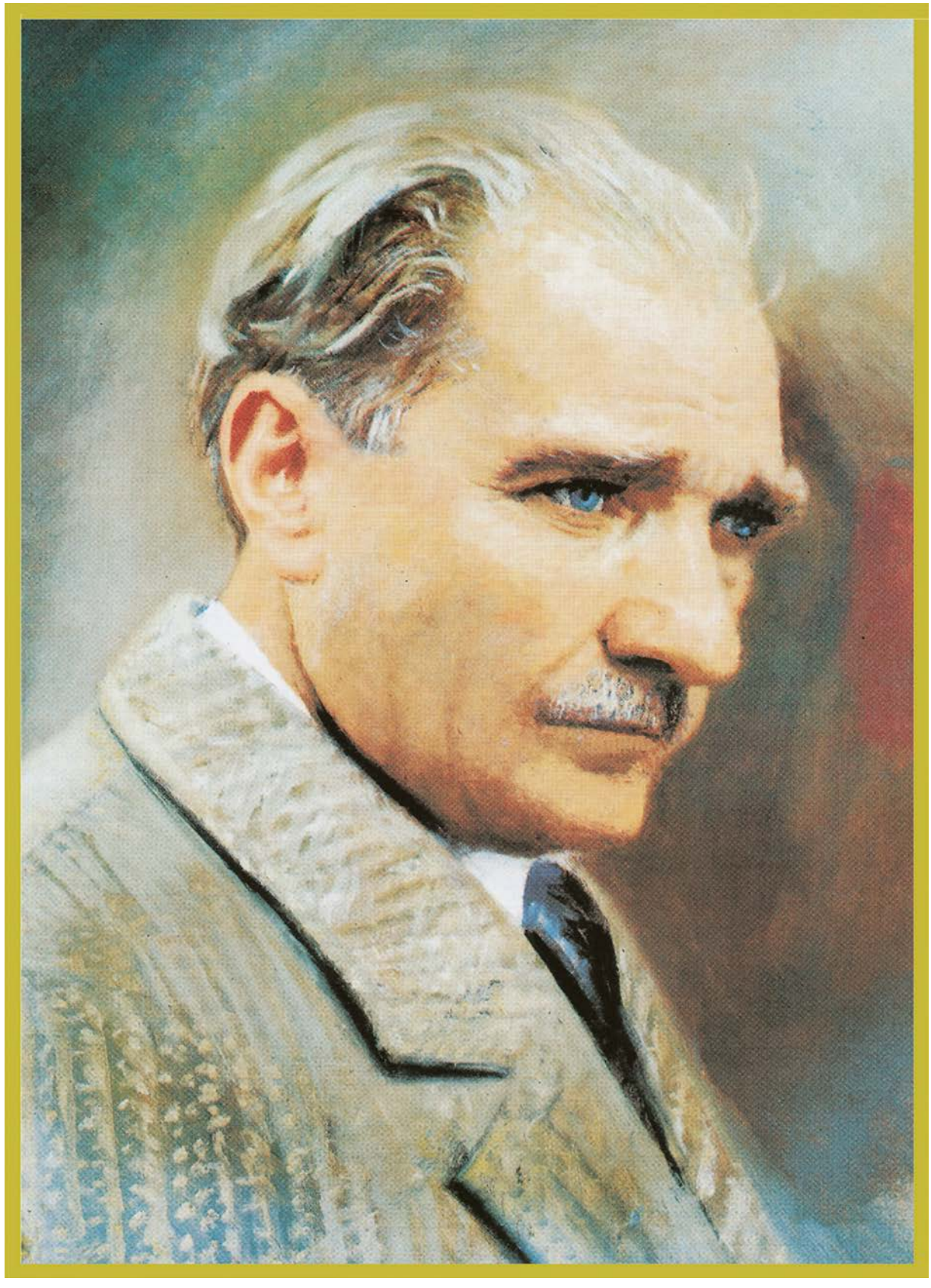
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI 14

1. ÖĞRENME BİRİMİ: AYDINLATMANIN TANIMI, AMACI VE TÜRLERİ 16

1.1. AYDINLATMANIN TEMEL KAVRAMLARI 18

1.2. AMACI BAKIMINDAN AYDINLATMA TÜRLERİ 18
1.2.1. Amacına Göre Aydınlatma Türleri 19
1.2.2. Aydınlatma Türlerinin Karşılaştırılması 19
1.2.3. Aydınlatma Yöntemleri 21

1.3. IŞIK KÖKENİ BAKIMINDAN AYDINLATMA TÜRLERİ 21
1.3.1. Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması 22
1.3.2. Aydınlatmanın Sınıflandırılması 24

1.4. AYDINLATILAN YERE GÖRE AYDINLATMA TÜRLERİ 24

1.5. IŞIK KİRLİLİĞİ 25
1.5.1. Işık Kirliliğinin Nedenleri 26
1.5.2. Işık Kirliliğinin Olumsuz Etkileri 26
1.5.3. Işık Kirliliğini Oluşturan Kaynaklar 28
1.5.4. Işık Kirliliğinin Ölçülmesi 28
1.5.5. Işık Kirliliğinin Önlenmesi 28

1.6. AYDINLATMANIN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ 29

UYGULAMA PROJELERİ 30

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 32

2. ÖĞRENME BİRİMİ: IŞIK VE GÖRME OLAYI 34

2.1. FOTOMETRİK BÜYÜKLÜKLER 40
2.1.1. Işık Akısı (Flux-ϕ) 40
2.1.2. Uzay Açı (Ω) 41
2.1.3. Işık Şiddeti (I) 42
2.1.4. C-γ Koordinat Sistemi ve Işık Dağılım Eğrileri 43
2.1.5. Aydınlık Şiddeti (Aydınlık Düzeyi) (E) 45
2.1.6. Parıltı (Işıklılık) (L) 46
2.1.7. Işık Miktarı (Q) 46
2.1.8. Etkinlik Faktörü (Işıksal Verim) (η, EF) 47
2.1.9. Renksel Geri Verim Endeksi (Ra, CRI) 48
2.1.10. Düzgünlük Faktörü (DF) 48
2.1.11. Yansıtma Faktörü (ρ) 48
2.1.12. Ekonomik Ömür (N_{eco}) 49
2.1.13. Ortalama Ömür (N_{ort}) 49
2.1.14. Nominal Kullanım Ömrü (N_{use}) 49
2.1.15. Renk Sıcaklığı (RS) 48
2.1.16. Fotometrik Işıntı (R) 50
2.1.17. Fotoğrafik Uyarma (U) 50
2.1.18. Fotometrik Yasalar 1 (Kosinüs Yasası) 50
2.1.19. Fotometrik Yasalar 2 (Uzaklıkların Karesi ile Ters Orantı Yasası) 51
2.1.20. Fotometrik Yasalar 3 (Lambert Yasası)) 52
2.1.21. Fotometrik Yasalar 4 [Talbot (Işığı Zayıflatma) Yasası] 52

2.2. IŞIK ÜRETİMİNİN TEMELLERİ 54
2.2.1. Termik Işık Üretimi 54
2.2.2. Deşarja Dayanan (Luminesan) Işık Üretimi 54
2.2.3. Endüksiyon Yoluyla Işık Üretimi 54
2.2.4. Elektrolüminesan Işık Üretimi 54

2.3. FİZYOLOJİK OPTİK ESASLAR **55**
2.3.1. Gözün Eşik Değerleri 55
2.3.2. Gözün Nesneyi Görme Açısı (Ricco Yasası) 56
2.3.3. Gözün Nesneyi Görme Doğrultusu (Mesafesi) 56
2.3.4. Işık Uyarımı ve Etki Süresi 57
2.3.5. Adaptasyon 57
2.3.6. Kontrast Duyarlılığı 58
2.3.7. Nesnenin Duyarlılığı (Keskinliği, Seçicilik Derecesi) 59
2.3.8. Kamaşma 59
2.3.9. Parıltı Oranı ve Parıltı Farkı 60
2.3.10. Gözün Görme Hızı ve Kritik Titreme Frekansı 60
2.3.11. Gölgeler (Karanlık Alanlar) 60
2.3.12. Renk ve Renk Duyarlılığı 61

UYGULAMA TEMRİNLERİ **73**
UYGULAMA PROJESİ **84**
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME **86**

3. ÖĞRENME BİRİMİ: LAMBALAR **88**

3.1. LAMBA ÇEŞİTLERİ **90**
3.1.1. Akkor Flamanlı (Enkandesan) Lambalar 90
3.1.2. Floresan (Alçak Basınçlı Cıva Buharlı) Lambalar 92
3.1.3. Tasarruflu (Kompakt Floresan) Lambalar 94
3.1.4. Halojen Lambalar 96
3.1.5. Gazlı Deşarjlı Lambalar 97
3.1.6. Fiber Optik Aydınlatma 103
3.1.7. Lambaların Karşılaştırılması 103

3.2. LAMBALARIN EKONOMİK ÖMRÜ **107**
3.2.1. Gerilim 108
3.2.2. Sıcaklık 108
3.2.3. Titreşim 109
3.2.4. Su veya Nem 109
3.2.5. Döngü Sayısı 109

3.3. LAMBALARIN IŞIK RENGİ ÖZELLİKLERİ **110**
3.3.1. Renk Sıcaklığı ve Renksel Geri Verim İndeksinin İnsan Üzerindeki Etkileri 110
3.3.2. Lambaların Işık Renk Özelliklerinin Karşılaştırılması 111

3.4. LAMBALARIN DUYLARI **112**
3.4.1. Vidalı (E Tipi) Duyları 112
3.4.2. Bayonet (B Tipi) Duylar 113
3.4.3. Çubuk Enkandesan (S Tipi) Duylar 114
3.4.4. İğne Bacaklı (G Tipi) Duylar 115
3.4.5. Yuvalı (R 7s Tipi) Duylar 115

UYGULAMA TEMRİNLERİ **118**
UYGULAMA PROJELERİ **136**
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME **140**

4. ÖĞRENME BİRİMİ: AYDINLATMA ARMATÜRLERİ **142**

4.1. ARMATÜR BİLEŞENLERİ **145**

4.2. ARMATÜRLERİN ELEKTRİKSEL SINIFLANDIRILMASI **145**
4.2.1. Elektrik Sınıfı 0 (Class0) 145
4.2.2. Elektrik Sınıfı 1 (Class1) 146
4.2.3. Elektrik Sınıfı 2 (Class2) 146

4.2.4. Elektrik Sınıfı 3 (Class3) ... 147
4.2.5. Elektrik Sınıflarının Karşılaştırılması ... 148

4.3. MONTAJ TİPİNE GÖRE ARMATÜRLER ... 148

4.4. ARMATÜRLERİN SIZDIRMAZLIK (IP) VE DARBE DAYANIMINA (IK) GÖRE SINIFLANDIRILMASI ... 167
4.4.1. Armatürlerin Sızdırmazlığa (IP) Göre Sınıflandırılması ... 167
4.4.2. Armatürlerin Darbe Dayanımına (IK) Göre Sınıflandırılması ... 169

4.5. DİREKT VE ENDİREKT AYDINLATMA ARMATÜRLERİ ... 171

4.6. ARMATÜRLERİN ÜRETİM ONAY TESTLERİ ... 173
4.6.1. Topraklama Direnci ve Meger Ölçü Aleti ... 173
4.6.2. Topraklama Sürekliliği ... 174
4.6.3. Fonksiyon Testi ... 175
4.6.4. Yalıtım Testi ... 175

UYGULAMA TEMRİNLERİ ... 176
UYGULAMA PROJESİ ... 188
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ... 194

5. ÖĞRENME BİRİMİ: LED TEKNOLOJİSİNİN AYDINLATMADA KULLANIMI 196

5.1. LED'LERİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ ... 198
5.1.1. LED Kavramı ve Tarihçesi ... 198
5.1.2. LED'lerin Özellikleri ... 198
5.1.3. LED'lerin Çeşitleri, Yapısı ve Çalışması ... 199
5.1.4. LED'lerde Ön Direnç Hesaplama ... 205
5.1.5. LED'lerin Kullanım Alanları ... 206
5.1.6. LED'lerin Diğer Işık Kaynaklarına Göre Avantajları ... 207
5.1.7. LED'lerin Diğer Işık Kaynaklarına Göre Dezavantajları ... 207

5.2. LED LAMBALARIN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ ... 208
5.2.1. LED Çipli Lambalar (Şerit LED'ler) ... 208
5.2.2. LED Ampuller (Akkor Tipli) ... 214
5.2.3. LED Filament (LED Rustik) Ampuller ... 214
5.2.4. LED Bar Lambalar (Floresan Tipli) ... 215
5.2.5. LED Torch Lambalar ... 215
5.2.6. LED Mum (Candle) Lambalar ... 216
5.2.7. LED Spot Lambalar ... 216
5.2.8. LED PL Lambalar ... 216
5.2.9. LED Projektör ... 217
5.2.10. LED Panel Armatür ... 217
5.2.11. LED Etanj Armatür ... 218
5.2.12. LED Bant Armatür ... 218
5.2.13. LED Avize Armatürler ... 218
5.2.14. LED Lamba ve Armatürlerin Karşılaştırılması ... 219
5.2.15. Işık Dağılım Eğrileri ... 219

5.3. LED'LERDE AKIM VE GERİLİM İLİŞKİSİ ... 225
5.3.1. Sabit Akım Esasına Göre Modül Oluşturma İşlemi ... 225
5.3.2. Sabit Gerilim Esasına Göre Modül Oluşturma İşlemi ... 229

5.4. LED'LERDE AKIM VE ISI İLİŞKİSİ ... 232
5.4.1. Soğutucu ve PCB Seçimi ... 233
5.4.2. Isı Etkisine Göre LED'lerin Çalışma Sürelerinin Belirlenmesi ... 236

5.5. LED'LERDE ISI YÖNETİMİ ... 237
5.5.1. LED'lerde Kullanılacak Soğutucunun Ebat ve Tipleri ... 238
5.5.2. LED'lerde Kullanılacak Soğutucunun Montajı ... 240

5.6. LED PCB MODÜLLERİ ... 242

5.6.1. CEM PCB Modülleri ... 243
5.6.2. FR4 PCB Modülleri ... 245
5.6.3. Alüminyum PCB Modülleri ... 245
5.6.4. Esnek PCB Modülleri ... 246

5.7. LED MODÜLLERİNİN BAĞLANTI ŞEKİLLERİ ... 247
5.7.1. LED Modüllerinin Seri Bağlantısı ... 249
5.7.2. LED Modüllerinin Paralel Bağlantısı ... 251
5.7.3. LED Modüllerinin Karışık Bağlantısı ... 252

5.8. LED'Lİ ARMATÜR BİLEŞENLERİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR ... 254
5.8.1. Sürücü ile LED Modül Arasındaki Gerilim Düşümü ... 256
5.8.2. Şerit-Lineer LED Modüllerde Gerilim Düşümü ... 257

5.9. LED MODÜL BİLEŞENLERİNİN NİTELİK KONTROLLERİ ... 259
5.9.1. Renk Gruplama ... 260
5.9.2. Işık Akısı Gruplama ... 260
5.9.3. Gerilim Gruplama ... 260
5.9.4. Sıcaklık Gruplama ... 260

UYGULAMA TEMRİNLERİ ... 262
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ... 267

6. ÖĞRENME BİRİMİ: LED SÜRÜCÜLER 336

6.1. LED SİSTEMİNE GÖRE SÜRÜCÜ SEÇİMİ ... 338
6.1.1. LED Sürücü Maliyetleri ve Kullanım Ömrü ... 338
6.1.2. Sürücü Verimliliği ve Sürücünün Ortam Sıcaklığı ... 339
6.1.3. Sürücüde Akım, Gerilim ve Güç İlişkisi ... 340
6.1.4. IP (Ingress Protection) Koruma Seviyeleri ... 341
6.1.5. Power Factor (PF) Güç Faktörü ... 342
6.1.6. Dim Edilebilirlik ... 342
6.1.7. Uzaktan Kontrol Edilebilirlik ... 343

6.2. SABİT GERİLİM SÜRÜCÜLERİ ... 344

6.3. SABİT AKIM SÜRÜCÜLERİ ... 347

UYGULAMA TEMRİNLERİ ... 349
UYGULAMA PROJELERİ ... 366
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ... 370

7. ÖĞRENME BİRİMİ: LED'LERDE VERİMLİLİK 372

7.1. LED ÇİPİNDE VERİMLİLİK ... 374
7.1.1. SMD LED'ler ... 374
7.1.2. Power LED'ler ... 374

7.2. LED MODÜLÜNDE VERİMLİLİK ... 379
7.2.1. LED Modüllerinde Verimliliği Etkileyen Faktörler ... 379
7.2.2. LED Modüllerinde Verimlilik Hesabı ... 380

7.3. LED SÜRÜCÜLERİNDE VERİMLİLİK ... 382

7.4. LED LAMBA VE ARMATÜRLERDE VERİMLİLİK ... 385

UYGULAMA TEMRİNLERİ ... 386
UYGULAMA PROJELERİ ... 391
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME ... 404

8. ÖĞRENME BİRİMİ: AYDINLATMADA KONTROL 410

8.1. AYDINLATMADA KULLANILAN SENSÖRLER 412
8.1.1. Fotoseller (Foto Dirençli Sensörler) 413
8.1.2. Hareket Sensörleri (PIR Dedektörleri) 414
8.1.3. Zaman Röleleri 415
8.1.4. Renk Sensörleri 418
8.1.5. Ses Sensörleri 419
8.1.6. Dokunmatik Sensörler 420

8.2. DİMMERLER (IŞIK KISICILAR, LOŞLAŞTIRICILAR) 422
8.2.1. Manuel Dimmerler (Dimmer Anahtarlar) 422
8.2.2. RF Kumandalı Dimmerler 422
8.2.3. IR Kumandalı Dimmerler 424
8.2.4. Bluetooth Dimmerler 424
8.2.5. Wi-Fi Dimmerler 426
8.2.6. Sinyal Yükselticiler (Repeaterler) 427

8.3. AYDINLATMA KONTROL CİHAZLARI 429
8.3.1. RGB Kontrol Cihazları 429
8.3.2. LED Sinyal Yükselticiler 434

8.4. MİKRO KONTROLÖRLER 436
8.4.1. Mikro Kontrolör ve Besleme Devresi Tasarımı 436
8.4.2. Mikro Kontrolörle LED Besleme Bağlantıları 436
8.4.3. Mikro Kontrolörle LED Kontrolü 437
8.4.4. Mikro Kontrolörlü Dimmer 438
8.4.5. Mikro Kontrolörle RGB LED ve Ton Kontrolü 441
8.4.6. Mikro Kontrolörle Piksel Kontrolü 444

8.5. AKILLI AYDINLATMA KONTROL CİHAZLARI 446
8.5.1. Piksel Kontrol Cihazları 446
8.5.2. DALI Kontrol Sistemleri 449
8.5.3. DMX Kontrol Sistemleri 457
8.5.4. KNX Kontrol Sistemleri 463

UYGULAMA TEMRİNLERİ 478
UYGULAMA PROJESİ 540
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 550

EKLER 550

EK A.1. LED LAMBA (AKKOR TİPLİ) TEKNİK BİLGİLER 550
EK A.2. LED PROJEKTÖRLER İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER 551
EK A.3. LED PL LAMBA TEKNİK BİLGİLER 552
EK A.4. LED SPOT LAMBA TEKNİK BİLGİLER 552
EK A.5. LED TORCH LAMBA TEKNİK BİLGİLER 553
EK A.6. LED CANDLE (MUM) LAMBA TEKNİK BİLGİLER 553
EK A.7. LED FİLAMENT (RUSTİK) LAMBA TEKNİK BİLGİLER 554
EK A.8. FLORESAN LED (LED BAR) LAMBA TEKNİK BİLGİLER 554
EK A.9. LAMBALARIN KARŞILAŞTIRILMASI 555

CEVAP ANAHTARLARI 557
KAYNAKÇA 559

DERS MATERYALİNİN TANITIMI



Öğrenme biriminde yer alan konuları gösterir.

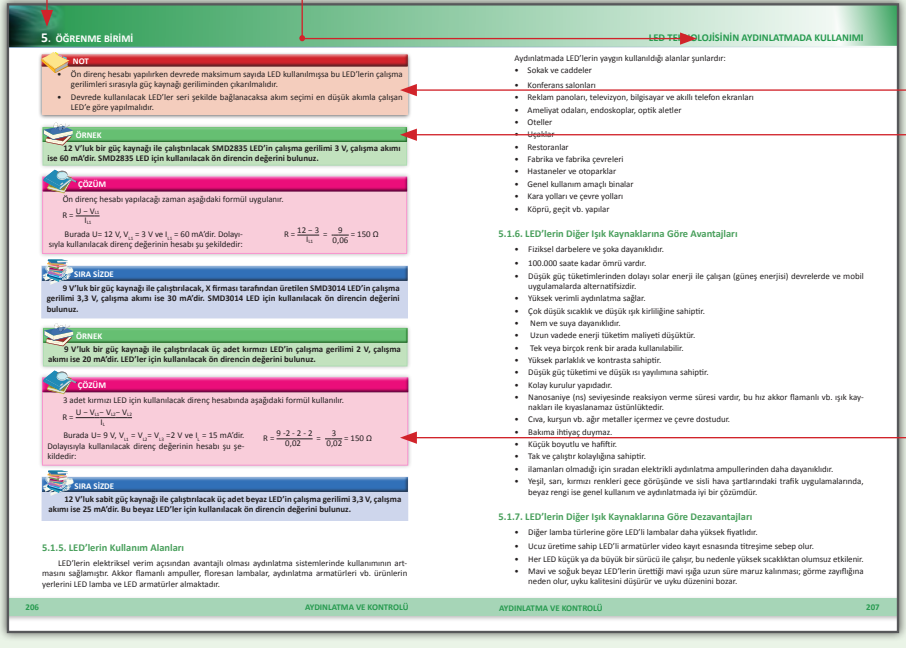
Öğrenme biriminde yer alan temel kavramları gösterir.

Derse başlamadan önce yapılacak hazırlıkları gösterir.

Karekod okuyucu ile taratılarak resim, video, soru çözümleri vb. ilave kaynaklara ulaşılabilecek karekod bölümüdür.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.



Öğrenme biriminde yer alan notları gösterir.

Konunun pekiştirilmesi için hazırlanmış olan örnek soru çözümlerini gösterir.

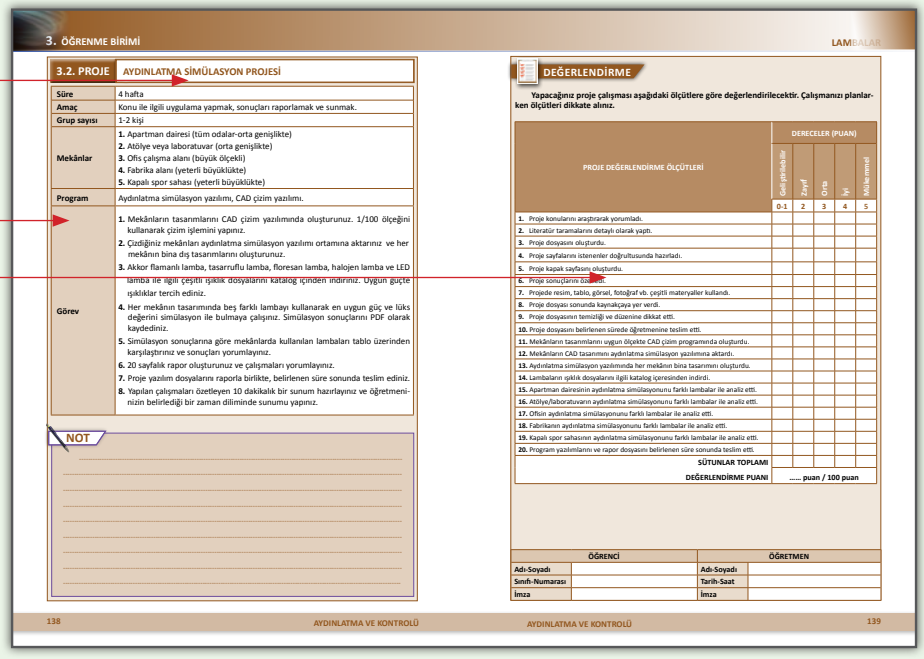
Konu ile ilgili dikkat çekici bilgi ve çözümler içerir.

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Proje başlığını gösterir.

Projedeki görev sırasını gösterir.

Projedeki değerlendirme ölçeğini gösterir.



3. ÖĞRENME BİRİMİ — LAMBALAR

3.2. PROJE — AYDINLATMA SİMÜLASYON PROJESİ

Süre	4 hafta
Amaç	Konu ile ilgili uygulama yapmak, sonuçları raporlamak ve sunmak.
Grup sayısı	1-2 kişi
Mekânlar	1. Apartman dairesi (tüm odalar-orta genişlikte) 2. Atölye veya laboratuvar (orta genişlikte) 3. Ofis çalışma alanı (büyük ölçekli) 4. Fabrika alanı (yeterli büyüklükte) 5. Kapalı spor sahası (yeterli büyüklükte)
Program	Aydınlatma simülasyon yazılımı, CAD çizim yazılımı.
Görev	1. Mekânların tasarımlarını CAD çizim yazılımında oluşturunuz. 1/100 ölçeğini kullanarak çizim işlemini yapınız. 2. Çizdiğiniz mekânları aydınlatma simülasyon yazılımı ortamına aktarınız ve her mekânın bina dış tasarımlarını oluşturunuz. 3. Akkor flamanlı lamba, tasarruflu lamba, floresan lamba, halojen lamba ve LED lamba ile ilgili çeşitli ışıklık dosyalarını katalog içinden indiriniz. Uygun güçte ışıklıklar tercih ediniz. 4. Her mekânın tasarımında beş farklı lambayı kullanarak en uygun güç ve lüks değerini simülasyon ile bulmaya çalışınız. Simülasyon sonuçlarını PDF olarak kaydediniz. 5. Simülasyon sonuçlarına göre mekânlarda kullanılan lambaları tablo üzerinden karşılaştırınız ve sonuçları yorumlayınız. 6. 20 sayfalık rapor oluşturunuz ve çalışmaları yorumlayınız. 7. Proje yazılım dosyalarını raporla birlikte, belirlenen süre sonunda teslim ediniz. 8. Yapılan çalışmaları özetleyen 10 dakikalık bir sunum hazırlayınız ve öğretmeninizin belirlediği bir zaman diliminde sunumu yapınız.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Çok yetersiz	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Proje konularını araştırarak yorumladı.					
2. Literatür taramalarını detaylı olarak yaptı.					
3. Proje dosyasını oluşturdu.					
4. Proje sayfalarını istenenler doğrultusunda hazırladı.					
5. Proje kapak sayfasını oluşturdu.					
6. Proje sonuçlarını özetledi.					
7. Projede resim, tablo, görsel, fotoğraf vb. çeşitli materyaller kullandı.					
8. Proje dosyası sonunda kaynakçayı yer verdi.					
9. Proje dosyasının temizliği ve düzenine dikkat etti.					
10. Proje dosyasını belirlenen sürede öğretmenine teslim etti.					
11. Mekânların tasarımlarını uygun ölçekte CAD çizim programında oluşturdu.					
12. Mekânların CAD tasarımını aydınlatma simülasyon yazılımına aktardı.					
13. Aydınlatma simülasyon yazılımında her mekânın bina tasarımını oluşturdu.					
14. Lambaların ışıklık dosyalarını ilgili katalog içeresinden indirdi.					
15. Apartman dairesinin aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
16. Atölye/laboratuvarın aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
17. Ofisin aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
18. Fabrikanın aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
19. Kapalı spor sahasının aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
20. Program yazılımlarını ve rapor dosyasını belirlenen süre sonunda teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	..... puan / 100 puan				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		Adı-Soyadı	
Sınıfı-Numarası		Tarih-Saat	
İmza		İmza	

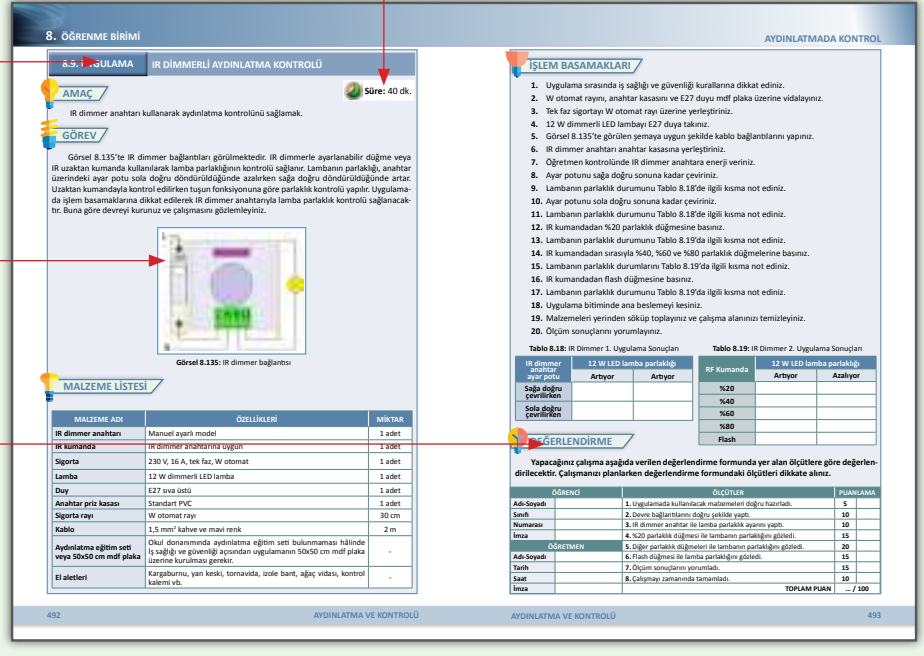
138 AYDINLATMA VE KONTROLÜ — AYDINLATMA VE KONTROLÜ 139

Öğrenme biriminde uygulama süresini gösterir.

Öğrenme biriminde yer alan uygulama sırasını gösterir.

Öğrenme birimi ile ilgili görselleri gösterir.

Uygulamanın değerlendirme ölçütlerini ve puanlamayı gösterir.



8. ÖĞRENME BİRİMİ — AYDINLATMADA KONTROL

8.5. UYGULAMA — IR DİMMERLİ AYDINLATMA KONTROLÜ

AMAÇ

Süre: 40 dk.

IR dimmer anahtarı kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.135'te IR dimmer bağlantıları görülmektedir. IR dimmerle ayarlanabilir düğme veya IR uzaktan kumanda kullanılarak lamba parlaklığının kontrolü sağlanır. Lambanın parlaklığı, anahtar üzerindeki ayar potu sola doğru döndürüldüğünde azalırken sağa doğru döndürüldüğünde artar. Uzaktan kumandayla kontrol edilirken tuşun fonksiyonuna göre parlaklık kontrolü yapılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek IR dimmer anahtarıyla lamba parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.

Görsel 8.135: IR dimmer bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
IR dimmer anahtarı	Manuel ayarlı model	1 adet
IR kumanda	IR dimmer anahtarına uygun	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W dimmerli LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm² kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, anahtar kasasını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W dimmerli LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.135'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. IR dimmer anahtarı anahtar kasasına yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde IR dimmer anahtara enerji veriniz.
8. Ayar potunu sağa doğru sonuna kadar çeviriniz.
9. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.18'de ilgili kısma not ediniz.
10. Ayar potunu sola doğru sonuna kadar çeviriniz.
11. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.18'de ilgili kısma not ediniz.
12. IR kumandadan %20 parlaklık düğmesine basınız.
13. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.19'da ilgili kısma not ediniz.
14. IR kumandadan sırasıyla %40, %60 ve %80 parlaklık düğmelerine basınız.
15. Lambanın parlaklık durumlarını Tablo 8.19'da ilgili kısma not ediniz.
16. IR kumandadan flash düğmesine basınız.
17. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.19'da ilgili kısma not ediniz.
18. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
19. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
20. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.18: IR Dimmer 1. Uygulama Sonuçları

IR dimmer anahtar ayar potu	12 W LED lamba parlaklığı	
	Artıyor	Artıyor
Sağa doğru çevrilirken		
Sola doğru çevrilirken		

Tablo 8.19: IR Dimmer 2. Uygulama Sonuçları

RF Kumanda	12 W LED lamba parlaklığı	
	Artıyor	Azalıyor
%20		
%40		
%60		
%80		
Flash		

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		1. Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		2. Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	10	
Numarası		3. IR dimmer anahtar ile lamba parlaklık ayarını yaptı.	10	
İmza		4. %20 parlaklık düğmesi ile lambanın parlaklığını gözledi.	15	
ÖĞRETMEN		5. Diğer parlaklık düğmeleri ile lambanın parlaklığını gözledi.	20	
Adı-Soyadı		6. Flash düğmesi ile lamba parlaklığını gözledi.	15	
Tarih		7. Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	15	
Saat		8. Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

492 AYDINLATMA VE KONTROLÜ — AYDINLATMA VE KONTROLÜ 493



1. ÖĞRENME BİRİMİ

AYDINLATMANIN TANIMI, AMACI VE TÜRLERİ

KONULAR

1.1. AYDINLATMANIN TEMEL KAVRAMLARI
1.2. AMACI BAKIMINDAN AYDINLATMA TÜRLERİ
1.3. IŞIK KÖKENİ BAKIMINDAN AYDINLATMA TÜRLERİ
1.4. AYDINLATILAN YERE GÖRE AYDINLATMA TÜRLERİ
1.5. IŞIK KİRLİLİĞİ
1.6. AYDINLATMANIN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

doğal aydınlatma, ışık kirliliği, ışık rengi, ışık titreşimi, iç aydınlatma, kandela, lüks, lümen, renksel geri verim indeksi, stroboskopik etki, yapay aydınlatma

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Kötü aydınlatmanın insan yaşamına etkilerini sınıfta tartışınız.
2. Işık kirliliği kavramı size neyi ifade ediyor? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.



1.1. AYDINLATMANIN TEMEL KAVRAMLARI

Işık kaynağı kullanılarak nesnelerin, nesnelerin çevrelerinin, ufak veya geniş bölgelerin görülebilir kılınmasına ve cisme estetik bir görünüm kazandırılmasına **aydınlatma** denir. Aydınlatma, yaşamın hemen her alanında kullanılır. Görsel 1.1'de bir alışveriş merkezinin iç ve dış aydınlatması görülmektedir.



Görsel 1.1: Alışveriş merkezinin iç ve dış aydınlatması

Aydınlatmada yer alan belli başlı kavramların açıklamaları aşağıda verilmiştir.

Lümen: Işık kaynağından çıkan ışığın birim zamandaki ışık akısı miktarıdır. Bir lümen yaklaşık olarak bir mumun çıkardığı ışığa eşittir. Lümen, parlaklığın bir ölçüsü olarak kabul edilir. İnsan gözünün algılayabildiği ışık miktarını ifade eder.

Lüks: Yüzeyin belirli bir alanına düşen ışık akısı miktarıdır. 1 m^2 yüzeye düşen bir lümen değerindeki ışık akısıdır. Aydınlatma şiddetinin ölçüldüğü durumdur. Bir ortamın aydınlatmasının ölçülmesi için lüksmetre cihazı kullanılır.

Işık Rengi: Bir ışımanın ışık kaynağından çıktıktan sonra cisimlere çarparak cisimlerin görülmesini ve renklerinin ayırt edilmesini sağlayan enerji türüdür. Işık, dalga boyuna veya frekansına bağlı olarak farklı renklerde görülür ancak her durumda ışık hızında hareket eder. Işık; kırmızı, yeşil ve mavi renklerin karışımından elde edilir. Işığın ana ve ara renkleri vardır. Ana renkler kırmızı, yeşil ve mavidir. Ara renklerse bu renklerin karışımından elde edilir.

Kandela: Işık kaynağının belirli bir yöndeki parlaklığını gösteren ışık miktarıdır. Işık şiddetinin birimi olarak kullanılır.

Renksel Geri Verim İndeksi (CRI): Renklerin yapay ışık kaynakları altında nasıl göründüğünü gösteren parametredir. Bu parametrede ölçülen ışık değeri ne kadar yüksekse altındaki renkler gün ışığındaki renklere o kadar yakın bir görüntü sergiler.

NOT

Yukarıda verilen kavramlar birer fotometrik büyüklüktür. İkinci öğrenme biriminde kavramların detaylı açıklamaları verilmiştir.

1.2. AMACI BAKIMINDAN AYDINLATMA TÜRLERİ

Aydınlatma, amaç bakımından birçok sınıfa ayrılır. Her sınıfın kendi içinde çeşitli görevleri ve özellikleri vardır.

1.2.1. Amacına Göre Aydınlatma Türleri

Amacına göre aydınlatma türleri şunlardır:

Fizyolojik Aydınlatma: Cisimlerin şekillerinin, renklerinin ve ayrıntılarının rahat şekilde görülmesi ve canlı bir ortam oluşturulması için kullanılan aydınlatma türüdür. Depo, otoyol, atölye, tünel, müze gibi yerlerde kullanılan aydınlatma türleri fizyolojik aydınlatmaya örnek olarak gösterilebilir.

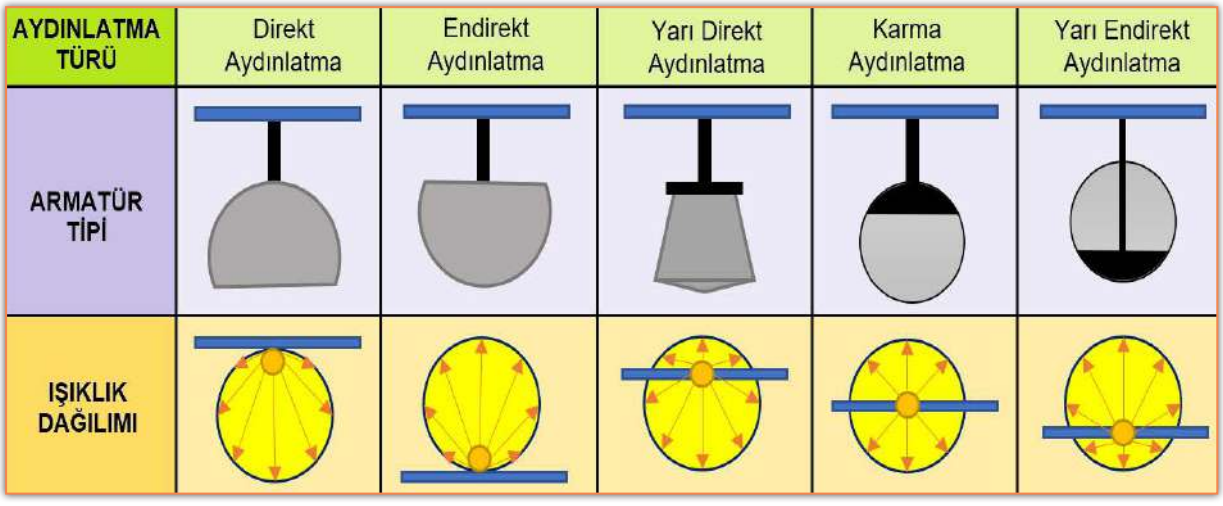
Dekoratif Aydınlatma: Cisimleri olduğu gibi göstermek yerine estetik ve sıcak bir atmosfer yaratmak amacıyla kullanılan aydınlatma türüdür. Otel, eğlence yeri, konser alanı gibi yerlerde kullanılır.

Dekoratif-Fizyolojik Aydınlatma: Cisimlerin hem rahat şekilde görülmesi hem de estetik ve sıcak bir atmosfer oluşturulması amacıyla kullanılan aydınlatma türüdür. Lokanta, ev, otel, park gibi yerlerde kullanılır.

Dikkati Çeken Aydınlatma: Cisimler üzerinde dikkat çekici ışıklandırmaların (renkli ışıklı, parıltılı, değişken ışıklı, değişken şekilli vb.) kullanıldığı aydınlatma türüdür. Reklam panoları, bina dışı aydınlatmalar, köprüler, müzeler gibi kullanım alanları vardır.

1.2.2. Aydınlatma Türlerinin Karşılaştırılması

Görsel 1.2'de aydınlatma türleri ve bu türlere ait ışık dağılımları görülmektedir.



Görsel 1.2: Aydınlatma türleri ve bu türlere ait ışık dağılımları

Armatür tiplerine göre beş farklı aydınlatma türü vardır. Bunlar aşağıda verilmiştir.

Direkt (Dolaysız) Aydınlatma: Işığın %90'dan fazlası çalışma düzlemine doğrudan ulaşır. Yüzey faktörünün ışığa etkisi oldukça düşüktür. Verim yüksektir ancak ışığın yüzeye doğrudan gelmesi nedeniyle gölgelenmeler oluşur. Oda içindeki aydınlık seviyesi, dağılımda farklılıklar gösterir. Belirli bir askı boyu ile tavana monte edilir. Armatürler, tavana dengeli şekilde yerleştirilir. Koyu renkli yüzeye sahip veya yüksek tavanlı yerlerde tercih edilir. Spot, endüstriyel floresan ve yüksek tavan armatürleri bu aydınlatma türü için kullanılır.

Endirekt (Dolaylı) Aydınlatma: Işığın %90'dan fazlası çalışma düzlemine yansıma yoluyla ulaşır. Işığın birçok noktadan yansıyarak yüzeye dönmesi, görsel konforu olumsuz etkiler. Ayrıca oda içinde gölgelenme çok düşüktür, ışık homojen olarak yayılır. Işık akısının tavan ve duvardan yansıyarak yüzeye ulaşması nedeniyle iç yüzey çarpanlarının yüksek olmasına dikkat edilmelidir. Bu nedenle belirli aralıklarla yüzey temizliği yapılmalıdır.

Yarı Direkt (Yarı Dolaysız) Aydınlatma: Işığın %10 ila 40'lık kısmı armatür yüzeyinden yansıyarak çalışma alanına ulaşır. Direkt aydınlatmaya göre daha yayınık (karma, homojen) bir aydınlatma oluşturur ve yansımadan ötürü bazı etkileri yumuşar. Kamaşma ve gölgelenmeler oluşabilir. Tavanı az veya orta yansıtan yerlerde tercih edilir. Altı açık ve geçirici malzemeden yapılmış armatürler ile hol avizeleri bu aydınlatma türü için kullanılır.

Karma (Homojen, Dağınık, Yayınık) Aydınlatma: Işığın %40 ila %60'ı, çalışma düzlemine yansıma yoluyla ulaşır. Armatürden çıkan ışık akısının hemen hemen eşit oranlarda dolaylı ve dolaysız olarak çalışma düzlemine ulaştığı aydınlatma türüdür. Gölgeler orta yumuşaklıkta veya ortadan daha yumuşaktır. Kamaşma tehlikesi çok azdır. Tavan ve duvarın yansıtması az veya orta olan yerlerde, konutlarda tercih edilir. Tijli armatürler ve opal camlı glop armatürler bu aydınlatma türü için kullanılır.

Yarı Endirekt (Yarı Dolaylı) Aydınlatma: Işığın %60 ila %90'lık kısmı armatür yüzeyinden yansıyıp çalışma alanına endirekt olarak ulaşır. Gölgeler yumuşaktır, kamaşma tehlikesi yoktur. Üstü açık, yansıtıcı ve geçirici malzemelerden yapılan armatürlerdir. Işık kaynağı çıplak olduğu için bakım ve temizlik gerektirir. Tavan ve duvar yansıtması orta veya iyi olan yerlerde tercih edilir. Avizeler bu aydınlatma türü için kullanılır.

Tablo 1.1'de çeşitli aydınlatma türlerinin tavan ve duvardan yansıtma durumlarına göre ışıktan faydalanma katsayısı cetveli, Tablo 1.2'de ise ışık akısı dağılım oranı verilmiştir.

Tablo 1.1: Çeşitli Aydınlatma Türlerinin Işıktan Faydalanma Katsayısı Cetveli

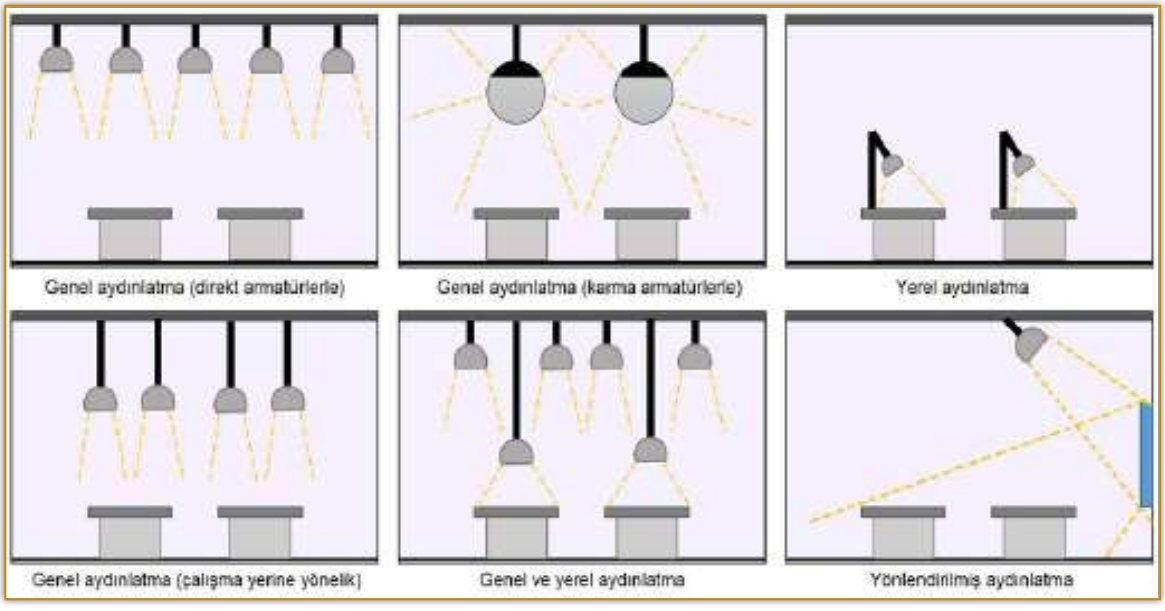
Aydınlatma Cinsi		Direkt Aydınlatma		Yarı Direkt Aydınlatma		Karma Aydınlatma		Yarı Endirekt Aydınlatma		Endirekt Aydınlatma	
Tavan		Açık	Yarı Açık	Açık	Yarı Açık	Açık	Yarı Açık	Açık	Yarı Açık	Açık	Yarı Açık
Duvar		Yarı Açık	Koyu	Yarı Açık	Koyu	Yarı Açık	Koyu	Yarı Açık	Koyu	Yarı Açık	Koyu
Oda Eninin Döşemeden 1 m Tavana Kadar Olan Yüksekliği	1	0,25	0,18	0,17	0,09	0,16	0,09	0,21	0,13	0,15	0,08
	1,5	0,36	0,30	0,25	0,16	0,23	0,15	0,27	0,17	0,20	0,11
	2,5	0,44	0,40	0,33	0,23	0,31	0,22	0,34	0,23	0,26	0,16
	4	0,51	0,47	0,41	0,30	0,39	0,29	0,42	0,30	0,30	0,19
	5	0,52	0,48	0,43	0,32	0,42	0,32	0,45	0,33	0,34	0,22
	8	0,58	0,54	0,53	0,41	0,50	0,38	0,50	0,38	-	-

Tablo 1.2: Çeşitli Aydınlatma Türlerinin Işık Akısı Dağılım Oranları

Işık Akısı Dağılım Oranları (%)	Direkt Aydınlatma	Yarı Direkt Aydınlatma	Karma Aydınlatma	Yarı Endirekt Aydınlatma	Endirekt Aydınlatma
Direkt Aydınlatma	%90-100	%60-90	%40-60	%10-40	%0-10
Endirekt Aydınlatma	%0-10	%10-40	%40-60	%60-90	%90-100

1.2.3. Aydınlatma Yöntemleri

Aydınlatma çalışması ortama ve mekâna göre farklı şekillerde yapılabilir. Görsel 1.3'te çeşitli aydınlatma yöntemleri görülmektedir. Yerel aydınlatma, çok küçük yerlerde ve tek başına kullanılır. Bu nedenle genel aydınlatma ile (en az %20'si oranında) desteklenmesi oldukça önemlidir. Yönlendirilmiş aydınlatma ise aydınlatılmak istenen cisme yönlendirilir ve onu aydınlatır. Vitrin, dolap, obje, resim, heykel, duvar dokusu vb. yerlerin belirginleştirilmesi için yönlendirilmiş aydınlatma tercih edilir.



Görsel 1.3: Aydınlatma yöntemleri

Aydınlatma tasarımı yapılırken insan, yaşam konforuna ve enerji kullanımının asgari düzeyde olmasına dikkat edilir. Buna göre iyi bir aydınlatmanın yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Sadece aydınlatması düşünülen alan aydınlatılmalı, enerji tasarrufu ve maliyet açısından ışık boşa harcanmamalıdır.
- Işığın doğrudan göze gelmeyeceği şekilde lambalar ve armatürler yerleştirilmelidir.
- Aydınlatma mutlaka aşağı yönde ve ilgili doğrultuda yapılmalıdır.
- Gün ışığına yakın ve enerji tasarruflu lambalar tercih edilmelidir.
- Fiziksel ortam, gün ışığından yararlanılacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Aydınlatma armatürleri, gölge oluşturmayacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Katmanlı aydınlatmalar tercih edilerek ortamda dengeli etki yaratılmalıdır.
- Dar alanlarda geniş açılı armatürler tercih edilmelidir.
- Belirli çalışma masalarında özel masa armatürleri kullanılmalı ya da bu masaları aydınlatmak amacıyla tavandan daha yakına armatürler sarkıtılmalıdır.

1.3. IŞIK KÖKENİ BAKIMINDAN AYDINLATMA TÜRLERİ

Işık kaynağından bir ışımanın çıkmasının ardından cisimlere çarparak cisimlerin görülmesini ve renklerinin ayırt edilmesini sağlayan enerji türüne **ışık**, ışık yayarak çevresini aydınlatan çeşitli özelliklerdeki aletlere **ışık kaynağı** denir. Çevresine ışık ve sıcaklık yayan ışık kaynakları; ışığın geometrik şekline, rengine, üretimine ve kökenine göre sınıflandırılır.

1.3.1. Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması

Doğal (Birincil) Işık Kaynağı: Kendiliğinden ışık yayan ışık kaynaklarıdır. Işık kaynağı, insanların herhangi bir müdahalesi olmadan kendi doğal etkenlerinden oluşur. Bir nesne (Güneş, yıldırım, şimşek vb.) veya bir canlı türünden (ateş böceği, denizanası, fener balıkları vb.) ortaya çıkabilir.

Yapay (İkincil) Işık Kaynağı: Kendiliğinden ışık yaymayan, bir ışık kaynağının ışığını yansıtan, insanlar tarafından bir teknolojik yöntemle ışık yayması sağlanan ışık kaynaklarıdır. Yapay ışık kaynakları değiştirilebilir veya kontrol edilebilir yapıdadır. Mum, elektrik lambası, havai fişek, gaz lambası vb. kaynaklar yapay ışık kaynaklarıdır.

SIRA SİZDE

Doğal ve yapay ışık kaynakları ile ilgili beşer örnek veriniz.

- Doğal Işık Kaynakları: .....
- Yapay Işık Kaynakları: .....

Geometrik şekli açısından ışık kaynakları şunlardır:

Noktasal Işık Kaynağı: Aydınlatacağı yüzeylere uzaklığı kendi çapının üç katından fazla olan ışık kaynaklarıdır. Bu kaynaklar noktasal ışık verir, odak noktası bellidir. Masa lambası, lazer ve LED lamba, noktasal ışık kaynağı sınıfındadır.

Çizgisel Işık Kaynağı: Enleri, boylarına göre küçük olan ve çizgisel ışık yayan ışık kaynaklarıdır. Örneğin floresan lamba, çizgisel ışık kaynağıdır.

Yüzeysel Işık Kaynağı: Bir düzlem olarak ışık yayan ışık kaynaklarıdır. Armatürler, yüzeysel ışık kaynağına örnektir.

Işığın rengine göre ışık kaynakları şunlardır:

Sıcak Beyaz [Warm White]: 1.550-3.300 °K renk sıcaklığına sahiptir. Rahat, sıcak ve sade bir atmosfer ortamı oluşturur. Genellikle oturma odası, yatak odası ve koridorda tercih edilir.

Doğal Beyaz [White]: 3.300-5.000 °K renk sıcaklığına sahiptir. Fonksiyonel ve motive edici bir atmosfer oluşturur. Genellikle AVM'ler ve fotoğraf stüdyolarında tercih edilir.

Gün Işığı Beyazı [Cool White]: 5.000 °K üstü renk sıcaklığına sahiptir. Gün ışığına daha yakın bir renk sağlar ve yüksek ışık şiddeti gerektirir. Genellikle mutfak, çalışma odası, banyo, ofis gibi yerlerde tercih edilir.

Görsel 1.4'te lambaların 1.000-10.000 °K renk sıcaklık aralığındaki ışık görünümleri verilmiştir.



Görsel 1.4: Işık renk sıcaklıkları

NOT

Işık renginin belirlenmesinde herhangi bir ölçüt yoktur. Işık rengi, kişisel tercihlere ve ihtiyaca göre belirlenir.

Görsel 1.5'te üç farklı ışık renk sıcaklığında ortamın aydınlanma durumu görülmektedir.



Görsel 1.5: Farklı ışık, renk, sıcaklık değerlerinde ortamın aydınlatma durumu

NOT

Renk, °K değeri azaldıkça kırmızıya; arttıkça maviye yaklaşır. Sıcak beyaz ışığa sahip akkor lamba **2.700 °K** değere sahiptir, aynı güçteki gün ışığı lambasında **5.600 °K** renk sıcaklığı olur. Renk sıcaklığı düşük olan ışıklar **sıcak**, yüksek olan ışıklar **soğuk** olur.

Tablo 1.3'te farklı ışık kaynaklarından gelen ışıkların ısı değerleri verilmiştir (Görsel 1.6).

Tablo 1.3: Işık Kaynakları ve Işığın Isı Değerleri

Işık Kaynakları	Işığın Isısı (°K)	Işık Kaynakları	Işığın Isısı (°K)
Kibrit ateşi	1.700-1.800	Öğlen gökyüzü (açık)	5.000-5.400
Mum ışığı	1.000-2.000	Elektronik flaş	5.000-5.500
Gün doğumu ve batımı	2.000-4.000	Güneşli gökyüzü (açık)	5.500-6.500
Lamba ışığı (genel)	2.500-2.900	Gökyüzü (bulutlar arası)	6.000-7.500
Tungsten lamba	2.500-4.000	Monitör ışığı	6.000-6.500
Floresan lamba	3.200-7.500	Gölgedeki ışık	7.000-8.000
Kuartz ışık	3.200-3.500	Gökyüzü (parçalı bulutlu)	8.000-15.000



Görsel 1.6: Farklı ışık kaynakları ve bu ışıkların ısı değerleri

1.3.2. Aydınlatmanın Sınıflandırılması

Işık kökenine göre aydınlatma çeşitleri şunlardır (Görsel 1.7):



Görsel 1.7: Doğal ve yapay aydınlatma

Doğal Aydınlatma: Birincil ışık kaynaklarının aydınlatma türüdür. Örneğin gece vaktinde ay ışığı ile aydınlatma, gündüz vakti caminin dış ışıkla aydınlanması (Görsel 1.7a).

Yapay (Suni) Aydınlatma: İkincil ışık kaynaklarının aydınlatma türüdür. Bütün elektrikli ışık kaynakları ile bu işlem gerçekleşir. Örneğin Kız Kulesi aydınlatması (Görsel 1.7b).

1.4. AYDINLATILAN YERE GÖRE AYDINLATMA TÜRLERİ

Aydınlatılan yere göre aydınlatma çeşitleri şunlardır (Görsel 1.8):



Görsel 1.8: İç ve dış aydınlatma

İç Aydınlatma: Çeşitli yapısal ögelerle dış çevreden ayrılmış iç mekânlar (oda, atölye, mutfak, müze vb.) için kullanılan aydınlatma türüdür. Bu aydınlatma türünde armatür tipine ve yerleştirilmesine bağlı olarak çalışma düzlemine direkt ulaşan ışığa ilaveten tavan ve duvarlardan yansıma yoluyla da ışığa erişilebilir (Görsel 1.8a).

Dış Aydınlatma: Dış mekân çevresini aydınlatma türüdür. Stadyum, park, bahçe, yol, cadde, rıhtım gibi yerlerde kullanılır (Görsel 1.8b).

1.5. IŞIK KİRLİLİĞİ

Yapay ışık kaynaklarının yanlış yerde, yönde, miktarda veya zamanda kullanılması durumuna **ışık kirliliği** denir. Görsel 1.9'da farklı ülkelerdeki ışık kirliliğinin Dünya dışından görünümü ve Görsel 1.10'da ise İstanbul'daki ışık kirliliğinin denizden görüntüsü görülmektedir. Bu durum özellikle dış mekân aydınlatmalarında görülür. Estetik veya sanatsal görüntü amacıyla yapılan dış aydınlatmalar, beraberinde ışık kirliliğini getirebilir. Enerji tasarrufu açısından ışık kirliliğinin önlenmesi önemlidir.



Görsel 1.9: Farklı ülkelerdeki ışık kirliliğinin Dünya dışından görünümü



Görsel 1.10: İstanbul'daki ışık kirliliğinin denizden görünümü

NOT

Dünya genelinde kentleşme ile birlikte artan yapay ışık kaynağı kullanımı ciddi ışık kirliliğine yol açmaktadır. Işık kirliliğini engellemek için aydınlatma tasarımı aşamasında, oluşabilecek ışık kirliliğinin hesaplanması gerekir.

1.5.1. Işık Kirliliğinin Nedenleri

Işık kirliliğine neden olabilecek temel etkenler şunlardır:

Gökyüzü Parlaması: Yoğun nüfusa sahip kentsel bölgelerden gece vakti gökyüzüne yayılan ve gökyüzünün parlamasına neden olan durumdur. Bu parlama, doğal (atmosfere yayılan yıldız, ay parlaması) ya da yapay ışık kaynaklarından ötürü oluşabilir. Sonuçta gece gökyüzünün doğal ve güzel görüntüsü engellenmiş olur.

Dikine Işık Kullanılması: Yapay aydınlatma ışığının doğrudan gökyüzüne gidecek şekilde kullanılmasıdır. Bu şekildeki kullanımda Işığın çoğu gökyüzüne gönderilmiş olur. Bu durumun nedeni genellikle aydınlatma armatürlerinin yanlış yerleştirilmesi ya da armatürde koruma olmamasıdır.

Işığın Yanlış Yerleştirilmesi: Yapay ışık kaynağının yanlış şekilde yerleştirilmesi ve yönlendirilmesi sonucu istenmeyen alanların aydınlatılması durumudur. Bu durum; ışığın taşmasına, dikkat dağıtıcı ortamlar oluşturmasına ve gereksiz enerji kullanımına neden olur. Ayrıca bazı hâllerde parlamaya etki eder.

Göz Kamaşması (Parlama): Gözün alışık olduğundan daha yüksek güçte aydınlatma nedeniyle görme yetisinin bozulmasına, ilgili nesnenin görünürlüğünün azalmasına ya da kaybolmasına neden olan durumuna **göz kamaşması (parlama)** denir. Kullanılan aydınlatma, aydınlattığı nesneden daha belirgin olursa bu aydınlatma kötüdür ve gözü yorar. Bu durumun nedenleri, gereğinden fazla kullanılan aydınlatmalar ve korumasız kullanılan sokak aydınlatmalarıdır. Konforsuzluk, yetersizlik ve köreltici olmak üzere üç farklı kamaşma türü vardır.

Işık İhlalleri: Tasarlanmayan bölgeyi aydınlatarak çevredeki insanlara sorun oluşturan ışık kirliliğidir. Örneğin yanlış yerleştirilen sokak armatürünün bir dairedeki yatak odasını aydınlatması insanları rahatsız edebilir.

Düzensiz Işık Yığını (Dağınıklık): Gereğinden fazla ışık kaynağının birleştirilerek insanların dikkatini dağıtması sonucu oluşan ışık kirliliğidir. Böyle bir planlama hatası ışıksız bölgelerde ışık zıtlığına yol açar. Bu tip ışıklar, reklam panolarının gereksiz ışıklandırılması ve cadde aydınlatmasının gereğinden fazla yapılmasıyla oluşur.

Gösterişli, Yanıp Sönen Işıklar Kullanılması: Reklam panoları, duyuru alanları ve eğlence mekânlarında kullanılan ışıkların oluşturduğu ışık kirliliğidir. Bu durum, sürücülerde ve yayalarda dikkat dağılmasına ve kazaların oluşmasına sebep olabilir.

Yanlış Lamba Tercih Edilmesi: Yanlış özellikli ve yanlış renkli lambaların kullanılması sonucu oluşan ışık kirliliğidir. Özellikle de beyaz ışığın kullanılması gereken yerlerde sarı ışığın tercih edilmesi buna sebep olur.

1.5.2. Işık Kirliliğinin Olumsuz Etkileri

Işık kirliliğinin sebep olduğu olumsuz etkiler şunlardır:

Astronomiye ve Dünya'ya Etkileri: Gökyüzünde fazla ışığın yansıması ve gökyüzü parlaklığı nedeniyle Güneş'ten gelen doğal ultraviyole (UV) ışıkları yeryüzüne yeterince ulaşamaz. Bu durum bitkilerin besin döngüsünü bozar. Gereğinden fazla aydınlatma ciddi oranda gereksiz elektrik tüketimi oluşturur. Bu da termik santrallerde daha fazla fosil yakıtın kullanılmasına ve çevreye daha fazla CO_2 gazının yayılmasına yol açar. Dahası gökyüzünde oluşan fazla parlaklık nedeniyle kentlerde yaşayan insanlar yıldızların çoğunu göremez. Yapılan bir araştırmada kent dışında yaşayan insanlar çıplak gözle 2.000 civarında yıldız görebilirken kentlerde yaşayan insanlar ise 5-10 arasında yıldız görebildiği belirlenmiştir. Bu nedenle astronomi gözlem istasyonları şehir dışında kurulur.

Hava Kirliliğine Etkileri: Geceleri şehirlerde oluşan fazla ışık, hava kirliliğine yol açar. Araç egzozundan ve diğer kirletici kaynaktan çıkan kimyasal gazlar, bu saatlerde oksit nitrojenin türü olan **radikal-nitrat** (güneş ışığında yok olan) ile ozon, partiküller madde ve diğer kirleticilere dönüşemez. Atmosferin üst katmanında bu etki oldukça fazladır. Işık emisyonun azaltılması ile bu sorun çözülebilir.

İnsanlara Etkileri: İnsanlarda uyku düzeni, yirmi dört saatlik düzene sahip sirkadiyen saat ritmine uygun şekilde düzenlenmektedir. Bu ritmi insan DNA'sı programlamakta ve insanın ışıkla temasına bağlı şekilde kendini ayarlamaktadır. Gece vakti ortaya çıkan aydınlık ise bu ritmi bozarak uyku sorunlarına sebep olur. Dahası stres, melatonin hormonu eksikliği ve gerginlik durumları da çeşitli sağlık sorunlarına yol açar.

NOT

Melatonin hormonu; 23.00 ila 05.00 saatleri arasında salgılanan, hücreleri koruyan ve vücudun biyolojik ritmini ayarlayan hormondur. Bu hormon ışıklı ve aydınlık ortamlarda ya az salgılanır ya da hiç salgılanmaz. Geceleri sürekli aydınlık ortamda bulunulması yıllar içinde hücrelerde kalıcı hasarların oluşmasına yol açar.

Hayvanlara ve Doğaya Etkileri: Ekolojik dengede oluşabilecek bozulma, tüm canlı yaşamını olumsuz etkiler. İnsanlar gibi biyolojik organizmalar da karanlık ve ışık döngüsüne ihtiyaç duyar. Işık kirliliği, gece-gündüz ışık döngüsünün gerçekleşememesine bağlı olarak tüm canlıları olumsuz etkiler. Özellikle gece hareket eden hayvanlar, gecenin karanlığı olmadan hareket edemez. Ayrıca ışıklandırma, göçmen kuşların rotasını saptırmakta; bazı hayvanların da bulunduğu yerlerden göç etmesine neden olmaktadır. Işık kirliliğinden en fazla etkilenen canlılar; göçmen kuşlar, böcekler, kaplumbağalar, memeliler, sürüngenler, amfibi hayvanlar, mercanlar, balıklar, kurbağalar ve bitkilerdir.

NOT

Yaban hayatında ışık kirliliğinden etkilenen hayvanlar şunlardır:

- **Işığa Giden Hayvanlar** : Göçmen kuşlar, balıklar, deniz kaplumbağaları, uçan böcekler
- **Av Bulamayan Hayvanlar** : Yarasa, baykuş, gelincik, kurbağa
- **Kafası Karışan Hayvanlar** : Nar bülbülü, güve, horoz, kıyı çulluğu

Enerjiye ve Ekonomiye Etkileri: Toplumlarda enerji ihtiyacı günden güne artmaktadır. Aydınlatma için gerekli enerji bu ihtiyacın önemli bir kısmını oluşturur. Aydınlatma ihtiyacının büyük bölümü yollar, parklar ve bahçeler için gereklidir. Kullanılan ya da kullanılmayan bölgelerin gereğinden fazla aydınlatılması, enerji savurganlığından dolayı maliyetleri yükseltir; çevreye daha fazla sera gazının yayılmasına yol açar. Yapılan araştırmalar yanlış planlanan dış aydınlatmalarla enerjinin %30'unun boşa harcandığını ortaya çıkarmıştır. Bu durum elektrik tüketim maliyetini %30 arttırmış, özellikle de akşam vakitlerinde şebekeye ciddi yüklenmeye sebep olmuştur.

Diğer Etkiler: Aşırı, dağınık veya yanlış yerleştirilen ışıklandırmalar güvenlik riski oluşturur. Örneğin bir sitede sürekli yanan güvenlik ışığı insanların dikkatlerini dağıtır. Ayrıca aşırı, yetersiz veya korumasız aydınlatmalar, olası saldırganlar ve hırsızlar için ortam oluşturur. Örneğin sokak lambalarının yanmaması, o bölgede hırsızlık olaylarına zemin oluşturabilir.

1.5.3. Işık Kirliliğini Oluşturan Kaynaklar

- Ev, bina ve sitelerden taşan aydınlatmalar
- Bina güvenliği için yapılan aydınlatmalar
- Reklam panolarının aydınlatmaları
- Yol, cadde ve sokak aydınlatmaları
- Park ve bahçede yapılan aşırı ve yanlış aydınlatmalar
- Spor alanları, halı saha ve stadyum aydınlatmaları
- Turistik tesislerin, camilerin ve diğer binaların dış cephe aydınlatmaları
- Köprü, üst geçit, yaya yolu gibi yerlerin aydınlatmaları
- Vitrin aydınlatmaları
- Müze, galeri gibi iç mekânların aydınlatmaları
- Eğlence yerlerinin aydınlatmaları
- Dış mekânda armatürlerin yanlış yerleştirilmesi ile atmosfere gönderilen ışıklar

1.5.4. Işık Kirliliğinin Ölçülmesi

Işık kirliliğinin ölçülmesinde **Gökyüzü Kalite Metresi** (Sky Quality Meter), **Dark Sky Meter** ve **Night of Loss** mobil uygulamalar kullanılır. Uydu görüntüleri de kullanılarak geceleri oluşan toplam gökyüzü parlaklığı hesaplanabilir. **Bortle Ölçeği** gibi dokuz seviyeye sahip bir derecelendirme ölçeği kullanılarak gökyüzü kalitesi hesaplanabilir.

1.5.5. Işık Kirliliğinin Önlenmesi

- Uluslararası standartlar ve yönetmelikler çok iyi değerlendirilerek mekâna uygun en uygun çözümü sağlayan aydınlatma lamba ve armatürleri belirlenmelidir.
- İhtiyaç duyulmayan yerlere yapay aydınlatmalar kurulmamalıdır.
- Şehir bölgelerinde kurulan sokak aydınlatmaları gereksiz yere artırılmamalı ve gereksiz yanan sokak lambaları söndürülmelidir.
- Birçok bölgede ışık verimliliği yüksek olan kompakt floresan lambalar (CFL) ve sıcak beyaz aydınlatmalı LED ampuller tercih edilmelidir.
- Işık kaynaklarının fazla kurulduğu yerlere ışık kalkanları yerleştirilmelidir. Bu kalkanlar ışığı soğurup gereksiz ışık yayılmasını engeller.
- Işığın doğrudan gökyüzüne kaçmasını önlemek adına korumalı dış mekân aydınlatma armatürleri kullanılmalıdır.
- Yol, cadde, park ve bahçe gibi alanları insan ve araç geçişi sırasında aydınlatmak ve bunun ışında kalan sürelerde gereksiz ışıklandırmayı engellemek için hareket sensörleri kullanılmalıdır. Işıkların gereksiz yere açılıp kapanmasını önlemek adına bu sensörlerin hassasiyeti iyi ayarlanmalıdır.
- IDA sertifikalı "karanlık gökyüzü aydınlatması" kullanılmalıdır. Karanlık gökyüzü onayına sahip aydınlatma armatürleri birçok aplikte, avizede ve gömme lambada bulunmaktadır. Sahil bölgelerinde sertifikalı aydınlatmalar tercih edilmelidir. Bu korumaya sahip armatürler, yüksek açılı parlaklığı önlemek için alçak şekilde monte gerektiren uzun dalga boylu ışık üretir.
- Ev ve binalarda gereksiz yanan lambalar söndürülmeli veya daha verimli lambalar kullanılmalıdır. Bahçeli alanlarda verimli lambalar kullanılmalıdır.
- Zaman kontrollü aydınlatma armatürlerine ağırlık verilmelidir.

- Aydınlatma ile ilgili planlamalar zamanında yapılmalıdır. Planlama doğru olsa da aydınlatma armatürünün düşük kalitede ve yanlış tasarlanmış olması, lambaların gereksiz açılması ve lamba bakımlarının yapılmaması ışık kirliliğini arttıracaktır.
- Aydınlatılan yüzeylerin yansıtma katsayıları ışık kirliliğinin boyutunu etkiler. Örneğin kuru bölgelerde yansıma faktörü düşükken yağmurlu ve karlı yüzeylerde yansıma faktörü yüksek olur. Bu nedenle yağmurlu havalarda ve kış aylarında daha düşük güçte aydınlatma oluşacak şekilde kontroller sağlanmalıdır.

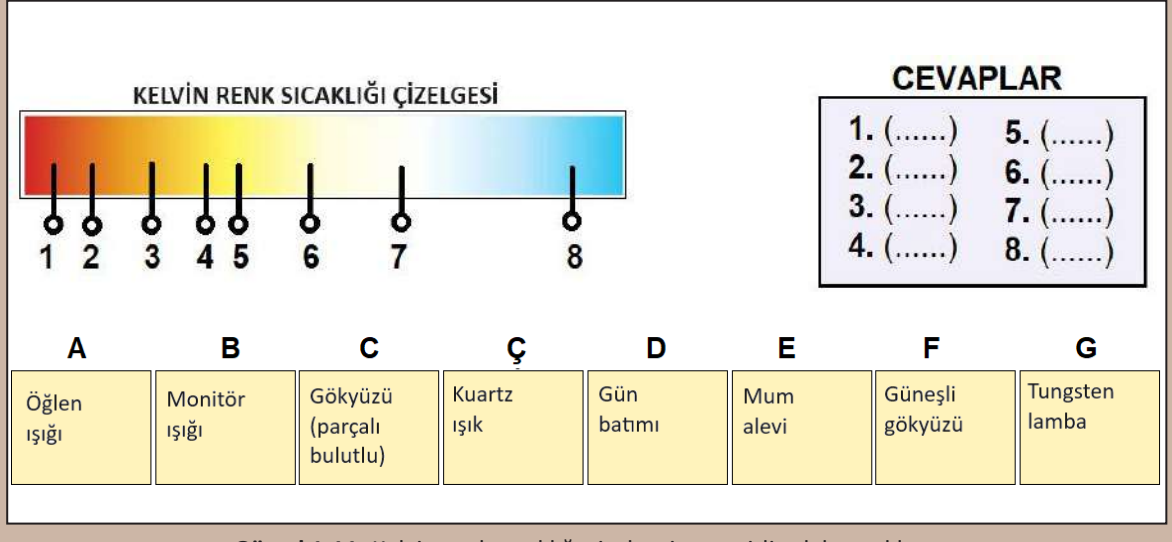
1.6. AYDINLATMANIN İNSAN ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İyi bir aydınlatmanın insan üzerindeki önemli etkileri şunlardır:

- Göz sağlığını korur.
- Gözün görme hızını, keskinliği, kontrastı ve renk duyarlılığını artırır.
- Rahat bir görüş sağlar.
- Kazaları önler.
- Ortamın daha iyi ve ayrıntılı bir şekilde görülmesini sağlar.
- Çalışma verimini arttırır.
- Güvenliğin sağlanmasına katkıda bulunur.
- Estetik bir görünüm oluşturur.

1. ETKİNLİK: RENK SICAKLIĞI TESPİTİ

SORU 1: Görsel 1.11'de çeşitli ışık kaynakları ve örnek renk sıcaklığı çizelgesi verilmiştir. Çizelgede her ışık kaynağının renk sıcaklık skalası işaretlenmiştir. Cevaplar bölümüne uygun harfleri kullanarak eşleştiriniz.



Görsel 1.11: Kelvin renk sıcaklığı çizelgesi ve çeşitli ışık kaynakları

SORU 2: Görsel 1.11'de verilen renk skalası incelendiğinde hangi bölgeler insan sağlığını belirli bir süreden sonra olumsuz olarak etkiler? İşaretleyerek yorumlayınız.

1.1. PROJE YAPAY AYDINLATMANIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİ

Süre	3 hafta
Grup sayısı	1-3 kişi
Amaç	Yapay aydınlatmanın insan sağlığı üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkilerini araştırarak sonucu raporlamak.
Görev	**1.** "Yapay aydınlatmanın insan sağlığı üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkileri" konusunu (Görsel 1.12) detaylı olarak araştırınız. **a)** Işık kirliliğinin insan üzerinde yaratacağı etkileri yorumlayınız ve bununla ilgili alınması gereken tedbirleri açıklayınız. **b)** Yapay aydınlatmanın doğal aydınlatmaya göre avantajlarını belirtiniz. **2.** Raporu en az 10, en fazla 20 sayfa olacak şekilde (kapak ve kaynakça hariç oluşturunuz. Rapora uygun kapak hazırlayınız. **3.** Raporu görsellerle destekleyiniz ve elde edilen verileri kullanarak grafikler oluşturunuz. **4.** Elde edilen sonuçları projenin sonunda 1 sayfayı geçmeyecek şekilde özetleyiniz. **5.** Araştırmada kullandığınız kaynaklara raporunuzun son sayfasında yer veriniz. Kaynakçası hazırlanmayan araştırmalar dikkate alınmayacaktır. **6.** Verilen süre sonunda proje dosyasını öğretmeninize teslim ediniz.



Görsel 1.12: Yapay aydınlatmanın etkileri

Tüm dokümanlara ve uygulama dosyalarına karekoddan ulaşabilirsiniz.

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken bu ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Yapay aydınlatmanın insan sağlığı üzerindeki fizyolojik etkilerini yorumladı.					
2. Yapay aydınlatmanın insan sağlığı üzerindeki psikolojik etkilerini yorumladı.					
3. Işık kirliliğinin insan üzerindeki etkilerini yorumladı.					
4. Yapay aydınlatmanın doğal aydınlatmaya göre avantajlarını belirtti.					
5. Çeşitli proje araştırma sonuçlarına yer verdi.					
6. Güncel kaynaklardan yararlandı.					
7. Bilimsel bilgi içeren kaynaklardan yararlandı.					
8. Proje kapak sayfasını oluşturdu.					
9. Projeyi görsellerle destekledi.					
10. Görsellerin telif haklarına dikkat etti.					
11. Projeyi içeriğe uygun grafiklerle destekledi.					
12. Proje sayfalarını sayfa kenar boşluklarına dikkat ederek oluşturdu.					
13. Proje sayfalarını proje konusuna uygun olarak sıraladı.					
14. Proje özetini hazırladı.					
15. Proje raporunu dosya içerisine ekledi.					
16. Proje dosyası sonuna kullandığı yazılı kaynakların yazar veya web adreslerini ekledi.					
17. Proje dosyası sonuna kullandığı görsel kaynakların web adreslerini ekledi.					
18. Proje dosyası sayfalarının kirli, buruşuk veya yırtık olmamasına özen gösterdi.					
19. Proje dosyasını verilen sürede hazırladı.					
20. Proje dosyasını eksiksiz şekilde öğretmenine teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara cümle doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Işık kaynağının belirli bir yöndeki parlaklığını gösteren ışık miktarına lümen denir.

2. ( ) Aşağıda verilen ışıklık dağılımı yarı direkt aydınlatma türüne aittir.



3. ( ) Işığın belirlenen alana yanlış yerleştirilmesi ışık kirliliğine neden olur.

4. ( ) Doğal beyaz renkler, 1.550 ila 3.300 °K renk sıcaklığına sahiptir.

5. ( ) İyi bir aydınlatma gözün renk duyarlılığını azaltır.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. Cisimleri olduğu gibi göstermek yerine estetik ve sıcak bir atmosfer yaratmak amacıyla kullanılan aydınlatmaya ..... denir.

7. Yapay ışık kaynaklarının yanlış yerde, yönde, miktarda veya zamanda kullanılması durumuna ..... denir.

8. Akkor flamanlı ve ay ışığı renklerini ..... ve ..... numaralı ışıklar gösterir.



9. Masa lambası, lazer ve LED lamba, ... ışık kaynağı sınıfındadır.

10. Işık; kırmızı; ..... ve ..... renklerin karışımından elde edilir.

C. Aşağıdaki ilk sütunda armatür tipleri, diğer sütunda aydınlatma türleri verilmiştir. Armatür tipleri önündeki parantez içlerine aydınlatma türlerinin önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak eşleştirmeyi tamamlayınız.

ARMATÜR TİPLERİ	
11. ( )	
12. ( )	
13. ( )	
14. ( )	
15. ( )	

AYDINLATMA TÜRLERİ	
A	Direkt aydınlatma
B	Endirekt aydınlatma
C	Yarı direkt aydınlatma
Ç	Karma aydınlatma
D	Doğal aydınlatma
E	Yarı endirekt aydınlatma

Ç. Aşağıdaki soruları okuyup doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Cisimleri şekil, renk ve ayrıntılarıyla olduğu gibi göstermek yerine estetik ve sıcak bir atmosfer yaratmak amacıyla kullanılan aydınlatma türüne ne ad verilir?

A) Dekoratif B) Dekoratif-fizyolojik C) Dikkati çeken
D) Fizyolojik E) Modern

17. Aşağıdakilerden hangisi iyi bir aydınlatma sistemi kurulurken dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi değildir?

A) Armatürler gölge oluşturmayacak şekilde yerleştirilmelidir.
B) Aydınlatması düşünülen bölgelerde aydınlatma yapılmalıdır.
C) Katmanlı aydınlatmalar tercih edilmeli, ortamda dengeli etki yaratılmalıdır.
D) Geniş alanlarda dar açılı armatürler tercih edilmelidir.
E) Gün ışığına yakın ve enerji tasarruflu lambalar tercih edilmelidir.

18. Aşağıdakilerden hangisi doğal ışık kaynağıdır?

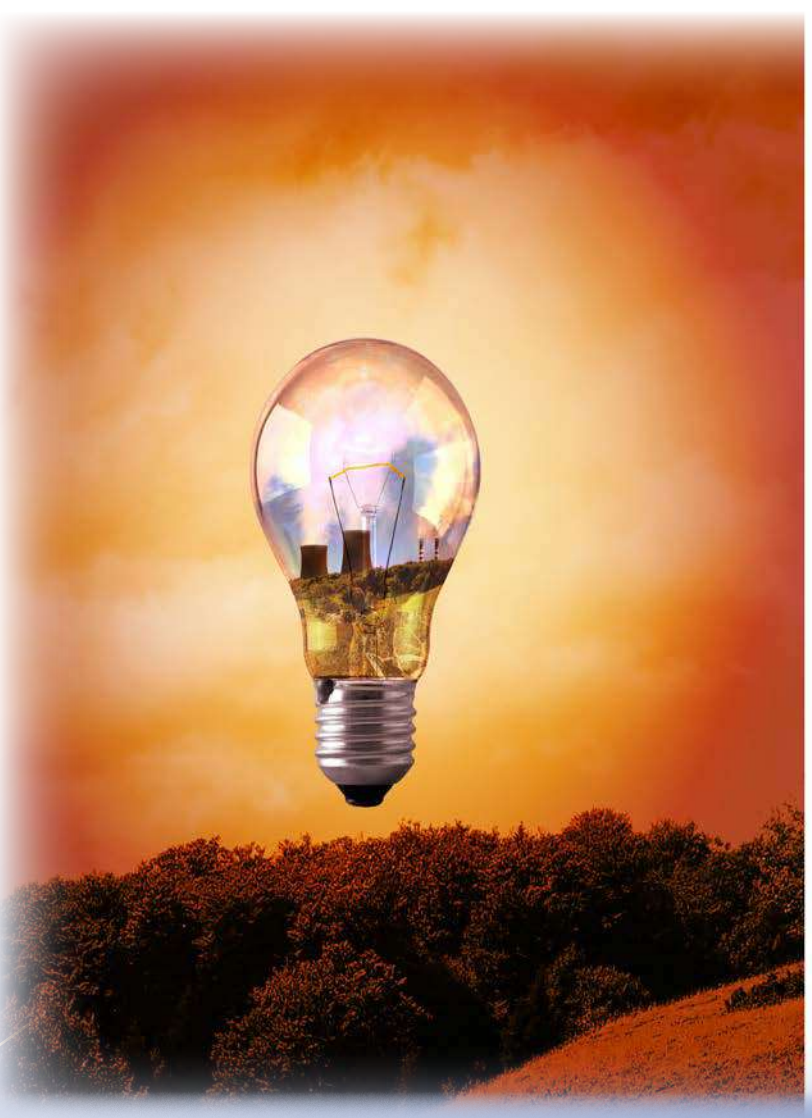
A) Gaz lambası B) Lazer C) Meşale D) Mum E) Yıldırım

19. Aşağıda verilen ışık ısılarından (°K) hangisi kuartz ışık kaynağına ait olabilir?

A) 1700 B) 2500 C) 3400 D) 5500 E) 7500

20. Aşağıdaki hayvanlardan hangisi ışık kirliliğinden en az etkilenir?

A) Balıklar B) Horozlar C) Kediler D) Kurbağalar E) Yarasalar





2. ÖĞRENME BİRİMİ

IŞIK VE GÖRME OLAYI

KONULAR

2.1. FOTOMETRİK BÜYÜKLÜKLER

2.2. IŞIK ÜRETİMİNİN TEMELLERİ

2.3. FİZYOLOJİK OPTİK ESASLAR

TEMEL KAVRAMLAR

adaptasyon, aydınlatma şiddeti, dalga boyu, elektrolüminesan, elektromanyetik spektrum, fotometrik büyüklük, frekans, ışık akısı, ışık şiddeti, kamaşma, kızılötesi, optik esaslar, parıltı, renksel geri verim indeksi, renk sıcaklığı

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Aydınlatmada kullanılan fotometrik büyüklükler hakkındaki bildiklerinizi sınıfta paylaşınız.**
2. **Aydınlatmada ışık dalga boylarının sıcaklık ve renkler ile ile ilişkisini tartışınız.**
3. **İnsan ve diğer canlılar hangi dalga boyundaki ışıkları görebilmektedir? Düşüncelerinizi sınıfta paylaşınız.**



Işık: Enerjinin enerji parçacıkları veya elektromanyetik dalga şeklinde yayılması ya da taşınmasına **ışıma olayı**, yayılan ya da taşınan güce **ışınım** denir. Kaynağından çıktıktan sonra cisimlere çarparak cisimlerin görülmesini ve renklerinin ayırt edilmesini sağlayan enerji türüne **ışık** denir.

Görme ve Aydınlatma: Görsel algılamanın ögeleri; ışık, nesne ve gözdür. Çevredeki objelerin görülebilir spektruma yansıttığı ışığı kullanarak çevreyi yorumlama yeteneğine **görme** denir. Görme olayında ışık, göz bebeğinden girip retinaya ters görüntü olarak düşer ve bu görüntüyü beynin görme merkezine iletir. Bu nedenle görme olayında ışığın etkisi önemlidir. İnsanın çevreyi tanıyıp algılamasında görme duyusu %90 oranında etkilidir. Görsel algılamanın temel koşulu aydınlık seviyesidir.

Aydınlatma Tekniği: Aydınlatma disiplinler arası bir çalışma konusudur. Işık kaynaklarının özellikleri, insan gözünün ışık ve rengi algılama yeteneği, yüzeylerin ışıksal ve renksel özellikleri, estetik, ışık ölçme yöntem ve hesaplamaları bir bütün olarak aydınlatma tekniği içinde yer alır.

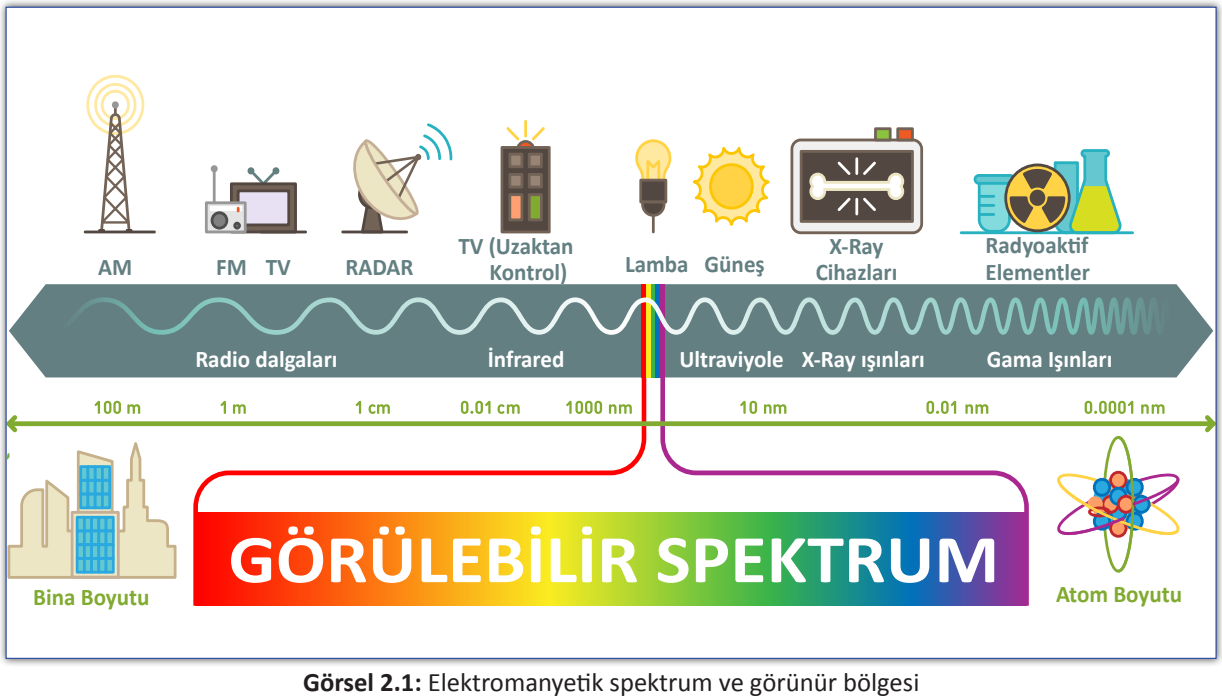
Aydınlatma tekniğinin belli başlı hedefleri şunlardır:

- Görsel algılamayı en iyi ve kaliteli şekilde gerçekleştirmek.
- Estetiğe ve mimariye uygun aydınlatma oluşturmak.
- Ekonomik ve akılcı çözümler sağlamak.

Aydınlatma tekniğine uygun yapılmayan aydınlatmaların neden olabileceği olumsuzluklar şunlardır:

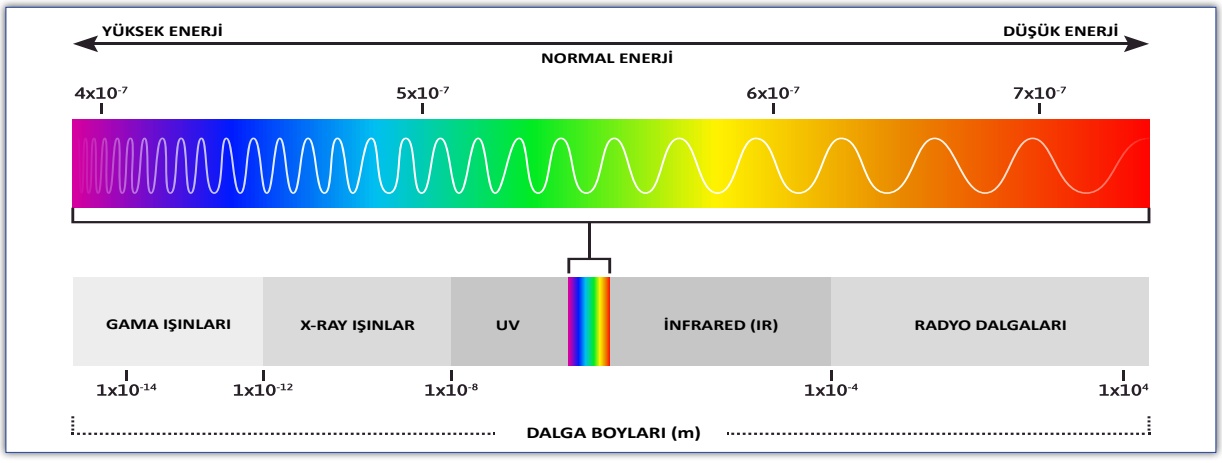
- Gereksiz enerji tüketimine neden olur.
- İnsanın ruh ve beden (özellikle göz) sağlığını olumsuz etkiler.
- Dikkat dağınıklığına yol açar ve çalışma verimini düşürür.
- İş kazalarına sebep olur.
- Üretimde kalite düşüklüğüne neden olur.

Elektromanyetik Spektrum (Tayf): Evrenin herhangi bir noktasındaki elektromanyetik radyasyon ve farklı ışınım türevlerinin frekanslarına veya dalga boylarına göre yerlerini ifade eden ölçüte **elektromanyetik spektrum (tayf)** denir. Bir cismin tayfı, o cisim tarafından yayılan net elektromanyetik radyasyonu ifade eder. Görsel 2.1'de elektromanyetik spektrum grafiği verilmiştir.



Görsel 2.1: Elektromanyetik spektrum ve görünür bölgesi

Elektromanyetik spektrum, atom altı dalga boyu değerinden binlerce km uzunluktaki radyo dalgalarına kadar birçok farklı radyasyon tipini ve var olan tüm ışık aralığını içeresinde barındırır. Işık, periyodik olarak değişen elektrik ve manyetik alandan meydana gelir. Işık dalgalarının dalga boyları (frekansı), ışığın elektromanyetik spektrumdaki yerini gösterir. İnsan gözünün ışık ya da renk olarak algıladığı aralığa denk gelen elektromanyetik enerjiye **görünür ışık** denir. Her ışık, farklı frekans ve dalga boyuna sahip olduğu için göz tarafından farklı renk olarak algılanır. Görsel 2.2'de görünür spektrum içindeki ışık renklerinin dalga boyları görülmektedir (Tablo 2.1).



Görsel 2.2: Görünür spektrum içindeki ışık renklerinin dalga boyları

Tablo 2.1: Görünür Işığın Renkleri, Dalga Boyları ve Frekans Aralıkları

Işık renkleri	Dalga boyu (λ) aralıkları (nm)	Frekans (f) aralıkları (THz)
Kırmızı	635–700	430–480
Turuncu	590–635	480–510
Sarı	560–590	510–540
Yeşil	490–560	540–610
Mavi	450–490	610–670
Mor	400–450	670–750

Bir ışığın hızı ve enerjisi şu formülle hesaplanır.

$$c = \lambda \cdot f$$

$$E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

c : Işık hızı (3.10^8 m/s)
λ : Işığın dalga boyu (m)
f : Işığın frekansı (Hz)
E : Işığın enerjisi (Joule)
h : Plank sabiti (J.s)

NOT

- $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ [j · s] = $4{,}1356 \cdot 10^{-16}$ [eV · s] = $6{,}626 \cdot 10^{-27}$ [erg . s]
- Işık hızı yaklaşık olarak saniyede **300.000 km = 3 · 10^8 m** şeklindedir.
- Işığın dalga boyu, frekansı ile ters orantılıdır. Frekans arttıkça dalga boyu azalır ama ışık enerjisi artar. Yüksek frekanslı dalgalar, cisimlerin daha derinlerine işleyebilir.
- Dalga boyu kısaldıkça ışığın düştüğü yüzey daha detaylı görünür.

ÖRNEK

20 GHz frekansa sahip bir ışık için aşağıdaki hesaplamaları yapınız.

a) Işığın dalga boyu **b)** Işığın harcadığı enerji

ÇÖZÜM

a) Işığın dalga boyunun hesaplanması: f = 20 GHz olduğuna göre;

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{20 \cdot 10^9} = \frac{3}{200} = 0{,}015 \text{ m} = 15 \text{ mm}$$

b) Işığın harcadığı enerjinin hesaplanması: f = 20 GHz olduğuna göre;

$$E = h \cdot f = 6{,}626 \cdot 10^{-34} \cdot 20 \cdot 10^9 = 132{,}52 \cdot 10^{-25} \text{ joule}$$

Tablo 2.2'de elektromanyetik dalgaların dalga boyları, frekansları ve enerjileri görülmektedir.

Tablo 2.2: Elektromanyetik Dalgaların Dalga Boyları, Frekansları ve Enerjileri

Elektromanyetik Dalga Türleri		Dalga Boyu (λ)	Frekans (f)	Enerji (E)
ELF	Aşırı düşük frekans	10.000-100.000 km	3-30 Hz	<12,4 feV
SLF	Süper düşük frekans	1.000-10.000 km	30-300 Hz	12,4-124 feV
ULF	Ultra düşük frekans	100-1.000 km	300 Hz-3 kHz	124 feV-1,24 peV
VLF	Çok düşük frekans	10-100 km	3-30 kHz	1,24-12,4 peV
LF	Düşük frekans	1-10 km	30-300 kHz	12,4-124 peV
MF	Orta frekans	100 m-1 km	300 kHz-3 MHz	124 peV-1,24 neV
HF	Yüksek frekans	10-100 m	3-30 MHz	1,24-12,4 neV
VHF	Çok yüksek frekans	1-10 m	30-300 MHz	12,4-124 neV
UHF	Ultra yüksek frekans	1 dm-1 m	300 MHz-3 GHz	124 neV-1,24 µeV
SHF	Süper yüksek frekans	1 cm-1 dm	3-30 GHz	1,24-12,4 µeV
EHF	Aşırı yüksek frekans	1 mm-1 cm	30-300 GHz	12,4-124 µeV
FIR	Uzak kızılötesi (IR)	100 µm-1 mm	300 GHz-3 THz	124 meV-1,24 meV
MIR	Orta kızılötesi (IR)	10-100 µm	3-30 THz	1,24-12,4 meV
NIR	Yakın kızılötesi (IR)	1-10 µm	30-300 THz	12,4-124 meV
NUV	Görünür ışınlar Yakın morötesi ışınlar	100 nm-1 µm	300 THz-3 PHz	124 meV-1,24 eV
		10-100 nm	3-30 PHz	1,24-12,4 eV
EUV	Uzak morötesi ışınlar	1-10 nm	30-300 PHz	12,4-124 eV
SX	Yumuşak X ışınları	100 pm-1 nm	300 PHz-3 EHz	124 eV-1,24 keV
		10-100 pm	3-30 EHz	1,24-12,4 keV
HX	Sert X ışınları	1-10 pm	30-300 EHz	12,4-124 keV
γ	Gama ışınları	<1 pm	>300 EHz	124 keV-1,24 MeV

Elektromanyetik dalgalar yedi farklı sınıfta incelenir (Tablo 2.2).

Mikrodalgalar: Uydularla iletişimde kullanılan kısa ölçekli dalgalardır. Klistron veya magnetron tüpler kullanılarak istenen fazda ve frekansta üretilir. Bazı materyallerce bu dalganın enerjisi emilebilir ve sonunda polar molekülleri titreşerek ortaya ısı çıkarır. Işık, toz ve yağmur içerisinden kolaylıkla geçebilir. Mikrodalga fırınlarda (yemek pişirmede), Wi-Fi gibi kablosuz sinyal aktarımında, cep telefonlarında, uydu ve radar sistemlerinde kullanılır. Dalga boyu 1 mm'den başlayıp 1 m'ye kadar genişler. Frekansları 300 MHz ila 300 GHz arasında değişir. Foton enerjisi 1,24 µeV ila 1,24 meV arasındadır.

Radyo Dalgaları: İletişimde kullanılan dalgalardır. Radyo, televizyon, cep telefonu gibi iletişim cihazlarının sinyallerini kolaylıkla taşır. Dalga boyu 1 m'den başlayıp 100 km'ye kadar genişler. Frekansları 3 kHz ila 300 MHz arasında değişir. Foton enerjisi 12,4 feV ila 1,24 μeV arasındadır. Uzaktan kumanda, manyetik rezonans (MR), cep telefonu, televizyon vb. cihazlarda; kablosuz ağ, radyo yayını, iletişim ve haberleşme gibi alanlarda kullanılır.

NOT

Mikrodalga ile uzak kızılötesi arasındaki frekansta **Terahertz (THz) radyasyon** vardır. Eskiden ihmal edilen ancak günümüzde dikkate alınan **mm altı bant** şeklindeki bu haberleşme, savunma sistemleri, askeri amaçlı ve doku gösteriminde kullanılır.

Kızılötesi (Infrared-IR) Dalgalar: Dalga boyu 750 nm'den başlayıp 1 mm'ye kadar genişler. Frekansları 300 GHz ila 400 THz arasında değişir. Foton enerjisi 1,24 meV ila 1,7 eV arasındadır. Atmosferde CO_2 ve H_2O moleküllerince yakalanıp soğurulan bu dalgalar sera etkisine yol açar. Termal görüntülemede ve televizyonların uzaktan kumandalarında tercih edilir. Uzak, orta ve yakın kızılötesi olmak üzere üç farklı türü vardır:

- **Uzak Kızılötesi (FIR) Dalgalar:** Dalga boyu 10 μm ila 1 mm aralığında, frekansları 300 GHz ila 30 THz aralığında değişir. Atmosferin saydam olmasında büyük rol oynar.
- **Orta Kızılötesi (MIR) Dalgalar:** Dalga boyu 2,5 μm ila 10 μm aralığında, frekansları 30 THz ila 120 Hz aralığında değişir. Sıcak cisimler bu aralıkta rahat ışınım yayar.
- **Yakın Kızılötesi (NIR) Dalgalar:** Dalga boyu 750 nm ila 2,5 μm aralığında, frekansları 120 THz ila 400 THz aralığında değişir. Görünür ışığa yakınlık gösterir.

Görünür Işık Dalgaları: İnsan gözünün renk olarak algıladığı ışık özellikli elektromanyetik enerjidir. Beyaz ışık prizmadan geçtiği anda bileşenleri olan farklı dalga boylarına kolaylıkla ayrılabilir ve her bir dalga boyu göz tarafından farklı renk olarak algılanır. Dalga boyu, kırmızı renkten başlayarak mor renge doğru bir azalma gösterir ve 390 nm'den başlayıp 750 nm'ye kadar genişler. Frekansları 400 THz ila 770 THz arasında değişir. Foton enerjisi 1,7 eV ila 3,2 eV arasında değişir.

NOT

İnsan gözü, sadece görünür ışık dalgalarını görür.

Mor Ötesi (Ultraviyole-UV) Dalgalar: Enerjisi yüksek olduğundan mor ötesi (UV) ışınımlar kimyasal bağları bozar, çeşitli molekülleri iyonize eder ve katalizör etkisi gösterir. Bunun neticesinde insanda DNA yapısını bozarak kansere neden olabilir. Güneş yanıkları buna örnektir. Dalga boyu 10 nm'den başlayıp 400 nm'ye kadar genişler, bu nedenle görünür ışıktan daha kısa yapıdadır. Frekansları 750 THz ila 30 PHz arasında değişir. Foton enerjisi 3 eV ila 124 eV arasında değişir. Sterilizasyonda ve D vitamini üretiminde kullanılır.

X-Işınları (Röntgen Işınları): Yüksek enerji ve frekansa sahip küçük dalga boylu bir dalga türüdür. "Wilhelm Rontgen" tarafından bulunmuştur. Çeşitli maddelerin içinden kolaylıkla geçebilir. Organ ve kemiklerin görüntülenmesinde (röntgen işleminde), kanser tanı ve tedavisinde ayrıca gök bilimi uygulamalarında kullanılır. Dalga boyu 0,01 nm'den başlayıp 10 nm'ye kadar genişler. Frekansları 30 PHz ila 30 EHz arasında değişir. Foton enerjisi 124 eV ila 124 keV arasında değişir.

Gama (γ) Işınları: Çok yüksek enerji ve frekansa ayrıca çok küçük dalga boyuna sahip bir dalga türüdür. "Villiard" tarafından bulunmuştur. Atomların parçalanması ve bozulması sonucu ortaya çıkar. Dalga boyu 0,02 nm'den küçüktür. Frekansları 15 EHz'den azdır. Foton enerjisi ise 62,1 keV'den büyüktür. Nükleer aktivitelerde ve kozmik kaynaklarda üretilir.

2.1. FOTOMETRİK BÜYÜKLÜKLER

Elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanabilen kısmındaki elektromanyetik radyasyon enerjisine **ışık** denir. Bir ışımanın ışık kaynağından çıktıktan sonra nesnelere çarpması ya da direkt yansıması sonucu canlıların gördüğü ışık, foton denen kütlesiz ve yüksüz atom altı parçacıklardan oluşur.

Işığın algılanması sonucu ışıksal büyüklüklerin incelenmesi durumuna **fotometri (ışık ölçümü)** denir. Fotometri, insan gözü tarafından algılanan optik ışımanın ölçümü ile ilgilenir. Göz, radyasyonun hepsine aynı derecede duyarlı olamaz ve farklı dalga boylarına sahip ışık renklerini farklı katsayılar ile değerlendirir. Bu özelliğe gözün **spektral duyarlılığı** denir. Fotometri büyüklüklerini inceleyen aletlere **fotometre** denir.

Çeşitli fotometrik büyüklükler mevcuttur (Görsel 2.3).



Görsel 2.3: Çeşitli fotometrik büyüklükler

2.1.1. Işık Akısı (Flux-ϕ)

Aydınlatma elemanının her yöne yaydığı toplam ışık miktarına ya da enerji akısına **ışık akısı** denir. Işık akısı, ışık kaynağından yayılan toplam akı miktarını yani ışık gücünün miktarını ifade eder. Normal gözün görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilir. Işık akısı "ϕ" sembolü ile gösterilir ve "lümen" (lm) birimi ile ölçülür. Işık akısının formülü şöyledir:

$$\phi = 4 \cdot \pi \cdot I = \frac{E \cdot A}{\sin \Theta} = \frac{E \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^2}{\sin \Theta}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

ϕ : Işık akısı (lümen (lm))
I : Işık şiddeti (Kandela (cd))
E : Aydınlanma şiddeti (lüks (lüx))
A : Işık kaynağının yüzey alanı (m^2)
Θ : Işığın geldiği yön ile alan arasındaki açı değeri (°)
r : Işık kaynağı ile yüzey alanı arasındaki mesafe (m)

ÖRNEK

60 W ve 806 lümen özelliğine sahip bir LED lamba, 100 lüx aydınlanma şiddetine sahip ortamda ne kadarlık bir alanı aydınlatır? Işığın ortama geliş açısı 60° dir.

ÇÖZÜM

$$\phi = \frac{E \cdot A}{\sin \Theta} \rightarrow 806 = \frac{100 \cdot A}{\sin 60^o} \rightarrow A = \frac{806 \,.\, \sin 60^o}{100} = 6{,}98 \text{ m}^2$$

Tablo 2.3'te farklı güçlere sahip farklı tip lambaların ışık akı değişimleri görülmektedir.

Tablo 2.3: Farklı Güçlere Sahip Lambaların Işık Akısı Değişimleri

Akkor Flamanlı Lamba	Floresan Lamba	LED Lamba	LED Filament Lamba	LED Torch Lamba
15-25 W	**15-20 W**	**15-25 W**	**25 W**	**18 W**
120-240 lm	900-1250 lm	136-250 lm	200 lm	1600-2040 lm
40 W	**45 W**	**40 W**	**40 W**	**23 W**
340-180 lm	3080 lm	470 lm	360-470 lm	2430-2650 lm
60-75 W	**60 W**	**60 W**	**60 W**	**35 W**
620-960 lm	4300 lm	806 lm	630-806 lm	4140-4570 lm
100 W	**75 W**	**75-100 W**	**75-100 W**	**45 W**
1250-1380 lm	5550 lm	1055-1521 lm	1055-1521 lm	5250-5370 lm

NOT

Her firma, çeşitli lambalarda farklı güç ve ışık akısına sahip değerler elde etmektedir. Bu nedenle lamba seçimi yapmadan önce ilgili firmanın lamba kataloğuna bakılmalıdır.

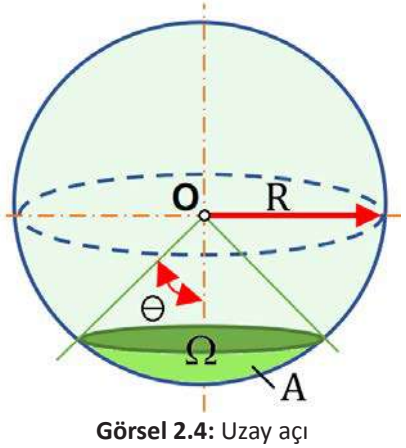
2.1.2. Uzay Açı (Ω)

İçinden kısmi şekilde ışık akısı geçen bir koni ya da piramit şeklindeki uzay parçasına **uzay (katı) açı** denir. Küre parçası alanının kürenin yarıçapının karesine bölümü ile elde edilir. Uzay açı, "Ω" sembolü ile gösterilir ve "steradyan" (sr) birimi ile ölçülür. Işık kaynağının toplam ışık akısı, uzayda farklı alanlara farklı şekillerde ışık akıları yayar.

Görsel 2.4'te uzay açının gösterimi görülmektedir.

Uzay açının formülü şöyledir:

$$\Omega = \frac{A}{R^2} = 2 \cdot \pi \cdot (1 - \cos \Theta) \quad \text{(sr)}$$



Görsel 2.4: Uzay açı

ÖRNEK

30° ye sahip bir küre alanın oluşturduğu uzay açı değeri nedir?

ÇÖZÜM

$\Omega = 2 \cdot \pi \cdot (1-\cos\theta) = 2 \,.\, 3{,}14 \,.\, (1-\cos 30^O) = 0{,}8461$ sr

NOT

Işık akısı ölçümleri "spektroradyometre" ve "Ulbricht küresi" ile birlikte laboratuvar ortamında yapılmaktadır.

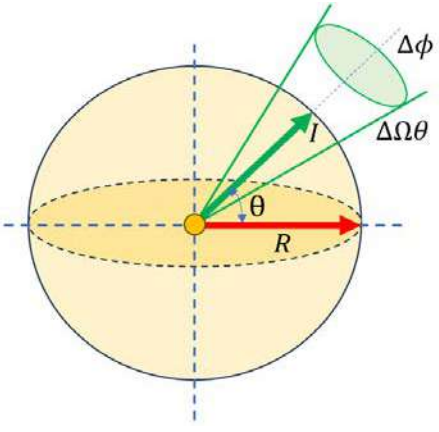
2.1.3. Işık Şiddeti (I)

Noktasal ışık kaynağının birim zamanda ve belirli bir doğrultuda (θ) yaydığı ışık enerjisine **ışık şiddeti** denir. Ortalama ışık şiddetinin (I_{ort}) herhangi bir doğrultuda birim uzay açı (Ω) içinden çıkan ışık miktarıdır ya da 1 m^2 alanda oluşan toplam ışık akısı miktarıdır. Işık şiddeti "I" sembolü ile gösterilir ve "kandela" (cd) birimi ile ölçülür.

Görsel 2.5'te noktasal ışık kaynaklı ışık şiddetinin gösterimi görülmektedir.

Işık şiddetinin formülü şu şekildedir:

$$I = \frac{\Phi}{A} = \frac{I_{ORT}}{\Omega} \quad (cd = lm/m^2)$$



Görsel 2.5: Noktasal ışık kaynağından çıkan ışık şiddeti

ÖRNEK

1055 lümene sahip bir ışık kaynağı, 8 m^2 alana sahip bir ortamı aydınlatmaktadır. Buna göre bu ışık kaynağının oluşturduğu ışık şiddeti kaç cd'dir?

ÇÖZÜM

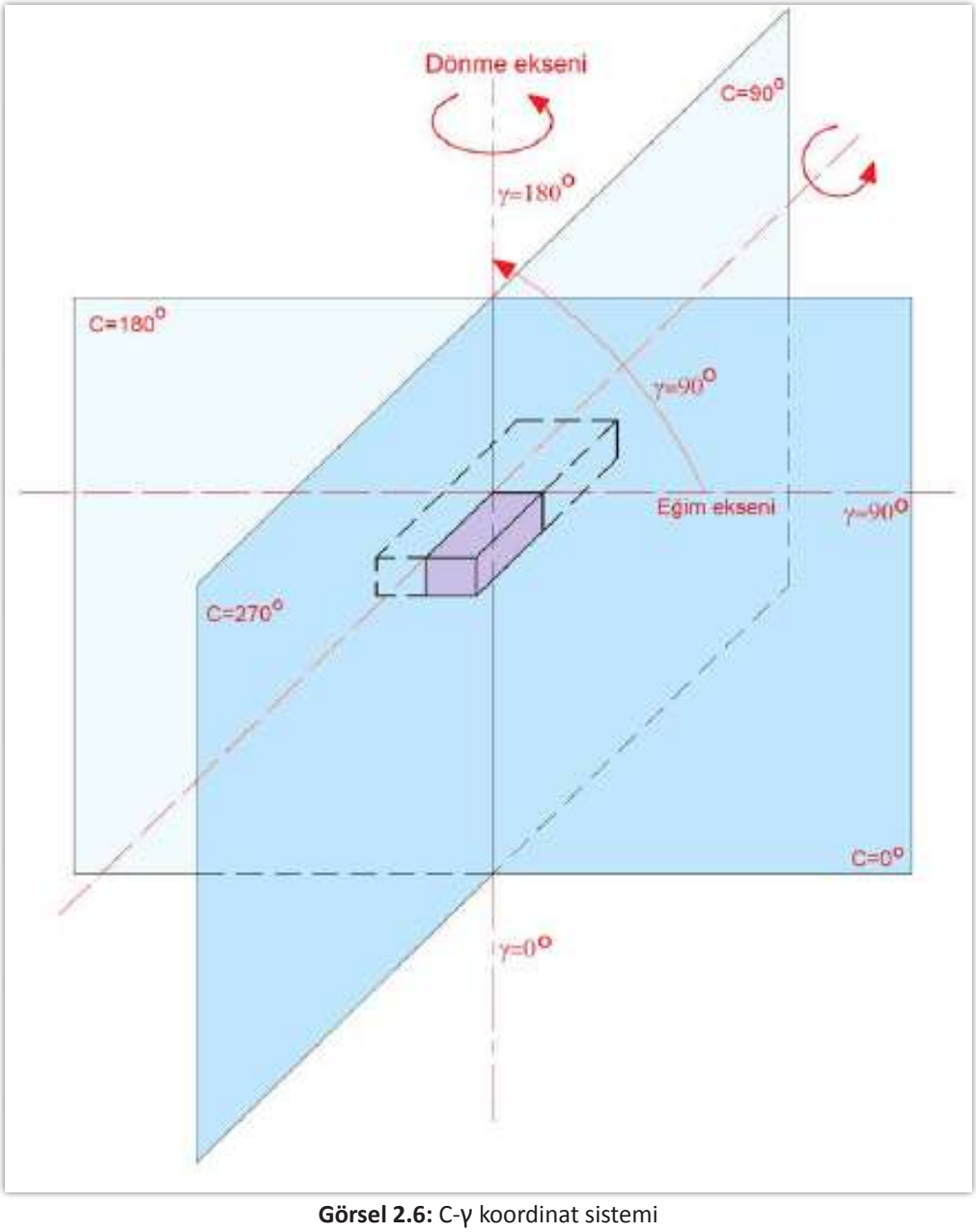
$$I = \frac{\Phi}{A} = \frac{1055}{8} = 131{,}87 \text{ cd}$$

NOT

Bir armatürün ışık şiddeti değerleri, tek ya da çift ayna destekli "ganyofotometre" ölçü aleti ile içi mat siyah boyalı fotometri laboratuvarında ölçülür.

2.1.4. C-γ Koordinat Sistemi ve Işık Dağılım Eğrileri

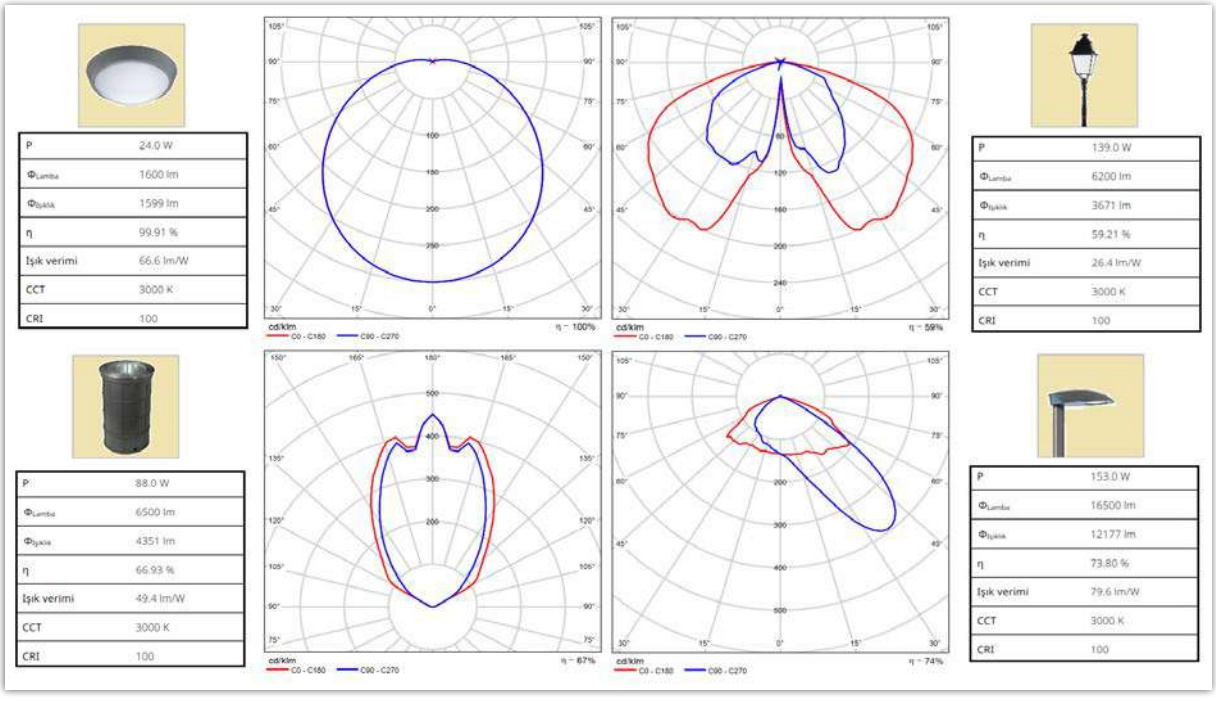
Bir alan içinde veya yüzey alanı boyunca ışık yoğunluğu ölçülerek kaydedilmişse o alanda aydınlatma dağılımı elde edilmiş ve ışık dağılım eğrisi alınmış demektir. Bir ışık kaynağının fotometrik eğrisi incelenerek o ışık kaynağının herhangi bir yöndeki ışık şiddeti doğru şekilde tespit edilebilir. Bu nedenle ışığın mekâna etkisini göstermek ve fotometrik eğrilerini elde etmek adına ikili **(C-γ) koordinat sistemi** kullanılır. Bu koordinat sisteminde düşey eksen, armatürden geçen ışık yönünü; yatay eksen ise C düzlemindeki ışık şiddeti değerinin açılarını vermektedir (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: C-γ koordinat sistemi

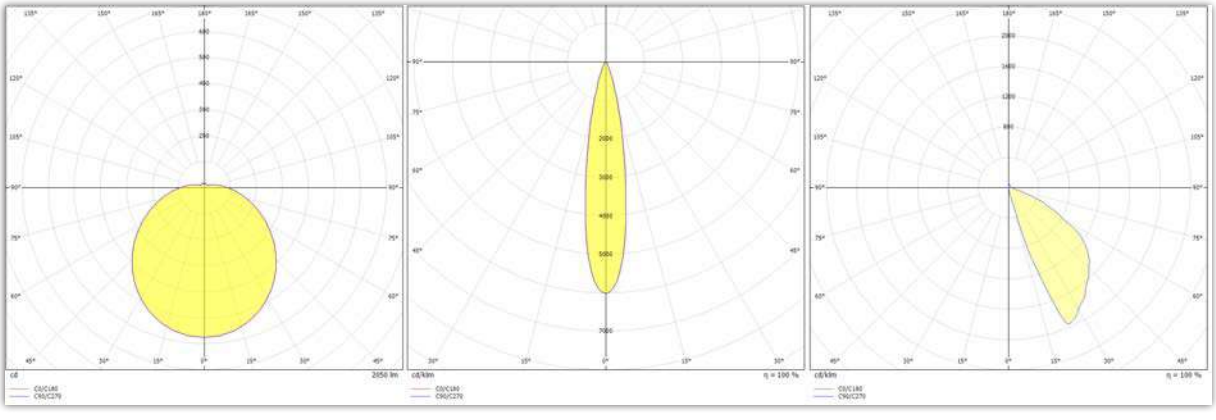
Yüzey alanı üzerinde ışık şiddetlerinin her birinin uç noktalarının oluşturduğu yüzey durumuna **ışık dağılım (polar fotometrik) yüzeyi** denir. Işık dağılım eğrileri, ışık kaynaklarının armatürlerle birlikte kullanılmasıyla armatürün geometrik yapısına bağlı olarak değişimler gösterir. Bu nedenle lambaların, ışık dağılım eğrilerine bakılarak tercih edilmesi gerekir.

Görsel 2.7'de dört farklı armatür ve lamba grubunun teknik özellikleri ile her bir lambanın ışık dağılım eğrileri görülmektedir.



Görsel 2.7: Çeşitli armatür ve lambaların teknik özellikleri ve ışık dağılım eğrileri

Görsel 2.8'de farklı ışık kaynaklarının ışık dağılımı eğrilerinin örnekleri, Görsel 2.9'da farklı ışık kaynaklarının ışık dağılımları verilmiştir.



Görsel 2.8: Simetrik ve asimetrik ışık dağılımı eğrisi örnekleri



Görsel 2.9: Farklı tip ışık kaynaklarının ışık dağılımları

2.1.5. Aydınlık Şiddeti (Aydınlık Düzeyi) (E)

Işık kaynağından yayılan ışık akısının birim yüzeye düşme miktarına **aydınlık şiddeti (düzeyi)** denir. Aydınlık şiddeti "E" ile gösterilir ve "lüx" (lx) birimi ile ölçülür. 1 lümen ışık akısının 1 m^2 yüzey alanına düşmesi durumunda 1 lüx değerinde aydınlık şiddeti oluşur.

Tablo 2.4'te çeşitli durumlardaki aydınlık düzeyleri görülmektedir.

Tablo 2.4: Çeşitli Durumlarda Aydınlık Düzeyleri

Durumlar	Lüx	Bölgeler	Lüx Aralığı
Açık ay ışığı ortam	0,25	**Tuvalet, lavabo**	25-50
Oturma odası (orta aydınlık)	100	**Oturma odası**	50-100
Ofis (iyi aydınlatılmış)	1.000	**Yatak odası**	50-100
Bulutlu hava	5.000	**Banyo**	75-125
Yaz günü (bulutsuz, gölge)	10.000	**Mutfak**	125-250
Yaz günü öğlen (bulutsuz)	100.000	**Salon**	150-200

Aydınlık şiddeti ile ortalama aydınlık şiddetinin formülleri şu şekildedir:

$$E = \frac{\phi \cdot \sin\theta}{A} = \frac{I \cdot \sin\theta}{r^2} \qquad \left(\text{lüx} = \frac{\text{lümen}}{m^2}\right)$$

$$E_{ORT} = \frac{\phi}{A} \quad \text{(lüx)}$$

NOT

Bir ortamın aydınlık şiddeti ölçümleri "lüksmetre" ile yapılır.

ÖRNEK

Ortam ölçüleri 8x5 m^2 olan bir odada 2450 lümenlik lamba kullanılarak aydınlatma işlemi yapılmaktadır. Buna göre ortamın aydınlık şiddeti kaç lüx değerindedir?

ÇÖZÜM

$$E = \frac{\phi \cdot \sin\theta}{A} = \frac{2450 \cdot \sin 45^o}{8 \cdot 5} = 43{,}31 \text{ lüx}$$

ÖRNEK

6x10 m^2 ölçüye sahip bir odanın olması gereken aydınlık şiddeti 150 lüx değerinde olduğuna göre 30° açı yapan bir lambanın ışık akısı kaç lümendir?

ÇÖZÜM

$$E = \frac{\phi \cdot \sin\theta}{A} \rightarrow \phi = \frac{E \cdot A}{\sin\theta} = \frac{150 \cdot 60}{\sin 30^o} = 18.000 \text{ lümen}$$

SIRA SİZDE

20 m^2lik bir ortamda 60 W ve 806 lümenlik LED lamba kullanılarak aydınlatma yapılması istenmektedir. Ortamın aydınlık şiddeti 200 lüx olduğuna göre (ışığın geliş açısının dik olduğu kabul edilirse) ortamda yaklaşık kaç adet LED lamba kullanılır?

2.1.6. Parıltı (Işıklılık) (L)

Işık kaynağından gelen ışığın yüzeyin birim alanından belirli doğrultuda yansıması durumuna **parıltı (ışıklılık)** denir. Parıltı; yüzeyin belirli noktasına, gözün baktığı nokta açısına (bakılan doğrultuya) ve bireyin konumuna göre değişkenlik gösterir. Parıltı, belirli doğrultuda "Θ" gelen ve alandan o doğrultuda "Θ" çıkan ışık şiddetidir. Parıltı, "L" ile gösterilir ve "cd/m²", "nit", "stilb" veya "asb" birimleri ile ölçülür. Parıltının formülü şu şekildedir:

$$L = \frac{I}{r^2} \quad (cd/m^2)$$

Tablo 2.5'te farklı yüzeylerdeki parıltı değişimleri görülmektedir.

Tablo 2.5: Farklı Yüzeylerdeki Parıltı Değişimleri

Yüzeyler	L (cd/m²)	Yüzeyler	L (cd/m²)
Aydınlatılmış yol yüzeyi	0,5-2	**Ay yüzeyi**	2.500
Siyah kâğıt (<400 lüx)	5	**Floresan lamba yüzeyi**	5.000-15.000
Gri kâğıt (<400 lüx)	50	**Opal akkor telli lamba balnu**	200.000
Beyaz kâğıt (<400 lüx)	100	**Şeffaf akkor telli lamba flaman**	7.000.000
Kumsal (güneş ışınları altı)	15.000	**Güneş yüzeyi**	1.650.000.000

NOT

Bir bölgenin parıltı ölçümleri "lüminansmetre (parıltı ölçer)" ile yapılır.

Her nesne parıltı ile görülür. Bölgenin alanı, parıltı durumuna göre farklı görülebilir. Aynı aydınlık düzeyi ile aydınlatılan bölgelerdeki farklı yansıtma özelliğine sahip yüzeylerde parıltılar farklılık gösterir. Parıltı değerinin gözü rahatsız etmesi ve gözün, cisimleri göremez hâle gelmesi durumuna **kamaşma** denir. Görüş alanı içindeki tüm ışık kaynakları kamaşmaya sebep olabilir.

2.1.7. Işık Miktarı (Q)

Belirli bir ışık kaynağından belirli bir etki süresince çıkan toplam ışık akı miktarına **ışık miktarı** denir. Işık miktarı "Q" ile gösterilir ve "lümen-saat" (lm.h) birimi ile ölçülür.

Işık miktarının formülü şu şekildedir:

$$Q = \phi \cdot t \quad (lm.h)$$

NOT

Işık miktarları "pozometre" ve "flaşmetre" ile ölçülür.

ÖRNEK

2 saat içinde 1800 lümen ışık akısı geçen alanda toplam ışık miktarı ne olur?

ÇÖZÜM

$Q = \phi \cdot t = 1800 \cdot 2 = 3600$ lm.h

2.1.8. Etkinlik Faktörü (Işıksal Verim) (η, EF)

Bir ışık kaynağından çıkan toplam ışık akısının, ışık kaynağının gücüne bölünmesi ile elde edilen değere **etkinlik faktörü (ışıksal verim)** denir. Etkinlik faktörü, "η" veya "EF" ile gösterilir ve "lümen/Watt" (lm/W) birimi ile ölçülür. Bu faktör, ışık kaynağının performansını verir. Işık kaynağının güç değeri ile yaydığı ışık akısı arasında sabit bir oran yoktur.

Etkinlik faktörünün formülü şöyledir:

$$\eta = EF = \frac{\Phi}{P} \quad (lm/W)$$

Tablo 2.6'da çeşitli lambaların yaklaşık ışık akıları ve etkinlik faktörü değerleri verilmiştir.

Tablo 2.6: Farklı Lamba Güçlerinin Işık Akıları ve Etkinlik Faktörleri

Lamba Türleri	Gücü (W)	Işık Akısı (lm)	η (lm/W)
LED lamba	8	470	**59**
Akkor flamanlı lamba	75	900	**12**
Floresan lamba	60	5.200	**86**
Yüksek basınçlı sodyum lamba	100	10.500	**105**
Alçak basınçlı sodyum lamba	180	32.000	**178**
Yüksek basınçlı cıva lamba	1.000	58.000	**58**
Metal halojen lamba	2.000	190.000	**95**

Tablo 2.7'de bazı lambaların ortalama etkinlik faktörlerinin değerleri görülmektedir.

Tablo 2.7: Farklı Lambaların Ortalama Etkinlik Faktörleri

Klasik Lambalar	η (lm/W)	LED Lambalar	η (lm/W)
Akkor flamanlı lamba	10-20	**LED lamba (SMD tipli)**	15-45
Floresan lamba	50-100	**LED lamba (power tipli)**	50-120
Metal halide lamba	75-125	**LED lamba (COB tipli)**	100-150
Sodyum buharlı lamba	100-150	**LED lamba (ampul tipli)**	200-300

ÖRNEK

2200 °K sıcaklığına sahip bir LED filament lambanın 60 W ve 75 W güçlerindeki ışık akı değerleri sırasıyla 806 lm ve 1055 lm olduğuna göre bu iki lambanın verimleri ne olur?

ÇÖZÜM

$$\eta_{60} = \frac{\Phi_{60}}{P_{60}} = \frac{8060}{60} = 13{,}43 \text{ lm/W} \qquad \eta_{75} = \frac{\Phi_{75}}{P_{75}} = \frac{1055}{75} = 14{,}06 \text{ lm/W}$$

Görüldüğü üzere güç artıkça verim de artmıştır.

SIRA SİZDE

Bir LED lambanın teknik özellikleri şöyledir: "51 W lamba gücü, 7 W nominal güç, 3000 °K, 660 lümenlik nominal ışık akısı, 94 lm/W, ortalama ömrü 20 yıl, 0,5 güç faktörü".

Buna göre lambanın etkinlik faktörü nedir? Hesaplayınız.

2.1.9. Renksel Geri Verim Endeksi (Ra, CRI)

Işık kaynağının aydınlattığı nesnelerinin renklerini ayırt ettirebilme ve doğru renkte gösterebilme özelliğine **renksel geri verim endeksi** denir. Renksel geri verim endeksi "Ra" ile gösterilir ve birimi yoktur. Değişik ışık kaynağının renksel karakteristiklerini karşılaştırmak için renksel geri verim endeksi (CRI-Color Rendering Index) kullanılır. Aynı renk sıcaklığına sahip ışık kaynakları, farklı renksel geri verimlere (tayfsal bileşimlerden ötürü) sahip olabilir. Bu durum, kullanılan ışık altında renk algılamasının ne denli tutarlı olduğunu gösterir. Bir referans ışık kaynağı (Güneş) ile çeşitli ışık kaynaklarının bu karakteristikleri ölçülür. İndeks değeri maksimum olursa (Ra=100) görülen renkler ile Güneş'in altında görülen renk aynıdır. Bu değer minimum olursa (Ra=20) görülen renklerde ciddi farklılık yaşanmaktadır.

Tablo 2.8'de DIN 5035 normuna göre farklı sınıflar içinde renksel geri verim indekslerinin özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.8: Renksel Geri Verim İndeks Özellikleri

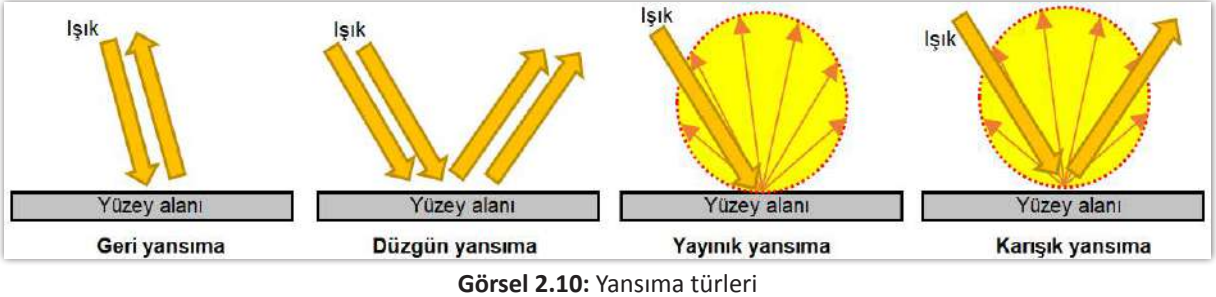
Norm	Endeks Aralıkları	Özellikleri	Sıcaklık Görünümü	Uygulama Alanları	
				Kabul Edilebilir	Tercih Edilebilir
1A	90<Ra<100	Çok iyi	Sıcak, ılık, soğuk	-	Resim galerisi, klinik inceleme vb.
1B	80<Ra<90	Oldukça iyi	Sıcak, ılık, soğuk		Lokanta, ev, ofis, hastane, baskı vb.
2A	70<Ra<80	İyi	Sıcak, ılık, soğuk		Endüstriyel işler
2B	60<Ra<70	Fena değil	Sıcak, ılık, soğuk	Endüstriyel işler	Kaba işler
3	40<Ra<60	Orta	Ilık, soğuk		
4	20<Ra<40	Kötü	Ilık, soğuk	Endüstriyel işler (Renk ayrımı az.)	

2.1.10. Düzgünlük Faktörü (DF)

Aydınlatılan bir bölgenin en karanlık yerinde oluşan aydınlık düzeyinin bölgenin ortalama aydınlık düzeyine oranına **düzgünlük faktörü** denir. "DF" ile gösterilir ve birimi yoktur. DF ≥ 0,8 şeklinde olmalıdır.

2.1.11. Yansıtma Faktörü (ρ)

Işık kaynağından belirli bir doğrultuda gelen ışık akısının bir kısmının ya da tamamının cisim yüzeyinin fiziksel özellikleri nedeniyle çevreye saçılması durumuna **yansıma**, bir cisimden yansıyan ışık akısının bu cisim üzerine gelen ışık akısı oranına **yansıtma faktörü** denir. Yansıtma faktörü "ρ" ile gösterilir ve **yüzdesel değer** olarak ifade edilir. Geri, düzgün, yayınık ve karışık yansıma türleri bulunmaktadır (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Yansıma türleri

Bir cismin rengi ne kadar açık oluşa ışığı yansıtma oranı da o kadar yüksek olur. Koyu renkler ışığı daha fazla emeceği için bu renklerde yansıtma oranı düşüktür. Tablo 2.9'da bazı renklere göre yansıtma faktörlerinin oranları ve verilmiştir.

Tablo 2.9: Renklere Göre Yansıtma Faktörleri

Renkler	ρ (%)	Renkler	ρ (%)
Siyah	5	**Gök mavisi**	40
Koyu kırmızı	10	**Pembe**	45
Orta gri	20	**Açık yeşil**	50
Açık kahverengi	30	**Açık sarı**	70
Açık gri	40	**Beyaz**	80

Tablo 2.10'da yüzey türlerine göre ışığı yansıtma faktörleri verilmiştir.

Tablo 2.10: Yüzeylere Göre Yansıtma Faktörleri

Yüzeyler	ρ (%)	Yüzeyler	ρ (%)
Kadife (siyah)	0,5-1	**Alüminyum (parlak)**	65-75
Tuğla	5-30	**Kâğıt (beyaz)**	60-80
Saydam cam (renksiz)	7-8	**Yağlı boya (beyaz)**	75-80
Buzlu cam (beyaz)	15	**Gümüş (parlak)**	88-93
Mermer	45-70	**Ayna**	90

2.1.12. Ekonomik Ömür (N_{eco})

Bir ortamın yeterli sayıda lambadan oluşan aydınlatmasında 100 saat kullanımdan sonraki toplam ışık akısının (lambaların kullanılamaz duruma gelmesi ve ışık akılarının azalmasından ötürü) yaklaşık %30 ve üzeri değer kaybetmesi için geçen süreye **lambanın ekonomik ömrü** denir. Her lambanın kendine özgü bir ekonomik ömrü vardır.

2.1.13. Ortalama Ömür (N_{ort})

Bir ortamın yeterli sayıda lambadan oluşan aydınlatmasında, normal şartlarda lambaların %50'sinin kullanılamaz hâle gelmesi için geçen süreye **ortalama ömür** denir. Her lambanın üzerinde ortalama bir ömrü bulunur.

2.1.14. Nominal Kullanım Ömrü (N_{use})

Bir ortamın yeterli sayıda lambadan oluşan aydınlatmada, normal şartlarda lambaların tamamının kullanılamaz hâle gelmesi için geçen süreye **nominal kullanım ömrü** denir. Her lambanın bir kullanım ömrü (saat cinsinden) vardır. Kullanım ömrü, anahtar döngüsüne bağlı olarak belirli bir artış gösterebilir. Örneğin bir LED lambanın kullanım ömrü 15.000 saat ise anahtar döngüsü ile bu ömür 20.000 saate kadar artabilir.

2.1.15. Renk Sıcaklığı (RS)

Işık saçan ve bir enerji oluşturan siyah bir cismin, belirli bir kaynaktan (bir lamba gibi) çıkan enerjinin rengine eşit bir renk yansıtabildiği sıcaklığa **renk sıcaklığı** denir. Işık kaynağının yaydığı görünür ışığın sahip olduğu ışık rengini belirtir. Renk sıcaklığı "RS" ile gösterilir ve Kelvin (^{O}K) birimi ile ölçülür.

Işık kaynakları ışık rengi bakımından üç farklı gruba ayrılır (Tablo 2.11).

Tablo 2.11: Işık Rengi Bakımından Işık Kaynakları

Renk Sıcaklığı (°K)	Işık Renkleri
5300 °K < RS	Soğuk renk (mavimsi beyaz ışık rengi)
3300 °K ≥ RS ≥ 5300 °K	Orta sıcak renk (beyaz ışık rengi)
RS < 3300 °K	Sıcak renk (kırmızımsı beyaz ışık rengi)

NOT

Işığın rengi "renk ölçer" (color meter) ile ölçülür.

Bir nesne, üzerine düşen değişik radyasyonların tamamını yutuyorsa bu nesneye **siyah cisim** denir. Bu nesnenin "spektral yutma faktörü" (YF) teorik olarak 1'dir ve nesne, üzerine gelen ışığın tüm dalga boylarını yutar. Siyah cisme ısı enerjisi uygulandığında cisim önce ısınır, daha sonra sırasıyla sarımsı ışık, sarı ışık, sarı beyaz ışık ve mavi beyaz ışık yayar. Işık kaynaklarının ışık rengi, bu ışık tayflarındaki ışınım yoğunlukların farklı olmalarına bağlıdır.

2.1.16. Fotometrik Işıntı (R)

Işık kaynağından ışık yayan bir yüzeyin ışık akısı yoğunluğuna **fotometrik ışıntı** denir. "R" ile gösterilir ve "Phot" birimi ile ölçülür. Aydınlık düzeyi ile benzerlik gösterir. Aydınlık düzeyi pasif büyüklük, fotometrik ışıntı ise aktif büyüklüktür.

2.1.17. Fotoğrafik Uyarma (U)

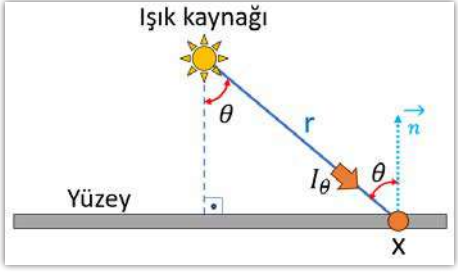
Aydınlık düzeyi ve bu düzeyin etki süresinin orantısına **fotoğrafik uyarma** denir. "U" ile gösterilir ve "lüx . saniye" birimi ile ölçülür. Fotoğrafçılıkta sıklıkla kullanılan bir kavramdır.

Fotoğrafik uyarmanın formülü şöyledir:

$$U = E \cdot t \quad \text{(lüx . saniye)}$$

2.1.18. Fotometrik Yasalar 1 (Kosinüs Yasası)

Paralel ışınlara sahip bir ışık demetinin A yüzeyine etkimesi neticesinde oluşan aydınlık şiddeti, o alana gelen ışık akısının yüzeye geliş açısına bağlı olarak değişir. Işık akısı yüzeye ne kadar dik şekilde gelirse yüzeyde aydınlık şiddeti o kadar yüksek olur (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: Işık kaynağından çıkan ışığın alana geliş açısı

Fotometrik kosinüs yasasında ışığın geliş açısı oldukça önemlidir. Bu yasaya göre bir ışık kaynağının "θ" açısıyla "r" uzaklıktaki bir "x" noktasına gönderdiği ışık şiddetinin oluşturduğu aydınlık şiddeti formülü şu şekilde hesaplanır

$$E_x = \frac{I_\theta \cdot \cos\theta}{r^2} \text{ (lüx)}$$

ÖRNEK

Zeminden 3 m yükseklikteki bir lambanın parıltı değeri 6000 cd olduğuna göre bu lambanın 60° uzaklıktaki aydınlık şiddeti ne olur?

ÇÖZÜM

$$\cos\theta = \frac{h}{r} \Rightarrow \cos 60^\circ = \frac{3}{r} \Rightarrow r = \frac{3}{\cos 60^\circ} = \frac{3}{0{,}5} = 6 \text{ m}$$

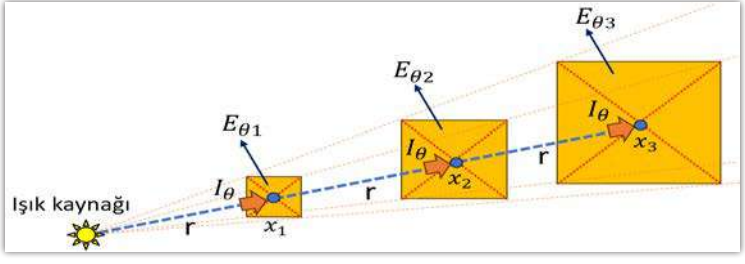
$$E_x = \frac{I_\theta \cdot \cos\theta}{r^2} = \frac{6000 \cdot \cos 60^\circ}{6^2} = \frac{6000 \cdot 0{,}5}{36} = 83{,}33 \text{ lüx}$$

SIRA SİZDE

Zeminden 4 m yükseklikteki bir lambanın parıltı değeri 7500 cd olduğuna göre bu lambanın 15°, 45° ve 60° uzaklıklardaki aydınlık şiddetleri sırasıyla ne olur?

2.1.19. Fotometrik Yasalar 2 (Uzaklıkların Karesi ile Ters Orantı Yasası)

Noktasal bir ışık kaynağı herhangi bir "θ" doğrultusunda "I_θ" ışık şiddetini oluşturuyorsa bu doğrultuya dik düzlemdeki aydınlık düzeyi düzlemin kaynağa olan uzaklığının karesiyle ters orantılıdır. Bir ışık kaynağından belli bir uzaklıktaki yatay düzlemin aydınlık şiddeti, düzlemin kaynağa olan uzaklığına ve ışık akısının yüzeye geliş açısına bağlıdır.



Görsel 2.12: Bir ışık kaynağının farklı uzaklıklardaki aydınlık şiddeti değişimleri

Bu yasaya göre aydınlık şiddeti değişimleri şu formüllerle hesaplanır (Görsel 2.12):

$$E_{\theta 1} = \frac{I_\theta}{r^2} \qquad E_{\theta 2} = \frac{I_\theta}{(2 \cdot r)^2} \qquad E_{\theta 3} = \frac{I_\theta}{(3 \cdot r)^2}$$

ÖRNEK

100 cd şiddetine sahip bir ışık kaynağının 1 m, 2 m ve 3 m uzaklıktaki farklı A alanlarında oluşturduğu aydınlık şiddeti değerleri sırasıyla ne olur?

ÇÖZÜM

$$E_{\theta 1} = \frac{I_\theta}{r^2} = \frac{100}{1^2} = 100 \text{ lüx (1 m uzaklıkta)}$$

$$E_{\theta 2} = \frac{I_\theta}{(2.r)^2} = \frac{I_\theta}{4.r^2} = \frac{100}{4.1^2} = 25 \text{ lüx (2 m uzaklıkta)}$$

$$E_{\theta 3} = \frac{I_\theta}{(3.r)^2} = \frac{I_\theta}{9.r^2} = \frac{100}{9.1^2} = 11{,}11 \text{ lüx (3 m uzaklıkta)}$$

SIRA SİZDE

100 cd/cm²lik parlama görülen bir S alanına 600 lm'lik toplam ışık akısı geldiği düşünüldüğünde bu parlamanın yaşandığı alan kaç m² olur?

2.1.20. Fotometrik Yasalar 3 (Lambert Yasası)

Işık kaynağından ışık yayan bir yüzeyde oluşan parıltı, her doğrultuda sabit (L ve L_θ sabit) olarak yayılıyorsa bu yüzeye Lambert Yasası'na göre **ışık yayan (ideal dağıtıcı) yüzey** denir. Eğer cisim bu yasaya uygun ışık yayıyorsa mat görünür. Örneğin siyah nesneler, opal özellikli camlar, badana yapılan yüzeyler buna örnek verilebilir. Bu yasaya göre uygun ışık yayan yüzeyin yaydığı toplam ışık akısı şu formülle hesaplanır:

$$\phi = \pi \cdot L \cdot A$$

ÖRNEK

Bir ışık kaynağının düzgün ışık yayan zemin üzerine 1800 lm ışık akısı yayar. Bu parlamanın yüzey alanı 6 m² ise ne kadarlık parlama görülmüştür?

ÇÖZÜM

$$\phi = \pi \cdot L \cdot A \Rightarrow L = \frac{\phi}{\pi . A} = \frac{1800}{3{,}14 \cdot 6} = 95{,}54 \text{ cd/m}^2$$

SIRA SİZDE

100 cd/cm²lik parlama görülen bir S alanına 600 lm'lik toplam ışık akısı geldiği düşünüldüğünde bu parlamanın yaşandığı alan kaç m² olur?

2.1.21. Fotometrik Yasalar 4 [Talbot (Işığı Zayıflatma) Yasası]

Bir ışık kaynağının zemin üzerindeki parıltısı zamanla değişkenlik gösterebilir ve bu durum göz üzerinde sabit bir parıltının görünmesine neden olabilir. Işık kaynağı üzerindeki bu duruma neden olan titreme frekansına **kritik titreme frekansı** denir. "Tablot" tarafından bulunmuştur. Fotometride **ışığı zayıflatma yasası** olarak bilinir.

SIRA SİZDE

Fotometrik yasaların her birini kapsamlı olarak araştırınız. Her bir yasanın teknik analizlerini ve hesaplamalarını gösteren bir rapor hazırlayınız. Raporu dört hafta içinde tamamlayıp dosya içeresinde teslim ediniz. Rapor en az 30 sayfa olmalı ve kapak sayfası oluşturulmalıdır.

Tablo 2.12'de çeşitli fotometrik büyüklüklerin özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.12: Çeşitli Fotometrik Büyüklüklerin Özellikleri

Büyüklükler	Sembol	Birim	Açıklaması
Işık akısı	ϕ	lümen (lm)	Aydınlatma elemanının her yöne yaydığı toplam ışık miktarı ya da enerji akısı.
Işık alanı	A	m^2	Işık kaynağının yüzey alanı.
Uzay açı	Ω	steradyan (sr)	İçinden kısmi şekilde ışık akısı geçen bir koni ya da piramit şeklindeki uzay parçası.
Işık şiddeti	I	kandela (cd)	Noktasal ışık kaynağının birim zamanda ve belirli bir doğrultuda (θ) yaydığı ışık enerjisi.
Ortalama ışık şiddeti	I_{ort}	kandela (cd)	Ortalama ışık şiddeti.
Koordinat sistemi	C-γ	Birimsiz	Işığın mekâna etkisini göstermek ve fotometrik eğrilerini elde etmek adına oluşturulan koordinat düzlemi.
Aydınlık şiddeti (düzeyi)	E	lüx (lx)	Işık kaynağından yayılan ışık akısının birim yüzeye düşme miktarı.
Parıltı (ışıklılık)	L	cd/m^2, nit, stilb, asb	Işık kaynağından gelen ışığın yüzeyin birim alanından belirli doğrultuda yansıması durumu.
Işık miktarı	Q	lümen.saat	Belirli ışık kaynağından, belirli etki süresince çıkan toplam ışık akısı miktarı.
Etkinlik faktörü (ışıksal verim)	EF, η	Lümen/Watt (lm/W)	Bir ışık kaynağından çıkan toplam ışık akısının, ışık kaynağının gücüne bölünmesi ile elde edilen değer.
Renksel geriverim endeksi	Ra, CRI	Birimsiz	Işık kaynağının aydınlattığı nesnelerinin renklerini ayırt ettirebilme ve doğru renkte gösterebilme özelliği.
Düzgünlük faktörü	DF	Birimsiz	Aydınlatılan bölgenin en karanlık yerinde oluşan aydınlık düzeyinin bölgenin ortalama aydınlık düzeyine oranı.
Yansıtma faktörü	ρ	%	Bir cisimden yansıyan ışık akısının bu cisim üzerine gelen ışık akısı oranı.
Ekonomik ömür	N_{eco}	saat	100 saat kullanımdan sonraki toplam ışık akısının lambaların kullanılamaz duruma gelmesi ve ışık akılarının azalmasından ötürü yaklaşık olarak %30 ve üzeri değer kaybetmesi için geçen süre.
Ortalama ömür	N_{ort}	saat	Normal şartlar altında lambaların %50'sinin kullanılamaz hâle gelmesi için geçen süre.
Kullanım ömrü	N_{use}	saat	Normal şartlar altında lambaların tamamının kullanılamaz hâle gelmesi için geçen süre.
Renk sıcaklığı	RS	Kelvin (°K)	Bir nesnenin gerçek sıcaklığı yerine renk sıcaklığı konduğu anda o sıcaklıktaki siyah nesne gibi ışık yayan sıcaklığı.
Fotometrik ışıntı	R	Phot	Işık kaynağından ışık yayan bir yüzeyin ışık akısı yoğunluğu.
Fotoğrafik uyarma	U	lüx.saniye	Aydınlık düzeyi ve bu düzeyin etki süresinin orantısı.
Işık açısı	θ	derece (°)	Işığın geldiği yön ile alan arasındaki açı değeri.
Işık mesafesi	r	metre (m)	Işık kaynağı ile yüzey alanı arasındaki mesafe.

2.2. IŞIK ÜRETİMİNİN TEMELLERİ

Işık kaynağından ışık enerji üretiminde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Termik Işık Üretimi

Katı veya sıvılar yüksek sıcaklıkta kızgınlaştırıldığı zaman akkor hâline gelerek ışık yayar. Akkor flamanlı ve halojen lambaların çalışma mantığı bu esasa göredir. En yaygın kullanılan en eski ışık üretim yöntemlerindendir. Cismin sıcaklığı önemli değildir. Üretilen ışığın dalga spektrumu süreklidir. Bu nedenle renksel geri verim değerleri oldukça yüksektir.

2.2.2. Deşarja Dayanan (Luminesan) Işık Üretimi

Termik ışık üretimde olduğu gibi atom ve moleküller, elektrik akımı ile uyarılmış durumdan temel duruma geçtiğinde aldıkları enerjinin çoğunu ışınım olarak dışarıya verir. Burada iki katı elektrot arasında bulunan yalıtkan gaz, elektrik akımı ile birlikte iletken hâle geçer. Bir elektrondan diğer elektrona doğru elektron akışı, yolu üzerinde bulunan gaz atomlar ile çarpışır. Burada elektron hızına bağlı olarak üç durum meydana gelir. Bu durumlar şunlardır:

- **Birinci Durum:** Elektronların hızı atomları uyarmak için yeterli değilse elektronlar, atoma çarparak geri yansır ve ışıma gerçekleşmez ancak ısı ortaya çıkar.
- **İkinci Durum:** Elektronların hızı atomları uyarmak için yeterliyse elektronlar, gaz atomlarını uyarır ve ışıma gerçekleşir.
- **Üçüncü Durum:** Elektronların hızı atomları uyarmak için yeterli ve atomları iyonize edecek kadar büyükse gaz atomu iyonize olur ve yeni parçacıklar meydana gelir.

Cismin sıcaklığının önemi yoktur. Üretilen ışığın dalga spektrumu sürekli değildir. İçindeki gazın çeşidine ve basınçlarına bağlı olacak şekilde belli bir dalga boyunda ışık yayar. Alçak veya yüksek basınçlı olarak çalışan lambalar bu sınıfa girer. Özellikle cıva veya sodyum buharlı deşarj lambalar ile floresan lambalar buna örnek verilebilir.

2.2.3. Endüksiyon Yoluyla Işık Üretimi

Endüksiyon yoluyla ışık üretim yönteminde tüp içindeki gazı elektromanyetik alan iyonize eder ve ışıma gerçekleşir.

SIRA SİZDE

Endüksiyon yoluyla ışık üretiminde hangi tip lambalar kullanılmıştır? Araştırınız ve elde edilen sonuçları sınıfta sunu yoluyla paylaşınız.

2.2.4. Elektrolüminesan Işık Üretimi

Elektrolüminesan yönteminde elektrik enerjisi, doğrudan ışık enerjisine dönüştürülür. Özellikle ışık yayan LED diyotlar buna örnek gösterilebilir. P-n jonksiyonlu yarı iletkenin bir tarafına enjekte edilen elektron, birleşim alanına yakın alanda sıkışarak diğer taraftaki delikle birleşir. Bunun sonucunda ışık yayan fotonlar meydana gelir. Diğer yöntemlerin aksine enerjinin çoğu ışık enerjisine dönüşür ve çok az ısı enerjisi yayar. LED özellikli lambaların tamamı buna örnek verilir.

LED'lerle beyaz ışık üretiminde kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları Tablo 2.13'te verilmiştir.

Tablo 2.13: LED'lerle Beyaz Işık Üretiminde Kullanılan Yöntemler, Avantajlar ve Dezavantajlar

Yöntemler	Avantajları	Dezavantajları
Kısa dalga boylu diyotun ışınlarının absorbe edilerek uzun dalga boyuna dönüştüren fosforla kaplanması.	Renksel geri verim indeksleri ve etkinlik faktörleri oldukça iyidir. Farklı değerde renk sıcaklığı elde edilebilir.	Sınırlı miktarda renk imkânı sağlar. Ayrıca hale efekt etkisi oluşturur.
Morötesi bölgede ışıma yapan diyotla fosfor tabakasının bir ya da birden fazla birleşimi.	Farklı renk sıcaklıkları elde edilebilir. Düzgünlük faktörleri iyidir.	Yüksek güç değerine ulaşmaz. UV ışınlarını önleyemez. Etkinlik faktörleri düşüktür.
Farklı dalga boylarına sahip üç veya daha fazla diyotun birleştirilmesi.	Farklı renk sıcaklıkları ve renkler elde edilebilir. Renkler dinamik kontrol edilir.	Sıcaklık değişimlerden etkilenir. Elektronik olarak kontrolleri zordur.

2.3. FİZYOLOJİK OPTİK ESASLAR

Bir cisim, gözün görme yeteneği ile görülür. Görme yeteneği ise kişiden kişiye değişir. Bir nesnenin görülebilir olması o nesnenin boyutuna, kontrastına, üzerine düşen aydınlık düzeyine ve gözlem süresine göre değişir. Bu etkenler birbirine bağlıdır. Aşağıda görme yeteneğini etkileyen temel esaslar açıklanmıştır.

2.3.1. Gözün Eşik Değerleri

Analog yapıya sahip olan insan gözünün piksel boyutla ölçüm yapması mümkün değildir. İnsan gözü 100-120 MP çözünürlüğe sahip bir yapıya sahiptir. Bu da fotoğraf makinesindeki çözünürlükten yaklaşık 6 kat fazla detayı içerir. Beyin, insan gözünden gelen ışık verilerini yorumlayıp görüntüye çevirir. Bu işlem beyne giden sinir hücrelerinin (nöronların) hızına bağlı olarak sürekli yenilenir. İnsan gözünün bir eşik değeri vardır ve göz, bu eşik değerinin üzerindeki hızları yakalayamaz. Gözün eşik değeri, "apostilb" (asb) cinsinden görülebilen en küçük ışık uyarımıdır.

Dört çeşit görme bulunur ve bu çeşitler Tablo 2.14'te gösterilmiştir.

Tablo 2.14: Görme Çeşitleri

ASB Aralığı	cd/m² Aralığı	Görme Tipi	Renk Duyarlılığı
10^{-5} – 10^{-2}	**10^{-6} - 3,2.10^{-2}**	Gece (skotopik) görmesi	Renkler algılanmaz.
10^{-2} – 10	**3,2.10^{-2} - 3,2**	Karma görme	Renk duyarlılığı uyanır.
10 asb üzeri	**3,2 cd/m² üzeri**	Gündüz (fobotik) görmesi	Renkler düzgün görülür.
10^{5} asb üzeri	**10^{4} cd/m² üzeri**	Kamaşma görüşü	Renkler bulanıklaşır.

NOT

1 cd/m² = 3,14 asb, 1 stilb = 1 cd/cm² = 10^4 cd/m²

Gözün görmedeki eşik değerleri şu faktörlere bağlı olarak değişir:

- Işık uyarımının etki süresi
- Gözün ışığa adapte olması durumu
- Cismin göründüğü açının durumu ve büyüklüğü
- Cismin göze görünüş şekli ve doğrultusu
- Görme alanının ortalama parıltısı
- Görme alanının düzgünlük faktörü

2.3.2. Gözün Nesneyi Görme Açısı (Ricco Yasası)

Bir nesnenin en büyük boyutunun göz merceğindeki düğüm noktası ile yaptığı açıya o **nesnenin görünür açısı** denir. Görünür açı "α" ile gösterilir.

- $\alpha \geq 20'$ ise nesnenin görünümü değişmez ve parıltı eşiği sabittir.
- $20' < \alpha < 20'$ ise parıltı eşik değeri sabit değildir ve göründüğü açının tersi ile orantılıdır. Nesnenin görünmesi için parıltının, nesnenin görünen alanın karekökünün tersi ile değişmesi gerekir.
- $\alpha < 20'$ ise nesnenin görülebilmesi için parıltı, görülen alanın tersi ile değişmelidir. Nesnenin görüldüğü açı küçüldükçe parıltısı da aynı oranda artmalıdır.

2.3.3. Gözün Nesneyi Görme Doğrultusu (Mesafesi)

Nesnenin görüntüsü göze (yani göz bebeğine) belirli bir doğrultuda gelir. Göz bebeği çapı karanlık görmelerde 7-8 mm, aydınlık görmelerde ise 2 mm olur. Yani göz bebeğinin çapı, ışık eşik değerinden büyük ışık uyarımlarında küçülüp bu değerden küçük ışık uyarımlarında büyür. Işık uyarımlarının aydınlık etkisi hem göz bebeğinin çapına hem de ışık uyarımının göze geliş doğrultusuna bağlı olarak değişir. Buna göre nesnenin göze geliş doğrultusu ile gözün görme ekseni çakıştığı an göz daha fazla ve detaylı görür.

Göze gelen ışık akısı ile göz bebeği çapının karesi arasında doğru orantı vardır. Buna göre göz bebeği çapının parıltı ile ilişkisi şu formülle gösterilir:

$$d = 5{,}5 \cdot \log(L)$$

Formüle göre
d : Göz bebeği çapı (mm)
L : Parıltı (cd/m^2)

ÖRNEK

Parıltısı 80 cd/m^2 olan bir nesnenin göze gelişi dikkate alındığında göz bebeğinin çapı ne olur? Eğer eşik durumda göz bebeği olursa parıltı nasıl değişirdi?

ÇÖZÜM

$d = 5{,}5 \cdot \log(L) = 5{,}5 \cdot \log(80) = 5{,}5 \cdot 1{,}90 = 10{,}46\ cd/m^2$

Görüldüğü üzere göz bebeği çapı büyümüş ve daha karanlık bir görüş mesafesinde bulunmuştur. Eğer göz bebeğinin çapı d= 7 mm ile d= 8 mm olsaydı

$d = 5{,}5 \cdot \log(L) \longrightarrow 7 = 5{,}5 \cdot \log(L) \longrightarrow \log(L) = 1{,}27 \longrightarrow L = 10^{1{,}27} = 18{,}62\ cd/m^2$

$d = 5{,}5 \cdot \log(L) \longrightarrow 8 = 5{,}5 \cdot \log(L) \longrightarrow \log(L) = 1{,}45 \longrightarrow L = 10^{1{,}45} = 28{,}48\ cd/m^2$

Parıltısı 18,62-28,48 cd/m^2 aralığındaki parıltılar göz bebeği için eşik değeri taşır.

2.3.4. Işık Uyarımı ve Etki Süresi

Işık uyarımın etki süresi ile eşik değeri arasında ters bir orantı, duyarlılık (parıltı) ile arasında doğru orantı vardır. Böylece ışığın etki süresi azaldığında duyarlılık azalırken eşik değeri artar. Buna göre uyartım süresi ile parıltı arasındaki ilişki şu formülle gösterilir:

$$L^t = L^e \cdot \left(\frac{0{,}21 + t}{t}\right)$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

L^t : Parıltı (sonsuz uyartım süresine karşılık gelen) (cd/m²)

L^e : Parıltı (t uyartım süresine karşılık gelen) (cd/m²)

t : Işık uyarımın etki süresi (saniye, dakika veya saat)

ÖRNEK

90 cd/m² olan parıltılı bir ortamda 120 cd/m² olan bir ışık parıltısının etki edebilmesi için ne kadarlık bir sürede ışık uyarımına etki etmiştir?

ÇÖZÜM

$$L^t = L^e \cdot \left(\frac{0{,}21 + t}{t}\right) \longrightarrow 120 = 90 \cdot \left(\frac{0{,}21 + t}{t}\right) \longrightarrow 1{,}33 = \left(\frac{0{,}21 + t}{t}\right)$$

$$\longrightarrow 1{,}33 \cdot t = 0{,}21 + t \longrightarrow 0{,}33 \cdot t = 0{,}21 \longrightarrow t = \frac{0{,}21}{0{,}33} = 0{,}636 \text{ sn}$$

NOT

Elde edilen veriler ışığında şu sonuçlara ulaşılabilir:

- Bir nesnenin görünen açısı ne kadar küçük olursa o nesnenin görünmesi için parıltısının aynı oranda büyük olması gerekir. Parıltı miktarının yükseltilmesine karşın istenen sonuç bulunamazsa ışığın alanının da büyültülmesi gerekir.
- Bir ışık kaynağının göründüğü açı ne kadar büyük olursa kamaşma durumu da o kadar büyük olur yani arada doğru orantı vardır.
- Çok kısa süreli ışık uyarımları veren flaş ışıkları gibi ışık kaynaklarının uyarımlarının etkili olması için parıltılarının ciddi oranda büyük seçilmesi gerekir.

2.3.5. Adaptasyon

Gözün değişik aydınlık düzeylerine (parıltılara) uyma yeteneğine **gözün adaptasyonu** denir. Karanlık ve aydınlık adaptasyonu olmak üzere iki türlüdür.

Aydınlık Adaptasyonu: Karanlık bir ortamdan aydınlık bir ortama geçişteki aydınlık düzeyine uyma yeteneğidir. Bu geçiş süresi çok hızlı (salise düzeyi) olur.

Karanlık Adaptasyonu: Aydınlık bir ortamdan karanlık bir ortama geçişteki aydınlık düzeyine uyma yeteneğidir. Bu geçişin süresi oldukça yavaştır. Örneğin güneşli bir ortamdan karanlık bir ortama geçildiğinde ilk anda parıltının eşik değeri 1 asb olur. 10 dakika geçtiğinde parıltı eşik değeri küçülürken duyarlılık büyümeye başlar. 10-30 dakika aralığında duyarlılık lineer olarak büyür ve süre sonunda büyüme yavaşlar. 1 saat sonunda adaptasyon işlemi tamamlanır. Bu nedenle aydınlık adaptasyonuna göre karanlık adaptasyonu dikkate alınır.

2.3.6. Kontrast Duyarlılığı

Bir nesnenin görüntüsünün diğer nesnelerden ya da arka plandan ayrı olarak algılanmasını sağlayan görsel özelliğe **kontrast** denir. Göz nesneleri aydınlık-karanlık farkları, şekilleri, renkleri ve hareketleri ile ayırt eder. Kontrast ise bu nesnenin aydınlık ve karanlık şekillerinin alınabilmesi durumudur.

Aşağıda çeşitli kontrast formülleri görülmektedir.

$$C = \frac{\Delta L}{L}$$

$$\Delta L = L - L_d$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

C : Bağıl parıltı farkı (bağıl kontrast farkı)

L : Bir nesnenin fon (çevre) parıltısı (asb, cd/m²)

L_d : Bir nesnenin kendi detayının parıltısı (asb, cd/m²)

ΔL : Mutlak parıltı farkı (mutlak kontrast farkı) (asb, cd/m²)

Kontrast algısının devir ya da derece cinsinden ölçülmesi durumuna **kontrast duyarlılığı** denir. Işık ortamına ya da yaşa göre farklılık gösteren kontrast duyarlılığı, çeşitli testler ile ölçülebilir. Kontrast duyarlılığı şu formülle hesaplanır:

$$k = \frac{L}{\Delta Le}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

k : Kontrast duyarlılığı

ΔLe : Kontrast parıltı farkı eşiği (asb, cd/m²)

- **$L \gg L_d$** ise endirekt kamaşma meydana gelir ve kontrast duyarlılığı azalır.
- Aydınlık-karanlık fark çok büyükse **$(1 \ll (L - L_d))$** bağıl kamaşma meydana gelir. Bu durum karanlık çevrede aydınlık nesneye bakılması sonucu oluşur.
- Çevre parıltısının arttırılması ile kamaşma sorunu yeterli oranda azalır.
- Kontrast duyarlılığını arttırmak için hem nesnenin parıltısı yükseltilir hem de çevrenin parıltısı kontrast duyarlılığının mertebesine kadar çıkartılır.
- Aydınlık-karanlık farkının ayırt edilebilmesi için aydınlık düzeyi yüksek tutulur.

ÖRNEK

120 cd/m² olan parıltılı ortamda 90 cd/m² olan nesnenin mutlak ve bağıl kontrast farkları ve kontrast duyarlılığı nasıl değişir?

ÇÖZÜM

Mutlak kontrast farkı : $\Delta L = L - L_d = 120 - 90 = 30$ cd/m²

Bağıl kontrast farkı : $C = \frac{\Delta L}{L} = \frac{30}{120} = 0{,}25$ kat

Kontrast duyarlılığı : $k = \frac{L}{\Delta Le} = \frac{120}{30} = 4$ kat daha keskin görünüm.

2.3.7. Nesnenin Duyarlılığı (Keskinliği, Seçicilik Derecesi)

$$S = \frac{1}{\delta} \quad [1/rad]$$

$$S_b = \frac{1}{\delta} \quad [dakika]$$

Bir nesnenin çeşitli noktalarının ve kesitlerinin ayırt edilebilirliği, keskinliğine ve nesne duyarlılığına bağlı olarak değişir. Nesnenin iki noktasındaki görünüm birbirine çok yakın olursa göz bu iki noktayı ayırt edemez. Gözün ayırt edebilmesi için bu iki noktaya farklı açılardan bakması gerekir. İlk noktaya "α" açısından bakan göz, diğer noktaya "α" açısından küçük bir "δ" açısından bakmalıdır. İşte "δ" açısının tersine **nesnenin duyarlılığı (keskinliği, seçicilik derecesi)** denir. Bu duyarlılık "S" ile gösterilir ve şu formülle gösterilir:

"δ" açısının dakika cinsinden tersine **bağıl keskinlik** denir. Bağıl keskinlik, "S_b" sembolü ile gösterilir.

NOT

Keskinlikte δ=1 yeterli olarak ele alınır. Normal bir gözün keskinliği şu şekildedir:

Normal keskinliği : $S = \frac{1}{\delta} \cong \frac{1}{\frac{3}{4}} = \frac{1}{0,75} = 4,5 \cdot 10^3$ [1/rad]

Bağıl keskinliği : $S_b = \frac{1}{\delta} \cong \frac{1}{1'} = \frac{60}{60''} = \frac{6}{6}$ [dakika]

500 lüx değerinde en büyük keskinlik değerine erişen gözde, 1000 lüx değerine kadar bu keskinlik değeri sabit kalır. Bu değerden sonra keskinlik değeri, kamaşma nedeniyle azalır.

2.3.8. Kamaşma

Bir nesnenin çevre koşulları nedeniyle göz tarafından geçici olarak görülemez duruma gelmesine **kamaşma** denir. Gözün görüş alanındaki parıltı değerinin 10^4 cd/m²'den büyük değere çıkmasıyla oluşan kamaşmaya **mutlak kamaşma** denir. Gözün görüş alanındaki parıltı farklarında ciddi bir farklılık olduğunda düşük parıltılı alanın görülememesi durumuna **bağıl kamaşma** denir. Gözün görüş alanındaki cismin doğrudan sebep olduğu kamaşmaya **direkt kamaşma** denir. Direkt kamaşma ışık kaynağına doğrudan bakılması sonucu ortaya çıkar. Eğer bakılan nesne ile kamaşmaya sebep olan nesne arasında farklılık varsa diğer nesnenin sebep olduğu kamaşmaya **endirekt kamaşma** denir. Örneğin güneş ışığının göze doğrudan yansıması sonucu oluşan kamaşma direkt kamaşma, bir zemin üzerinden yansıması sonucu oluşan kamaşma ise endirekt kamaşmadır. Kamaşma parıltısının seviyesi, çevre yüzeyindeki parıltıyla doğru orantılıdır.

Kamaşma, görme yeteneğini azaltabilir ya da belirli bir süre yok edebilir. Örneğin bir armatürün yanlış yerleştirilmesi ya da parıltısı yüksek bir lambanın çıplak şekilde kullanılması sonucu oluşan kamaşma, gözün görme yeteneğini azaltır. Ancak karanlık bir ortamda göze tutulan bir ışık kaynağı gözün belirli bir süre nesneleri görememesine neden olabilir.

SIRA SİZDE

Kamaşma nasıl oluşur? Kamaşmaya sebep olan kaynaklar nasıl belirlenir? Kamaşma sorununu gidermek için hangi yöntemler kullanılır? Kamaşmada lambaların, lamba güçlerin ve lamba sıcaklıkların etkileri nasıl olur? Bu konular ile ilgili gerekli araştırmalar yapınız ve sunu hazırlayarak sınıfta sunum işlemini gerçekleştiriniz.

2.3.9. Parıltı Oranı ve Parıltı Farkı

Yan yana kullanılan iki ışık kaynağının parıltı oranları ve parıltı farkları aynı olmayabilir. Bu farklar gözün görme yeteneğini ciddi oranda etkiler. Parıltı farkı arttığında nesneler daha kolay fark edilirken azaldığında daha zor fark edilir. Örneğin bir yazı kâğıdına yazılan gri renkli normal yazı üzerindeki parıltı oranı 1:8 olabilirken kuşe kâğıda yazılan siyah matbaa harfleri üzerindeki parıltı oranı ise 1:18 olabilir.

2.3.10. Gözün Görme Hızı ve Kritik Titreme Frekansı

Bir ışık kaynağının parıltısının periyodik olarak değiştiği dikkate alındığında bu ışık kaynağının göze sabit bir parıltı şeklinde göründüğü en küçük frekans değerine **kritik titreme frekansı** denir. Burada hareketli durumlar, düşük aydınlatma düzeyinde normalinden daha hızlı seyrediyormuş gibi görünür. Büyük parıltılara sahip yüksek aydınlık düzeyli armatürlerde kritik titreme frekansı oldukça büyüktür. Kesikli ışıkta yaşanan periyodik hareketler, dönen cismin duruyormuş gibi görünmesi, hareketli nesnenin gerçekteki hızından daha yavaş hareket ediyormuş gibi görünmesi durumlarına benzer yanılmalara yani stroboskopik etkiye neden olur. Özellikle floresan lambalarda bu etki oldukça sık görülür.

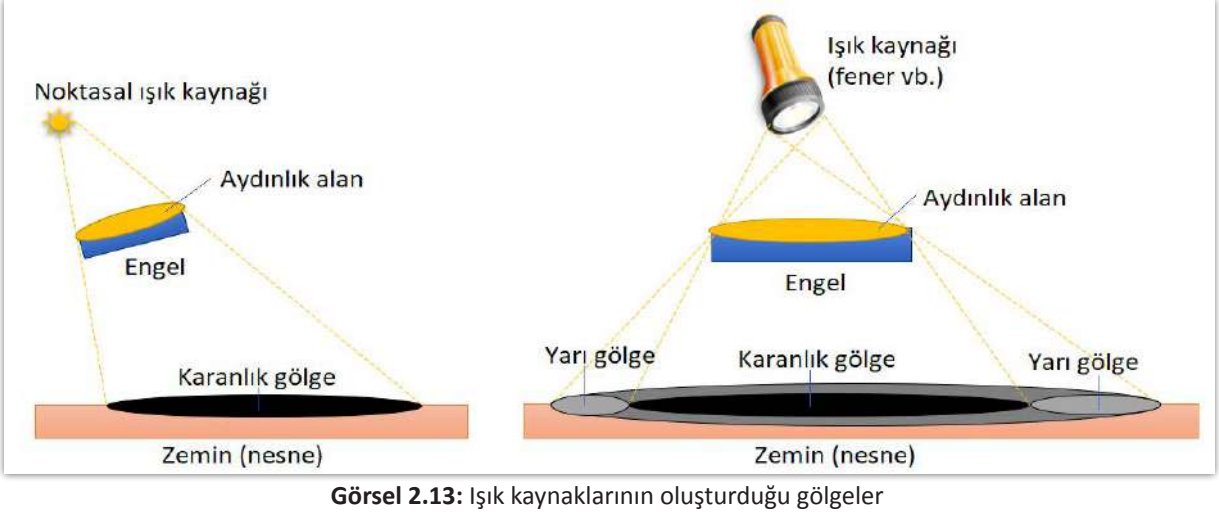
Stroboskopik etkiye maruz kalınmaması için ışığın titreme frekansının gözün görme frekansına yakın olması gerekir.

SIRA SİZDE

Kritik titreme frekansına neden olan 10 farklı örnek olay araştırınız ve bulduğunuz olayları sınıf ortamında paylaşınız. Ayrıca LED lambalarda neden bu frekansın çok küçük olduğunu açıklayınız.

2.3.11. Gölgeler (Karanlık Alanlar)

Işık kaynağının yansıtıldığı yüzey alanında engele neden olabilecek bir nesne olduğunda nesnenin yüzey alanı üzerinde gölgeler (karanlık alanlar) oluşur. Oluşan bu gölgeler tam karanlık ortama neden oluyorsa "koyu gölgeli alanlar", gölge üzerinde kısmi bir aydınlık meydana geliyorsa "yarı (açık) gölgeli alanlar" meydana gelir. Görsel 2.13'te çeşitli ışık kaynaklarının engel sebebiyle nesne üzerinde oluşturduğu gölgeler görülmektedir. Yüzey alanı geniş olan ışık kaynakları belirli açıdan engel üzerine tutulduğunda zemin üzerinde yarı gölgeler oluşabilirken noktasal ışık kaynaklarında bu durum oluşmaz.



Görsel 2.13: Işık kaynaklarının oluşturduğu gölgeler

NOT

Endirekt ve karma aydınlatma armatürleri, daha yumuşak bir gölgenin oluşmasına katkı sunar. Ayrıca aydınlatmada gölgeler ne kadar açık olursa aydınlatma karakterinin **yaygınlık derecesi** (Işık aydınlatılan noktaya Ω uzay açısı içinden geldiğinde bu aydınlatmanın derecesi olur. Bu derece "Ω/2π" oranıyla gösterilir ve bu oran "0-1" arasında değişir. Direkt saf aydınlatmada bu derece "0", yaygın saf aydınlatmada ise bu derece "1" olur.) o kadar büyük olacaktır.

Nesnelerde, çeşitli yüzey elemanlarının gelme açılarının farklılığı nedeniyle farklı aydınlık (parıltı) düzeyleri oluşur. Bu farklı aydınlık düzeylerinin neden olduğu gölgeye nesnenin **öz gölgesi (kendi gölgesi)** denir. Öz gölge, nesne yüzeyi şeklinin belirginleşmesine yardımcı olur. Işık kaynaklarının yerleşimi planlandığında istenen gölge doğrultusu oluşturulur.

Bir nesnede oluşan aydınlık seviyesinin direkt bileşenin toplam aydınlık seviyesi oranına **aydınlık gölgesi** denir. Aydınlık gölgesi, "g" ile gösterilir.

- **g > %80** ise aydınlatmanın gölgesi fazladır.
- **%20 < g < %80** ise aydınlatmanın gölgesi normal ölçüdedir.
- **g < %20** ise aydınlatmanın gölgesi azdır.

SIRA SİZDE

Işık kaynakları ile farklı aydınlatma düzeyine sahip ortamlarda gölgeli, çeşitli ışık deneyleri yapınız ve deneyler sonucu oluşan görünümün fotoğrafını çekiniz. Bu fotoğraflar üzerinden gölgelerin ve aydınlatmanın özelliklerini açıklayınız. Sonuçları rapor hâline getirip öğretmeninize teslim ediniz.

2.3.12. Renk ve Renk Duyarlılığı

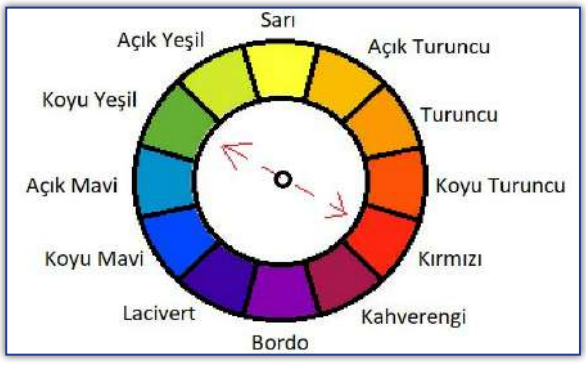
Her ışık kaynağının rengi, tayfındaki ışık yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Nesnelerin renkleri, nesnenin spektral yansıtma (geçirme) faktörüne ve nesneyi aydınlatan ışık kaynağının renksel özelliklerine bağlıdır. Görsel 2.14'te dört farklı ışık kaynağının farklı dalga boylarına sahip ışık renkleri görülmektedir.



Görsel 2.14: Farklı ışık kaynaklarının farklı dalga boylarındaki ışık renkleri

Bir nesnenin gerçek rengi, gün ışığında görünen rengidir. Bu yüzden ışık kaynaklarının renklerinin gün ışığından farklı olması sonucunda nesnenin rengi, renk tonu ve renk duyarlılığı (hassasiyeti) farklılık gösterebilir. Nesnenin renk görünümünü etkileyen etkenler şunlardır:

- Parıltı (ışığın uyarım şiddeti) arttığında nesnenin rengi daha açık, azaldığında ise daha koyu görünür.
- Nesnenin göründüğü açı değeri azaldığında nesnenin rengi soluklaşır, arttığında ise keskinleşir.
- Renk uyarım süreleri kısaldıkça nesnenin rengi daha soluk görünür, bu süre uzadıkça nesnenin renginin görünen canlılığı artar.
- Nesnenin bulunduğu çevrenin fon rengi renk duyarlılığını ve nesnenin algılanmasını etkiler. Renk çemberinde birbirinin karşısındaki renkler birbirini tamamlamaktadır yani komplementer renklerdir (Görsel 2.15). Özellikle sarı-mavi ya da kırmızı-yeşil gibi birbirini tamamlayan çevre renklerinin tercih edilmesi algılamayı ve duyarlılığı olumlu etkiler.



Görsel 2.15: Renk çemberi ve komplementer renkler

Görsel 2.16'da lambanın farklı sıcaklık değerlerinde yansıttığı ışığın bu değerlere göre değişen renkleri görülmektedir.



Görsel 2.16: Lambanın farklı sıcaklık değerlerindeki renk değişimleri

BİLGİ KUTUSU (1) LÜKSMETRE İLE AYDINLATMA ŞİDDETİ ÖLÇÜM YÖNTEMİ

Aydınlık şiddetini ölçen cihazlara **lüksmetre** denir (Görsel 2.17). Lüksmetre, bir alandaki aydınlatma düzeyini belirlemek veya belirli bir aydınlatmada kullanılan lambaların performansını ölçmek için tercih edilir.



Görsel 2.17: Lüksmetreler

Lüksmetrenin tuş fonksiyonları şunlardır:

- **On/Off:** Lüksmetreyi açmak ve kapatmak için kullanılır.
- **Lux/Fc:** Lüksmetre ile aydınlatma şiddeti ölçümü yapılacağında bu tuşa bir kez basılırsa lüx ile ışık şiddeti ölçümü yapılır. Bir kez daha basılması hâlinde fc (foot-candela) birimi ile ölçüm yapılır.
- **Foot-kandela:** Lüks ölçümünün yaklaşık 10 katına denk gelir. Bir foot-kandela 10,764 lükse eşittir. Bir lüks ise 0,09 fc'ye eşittir. Işık kaynağının aydınlatma aydınlık bir adım (30,48 cm) uzaktan ölçüldüğünde foot-kandela değerinin okunmasını sağlar. Aynı ışık kaynağının 1 metre uzaklıktan ölçüm sonucu ise lüks ölçümünü verecektir.
- **Max/Min:** Bu tuş ile ölçümün minimum ve maksimum değerleri elde edilir. Maksimum kısmı aktif edildiğinde ölçüm noktasında ölçülen maksimum değerin daha üstünde bir değer ölçülene kadar en son değer ekranda kalır. Minimum kısmında ise ölçülen değerden daha düşük değer ölçülmedikçe bu değer ekranda kalmaya devam eder.
- **Hold:** Tuşa basıldığında ölçülen son değer ekranda sabit kalır.

Lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçmek için gereken işlem adımları şunlardır:

- Aydınlatma şiddeti ölçülecek alana lüksmetre koyulur.
- Lüksmetre, açma-kapama tuşu ile açılır.
- Lüksmetrede bulunan LUX, kademe birimine alınır.
- Değer ölçülerek HOLD tuşuna basıp sabitlenir.
- Sabitlenen ölçüm değeri ile o noktadaki aydınlık şiddetinin eksik-fazla-yeterli olup olmadığı, alana göre değerlendirilir.

Tablo 2.15'te lüksmetrenin teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.15: Lüksmetrenin Teknik Özellikleri

Aydınlık ölçümü (lüks)	0~199,900 lüks
Aydınlık ölçümü (FC)	0~18.500 fc
Doğruluk-kesinlik	0~9999Lux/0~999Fc: ±(4%+8) ≥10000Lux/≥1000Fc: ±(5%+10) ≥100000Lux/≥9999Fc: ±(5%+10)
Çözünürlük	1Lux (0~9999Lux) 10Lux (≥10.000Lux) 100Lux (≥100.000Lux) 1Fc (0~9999Fc); FC=Lüks/10.76 10Fc (≥10,000Fc); FC=Lüks/10.76
Örnekleme zamanı	0.5 s

BİLGİ KUTUSU (2) ENTEGRE (BÜTÜNLEŞTİRME) KÜRE- ULBRİGHT KÜRESİ

Bütünleştirme küresi ile ışığın kaynağının toplam ışık akısı değeri, renk özellikleri, renk uzayındaki yeri gibi teknik özellikleri belirlenir. Bütünleştirme küresi ölçümlerinde dedektör olarak spektroradyometre başlığı kullanılır. Hedef nesneden yansıyan ışınımı optik ve elektronik olarak işledikten sonra kaydeden çok spektrumlu elektro optik sistemlere **spektroradyometre** denir.

Görsel 2.18'de entegre küre yapısı görülmektedir.



Görsel 2.18: Entegre kürenin yapısı

Küre iç yüzeyi, yansıtma özelliği yaklaşık 1 olan, tamamen mat bir boya ile boyalıdır. Küre içinde ışığın diğer tarafa geçmesine engelleyerek detektörü direkt ışınlardan koruyan farklı boyutlardaki levhalar (engeller) mevcuttur. Bu yöntemde, ölçümü yapılması istenen armatürlerin toplam ışık akısı ve renk özellikleri bilinen halojen bir lamba ile karşılaştırılır. Bu lambaya **yardımcı lamba** denir.

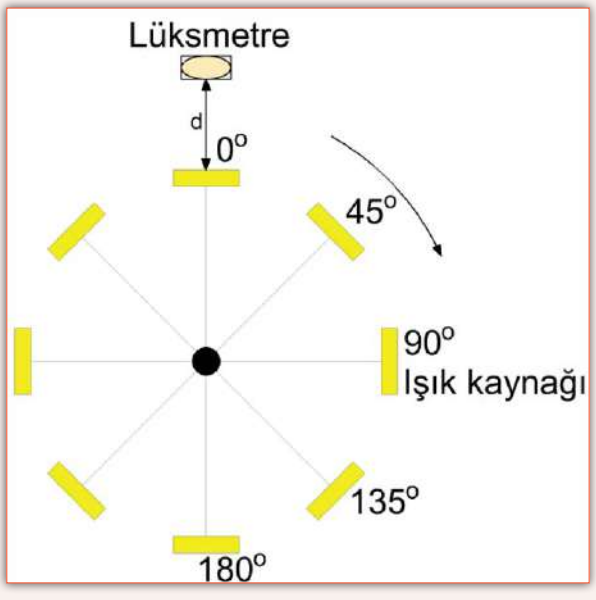
Yardımcı lamba olarak kullanılan ışık kaynağında genellikle gün ışığına en yakın ışığı veren halojen lamba kullanılır (CRI = 99,9). Bütünleştirme küresi ile yapılan ölçümlerde iki farklı geometri kullanılır. Bu geometrilerden biri, her yönde ışık yayabilen LED'li ışık kaynakları için kullanılırken (4π geometrisi), diğer yöntem yalnızca ileri yönde ışık yayabilen ışık kaynaklarını ölçmek için kullanılır (2π geometrisi).

Entegre küre ile ölçülebilen parametreler şunlardır:

- Işık akısı
- Renk sıcaklığı
- Renk geri verim indeksi (CRI)

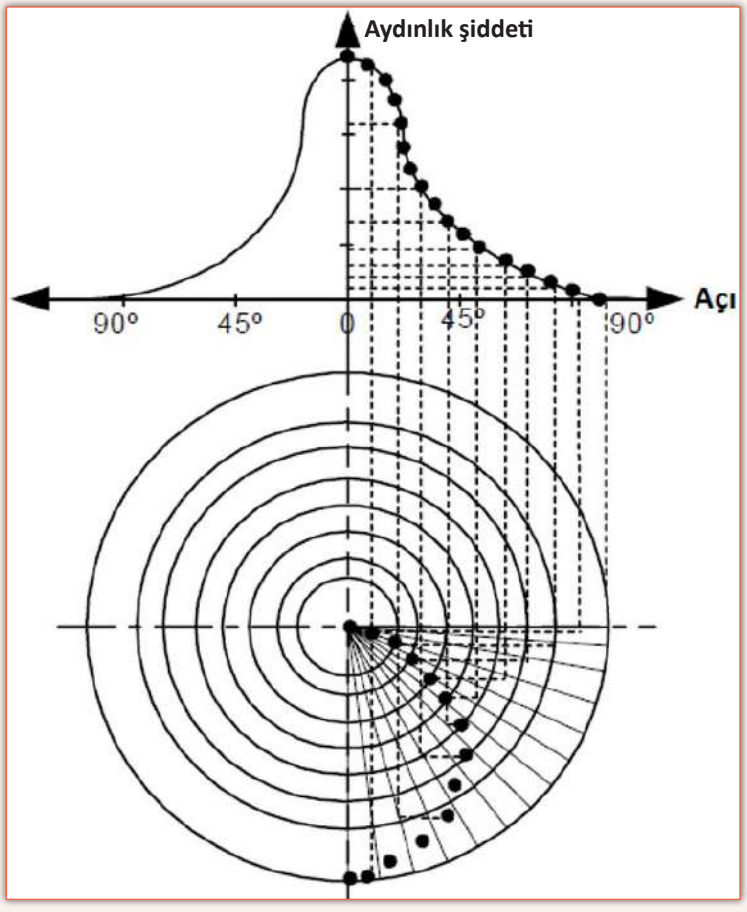
BİLGİ KUTUSU (3) GONYOFOTOMETRE İLE IŞIK DAĞILIMI ÖLÇÜM YÖNTEMİ

Bir lamba ya da armatürden çıkan ışık şiddetinin abak isimli düzlemde modellendiği çizimlere **ışık dağılım eğrileri** denir. Bu ölçümler modellenirken **gonyofotometre** denilen ölçüm sisteminden faydalanılır. Bu sistemde, ışık kaynağı bir motor vasıtasıyla kola bağlı şekilde belli bir eksen etrafında döndürülürken lüksmetre sabit kalır. Işık kaynağı 360° döndürülürken lüksmetre, ışık kaynağından çıkan ışığın aydınlık şiddetini belirli açılarda ölçerek bilgisayara kaydeder (Görsel 2.19).

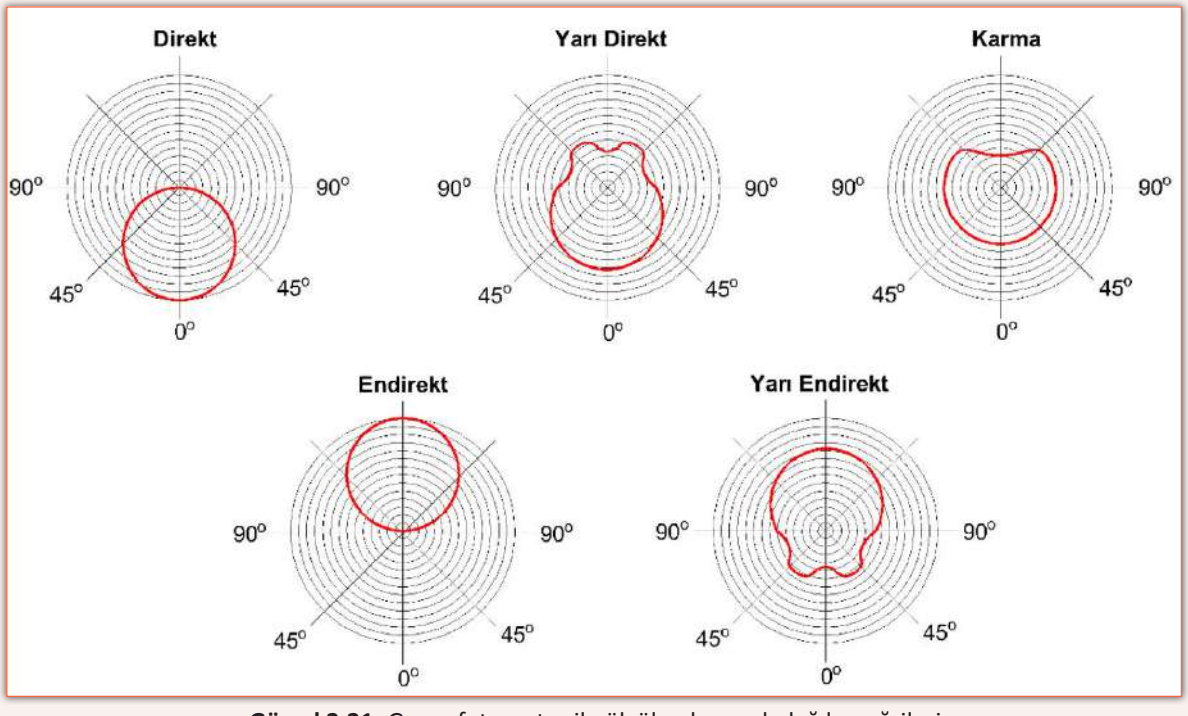


Görsel 2.19: Gonyofotometre sistemi

Gonyofotometre sisteminden elde edilen verilerle önce açı-aydınlık şiddeti grafiği elde edilir. Daha sonra bu grafikten elde edilen noktalar abak denilen grafiğe aktarılır. Abak üzerinde bulunan halkalar aydınlık şiddetini ifade eder. En içteki halka ışık şiddetinin en az olduğu halkadır. Halkalar büyüdükçe aydınlık şiddeti de artar. Görsel 2.20'de aydınlık şiddetlerinin abak üzerine yerleştirilmesi görülmektedir. Görselde görülen abaktaki bu noktalar, direkt aydınlatma sağlayan bir kaynaktan çıkan aydınlık şiddetini ifade etmektedir. Sabit lüksmetre karşısında duran ışık kaynağındaki her açı artışında lüksmetre üzerine düşen aydınlık şiddeti azalır. Bu durum direkt aydınlatma sağlayan ışık kaynağı bilgisini verir. Görsel 2.21'de aydınlatma türlerinin ışık dağılım eğrileri görülmektedir.



Görsel 2.20: Aydınlık şiddetlerinin abak üzerine yerleştirilmesi

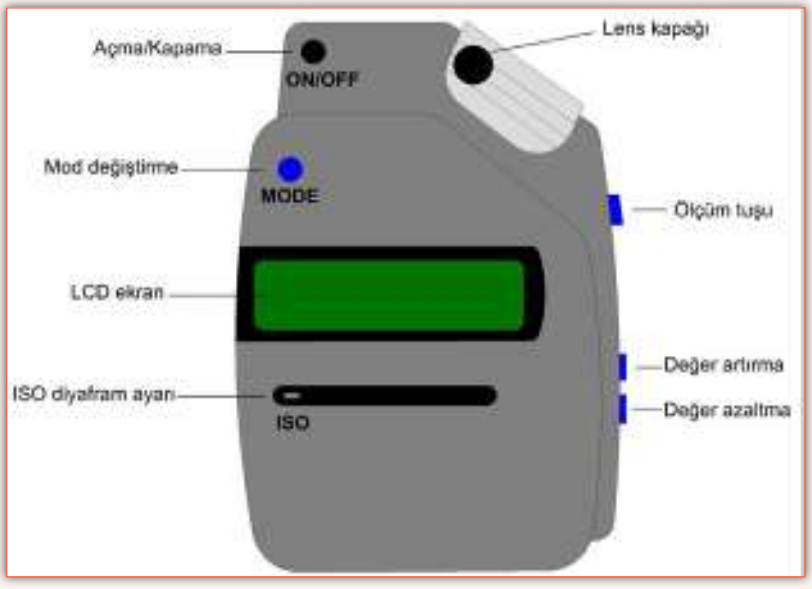


Görsel 2.21: Gonyofotometre ile ölçülen bazı ışık dağılım eğrileri

BİLGİ KUTUSU (4) POZOMETRE (IŞIK ÖLÇER) İLE IŞIK MİKTARI ÖLÇÜMÜ

Cisim üzerine düşen ışık miktarını üzerinde bulunan lens ile ölçen cihaza **pozometre** denir. Pozometreler daha çok fotoğrafçılık sektöründe kullanılır ve genellikle yansıyan ışık ölçümü ve düşen ışık ölçümü prensibine göre çalışır. Yansıyan ışık ölçümü, nesnelerden yansıyan ışığı ölçerken düşen ışık ölçümü ise doğrudan ışık kaynağından gelen ışığı ölçer. Analog ve dijital olmak üzere iki çeşit pozometre vardır.

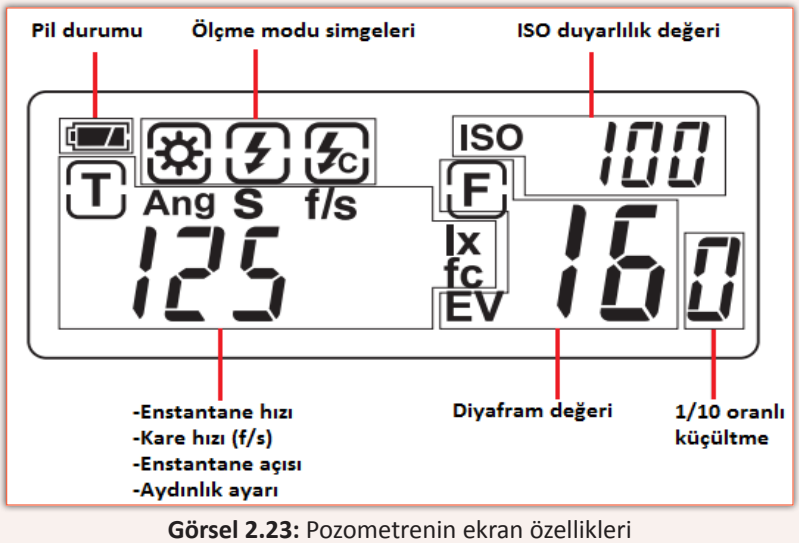
Görsel 2.22'de pozometrenin yapısı görülmektedir.



Görsel 2.22: Pozometrenin yapısı

Flaşmetreler ise elektronik flaş ışığının yaydığı ışık miktarını ölçmek için kullanılan pozometre türüdür. Flaşmetreler genellikle fotoğraf makinesi ile tümleşik şekildedir. Bunun yanında pozometrenin ölçüm modlarından birisi olarak da kullanılır. Pozometrelerde olduğu gibi flaşmetreler de daha çok fotoğrafçılık sektöründe ışık miktarını ölçüm amacıyla kullanılmaktadır.

Görsel 2.23'te pozometrenin ekran özellikleri görülmektedir.



Görsel 2.23: Pozometrenin ekran özellikleri

Pozometre ile ışık miktarı ölçmek için sırasıyla şu adımlar izlenir:

- Işık miktarı ölçülecek alana pozometre konulur.
- Pozometre, açma-kapama **ON/OFF** tuşuna basarak açılır.
- Lens üzerini kapatan kapak kaydırılarak lens ölçüme hazır hâle getirilir.
- Pozometre üzerinde bulunan **MODE** tuşuna basılır. Flaşmetre olarak kullanılacaksa "Flash modu" kullanılır.
- **MODE** tuşundan "Gün Işığı modu" seçilir (sağ tarafta bulunan + ve – tuşlarından ince ayar yapılabilir.).
- **ISO** tuşuna basılarak diyafram değeri, bulunan ortama göre değiştirilir.
- Sağ yanda bulunan + ve – tuşlarının üst tarafındaki tuşa basılarak ölçüm yapılır.
- Işık miktarı ölçüm değeri kaydedilerek kullanılacak iş için değerlendirme yapılır.

Tablo 2.16'da pozometrenin teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.16: Pozometrenin Teknik Özellikleri

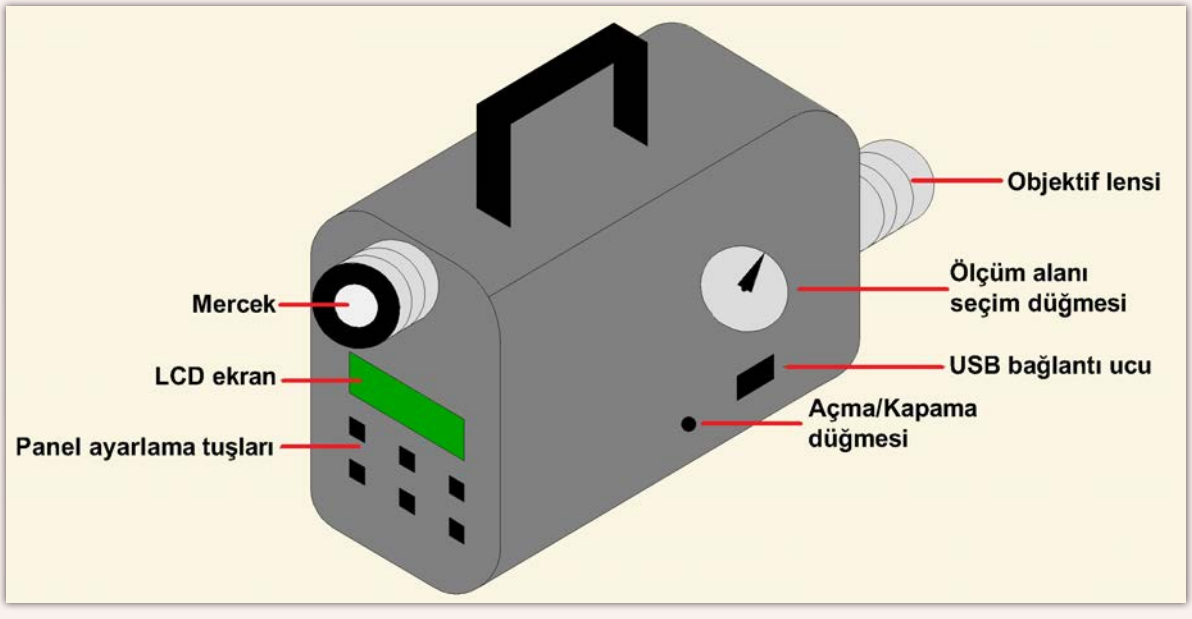
Ölçüm Modları	**1) Fotoğraf Modu** **Gün Işığı** • Enstantane hızı öncelik modu • Diyafram öncelikli modu • EV modu **Flaş Modu** • Kablosuz flaş modu • Kablolu flaş modu
	2) HD Cine Modu **Gün Işığı Modu** • Enstantane hızı öncelik modu • Kare hızı ayar modu • Basitleştirilmiş aydınlatma modu
	3) Cine Modu **Gün Işığı Modu** • Kare hızı öncelik modu • Enstantane açısı ayar modu • Basitleştirilmiş aydınlatma modu
Tekrar Doğruluğu	± 0,1 EV veya daha az
Ölçüm Aralığı (ISO 100)	• **Gün ışığı** Gelen ışık EV 0 ila EV19,9 Yansıyan ışık EV 0 ila EV19,9
	• **Flaş ışığı** Gelen ışık F No. 1.0 ila F No. 90.9 Yansıyan ışık F No. 1.0 ila F No. 90.9
	• **Aydınlık** Gelen ışık 2,50 lx ila 190.000 lx 0,23fc ila 17.000fc
Kalibrasyon devamlılığı	• **Gün ışığı ölçümü** Lumisphere C = 340 Lumidisc C=250 • **Yansıyan ışık ölçümü** K=12.5

Ekran bölümü	• **ISO duyarlılığı** ISO 3 ile ISO 8,000 (1/3'lük adımlarla), ISO 850
	• **Deklanşör hızı (fotoğraf modu)** **Ortam ışığı:** 60 sn. 1/8000 saniyeye kadar. (1, 1/2, 1/3 adımda) **Flaş ışığı:** 1 sn. 1/500 saniyeye kadar (1, 1/2, 1/3 adımlarla) artı 1/75, 1/80, 1/90, 1/100 saniye • **Deklanşör hızı (HD cine modu)** Ortam ışığı 1/8 sn. 1/8000 saniyeye kadar. (1, 1/2, 1/3 adımlarla) artı 1/24, 1/25, 1/30, 1/48, 1/50, 1/60, 1/96, 1/100, 1/120 sn.
	• **Saniyedeki kare sayısı(f/s)** 8, 12, 16, 18, 24, 25,30, 32, 48,50, 60, 64, 96, 100, 120, 128 f/s
	• **Açıklık** F No. 0,5 ila F No. 90,9 (1, 1/2, 1/3 adımda)
	• **Enstantane açısı** 45, 90, 180, 270, 360 açıları

BİLGİ KUTUSU (5) LÜMİNANSMETRE İLE PARILTI ÖLÇÜMÜ

Işık kaynağından gelen ışığın yüzeyin birim alanından belirli doğrultuda yansıması durumuna **parıltı (ışıklılık)** denir. Parıltı; yüzeyin belirli noktasına, gözün baktığı nokta açısına (bakılan doğrultuya) ve bireyin konumuna göre değişkenlik gösterir. Parıltı, "L" ile gösterilir ve "cd/m²", "nit", "stilb" veya "asb" birimleri ile ölçülür. Parıltı ölçümünü yapan cihazlara **lüminansmetre (parıltı ölçer)** denir. Genellikle tünel girişlerinde kullanılır.

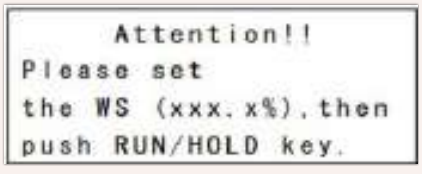
Görsel 2.24'te lüminansmetrenin yapısı görülmektedir.



Görsel 2.24: Lüminansmetrenin yapısı

Lüminansmetre ile parıltı ölçmek için sırasıyla şu adımlar izlenir:

- Parıltı ölçülecek alana lüminansmetre koyulur.
- Lüminansmetre açma-kapama tuşuna basılarak açılır.
- Objektif lens üzerini kapatan kapak kaldırılarak lens ölçüme hazır hâle getirilir.
- Beyaz nesne üzerinde işlev modunda, nesne renk modu **(OBJECT)** ayarlanır ve parlaklık faktörü girilir. Beyaz nesne, ışık kaynağı rengini tam anlamıyla ölçmek için kullanılır.
- İşlev modundan çıkılır ve ölçüm ekranına dönülür.
- Panelde bulunan **[RUN/HOLD]** tuşuna basılır. Beyaz nesne ölçüm mesajı görüntülenir. Beyaz nesne, ışık kaynağı altına yerleştirilir ve **[RUN/HOLD]** anahtarına basılarak ışık kaynağının parlaklığı ve renkliliği ölçülür. Beyaz nesne ölçülmeden önce doğru parlaklık faktörü ayarlandığından emin olunmalıdır. Parlaklık faktörü arttırılırsa doğru ölçüm sonuçları elde edilemez (Görsel 2.25).



Görsel 2.25: Ekran görüntüsü

- Beyaz nesne, ışık kaynağının altına yerleştirilir ve ölçüm yapmak için **[RUN/HOLD]** tuşuna basılır. Işık kaynağının parlaklığı ve renkliliğinin ölçümü sona erdiğinde ölçüm sonuçları yaklaşık 3 saniye boyunca görüntülenir ve numune ölçümü başlatılır (Görsel 2.26).



Görsel 2.26: Ekran görüntüsü

- Ölçüm yapıldıktan sonra ekranda ölçüm sonuçları yer alır.
- Yeni bir ölçüm yapılacağı zaman 4. adımdan itibaren adımlar tekrarlanır.

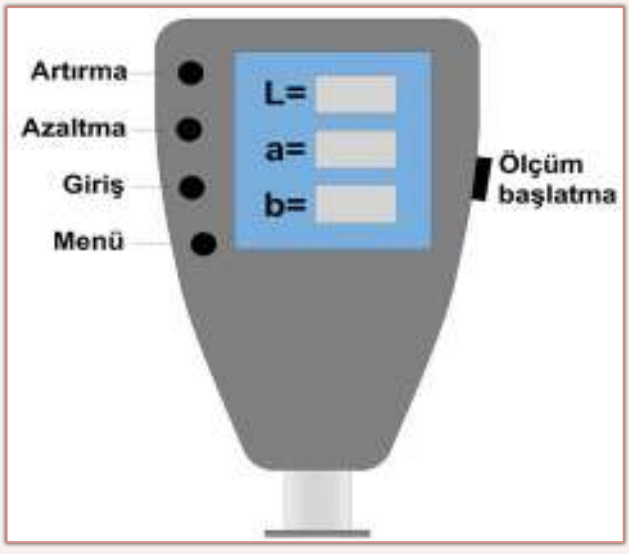
Tablo 2.17'de lüminansmetrenin teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.17: Lüminansmetrenin Teknik Özellikleri

Optik Sistem	Objektif lens: f=80mm F2.5 Göz merceği lensi: Görüş alanı 5°
Spektral Hassasiyet	CIE1931 renk eşleştirme işlevine benzer.
Ölçüm Açısı	3°/2°/1°/0,2°/0,1° *seçilebilir.
Ölçüm Mesafesi	350mm – ∞ (Objektif merceğin metalik ucundan uzaklık)
Ölçülebilir Aralık	0,00005 – 1.200.000 cd/m²
Parlaklıkta Doğruluk	±%4 veya daha az
Renklilikte Doğruluk	dx,dy: ±0,005 veya daha az dx,dy: ±0,008 veya daha az
Parlaklıkta Tekrarlanabilirlik	%2,0: 0,005 – 0,025cd/m² %0,8: 0,025 cd/m² veya daha fazla
Renklilikte Tekrarlanabilirlik	0,003
Ölçüm Süresi	Yaklaşık 2 saniye
Tepki Hızı	NORMAL MOD (Tüm Aralıklar): Yaklaşık. 30 ms HIZLI MOD: Aralık-1: Yaklaşık. 5ms, Aralık-2: Yaklaşık. 0,5 ms Aralık-3: Yaklaşık. 0,05 ms, Aralık-4: Yaklaşık. 0,5 ms Aralık-5: Yaklaşık. 0,05 ms

BİLGİ KUTUSU (6) KOLORİMETRE (RENK ÖLÇER) İLE RENK SICAKLIĞI ÖLÇÜMÜ

Nesneleri renk spektrumunda bulunan renk olarak ölçüp sayısal karşılığını ekrana yazan cihazlara **kolorimetre (renk ölçer)** denir. Kolorimetreler renklerin standardını sağlama açısından önemli bir yer tutarak öznelliği ortadan kaldırır. Bu yönüyle kalite kontrol aşamasında sıkça kullanılır. Görsel 2.27'de kolorimetrenin yapısı görülmektedir.



Görsel 2.27: Kolorimetrenin yapısı

Kolorimetrelerin kullanıldığı alanlar şunlardır:

- Endüstriyel boyama ve kaplama
- Tekstil sanayii
- Gıda ve içecek endüstrisi
- Plastik ve polimer endüstrisi
- Fotoğrafçılık ve baskı endüstrisi
- Kozmetik endüstrisi

Kolorimetre ile renk sıcaklığı ölçmek için sırasıyla şu adımlar izlenir:

- Kolorimetre arka tarafında bulunan açma/kapama **ON/OFF** tuşundan açılır.
- Menüden ölçüm basamağına giriş yapılır.
- **L** harfi siyah ve beyaz arasında 0 ila 100 arasındaki değerleri, **a** harfi yeşil ve kırmızı arasında -128 ila 127 arasındaki değerleri, **b** harfi mavi ve sarı arasında -128 ila 127 arasındaki değerleri ifade eder.
- Kolorimetre dik olarak sensör kısmı rengi ölçülecek yere vakumlayacak şekilde konumlandırılır.
- Ölçüm tuşuna 2-3 saniye basılı tutulur.
- Değerler çıktığında tuş bırakılır.
- Ölçülen nesnenin renginin farklı bir nesnenin rengi ile karşılaştırılması istenirse menüden diğer renk seçeneği tıklanır ve ölçüm tekrarlanır.
- Ekranda bulunan delta simgesinin yanındaki değerler, iki ölçüm arasındaki 3 harf için farkları ifade eder.

Tablo 2.18'de kolorimetrenin teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.18: Kolorimetrenin Teknik Özellikleri

Açıklık	ϕ 8mm
Aydınlatma Durumu	CIE Recommendation: 8/d
Işık Kaynağı	D65 A F(CWF)
Sensör	Foto diyot Serisi
Gözlemci	CIE 10° Standart Gözlemci
Ölçüm Aralığı	L: 0 to 100
Tekrarlanan Doğruluk	ΔE<0.06
Tablo Farkı	ΔE<0.2
Ölçüm Aralığı	0.5 Saniye
Ampul Ömrü	5 yıl 1,6 milyondan fazla ölçüm
Ekran	TFT gerçek renk 2.8 inç (16: 9)
Dil	İngilizce / Çince
Çalışma Sıcaklığı	0^0C-40^0C (32^0F-104^0F)
Depolama Sıcaklığı	-20^0C-50^0C (-4^0F-122^0F)

SIRA SİZDE

Yukarıda verilen ölçü aletleri dışında aydınlatma ölçümlerinde hangi ölçü aletleri kullanılmaktadır? Her farklı birim için en az 5 ölçü aleti bulunuz. Bulduğunuz ölçü aletlerinin teknik özelliklerini ve çalışmasını gösteren bir rapor oluşturup öğretmeninize teslim ediniz. Bu rapor 50 sayfadan az olmamalı ve her ölçü aletinin ölçme işlemleri rapor içeresinde açıklanmalıdır.

NOT

Tüm dokümanlara ve uygulama dosyalarına karekoddan ulaşabilirsiniz.

2.1. UYGULAMA ÇEŞİTLİ AYDINLATMA DENEYLERİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Farklı ölçü aletleri kullanarak çeşitli aydınlatma deneyleri yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek farklı özellikte ve güçteki lambaların ışık akısı, aydınlık şiddeti, parıltı, ışık miktarı ve renk sıcaklığı ölçülecektir. Buna uygun olarak çeşitli lambalara enerji vererek çalıştırınız ve ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Çalışma tezgâhı	Aydınlatma seti veya çalışma masası	1 adet
Işık akısı ölçer	Spektroradyometre veya ganyofotometre (dijital özellikli)	1 adet
Aydınlık şiddeti ölçer	Lüksmetre (dijital özellikli)	1 adet
Parıltı ölçer	Lüminansmetre (dijital özellikli)	1 adet
Işık miktarı ölçer	Pozometre veya flaşmetre (dijital özellikli)	1 adet
Renk sıcaklığı ölçer	Colormeter (renk ölçer)	1 adet
Akkor flamanlı lamba	4 farklı güçte (Her lambanın en az ikisi aynı güçte olmalı.)	4 adet
Tasarruflu lamba	4 farklı güçte (Her lambanın en az ikisi aynı güçte olmalı.)	4 adet
Floresan lamba	4 farklı güçte (Her lambanın en az ikisi aynı güçte olmalı.)	4 adet
LED lamba	4 farklı güçte (Her lambanın en az ikisi aynı güçte olmalı.)	4 adet
LED filament lamba	4 farklı güçte (Her lambanın en az ikisi aynı güçte olmalı.)	4 adet
Lamba duyları	E27 tipi	5 adet
Anahtar	Adi anahtar	5 adet
AC güç kaynağı	230 V AC, 1 fazlı	1 adet
Kumanda kabloları	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Malzemeleri, araç ve gereci temin ediniz.
2. Belirlediğiniz lambaların teknik özelliklerini Tablo 2.19'a yazınız (Görsel 2.28).

Tablo 2.19: Kullanılan Lambaların Teknik Özellikleri

Lambalar	Gücü (W)	Işık Akısı (lm)	EF (lm/W)	Işık Rengi
Akkor flamanlı lamba	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....

Tasarruflu lamba	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
Floresan lamba	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
LED lamba	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
LED filament lamba	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....
	..... W	..... lm	..... lm/W	.....

3. Tüm duy ve anahtar ile lamba tesisatını çalışma masası üzerinde kurunuz. Tüm anahtarların ilk durumlarının açık olduğundan emin olunuz.
4. İlk olarak her duya sırasıyla akkor flamanlı lambaları yerleştiriniz ve duyları masada belirli noktalarda hizalayınız. Lambalar masaya yatık hâlde ya da askı düzeninde, masaya belirli mesafede yerleşebilecek şekilde olabilir. En doğru ölçüm, uygulamanın masaya dik askı düzeninde yapılmasıyla gerçekleşecektir.
5. Her lambanın başlangıç noktasından itibaren beş farklı mesafe (0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1 m, 2 m) belirleyip bu mesafeleri işaretleyiniz.
6. Ortamın yeterince karanlık olduğundan emin olunuz. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz. İlk aşamada en küçük güçteki lambayı yakınız.
7. 0,25 m uzaklıktaki noktalara ölçü aletlerini uygun açılarda yerleştiriniz ve her ölçümü Tablo 2.20'ye yazınız. Daha sonra ölçü aletlerini diğer mesafelere alarak aynı işlemleri tekrarlayınız.

Tablo 2.20: Akkor Flamanlı Lambaların Ölçüm Sonuçları (Karanlık Ortamda)

Mesafe (m)	Lamba Gücü (W)	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
0,25 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,50 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

0,75 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
1 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
2 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

8. Devrenin enerjisini kesip lambaları sökünüz.

9. Duylara sırasıyla tasarruflu lambaları yerleştiriniz ve duyları masada belirli noktalarda hizalayınız.

10. Her lambanın başlangıç noktasından itibaren beş farklı mesafe (0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1 m, 2 m) belirleyip bu mesafeleri işaretleyiniz.

11. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.

12. İlk aşamada en küçük güçteki lambayı yakınız.

13. 0,25 m uzaklıktaki noktalara ölçü aletlerini uygun açılarda yerleştiriniz ve her ölçümü Tablo 2.21'ye yazınız. Daha sonra ölçü aletlerini diğer mesafelere alarak aynı işlemleri tekrarlayınız.

Tablo 2.21: Tasarruflu Lambaların Ölçüm Sonuçları (Karanlık Ortamda)

Mesafe (m)	Lamba Gücü (W)	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
0,25 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,50 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,75 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

1 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
2 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

14. Devrenin enerjisini kesip lambaları sökünüz.

15. Duylara sırasıyla floresan lambaları yerleştiriniz ve her duyu, masada belirli noktalar da hizalayınız.

16. Her lambanın başlangıç noktasından itibaren beş farklı mesafe (0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1 m, 2 m) belirleyip bu mesafeleri işaretleyiniz.

17. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.

18. İlk aşamada en küçük güçteki lambayı yakınız.

19. 0,25 m uzaklıktaki noktalara ölçü aletlerini uygun açılarda yerleştiriniz ve her ölçümü Tablo 2.22'ye yazınız. Daha sonra ölçü aletlerini diğer mesafelere alarak aynı işlemleri tekrarlayınız.

Tablo 2.22: Floresan Lambaların Ölçüm Sonuçları (Karanlık Ortamda)

Mesafe (m)	Lamba Gücü (W)	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
0,25 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,50 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,75 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
1 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

2 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

20. Devrenin enerjisini kesip lambaları sökünüz.

21. Duylara sırasıyla LED lambaları yerleştiriniz ve her duyu, masada belirli noktalarda hizalayınız.

22. Her lambanın başlangıç noktasından itibaren beş farklı mesafe (0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1 m, 2 m) belirleyip bu mesafeleri işaretleyiniz.

23. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.

24. İlk aşamada en küçük güçteki lambayı yakınız.

25. 0,25 m uzaklıktaki noktalara ölçü aletlerini uygun açılarda yerleştiriniz ve her ölçümü Tablo 2.23'e yazınız. Daha sonra ölçü aletlerini diğer mesafelere alarak aynı işlemleri tekrarlayınız.

Tablo 2.23: LED Lambaların Ölçüm Sonuçları (Karanlık Ortamda)

Mesafe (m)	Lamba Gücü (W)	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
0,25 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,50 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,75 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
1 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
2 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

26. Devrenin enerjisini kesip lambaları sökünüz.

27. Duylara sırasıyla LED filament lambaları yerleştiriniz ve her duyu, masada belirli noktalarda hizalayınız.

28. Her lambanın başlangıç noktasından itibaren beş farklı mesafe (0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1 m, 2 m) belirleyip ve bu mesafeleri işaretleyiniz.

29. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.

30. İlk aşamada en küçük güçteki lambayı yakınız.

31. 0,25 m uzaklıktaki noktalara ölçü aletlerini uygun açılarda yerleştiriniz ve her ölçümü Tablo 2.24'e yazınız. Daha sonra ölçü aletlerini diğer mesafelere alarak aynı işlemleri tekrarlayınız.

Tablo 2.24: LED Filament Lambaların Ölçüm Sonuçları (Karanlık Ortamda)

Mesafe (m)	Lamba Gücü (W)	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
0,25 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,50 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
0,75 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
1 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					
2 m	..... W					
	..... W					
	..... W					
	..... W					

32. Devrenin enerjisini kesip lambaları sökünüz.

33. Aynı güçteki beş farklı lambayı duylara sırasıyla takınız.

34. Öğretmen kontrolünde devreye enerji verip anahtarları sırayla kapatınız. Lambaların ölçümlerini hem karanlık ortam hem de aydınlatılmış ortam için (Mesafe tespitini siz yapmalısınız ve bu mesafeler tüm lambalarda aynı olmalı.) yapıp sonuçları Tablo 2.25 ve Tablo 2.26'ya yazınız.

Tablo 2.25: Aynı Güçteki Beş Farklı Lambanın Ölçüm Sonuçları (Karanlık Ortamda)

Lambalar	Mesafe	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
Akkor flamanlı (.....W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
Tasarruflu lamba (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
Floresan lamba (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
LED lamba (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
LED filament (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					

Tablo 2.26: Aynı Güçteki Beş Farklı Lambanın Ölçüm Sonuçları (Aydınlık Ortamda)

Lambalar	Mesafe	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
Akkor flamanlı (.....W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
Tasarruflu lamba (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
Floresan lamba (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					

LED lamba (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
LED filament (..... W)	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					

35. Devrenin enerjisini kesmeden lambalar arasındaki mesafeleri eşit hâle getirip anahtarı kapatarak lambaların aynı anda yanmasını sağlayınız. Beş farklı mesafede karanlık ve aydınlık ortamda ölçümleri yaparak sonuçları Tablo 2.27'ye yazınız.

Tablo 2.27: Aynı Güçteki Beş Farklı Lambanın Çalışmasının Ölçüm Sonuçları

Ortamlar	Mesafe	ϕ (lm)	E (lüx)	L (cd/m²)	Q (lm.h)	RS (°K)
Karanlık ortam	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					
Aydınlık ortam	..... m					
	..... m					
	..... m					
	..... m					

36. Enerjiyi kesiniz ve devreyi sökerek teslim ediniz.

37. Ölçü aletlerini kapatıp düzgün şekilde toplayarak kutusuna yerleştiriniz.

38. Ölçüm sonuçlarını değerlendiriniz ve rapor hâline getirerek öğretmeninize teslim ediniz.



Görsel 2.28: Farklı tip lambalar

SORULAR

1. Farklı güçlere sahip akkor flamanlı lambaların farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri nasıl değişmektedir? Grafikler oluşturarak sonuçları yorumlayınız.
2. Farklı güçlere sahip tasarruflu lambaların farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri nasıl değişmektedir? Grafikler oluşturarak sonuçları yorumlayınız.
3. Farklı güçlere sahip floresan lambaların farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri nasıl değişmektedir? Grafikler oluşturarak sonuçları yorumlayınız.
4. Farklı güçlere sahip LED lambaların farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri nasıl değişmektedir? Grafikler oluşturarak sonuçları yorumlayınız.
5. Farklı güçlere sahip LED filament lambaların farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri nasıl değişmektedir? Grafikler oluşturarak sonuçları yorumlayınız.
6. Aynı güce sahip beş farklı lambanın farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri karanlık ortamda nasıl değişmektedir? Grafikler oluşturarak sonuçları yorumlayınız.
7. Aynı güce sahip beş farklı lambanın farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri aydınlık ortamda nasıl değişmektedir? Grafikler oluşturarak sonuçları yorumlayınız.
8. Aynı güce sahip beş farklı lambanın farklı mesafelerdeki ölçüm değerleri aydınlık ortamdan karanlık ortama geçildiğinde nasıl değişir? Yorumlayınız.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılan lambaların teknik özelliklerini araştırdı.	5	
Sınıfı		**2.** Akkor flamanlı lambaların ölçüm sonuçlarını aldı.	15	
Numarası		**3.** Tasarruflu lambaların ölçüm sonuçlarını aldı.	15	
İmza		**4.** Floresan lambaların ölçüm sonuçlarını aldı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** LED lambaların ölçüm sonuçlarını aldı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** LED filament lambaların ölçüm sonuçlarını aldı.	15	
Tarih		**7.** Aynı güçteki 5 farklı lambanın ölçüm sonuçlarını aldı.	10	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

2.2. UYGULAMA ÇEŞİTLİ ORTAMLARDA AYDINLIK ŞİDDETİ ÖLÇÜMLERİ DENEYİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Farklı ortamlarda çeşitli durumlar dikkate alınarak aydınlık şiddeti ölçümleri yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek farklı ortamlarda ışık şiddeti ölçülecektir. Buna uygun olarak çeşitli lambalara enerji vererek çalıştırınız ve ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Farklı ortamlar	En az iki farklı ortam tercih edilecektir.	-
Aydınlık şiddeti ölçer	Lüksmetre (dijital özellikli)	Yeterince
Metre	Şerit metre ve dijital metre	1 adet
Merdiven		1 adet
Çeşitli araç gereç	Cetvel, kâğıt, kalem, daire şablonu vb.	-
Simülasyon yazılımı	Aydınlatma simülasyon yazılımı	1 adet
CAD çizim yazılımı		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Bulunduğunuz ortamda iki farklı mekân (depo, atölye, sınıf vb.) belirleyiniz.
2. Her lambanın yerleşimini tasarlayıp tasarımın mimari planını kâğıt üzerine teknik resim kurallarına uygun şekilde çiziniz. Bu işlemi iki mekân için de yapınız. Daha sonra mimari plan çizimlerini fotokopi ile çoğaltınız (mesafe yüksekliğine göre sayıları belirleyerek).
3. Mimari plan üzerinde çeşitli ölçüm noktaları belirleyiniz. Bu noktalar zemine paralel ve yerden belirli yükseklikte olacaktır.
4. Ölçüm için ilk mekâna geçiniz.
5. Pencereden güçlü güneş ışığı girmesi ve ışıkların kapalı olması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.
6. Pencereden normal güneş ışığı girmesi ve ışıkların kapalı olması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.
7. Pencereden normal güneş ışığı girmesi ve ışıkların tamamen yanması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.
8. Perdelerin tamamen kapalı, ışıkların tamamen açık olması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.
9. Işıkları kapatınız ve ikinci mekâna geçiniz.

10. Pencereden güçlü güneş ışığı girmesi ve ışıkların kapalı olması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.

11. Pencereden normal güneş ışığı girmesi ve ışıkların kapalı olması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.

12. Pencereden normal güneş ışığı girmesi ve ışıkların tamamen yanması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.

13. Perdeleri tamamen kapalı, ışıkların tamamen açık olması durumuna göre belirlenen mesafelerden lüksmetre ile aydınlık şiddeti ölçümlerini yapıp sonuçları mimari plan üzerine not alınız.

14. Lambaları kapatınız.

15. Her mekânın CAD çizim programında mimari planlarını oluşturunuz.

16. Aydınlatma simülasyon yazılımına CAD mimari çizimleri aktarıp bölgenin tasarımını yapısal olarak oluşturunuz.

17. Her mekân için kullanılan lamba ve armatür güçlerini belirleyiniz ve bu güçlere uygun ışıklık dosyalarını ilgili katalogdan indiriniz.

18. Her mekâna belirlenen mesafelere uygun şekilde armatürleri yerleştirip hizalayınız.

19. Cam bölümüne uygun ışık yansıma değerlerini giriniz.

20. Birinci mekânın karanlık ve aydınlık ortamına göre simülasyon analizlerini yapınız. Sonuçları PDF formatında kaydediniz.

21. İkinci mekânın karanlık ve aydınlık ortamına göre simülasyon analizlerini yapınız. Sonuçları PDF formatında kaydediniz.

22. Mimari plan üzerine not aldığınız değerler ile simülasyon ortamında ölçülen değerleri karşılaştırınız. Sonuçları değerlendiriniz.

23. Analiz raporlarını oluşturarak öğretmeninize teslim ediniz.

SORU

Lambaların yanmadığı ve dışarıdan ışığın geldiği ortamlarda aydınlık şiddetinde ne gibi değişimler olmuştur?

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** İki farklı mekânın mimari planını kâğıt üzerine çizdi.	15	
Sınıfı		**2.** Mimari plan üzerinde ölçüm yapılacak noktaları belirledi.	10	
Numarası		**3.** 1. mekânda perdeler açıkken aydınlık şiddetlerini ölçtü.	15	
İmza		**4.** 1. mekânda perdeler kapalıyken aydınlık şiddetlerini ölçtü.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** 2. mekânda perdeler açıkken aydınlık şiddetlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** 2. mekânda perdeler kapalıyken aydınlık şiddetlerini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Aydınlatma simülasyon yazılımda ortamları analiz etti.	10	
Saat		**8**. Uygulamayı zamanında yaptı.	5	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

2.1. PROJE AYDINLATMA ÖLÇÜM VE SİMÜLASYON UYGULAMASI

Süre	2 hafta
Grup sayısı	1-3 kişi
Amaç	Belirlenen ortamda iki farklı lamba kullanarak ölçümler yapmak ve sonuçları simülasyon verileri ile karşılaştırmak.
Görev	**1.** Yeterli genişliğe sahip bir ortam (depo, oda vb.) belirleyiniz. **2.** Ortamın tüm ölçülerini (lambalar dâhil) alınız. **3.** Kullanılan mevcut lambaların özelliklerini belirleyiniz. **4.** Ortamı CAD çizim programında ölçülerine uygun çiziniz. **5.** CAD çizim programda oluşturulan mimari planı aydınlatma simülasyon yazılımına aktarıp ortamın tasarımını yapınız. **6.** Kullanılan lamba ve armatürleri gerekli verileri ilgili katalogdan indirip ortama uygun ölçülerde yerleştiriniz. **7.** Simülasyon sonuçlarını PDF formatında kaydediniz. **8.** Ortamda belirli noktalar belirleyiniz. Bu noktalarda perdenin açık ve kapalı olduğu durumlarda hem lüksmetre hem de spektroradyometre ile aydınlık şiddetlerini ve ışık akılarını ölçüp sonuçları not alınız. **9.** Armatürlerde kullanılan lambaları daha gelişmiş özelliğe sahip lambalar ile (örneğin LED lamba) değiştiriniz. Aynı işlemleri tekrarlayınız. **10.** Kullanılan yeni lamba ile simülasyon analizlerini tekrar yapınız ve analiz sonuçlarını PDF formatında kaydediniz. **11.** Tüm ölçüm sonuçlarını karşılaştırarak değerlendiriniz ve bunu rapor hâline (dijital olarak da) getiriniz. **12.** Uygulama dosyalarını ve raporu süre sonunda teslim ediniz. **13.** Yaptığınız işlemleri 15 dakikayı geçmeyecek bir sunu hâlinde sınıfta paylaşınız.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Aydınlatma ölçümü yapılacak iki farklı ortamı belirledi.					
2. Her iki ortamda ile ilgili gerekli tüm ölçümleri yaptı.					
3. Her iki ortamda kullanılan lambaların özelliklerini belirledi.					
4. Her iki ortamı CAD çizim programında ölçülere uygun çizdi.					
5. Çizilen her iki CAD çizimini aydınlatma programına aktardı.					
6. Kullanılan lambalar ile ilgili ışıklık lamba kataloglarını indirdi.					
7. Her iki ortamı aydınlatma programında tasarladı.					
8. 1. ortam içeresine lambaları gerçeğine uygun şekilde yerleştirdi.					
9. 1. ortamın aydınlatma analizini program içeresinde yaptı.					
10. 1. ortamın aydınlatma analizinin PDF çıktılarını aldı.					
11. 2. ortam içeresine lambaları gerçeğine uygun şekilde yerleştirdi.					
12. 2. ortamın aydınlatma analizini program içeresinde yaptı.					
13. 2. ortamın aydınlatma analizinin PDF çıktılarını aldı.					
14. Perde açıkken 1. ortamın aydınlık şiddetlerini ve ışık akılarını ölçtü.					
15. Perde kapalıyken 1. ortamın aydınlık şiddetlerini ve ışık akılarını ölçtü.					
16. Perde açıkken 2. ortamın aydınlık şiddetlerini ve ışık akılarını ölçtü.					
17. Perde kapalıyken 2. ortamın aydınlık şiddetlerini ve ışık akılarını ölçtü.					
18. Ölçüm sonuçlarını karşılaştırdı.					
19. Uygulama dosyalarını ve rapor çıktısını öğretmene teslim etti.					
20. 15 dakikalık sunum işlemini tamamladı.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara cümle doğru ise (D), yanlış ise (Y) yazınız.

1. ( ) 450 THz frekansına sahip bir ışığın rengi turuncudur.

2. ( ) Görünür ışık, infrared ışık ile ultraviyole ışığın arasında yer alır.

3. ( ) Uzak morötesi ışınların dalga boyları 1-10 nm civarıdır.

4. ( ) 40 W gücündeki LED filament lamba, 630-806 lm arasında ışık akısı değişimi var.

5. ( ) g = %90 olan bir aydınlatmanın gölgesi oldukça fazladır.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. Enerjinin enerji parçacıkları veya elektromanyetik dalga şeklinde yayılması için harcanan güce ..... denir.

7. İnsan gözünün ışık ya da renk olarak algıladığı aralığa denk gelen elektromanyetik enerjiye ..... denir.

8. Işığın algılanması sonucu çeşitli ışıksal büyüklüklerin incelenmesi durumuna ..... denir.

9. Yüzey alanı üzerinde ışık şiddetlerinin her birinin uç noktalarının oluşturduğu yüzey durumuna ..... denir.

10. Aydınlatılan bir bölgenin en karanlık yerinde oluşan aydınlık düzeyinin, bölgenin ortalama aydınlık düzeyi oranına ..... denir.

C. Aşağıdaki ilk sütunda fotometrik ifadeler, diğer sütunda ise fotometrik birimler verilmiştir. Fotometrik ifadelerin önündeki parantez içlerine fotometrik birimlerin önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

FOTOMETRİK İFADELER		
11.	( )	Işık şiddetinin birimidir.
12.	( )	Aydınlık şiddetinin birimidir.
13.	( )	Etkinlik faktörünün birimidir.
14.	( )	Işık akısının birimidir.
15.	( )	Yansıtma faktörünün birimidir.

FOTOMETRİK BİRİMLER	
A	%
B	Lümen/Watt (lm/W)
C	Kandela/m^2 (Cd/m^2)
Ç	Kandela (Cd)
D	Lümen (lm)
E	Lüx (lx)

Ç. Aşağıdaki soruları okuyup doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Aşağıdaki dalga boylarından (nm) hangisi sarı ışık rengine aittir?

A) 420 B) 470 C) 550 D) 580 E) 620

17. Aşağıdaki ışık renklerinden hangisi diğerlerine göre daha yüksek frekans aralığına ve daha düşük dalga boyuna sahiptir?

A) Mavi B) Mor C) Sarı D) Turuncu E) Yeşil

18. Aşağıdaki dalga türlerinden hangisi 30-300 MHz frekans aralığına sahiptir?

A) ELF B) LF C) MF D) SLF E) VHF

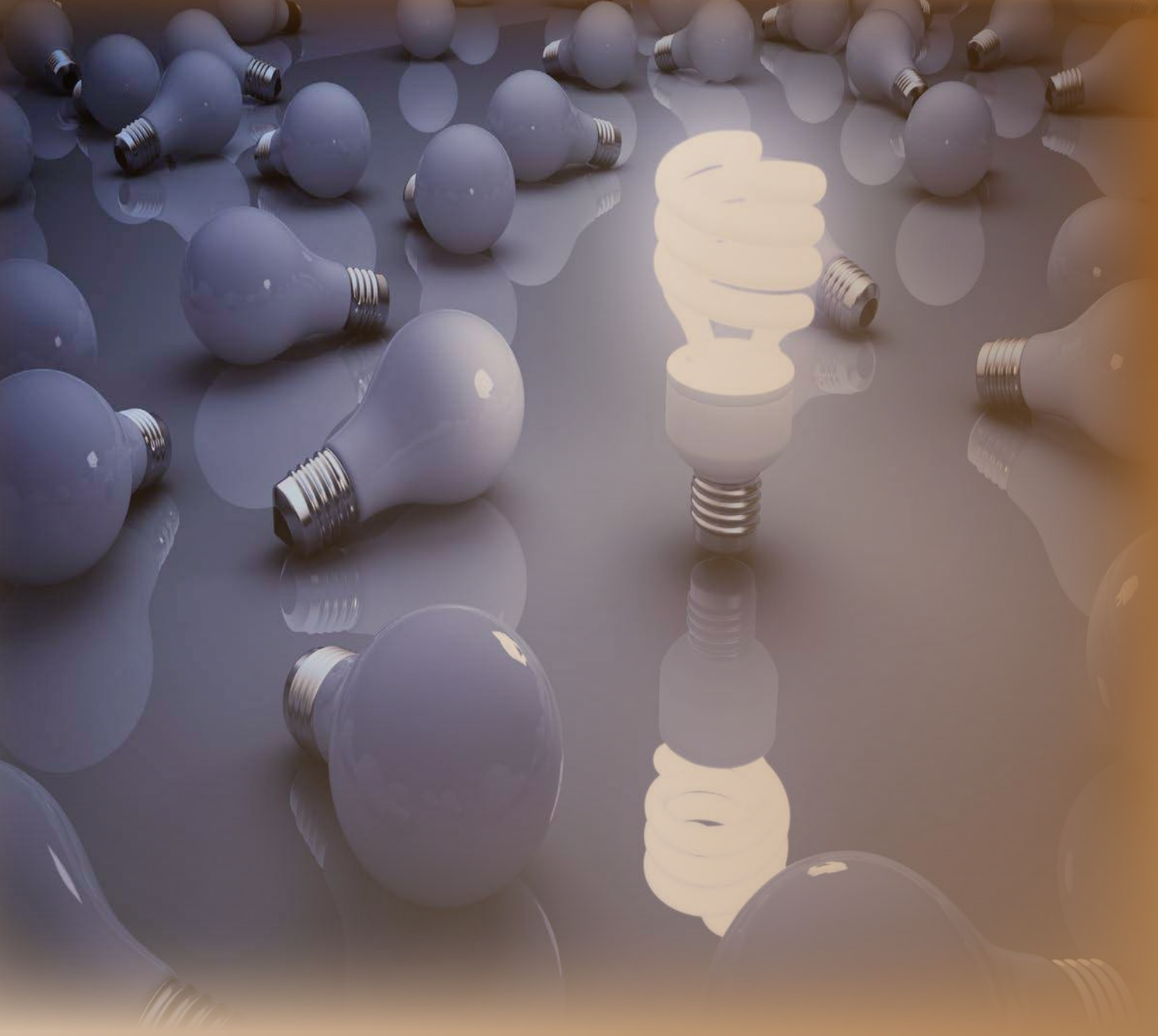
19. Aşağıda verilen sembollerden hangisi ışık miktarını gösterir?

A) E B) L C) ϕ D) η E) Q

20. Aşağıda verilenlerden hangisinin birimi kandela (Cd)'dır?

A) Işık açısı B) Işık akısı C) Işık alanı

D) Işık miktarı E) Işık şiddeti



3. ÖĞRENME BİRİMİ

LAMBALAR

KONULAR

3.1. LAMBA ÇEŞİTLERİ

3.2. LAMBALARIN EKONOMİK ÖMRÜ

3.3. LAMBALARIN IŞIK RENGİ ÖZELLİKLERİ

3.4. LAMBALARIN DUYLARI

TEMEL KAVRAMLAR

akkor flamanlı lamba, CRI değeri, deşarj lamba, dimmer anahtar, duy, enkandesan lamba, floresan lamba, kelvin, lamba çeşitleri, nominal ömür, parlaklık, renk sıcaklığı, soket

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Lambaların ekonomik ömrünü etkileyen faktörlerin neler olabileceğini sınıfta tartışınız.**
2. **Renk sıcaklığının insan üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini araştırınız. Bulduğunuz sonuçları örnekler eşliğinde sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşınız.**
3. **Duy seçiminde hangi faktörlerin etkili olduğunu araştırınız. Elde ettiğiniz sonuçları sınıftaki arkadaşlarınızla paylaşınız.**

Elektrik enerjisini ışığa dönüştürmek için kullanılan aydınlatma aracına **lamba** denir. Ofis, iş yeri, ev, sokak gibi alanların aydınlatmalarında lambalar kullanılır. Değişen ve gelişen teknoloji ile birlikte lamba çeşitleri de artmıştır.

3.1. LAMBA ÇEŞİTLERİ

Piyasada, aydınlatma teknolojisinde kullanılmak üzere üretilmiş birçok lamba çeşidi yer alır. Görsel 3.1'de farklı lamba modelleri görülmektedir. Teknolojinin gelişmesi, lamba tasarımlarında ve üretilen lamba modellerinde değişimlere neden olmuştur. Özellikle son zamanlarda, elektrik tasarrufu sağlayan ve aydınlatma çeşitliliği oluşturan yeni nesil LED tabanlı lambalar ön plana çıkmıştır.



Görsel 3.1: Bazı lamba modelleri

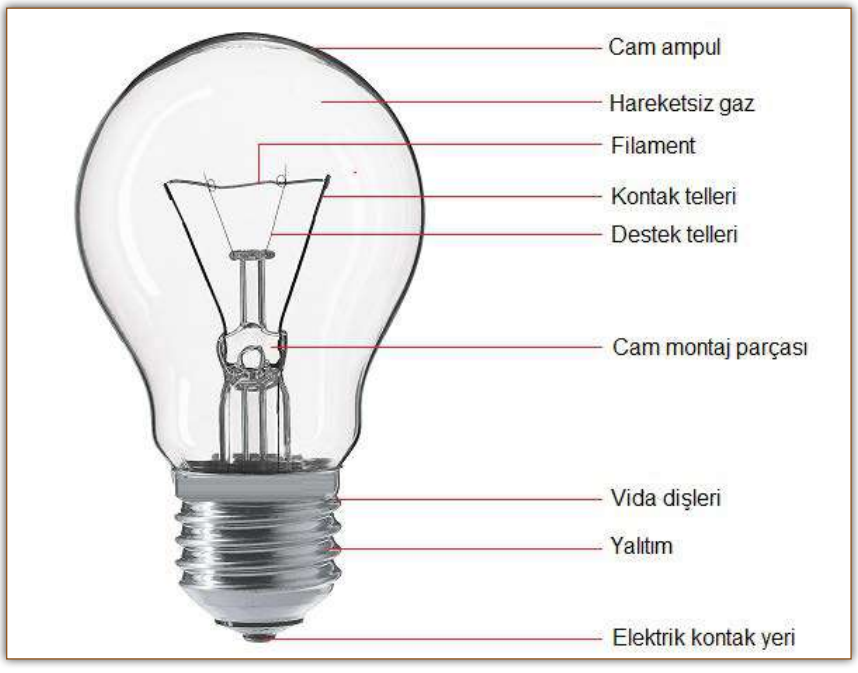
3.1.1. Akkor Flamanlı (Enkandesan) Lambalar

Cam tüp içerisindeki tungsten telli flamandan akım geçmesi sonucu ışık veren lambaya **akkor flamanlı (enkandesan) lamba** denir. Akkor flamanlı lambaların içindeki hava alınıp yerine argon ve azot gibi asal gazlar doldurulur.

Akkor Flamanlı Lambanın Yapısı: Bu lambanın yapısında şu parçalar bulunur:

- Cam ampul
- Tungsten flaman (filament)
- Hareketsiz inert gaz (argon, nitrojen vb.)
- Kontak ve destek telleri
- Vida dişi
- Cam montaj parçası
- Yalıtımlı başlık
- Elektrik kontak yeri

Akkor Flamanlı Lambanın Çalışması: Görsel 3.2'de akkor flamanlı lambanın yapısı görülmektedir. Bu lambalar, içinden akım geçen iletkenin ısınması yöntemiyle çalışır. Akkor flamanlı lambalarda içinden akım geçen iletken çok yüksek erime derecesine (3410 °C) sahiptir. Bu tel, havasız ortamda bulunduğu için üzerinde oluşan ısıyı ışık olarak yansıtır. Işığın şiddeti, flaman üzerinden geçirilecek akım değerine bağlıdır. Bu nedenle bu lambalarda lambanın parlaklığı, dimmer anahtar ile kontrol edilebilir. Lambanın parlaklığı, üzerinden geçen akım miktarına doğru orantılı olarak artıp azalır.



Görsel 3.2: Akkor flamanlı lambanın yapısı

Akkor Flamanlı Lambanın Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLARI

- Kurulumu oldukça kolaydır.
- Üretim maliyetinin düşük olması sayesinde ekonomiktir.
- Çalışma süresi kısadır, anında ışık verir.
- Çalışması için balast, starter gibi yardımcı elemanlara ihtiyaç duymaz.
- Gerilim değeri değiştirilerek parlaklığı rahatlıkla kontrol edilebilir.
- Diğer lamba türlerine göre daha sıcak renkler üretmesi oldukça kolaydır.
- Sıcak ışık kaynağı olması nedeni ile kış aylarında küçük alanları 1-2 °C ısıtabilir.
- Hem AC hem de DC gerilimde çalışma özelliğine sahiptir.
- Açma kapama sıklığı lamba üzerinde olumsuz etki oluşturmaz.
- Bağlantısı kolaydır.
- Renksel geri verimi yüksektir.
- Tehlikeli madde içermez. Çevre dostudur.

DEZAVANTAJLARI

- Çok fazla enerji tüketir ve büyük miktarda ısı yayar.
- Fazla enerji tüketimi nedeniyle işletme maliyetlerini arttırır.
- Düşük verimlidir.
- Çalışma ömrü kısadır (1.000 saat).
- Armatürsüz kullanıldığında göz kamaştırır.
- Enerji dalgalanmalarından ve harmoniklerden etkilenir.
- Olumsuz hava koşullarından etkilenir.
- Dış mekânlarda uzun süre kullanımı zordur.
- Kırılgandır. Montajında ve kullamında dikkatli olunması gerekir.
- Sıcak ışık kaynağı olması nedeniyle yaz aylarında ortamda istenmeyen ısıya neden olur.
- İçeriğindeki cam ve metal bileşenlerinden ötürü geri dönüşümü zordur. Bu nedenle özel olarak imha edilmeleri gerekir.

Akkor Flamanlı Lambanın Teknik Özellikleri: Akkor flamanlı lamba, elektrik enerjisinin tamamını ışık enerjisine dönüştüremez. Enerjinin çoğu ısı enerjisi olarak harcanır. Enerji tüketimi fazla olduğu için bu lambanın verimi düşüktür. 1,5 V-300 V arasında çok çeşitli gerilim değerlerinde çalışacak şekilde üretilir. Üretim maliyeti düşüktür. Hem DC gerilim hem de AC gerilimde çalışabilir. Vereceği ışık miktarı gerilim türüne bağlı olarak değişmez. Lambanın parlaklığı gerilim değeri değiştirilerek ayarlanabilir. 25 W, 40 W, 60 W, 75 W, 100 W, 150 W ve 200 W güçlerindedir.

Akkor Flamanlı Lambanın Kullanım Alanları: Son yıllara kadar konut, iş yeri, fabrika gibi alanlarda aydınlatma için tercih edilen akkor flamanlı lambaların kullanımı günümüzde oldukça azalmıştır. Bu durumun temel nedeni yüksek enerji verimliliğine sahip yeni aydınlatma teknolojilerinin gelişmesidir.

NOT

Enerji tüketimindeki verimsizliği, küresel ısınmaya olumsuz etkisi ve enerji kayıplarına neden olması gibi nedenlerle dünyanın birçok ülkesinde akkor flamanlı (enkandesan) lambalar yasaklanmıştır. Avrupa Birliği'nin 2005/32/EC sayılı kararı ile Avrupa'da ve Türkiye'de **1 Eylül 2009** tarihinden itibaren kademeli olarak üretimleri ve satışları durdurulmuştur.

3.1.2. Floresan (Alçak Basınçlı Cıva Buharlı) Lambalar

Elektrik enerjisini kimyasal reaksiyon yoluyla ışığa çeviren lambalara **floresan (alçak basınçlı cıva buharlı) lamba** denir. Görsel 3.3'te düz ve yuvarlak floresan lamba modelleri görülmektedir.

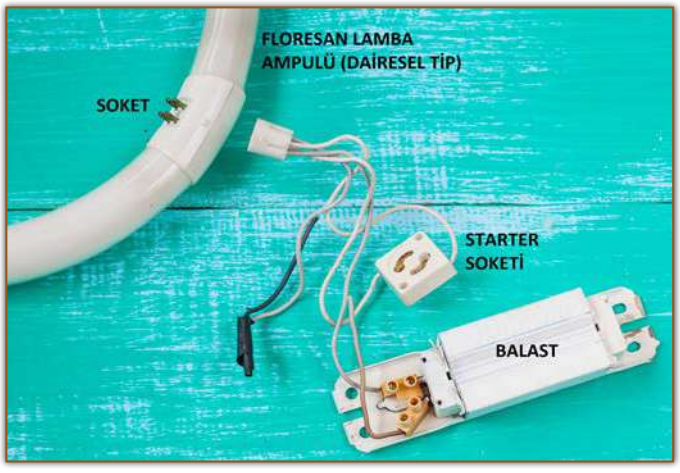


Görsel 3.3: Düz ve yuvarlak floresan modelleri

Floresan Lambanın Yapısı: Bu lambalar yardımcı elemanlar olmadan çalışmaz. Floresan lambanın yapısında şu parçalar bulunur:

- Ampul
  - ✓ Elektrot
  - ✓ Argon gazı
  - ✓ Fosfor gazı
- Balast
- Starter
- Soketler
- Armatür gövdesi

Floresan Lambanın Çalışması: Görsel 3.4'te floresan lambanın bağlantısı görülmektedir. Devreye enerji uygulandığında starter ve balast üzerinden bir akım geçmek ister. Starterin bimetali ilk anda açık devre durumdadır ama içerisinden ufak çapta bir sızıntı akımı geçirir. Bu sızıntı akımı, starter içindeki neon gazını ısıtır ve ısınan gaz, bimetali ısıtarak bimetal devresini kapatır. Sızıntı akımı, lamba flamanlarından da geçerek elektron yayılmasına neden olur. Bimetalin kapanması ile devreden nominal akım geçişi olur. Belli süre sonunda bimetal soğuyacağından kapanan kontaklar açılır ve devredeki akım geçişi durur. Balasttaki gerilimin aniden sıfıra düşmesi sonucunda yüksek değerli indükleme elektromotor kuvvet (EMK) oluşur ve balast, şebeke gerilimi ile birlikte flaman uçlarına yüksek değerli atlama gerilimi uygular. Elektronların yayılımı artar ve yüksek gerilim ile atlamalar oluşur. Lamba içindeki elektron geçişleri floresan maddelere çarparak ışık yayar. Balast, ilk anda atlama gerilimi oluştururken daha sonra tüp içindeki gazın direnci küçüleceği için akım sınırlayıcı reaktans görevi üstlenir. Lamba üzerine 100-120 V, balast üzerine ise geriye kalan gerilim değeri düşmektedir.



Görsel 3.4: Floresan lambanın bağlantısı

NOT

Her floresan lambanın içinde fosfor tozu bulunur. Ampul içinde kullanılan fosfor tozunun renginde floresan lamba elde edilebilir. Piyasada farklı renklerde üretilip kullanılan floresan lambalar mevcuttur.

Floresan Lambanın Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLARI

- Enerji tüketimi oldukça düşüktür.
- Daha az ısı yaydığı için fazla ısınmaz.
- Az enerji harcar, bu sebeple ekonomiktir.
- İlk kurulum maliyeti düşüktür.
- Gözü kamaştırmaz ve yaydığı mavimsi ışık rengi sayesinde gözü az yorar.
- Çalışma ömrü uzundur (5.000-16.000 saat).
- Yaydığı yüksek ışık miktarıyla güçlü aydınlatma oluşturur.
- Işık dağılımları düzenlidir.

DEZAVANTAJLARI

- İyi bağlantı yapılmadığında ışığın titremesi ve stroboskopik etkiler (göz yanılması) oluşabilir. Işığın titremesi insanda baş ve göz ağrılarına yol açar.
- Starter, balast vb. yardımcı araçlara gerek duyar. Bu nedenle tesis maliyeti yüksektir.
- Hemen ışık vermez. Işık oluşması için 10-30 saniye aralığında beklemek gerekir.
- Montaj için fazla alana ihtiyaç duyar.
- Sık açılıp kapandığında kullanım ömrü kısalır.
- Çok yüksek veya düşük sıcaklıklarda çalışma verimliliği düşer.
- Lamba içindeki cıva ve fosfor zehirli olduğundan çevre için sakıncalıdır.
- Ürettiği ışık yönlendirilemez.
- Düşük gerilimlerde çalışmaz.

Floresan Lambanın Teknik Özellikleri: Düz, dairesel (simit), kompakt ve soket tipli floresan lamba türleri bulunur. Floresan lambalar 60-104 lm/W etkinlik faktörüne ve 6 W ila 59 W arasında güçlere sahiptir. Çeşitli boylarda (30-60-120 cm) veya çeşitli çaplarda (15-20-29 mm) üretilir.

NOT

Starter, mekanik balastlar ile birlikte lamba içeresinde kullanılır. Eğer mekanik balast yerine elektronik balast kullanılacaksa startere gerek yoktur.

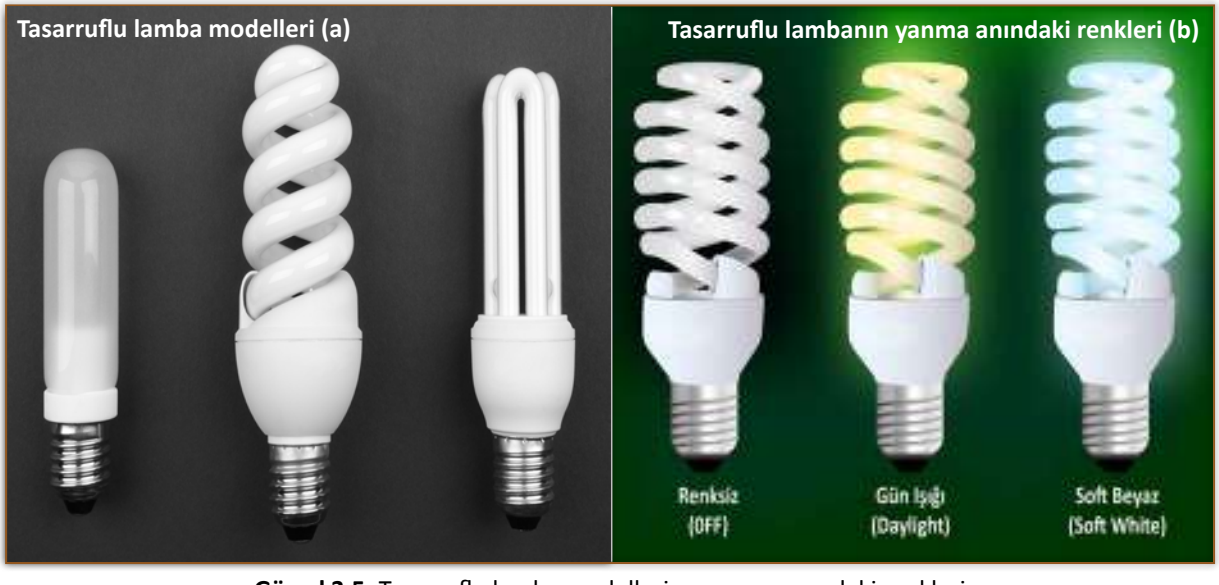
Floresan Lambanın Kullanım Alanları: Evler, kamu binaları, ofisler, hastaneler, fabrikalar, iş yerleri, depolarda kullanılır. Floresan lambalar, sık açma kapama işlemi yapıldığında çok fazla elektrik sarf eder. Bu nedenle çok sık açma kapama işleminin yapıldığı yerlerde floresan lamba kullanımı önerilmez.

NOT

Yanmış veya ömrü tükenmiş floresan lamba **elektronik atık** olarak adlandırılır. Lambanın geri dönüşüme kazandırılma amacıyla kırılacağı zaman dikkatli olunmalıdır. Lamba içindeki alçak basınç nedeni ile cam parçaları yaralayıcı olabilir. Ayrıca lambanın içinde yaklaşık 3 mg cıva bulunur. Lamba kırıldığı zaman toz hâlinde cıva etrafa yayılır. Cıva parçacıklarına temas eden kişilerde önemli sağlık sorunları oluşabilir. Bir floresan lamba içindeki cıva miktarı yaklaşık 30.000 litre suyu kullanılamaz hâle getirebilir. Metalik cıvanın zehirli olduğu ve ölümcül olabileceği unutulmamalı, ömrü tükenmiş lambalar geri dönüşüme gönderilmek veya çöpe atılmak üzere kırılacağı zaman dikkatli olunmalıdır.

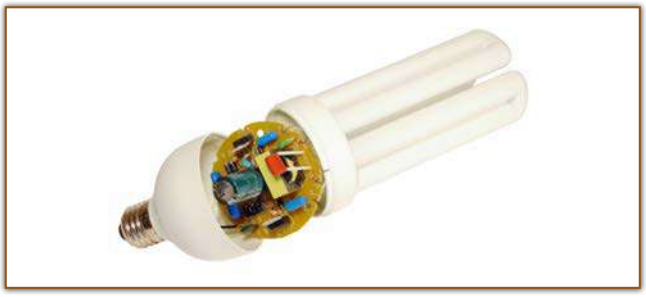
3.1.3. Tasarruflu (Kompakt Floresan) Lambalar

Elektronik balastın, deşarj tüpünün ve duyun tümleşik biçimde bir araya getirilmesiyle oluşan floresan lambaya **tasarruflu (kompakt floresan) lamba** denir. Bu lambalar, normal floresan lambalar ile aynı özelliğe sahiptir. Boyutu küçültülmüş floresan lambalardır. Görsel 3.5'te tasarruflu lamba modelleri ve yanma anındaki renklerigörülmektedir.



Görsel 3.5: Tasarruflu lamba modelleri ve yanma anındaki renkleri

Tasarruflu Lambanın Yapısı: Tasarruflu lambanın iç yapısında balast görevi gören bir elektronik devre, duy ve cam tüp bulunur. Bu lambalarda starter kullanılmaz. Ayrıca elektronik balast, kompakt floresan lambanın çalışması için gerekli akımı sınırlar (Görsel 3.6).



Görsel 3.6: Tasarruflu lambanın yapısı

Tasarruflu Lambanın Çalışması: Bu ampuller azot ve argon gibi gazlarla çalışır. İçindeki gazlara elektrik akımı uygulandığında UV ışık üretir ve bu ışık, ampul içindeki fosfor kaplamalara çarptığı anda görünür olup ışık yayar. Elektronik devre, lambanın yanması için elektronik balast görevi görür.

Tasarruflu Lambanın Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLARI

- Çalışma ömrü uzundur (5.000 saat). Özellikle akkor lambaya göre daha uzun ömürlüdür.
- Gerilim ve ısı değişimden etkilenmez.
- Lamba içindeki cıva miktarı azaltılmıştır. Bu nedenle floresan lambaya göre daha çevrecidir.
- Akkor lambaya göre %80 ila %85 daha az enerji harcar.
- Verimi %15 ila %20 arasındadır. Yüksek verime sahiptir.
- Yüksek düzeyde ışık yansıtır.
- Yüksek kalitede renk oluşturduğu için yüzey sıaklığı düşüktür.
- Düşük ve yüksek gerilimlere karşı hassasiyeti düşüktür.
- Enerji tüketim maliyeti düşüktür.

DEZAVANTAJLARI

- İçindeki cıva nedeni ile cam ampul kırılması hâlinde etrafa zararlı olabilir.
- Düşük sıcaklıkta lamba yanmayabilir. Ortam sıcaklığına bağlı çalışır.
- Zamanla ışık akı yoğunlukları azalır.
- Lambadaki bir parça bozulduğunda lamba bir bütün olarak değiştirilir.
- Başlangıç maliyeti yüksektir.

Tasarruflu Lambanın Teknik Özellikleri: 75 lm/W etkinlik faktörüne sahiptir. 5-55 W arası güçte üretilir. Akkor flamanlı lambaların renk sıcaklıkları 2700 ila 3000 °K arasındayken kompakt floresan lambaların renk sıcaklıkları 2700 ila 6500 °K aralığında değişir. Akkor flamanlı lambalarda geri verim indeksi %95 ve üzerindeyken kompakt floresan lambalarda bu değer %82 ila %88 arasındadır. Normal ve soket duylu olarak üretilir. Sıcak beyaz veya doğal gün ışığı olmak üzere çeşitli renk sıcaklıklarında üretilen lambalar mevcuttur.

Tasarruflu Lambanın Kullanım Alanları: Bu lambalar ışığın uzun süreli kullanıldığı ve çok sayıda ışığa ihtiyaç duyulan konut, büro, iş yerleri gibi alanlarda kullanılır.

NOT

LED lambaların kullanımının yaygınlaşması ile birlikte ABD başta olmak üzere bazı ülkelerde tasarruflu lambanın üretimleri durdurulmuştur. Türkiye'de ve AB ülkelerinin tümünde **1 Eylül 2021** tarihinden itibaren tasarruflu lambaların satışı yasaklanmıştır.

3.1.4. Halojen Lambalar

İçine inert gazın yanı sıra iyot veya brom gibi az miktarda halojen karışımı doldurulmuş kompakt şeffaf bir küçük cam tüp ve kaplanmış tungsten flamandan oluşan akkor lambaya **halojen lamba** denir. Görsel 3.7'de bazı halojen lamba türleri görülmektedir.



Görsel 3.7: Bazı halojen lamba türleri

Halojen Lambanın Yapısı ve Çalışması: Halojen lambalar çok yüksek sıcaklık derecelerine ulaştıklarında lamba kapsülü delinebilir. Bu sebeple cam kapsül ısıya dayanıklı olarak üretilir. Cam kapsüller, camın en saf hâlinin eritilip şekillendirilmesiyle oluşturulur ve bu aşamada **kuvars** kullanılır. Bu lambalar, kuvars bir kapsül içerisine yerleştirilmiş iyot ve brom ile doldurulmuş tungsten filamanlara sahiptir. İçi halojen gaz ile dolu olduğu esnada boyut olarak küçük görünür. Lambanın dış yüzeyinin kararmasını önleyen lamba içerisindeki halojen gazdır. Bunun yanı sıra halojen gaz, tungsten filamanın da incelip delinmesini önler. Halojen lambalar, halojen döngü prensibiyle çalışır. Lambada bulunan tungsten filamanın üzerinden elektrik akımı geçtiğinde flaman ısınır ve akkor seviyesine ulaştığında ışık yaymaya başlar. Bu süreçte sıcaklık arttıkça flamandaki tungsten parçacıkları buharlaşarak cam kapsülde bulunan halojen gaz ile tepkimeye girer. Lamba soğuduğunda tungsten maddesi filaman üzerinde tekrar birikir.

Halojen Lambanın Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLARI

- Küçük ve hafif olması sayesinde taşınması kolaydır.
- Üretimi kolay ve üretim maliyeti düşüktür.
- Ömrü 6.000-12.000 saat aralığında değişir.
- Verdiği ışık gün ışığına yakın olduğundan renksel geri verimi oldukça yüksektir.
- 72-110 lm/W değerinde etkinlik faktörüne sahiptir.
- Cam tüplerde kararma oluşmaz.
- Isınması için bekleme süresine gerek duyulmaz. Anında ışık yayar.

DEZAVANTAJLARI

- İçerisindeki yüksek basınç nedeni ile patlama riski barındırır.
- Çok fazla ısı üretir.
- Soğutulmadan ikinci defa ateşlenemez.
- Gerilim dalgalanmalarına ve titreşimlere karşı hassastır.
- Dimmerlemek için uygun değildir.

Halojen Lambanın Teknik Özellikleri: Bu lambaların yaydığı ışık, gün ışığına oldukça yakındır. Bu nedenle halojen lamba iyi bir aydınlatma kalitesine sahiptir. Renk sıcaklığı yaklaşık 3000 ^{o}K seviyesinde, renksel geri verim indeksi 100 değerindedir. 20 W, 35 W, 50 W ve 75 W güçlerde üretilir. Fanlar ile soğutulur.

Halojen Lambanın Kullanım Alanları: İhtiyaca göre farklı şekillerde veya boyutlarda üretilen lamba modelleri mevcuttur. En çok otomobil farlarında ve AVM stand kısmında kullanılır. Sinema ve sahne aydınlatmalarında da çok sık tercih edilen lamba türüdür.

NOT

Halojen lambalar, AB enerji verimliliği sınıflandırmasında en düşük seviye olan D sınıfına girer. Avrupa Birliği, 2009 yılında bu lambaların kullanımını 1 Eylül 2016 tarihinden itibaren yasaklanma kararı almıştır. Yasağın başlayacağı tarihte ise LED teknolojisine geçişin planlanandan uzun süreceği gerekçesiyle stoklar tükenene kadar halojen lambaların kullanımına izin verildiğini açıklamıştır. Türkiye'de halojen lamba kullanımı yasal olup herhangi bir engel durumu yoktur.

220 V AC gerilimle çalışır. Güvenli bir şekilde çalışabilmek için balasta ihtiyaç duyar. Tam ışık çıkışına ulaşabilmek için birkaç dakika ısınması gerekir. Çalışma prensibi olarak cıva buharlı lambalara benzemesi yanıltıcı olabilir. Kuvars tüp, içerisinde metal halojen bileşenlerin olması nedeni ile farklı bir yapıya sahiptir. Metal halojenler, verimliliği ve renk sunumunu arttırmaya yarar.

Metal Halide Lambanın Teknik Özellikleri: Metal halide lambalar, kullandığı enerjinin yaklaşık %25'i ile ışık üretir. Bu nedenle 75-100 lm/W aralığında bir yüksek ışık verimliliğine sahiptir. Bu değer cıva buharlı lambadan yaklaşık iki kat, akkor flamanlı lambadan ise 3-5 kat yüksektir. Lambanın ömrü 6.000-15.000 saat aralığında olup uzun ömürlü lambalar olarak bilinir. Doğal gün ışığı renginde yoğun bir beyaz ışık üretir.

Metal Halide Lambanın Kullanım Alanları: Otoparklar, spor salonları, sokak aydınlatmaları, fabrikalar, mağazalar, otomotiv farları (zenon far), tavan aydınlatmaları başta olmak üzere 1960'lı yıllardan beri çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yeni teknoloji ile birlikte LED lambaların üretilmesi sonucu eskisi kadar kullanım alanına sahip olmayan metal halide lambalar henüz kullanılmaya devam edilmektedir.

3.1.5. Gazlı Deşarjlı Lambalar

Argon, neon, zenon ve kripton gibi asal gazlar veya bu asal gazların karışımı ile doldurulmuş, deşarj tüp içerisinde cıva, sodyum ve metal halojenler gibi ek malzemeler barındıran lambaya **gazlı deşarj lamba** denir. Lamba içerisindeki deşarj tüpünün uçlarında bulunan elektrotlara AC gerilim uygulandığında bir elektrik alanı meydana gelir. Bu alanının etkisiyle tüp içerisindeki serbest elektronlar hız kazanır ve gaz ile metal atomlar çarpışır. Çarpışma sonucunda yüksek enerji yani ışık ortaya çıkar.

Gazlı deşarjlı lambalar dört gruba ayrılır:

- Neon (soğuk floresan)
- Metal halide
- Cıva buharlı
- Sodyum buharlı

Gazlı deşarjlı lambaların belli başlı özellikleri şunlardır:

- Hem AC hem DC gerilim ile çalışabilir.
- Lambanın çalıştırılabilmesi için elektronik balast veya direnç kullanılır.
- Işık parlaklığı oldukça yüksektir.
- Genellikle dış aydınlatma için kullanılır. Endüstriyel alanlarda veya reklamcılık gibi sektörlerde iç aydınlatma amacıyla da kullanılabilir.
- Tekrar ateşleme yapabilmesi için soğuması gerekir.
- Yüksek verimlidir.
- Uzun ömürlüdür.

3.1.5.1. Neon (Soğuk Floresan) Lambalar

Cam çubuk veya cam ampul içine seyreltilmiş neon, helyum, cıva vb. asal gazlar doldurularak elde edilen soğuk elektrotlu lambaya **cam neon (soğuk floresan) lamba** denir. Görsel 3.8'de neon lambaların kullanım alanları görülmektedir.



Görsel 3.8: Neon lambaların kullanım alanları

Neon Lambanın Yapısı ve Çalışması: Esnek (fleks) neon lamba, şeritlerde flamansız olarak üretilir. Neon lambadan yayılan ışığın rengi tüpün içerisindeki gazın cinsine bağlıdır. Tablo 3.1'de tüp içerisindeki maddenin verdiği ışık renkleri görülmektedir.

Tablo 3.1: Neon Lambalarda Tüp İçindeki Gazların Verdiği Işık Renkleri

Tüp İçi Madde	Verdiği Işık Rengi	Tüp İçi Madde	Verdiği Işık Rengi
Neon gazı	Turuncu ışık	Karbondioksit gazı	Beyaz ışık
Hidrojen gazı	Kırmızı-pembemsi ışık	Argon gazı	Mavi ışık
Helyum gazı	Sarı ışık	Gazların karışımı	Farklı ışık

Neon lambalar, neon gazıyla doldurulmuş kapalı bir cam tüpten oluşur. Tüpün bir ucunda pozitif, diğer ucunda negatif elektrik terminali vardır. Tüpün içi asal gazla doldurulmuştur. Neon lambalar 220 V AC gerilimde çalışmak üzere üretilir ancak cam çubuk neon lambaların çalıştırılması için yüksek gerilim dönüştürücü (3-15 kV) transformatör veya gerilim yükseltici devreler kullanılır. Yüksek gerilim uygulandığında tüp içindeki gaz iyonlaşır ve farklı renklerde ışık saçar.

NOT

Neon lambalar hem AC gerilim hem de DC gerilimde çalıştırılabilir. DC gerilimde çalışması hâlinde lambanın parlaklığı yalnızca bir elektrotun iyonlaştığı alanda oluşur ve lamba parlaklık açısından amacına ulaşmamış olur. Bu nedenle neon lambalar, genellikle 220 V AC gerilim ile beslenir. Reklam ve dekorasyon amacıyla kullanılan büyük ebatlı neon lambaların çalışma prensibi yüksek gerilime (yaklaşık 15 kV) dayanır. Bu nedenle 220 V'u, kV düzeyindeki gerilimlere kadar dönüştüren gerilim yükseltici transformatörler kullanılır.

Neon Lambanın Teknik Özellikleri: 30-50 lm/W değerinde düşük etkinlik faktörüne sahiptir. Balasta ihtiyaç duymaz. Yüksek gerilim ile çalıştığı için elektriksel şok tehlikeleri vardır. Neon lambaların 10.000 saat ömrü vardır. Neon tip lamba düz, spiral, dairesel veya ihtiyaca göre farklı şekillerde üretilebilir. Işık tüpleri 3-18 m ve boru çapları 10-25 mm arasında değişir.

Neon Lambanın Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLARI

- Ömrü oldukça uzundur (10.000 saat).
- Tüpte kullanılan farklı gazlar ile çeşitli ışık renkleri üretilebilir (Tablo 3.1).
- Cam tüpün çapı ve tüpteki gaz miktarı ışık parlaklığını oluşturur. Tüpün çapı ne kadar büyük seçilirse yayılacak ışık o kadar parlak olur. Bu nedenle çeşitli boyutlarda yapılabilir.
- Kolaylıkla bükülebilir ve her tasarıma göre şekillendirilebilir.
- Neon ışıkla çeşitli yazılar yazılabilir.
- Dinamik bir etki için çeşitli desenlerde hareket edebilir ya da yanıp sönebilir. Bu efektler, animasyon oluşturmak için neon lambaya programlanabilir.

DEZAVANTAJLARI

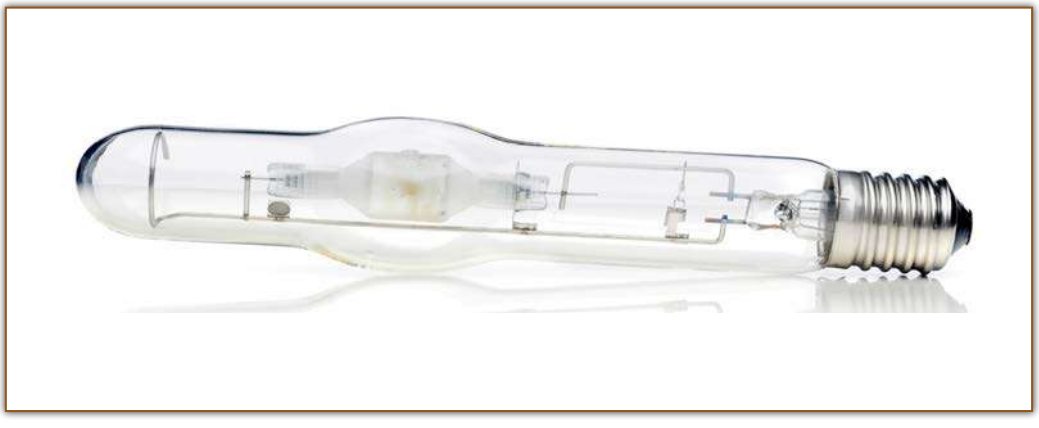
- Enerji tüketimi yüksektir. Bu nedenle 15 kV gibi yüksek bir voltaj gerektirir.
- Neon lamba yalnızca küçük bir yüzdeyi ışığa dönüştürür ve enerjinin geri kalanı ısı olarak kaybolur. Hem yüksek enerji harcar hem de neon tüplerini aşırı ısıtır.
- Düşük verimlidir.
- Cam tüpler ince ve narin olduğundan kırılgandır. Isıya, neme ve UV ışığa maruz kaldığında zamanla zayıflar.
- Parlaklığını ve işlevini uzun süre sürdürebilmesi için yüksek maliyetli bakıma ihtiyaç duyar.
- Yedek parça ve işçilik maliyeti yüksektir.

Neon Lambanın Kullanım Alanları: Neon lambalar, üretim aşamasında yazı veya resim oluşturma amacıyla bükülerek ihtiyaç duyulan formata sokulabilir. Son yıllarda dekorasyon, reklam, iş birliği, ikaz gibi alanlarda sıkça kullanılmakta olan neon lambalar gün geçtikçe daha da popüler hâle gelmektedir.

3.1.5.2. Metal Halide (Yüksek Yoğunluklu Deşarj) Lambalar

Buharlaşmış cıva ve metal halojenlerin gaz hâlindeki karışımı aracılığı ile ışık üreten elektrik lambaya metal halide **[yüksek yoğunluklu deşarj (HID–High instenty discharge)] lambası** denir.

Metal Halide Lambanın Yapısı ve Çalışması: Görsel 3.9'da metal halide lambanın yapısı görülmektedir. Bu lamba, ışığın çoğunu küçük bir deşarj tüpü içerisindeki elektrik arkından sağlar. Lamba; cıva, argon, ksenon ve çeşitli metal halojenler içerir. En yaygın kullanılan metal halojen bileşen sodyum iyodürdür. Üretilen UV ışığı filtreleyen bir dış cam kapsüle sahiptir. Bu kapsülün içine yerleştirilmiş, gaz ve arkı içeren küçük bir kuvars veya seramik ark tüp mevcuttur. UV ışığı minimize etmek amaçlı bazı metal halide lambaların dış cam kapsülü fosfor kaplama ile kaplatılmıştır.



Görsel 3.9: Metal halide lamba

220 V AC gerilimle çalışır. Güvenli bir şekilde çalışabilmek için balasta ihtiyaç duyar. Tam ışık çıkışına ulaşabilmek için birkaç dakika ısınması gerekir. Çalışma prensibi olarak cıva buharlı lambalara benzemesi yanıltıcı olabilir. Kuvars tüp, içerisinde metal halojen bileşenlerin olması nedeni ile farklı bir yapıya sahiptir. Metal halojenler, verimliliği ve renk sunumunu arttırmaya yarar.

Metal Halide Lambanın Teknik Özellikleri: Metal halide lambalar, kullandığı enerjinin yaklaşık %25'i ile ışık üretir. Bu nedenle 75-100 lm/W aralığında bir yüksek ışık verimliliğine sahiptir. Bu değer cıva buharlı lambadan yaklaşık iki kat, akkor flamanlı lambadan ise 3-5 kat yüksektir. Lambanın ömrü 6.000-15.000 saat aralığında olup uzun ömürlü lambalar olarak bilinir. Doğal gün ışığı renginde yoğun bir beyaz ışık üretir.

Metal Halide Lambanın Kullanım Alanları: Otoparklar, spor salonları, sokak aydınlatmaları, fabrikalar, mağazalar, otomotiv farları (zenon far), tavan aydınlatmaları başta olmak üzere 1960'lı yıllardan beri çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yeni teknoloji ile birlikte LED lambaların üretilmesi sonucu eskisi kadar kullanım alanına sahip olmayan metal halide lambalar henüz kullanılmaya devam edilmektedir.

3.1.5.3. Cıva Buharlı Lambalar

Deşarj tüpünün içerisinde yüksek basınçlı cıva buharı bulunan lambaya **cıva buharlı lamba** denir. Görsel 3.10'da cıva buharlı lamba görülmektedir.



Görsel 3.10: Cıva buharlı lamba

Cıva Buharlı Lambanın Yapısı: Deşarj tüpü, kuvars camından, çift elektrotlu olarak imal edilir. Çalışması için elektronik balasta ihtiyaç duyulur. 220 V AC gerilim altında çalışır. Farklı güç değerlerinde üretilen (50-1000 W) cıva buharlı lambalar mevcuttur. Bu lambalar, yüksek miktarda, zararlı, kısa dalga boylu UV ışığı yayar. Gözde hasar oluşturmaması veya ortamda bulunan insanları rahatsız etmemesi için lambanın iç çeperi yüksek UV ışınlarını görünür ışığa dönüştüren floresan madde ile kaplanır.

Cıva Buharlı Lambanın Çalışması: Tüp içerisindeki cıva normal şartlarda sıvı durumdadır. Lambanın ışık yayabilmesi için cıvanın önce buharlaştırılarak iyonize edilmesi gerekir. Lamba içerisindeki buhar basıncı arttıkça lambanın yayacağı ışık şiddeti de artar. Bu lambalar hemen ışık yaymaz. Ateşlendikten yaklaşık 4-6 dakika sonra yeterli ısınma ve buharlaşma düzeyine ulaşıp ışık vermeye başlar. Cıva buharlı lambalar soğutulmadan tekrar ateşlenemez. Önce lambanın soğuması beklenir.

NOT

Cıva buharlı lambanın çalışma esnasında dış ampulü kırılsa da iç tüpü korumasız şekilde ışık üretmeye devam eder. Böyle bir durumda iç tüp yüksek miktarda, zararlı UV ışını yayar. Bu UV ışınlarına maruz kalan bireylerde göz ve cilt yanıkları oluşur. Bulanık veya çift görme, baş ağrısı, mide bulantısı gibi olumsuzluklar meydana gelebilir. Bu nedenle cıva buharlı lambaların kullanımını esnasında çok dikkatli olunmalıdır. Lambanın kırılması durumunda enerjisi hemen kesilmelidir.

Cıva Buharlı Lambanın Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLARI

- Yüksek verimlidir.
- Titreşimlerden etkilenmez. Bu yüzden darbe ve sarsıntılara karşı dayanıklıdır.
- Işık etkinliği yüksektir (30-60 lm/W).
- Uzun ömürlüdür (6.000-9.000 saat).
- Ekonomiktir.
- Gerilim dalgalanmalarından olumsuz etkilemez.
- Çalıştığı ortamın ısı değişiminden etkilenmez.
- Her konumda yanabilir.
- Ateşleyiciye gerek duymaz.

DEZAVANTAJLARI

- Işık yayması için geçen süre uzundur. Lambanın yeterli düzeyde ısınması beklenir.
- Kırmızıya yakın renkleri çok net göstermez.
- Kurulum maliyeti yüksektir.
- Armatür bağlantısı zordur, bağlantı için yardımcı araçlara ihtiyaç duyulur.

Cıva Buharlı Lambanın Kullanım Alanları: Özel olarak bir kullanım alanı yoktur. Sokak aydınlatmalarında, spor salonlarında, maden yataklarında, dekoratif projektörlerde, banka veya mağaza aydınlatmalarında ve ihtiyaç duyulan diğer yerlerde kullanılır.

NOT

Birçok AB ülkesinde cıva buharlı lamba kullanımı yasaklanmıştır. Türkiye'de 2006 yılında hazırlanan yönetmelikler ile şehir içi yol aydınlatmalarında cıva buharlı lambanın kullanımı yasaklanmıştır. Diğer alanlarda ise belirli oranlarda kullanımı devam etmektedir. Mevcut cıva buharlı lambaların kullanım süreleri tamamlandığında yerini sodyum buharlı lambalar alacaktır.

3.1.5.4. Sodyum Buharlı Lambalar

Alçak basınç ve alçak gerilim ile çalışan, tungsten içinde sodyum ve cıva karışımı bulunan lambalara **sodyum buharlı lamba** denir. Görsel 3.11'de sodyum buharlı lambanın yapısı görülmektedir.



Görsel 3.11: Sodyum buharlı lambanın yapısı

NOT

Cıva buharlı lambaların yerini sodyum buharlı lambalar almıştır. LED teknolojisinin gelişmesi ile birlikte bahçe, saha vb. bazı yerlerde sodyum buharlı lambalar yerini de LED lambalar almıştır.

Sodyum buharlı lambaların türleri şunlardır:

Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı Lamba: Deşarj işlemi başladığında içerisindeki neon gazından dolayı lamba ilk etapta **kırmızı-pembe** renkte ışık yayar. Bu ışık rengi lambanın vereceği asıl renk değildir. Lamba ısındıkça içerisinde bulunan katı sodyum buharlaşır ve lambanın yaydığı ışık **sarı-turuncu** renk alır. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın yaydığı ışığın rengini net şekilde ayırt etmek zordur. Bu nedenle stroboskopik etki görülür. Bu olumsuz etkinin giderilmesi için elektronik balast kullanılır. Elektronik balastın kullanılmadığı durumlarda trafo ve kondansatör gibi yardımcı elemanlara ihtiyaç duyulur. Bu da tesis maliyetini arttırır. Lambanın verimi 100-200 lm/W arasında değişir ve kullanım ömrü 18.000 saat civarındadır. Uzun ömürlü olmasına rağmen pratikte alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın iki yılda bir değiştirilmeleri gerekir.

Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lamba: Tüp içerisindeki karışıma cıva eklenip deşarj tüpünün basıncı arttırılarak üretilmiştir. Ayrıca xenon gazı eklenerek dar olan ışık spektrumu genişletilmiştir. Bu açıdan yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba, alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın geliştirilmiş hâlidir. 35 W'tan 100 W'a kadar farklı güçlerde yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba mevcuttur. Bu lambanın kullanım ömrü 32.000 saate kadar çıkabilir.

Sodyum Buharlı Lambanın Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
• Uzun ömürlüdür (9.000-12.000 saat). • Yüksek verimlidir. • Işık yaydıktan sonra kısa süreli elektrik kesintisinde devre dışı kalmaz, enerji geldiğinde kaldığı yerden çalışmasına devam eder. • Geniş alanlarda kullanılabilir. Ekonomiktir. • Cıva gibi zararlı gaz içermediğinden kullanım ömrünün sonunda geri dönüşüme gönderilebilir. • Sis, kar, fırtına vb. hava koşullarında dış alanda aydınlatma sağlar. • 90 lm/W gibi yüksek bir ışık etkinlik faktörüne sahiptir. • 220 V'a kadarki AC gerilimlerde çalışabilir.	• Renksel geri verim indeksi iyi değildir. • Sodyum gazı, hava ile temas hâlinde yanıcı özelliğe sahiptir. Bu nedenle lamba, kırılma ve parçalanma durumunda kolaylıkla alev alabilir. • Kurulum maliyeti yüksektir. • Trafo, kondansatör, balast vb. yardımcı elemanlara ihtiyaç duyar. • Işık yaydığı alanlarda bulunan malzemeleri renklerinin ayırt edilmesini zorlaştırır.

Sodyum Buharlı Lambanın Yapısı ve Çalışması: Bu lambalar, içerisindeki soğuk sodyumun katı hâlde olması nedeni ile bulunduğu ortam sıcaklığında ışık yaymaz. Bu nedenle ateşleme görevi gören elektronik balast kullanılır. Ateşleme sonrası tüp içerisinde bulunan filamanın sıcaklığı, elektrotlar üzerinden geçen akımın etkisi ile 200-300 ^{O}C'ye kadar yükselir ve sodyum buharlaşması sağlanır. Böylelikle tüpün içi asal gazlarla dolar ve lamba ışık yayar. 220 V gerilim değerine kadar çalışabilir. Gerilim uygulandığında lamba hemen ışık yaymaz. Ateşleme işleminden sonra yaklaşık 10-15 dakikalık bir süre boyunca lamba ısısının yeterli düzeye ulaşması beklenir.

Sodyum Buharlı Lambanın Kullanım Alanları: Yaygın olarak sokak aydınlatmasında kullanılır.

SIRA SİZDE

Sodyum buharlı lambaların cıva buharlı lambalara göre farklılıklarını ve benzerliklerini araştırınız. Elde ettiğiniz sonuçları sınıfta paylaşınız.

3.1.6. Fiber Optik Aydınlatma

Işığı bir noktadan bir başka noktaya mercek mantığı ile ileten ve fiber lifler aracılığı ile istenen alanlara taşımaya yarayan aydınlatmaya **fiber optik aydınlatma** denir. Işık kaynağı, fiber lifler ve sonlandırıcıdan oluşmaktadır. Fiber optik aydınlatmada ışık ile birlikte ultraviyole (UV) ve infrared (IR) ışınları taşınmaz. Görsel 3.12'de çeşitli fiber optik aydınlatma örnekleri görülmektedir.



Görsel 3.12: Fiber optik aydınlatma örnekleri

Fiber optik lambaların belli başlı özellikleri şunlardır:

- Geleneksel aydınlatma sistemlerine göre birçok avantaja sahip olmasına rağmen dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaz. Çok az pazar payına sahiptir.
- Verimleri yüksektir ve kayıpları çok azdır.
- Uygulama kolaylığı sayesinde dekoratif veya estetik amaçlı birçok yerde kullanılabilir. Özellikle diğer aydınlatma araçlarının risk taşıdığı yerlerde fiber optik aydınlatma kullanılabilir.
- Elektrik akımını taşımaması ve sadece ışığı taşıyıp iletmesi sayesinde ıslak, nemli, buharlı veya sulu ortamlarda rahatlıkla kullanılabilir.
- Patlama veya parlama riski yok denecek kadar azdır.
- Dekoratif amaçla 40 metre uzunluğa kadar kullanılabilir.
- Kullanılan LED sistemleri, UV veya IR ışınları içermez. Bu nedenle müzelerde veya değerli nesnelerin sergilendiği alanlarda kullanıldığında sergilenen ürüne zarar vermez.

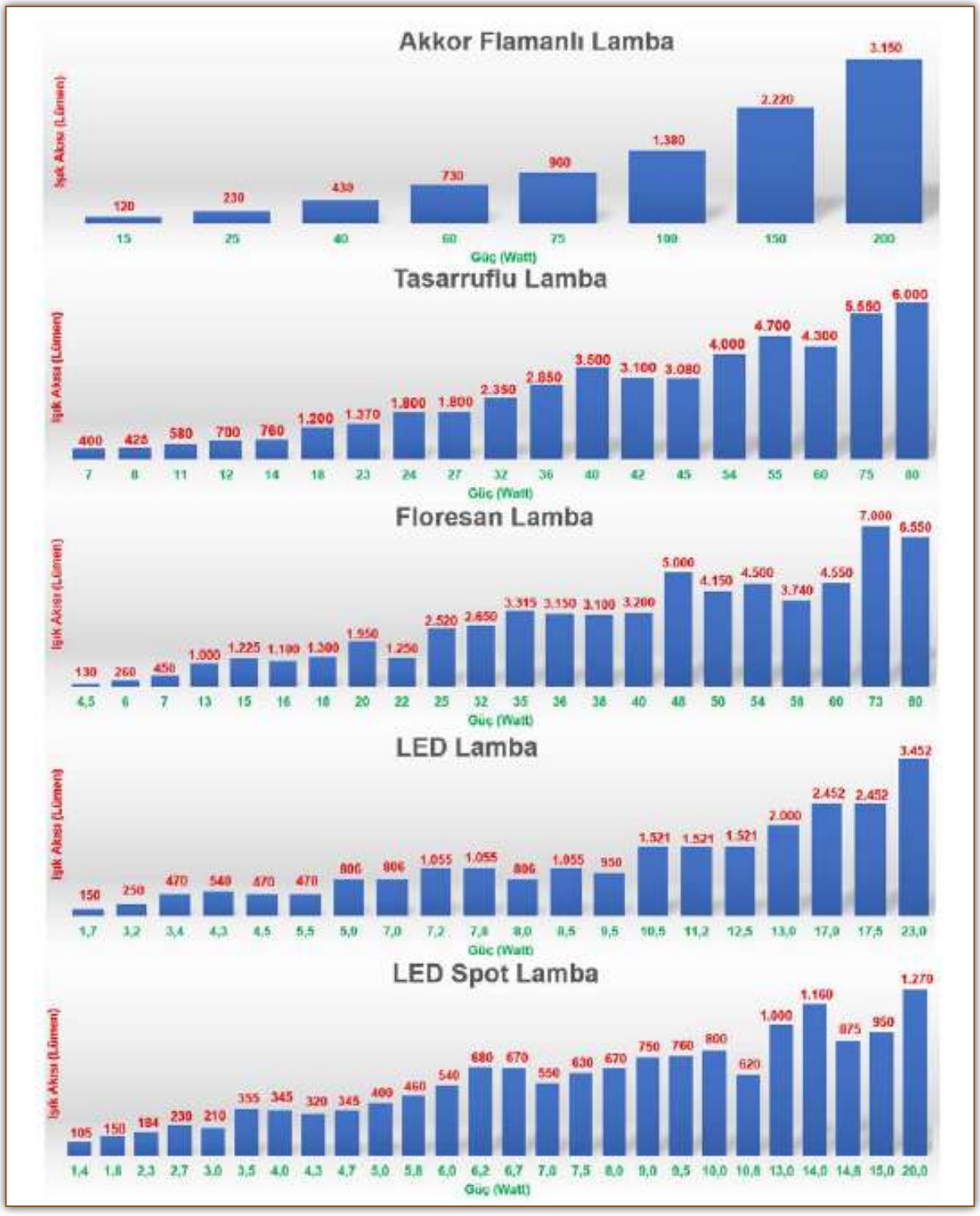
NOT

Bu lambalar dışında LED ile oluşturulan birçok lamba modeli bulunmaktadır. Bu LED lamba modelleri "5. Öğrenme Birimi" nde detaylı olarak incelenecektir.

3.1.7. Lambaların Karşılaştırılması

Her lamba türünün belirli gücü, ışık akısı ve kullanım ömrü vardır. Fazla güç seçimi, enerji tüketimini arttıracağından uygun güç ve yüksek lümene sahip lambaların seçilmesi, enerji verimliliğini önemli oranda etkiler. Her üretici firmanın lambalarının güç ve ışık akı değerleri farklılık gösterir.

Görsel 3.13'te farklı tip lambaların güç ve ortalama ışık akısı değerleri verilmiştir.



Görsel 3.13: Farklı lambaların güç ve ışık akısı değerleri

NOT

İlgili firmanın lamba kataloğundan lambaların güç ve ışık akısı değerlerini bulabilirsiniz.

Tablo 3.2'de aydınlatmada kullanılan farklı tip lambalar karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.2: Aydınlatma Lambalarının Karşılaştırılması

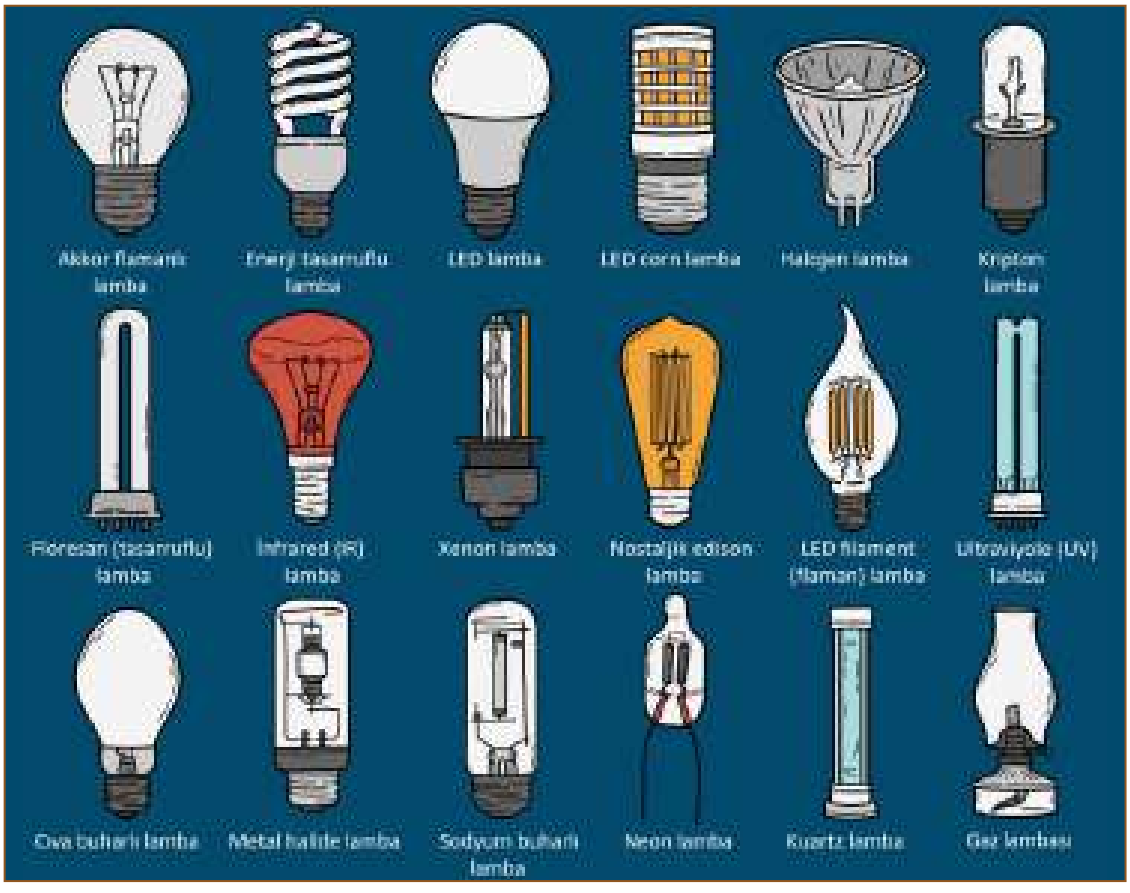
Özellikler	Enkandesan (Akkor Flamanlı) Lamba	Tasarruflu (Kompakt) Lamba	Floresan Lamba	LED Lamba	Halojen Lamba	Metal Halide Lamba	Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı Lamba	Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lamba	Yüksek Basınçlı Cıva Buharlı Lamba
Etkinlik faktörü	6-16 lm/W	46-80 lm/W	60-104 lm/W	80-160 lm/W	12-25 lm/W	72-110 lm/W	100-192 lm/W	88-130 lm/W	40-60 lm/W
Renksel geri verim (CRI)	100	75-90 (iyi)	70-95 (iyi)	65-99 (iyi)	100 (çok iyi)	70-95 (iyi)	0-15 (çok kötü)	25-70 (kötü)	40-60 (orta)
Ömür (saat)	1000	5.000-16.000	10.000-40.000	50.000	1.000-4.000	6.000-20.000	16.000-20.000	16.000-32.000	15.000-25.000
Renk sıcaklığı (°K)	2.700	2.700-7.000	2.700-12.000	2.700-8.000	2.700-3.500	3.000-7.000	-	2.000-3.000	3.200-4.200
Elektronik balast	Gerekli değil	Gerekli	Gerekli	Gerekli	Yok	Gerekli	Gerekli	Gerekli	Gerekli
Mekân yeri	İç ve dış mekân	İç mekân	İç mekân	İç ve dış mekân	İç mekân	İç ve dış mekân	Dış mekân	İç ve dış mekân	İç ve dış mekân
Dim edilme (ayarlanma)	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Yok	Var	Yok
Stroboskopik etki	Yok	Var	Var	Var	Yok	Yok	Var	Yok	Var
Enerji sarfiyatı	Çok fazla	Az	Orta	Çok az	Orta	Orta	Fazla	Fazla	Fazla
Kullanım alanları	WC, banyo, merdiven, koridor	Konut, iş yeri, fabrika	Ofis, konut, iş yeri, fabrika	Ev, ofis, fabrika, yol	Müze, galeri, tablo	Müze, galeri, tablo	Tünel, fabrika, yol	Meydan, cadde, tünel	Yüksek tavanlı depo

Görsel 3.14'te çeşitli lamba modelleri görülmektedir.



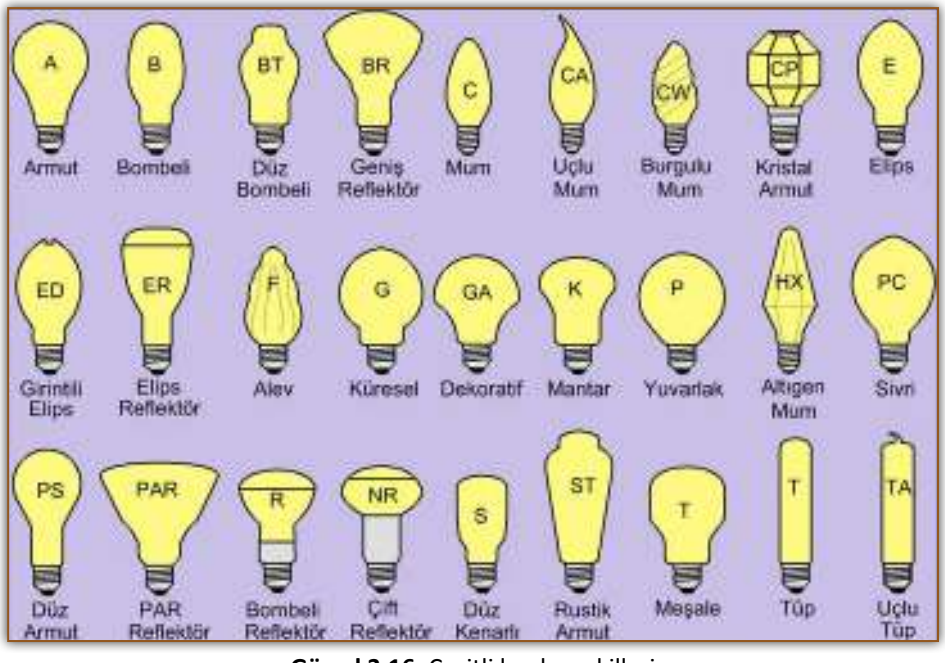
Görsel 3.14: Çeşitli lamba modelleri

Görsel 3.15'te lamba modelleri görülmektedir.



Görsel 3.15: Lamba modelleri

Görsel 3.16'da çeşitli lamba şekilleri görülmektedir.



Görsel 3.16: Çeşitli lamba şekilleri

SIRA SİZDE

1) Tablo 3.3'te verilen bölgelere göre uygun lamba eşleşmesini "✓" şeklinde işaretleyerek yapınız. Eşleştirme yapılırken her bölge için en uygun bir veya birden fazla lamba ile eşleştiriniz.

Tablo 3.3: Bölge-Lamba Eşleştirme

Bölgeler	Lamba modelleri						
	Akkor Flamanlı	Floresan	Tasarruflu	Halojen	Sodyum Buharlı	Fiber Optik	Metal Halide
Park alanları							
Otoyollar							
Kamu binaları							
Fabrikalar							
Havuz ve bahçe							
AVM'ler							
Ofisler							

2) Görsel 3.17'de verilen lambaların karşılıklarını alt kısımlarına yazınız.



Görsel 3.17: Lamba modelleri

3.2. LAMBALARIN EKONOMİK ÖMRÜ

Lamba Ömrü: Lambanın ideal şartlarda çalışacağı saat cinsinden süreye **lamba ömrü** veya **nominal ömür** denir. Akkor flamanlı ve floresan lambaların nominal ömrü %50 olup aynı koşullara sahip 10 lambanın bulunduğu bir alandaki beş lambanın yanması için geçen süre anlamına gelir.

Lambanın Ekonomik Ömrü: LED lambalarda nominal ömür, L70 derecesine göre ölçülür. L70 derecesi LED kaynağının başlangıçtaki aydınlatma gücünün %30'unu kaybetmesine kadar geçen süre anlamına gelir. Bir lambanın istatistiksel olarak medyan (ortalama) ömrüdür. Bir lambanın ışık akısının %80'e düştüğü ömre **lambanın ekonomik ömrü** denir. Ekonomik ömür, gerçek lamba ömrünü nominal ömürden daha iyi tanımlamak için kullanılır. Nominal ömürde lambaların eskimesi ile birlikte ortaya çıkan lümen azalması ve renk kayması hesaba katılmazken ekonomik ömürde bu ölçütler hesaba katılır. Bir lambanın ekonomik ömrü genel olarak nominal ömrün %60-70'i kadardır. İstatistiksel açıdan değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma sisteminde 100 saat kullanımdan sonraki toplam ışık akısına bakılır. Işık akısının azalmasından ötürü lambaların kullanılamaz duruma gelmesi ve ışık akısının %30'unu kaybetmesi için geçen süre tespit edilir. Bu süre lambaların ekonomik ömrü olarak belirlenir. Lambaların yaklaşık %50'sinin kullanılamaz duruma gelmesi için geçen süre ise lambaların ortalama ömrüdür.

Bir lambanın ömrü; çalışma ortamı, şebeke gerilimindeki dalgalanmalar, yanma döngüsü, titreşimler, sıcaklık, su ve nem ortamı, balastların çalışma özellikleri gibi çeşitli çalışma koşullarına bağlı olarak değişir. Bu koşulların kontrol edilmesi lambanın ömrünü uzatır. Lambanın ömrüne etki eden faktörler; gerilim, sıcaklık, titreşim, su, nem ve döngü sayısıdır.

3.2.1. Gerilim

Her lamba için önerilen bir çalışma voltaj değeri vardır. Lambaların bu voltaj değerinin çok altında veya çok üzerinde çalıştırılması hâlinde istenen ışık şiddeti elde edilemez. Hatta lamba zarar görür. Lambanın nominal çalışma gerilimine **anma voltajı** denir. Anma voltajı başta olmak üzere lambanın çalışma frekansı, AC veya DC gerilimi, renk sıcaklığı, gücü gibi bazı bilgileri üretici firma tarafından lambanın ya da ambalajının üzerine yazılır (Görsel 3.18).



Görsel 3.18: 200-240 V AC çalışma gerilimine sahip LED ampuller

Bir lambayı anma geriliminin %120 kadar üzerinde bir değerde çalıştırmak lambanın ömrünü nominal ömrün yaklaşık %10-15'ine kadar düşürür. Lambanın çalışma geriliminin nominal gerilime eşit olması hâlinde lamba ömrü çok daha uzun olur. Bunun için lambaların dimmer anahtar ile çalıştırılması durumlarında çalışabilecekleri nominal gerilim değerlerine dikkat edilmesi gerekir. Genellikle lambalar çalıştırılmak için kullanılan gerçek gerilim değerinden çok daha yüksek bir değer için tasarlanır. Bu nedenle gerilim değerinin çok az azalması hâlinde lamba yanmaya ve ışık vermeye devam eder. Bu yöntem genellikle trafik sinyalleri, göstergeler gibi uzun lamba ömrünün önemli olduğu uygulamalarda tercih edilir. Örneğin bir trafik sinyal lambasının nominal ömrü 8.000 saattir ve bu lamba çalışması için ihtiyaç duyulan gerilim değerinden daha yüksek değere göre tasarlanmıştır.

3.2.2. Sıcaklık

Işık kaynağı olan lambalar sıcaklığa karşı farklı şekilde tepkiler verir. Isı birçok lamba çeşidi üzerinde olumsuz etki oluşturur ve ısının uzun süreli olması lambanın ömrünü kısaltır. Lambanın sıcaklığından daha yüksek ortam sıcaklığı veya lambaya yakın bir ısı kaynağı lambadaki bağlantı noktalarının ısınıp zarar görmesine neden olur. Sürekli yüksek ısıya maruz kalmak lümeni zayıflatır ve lambanın yaydığı ışığı, dolayısıyla ömrünü azaltır. Isıdan tüm lamba türleri olumsuz etkilenir. LED lambalar ısıya karşı en hassas lamba türüdür.

NOT

Lambanın ısıdan etkilenmesi nedeni ile lamba arızaları yaz aylarında artar.

Soğuk veya serin ortamlarda ısıdan olumsuz etkilenme minimum seviyede olacağı için lamba daha uzun ömürlü olur. Böylesi serin ortamlarda lambalarda ışık kaybı yaşanması hâlinde bu kayıp sıcaklıktan değil lambanın ömrünü etkileyen diğer faktörlerden kaynaklıdır. Akkor flamanlı lambalarda sıcaklık camı eritecek düzeyde olmadığı müddetçe ihmal edilebilir. Hatta akkor flamanlı lambaların kendisi yüksek düzeyde ısı yayar. Genel anlamda bütün lamba çeşitlerinde yüksek derecede ısı veya ısıya uzun süre maruz kalmak kullanım ömrünü azaltır.

3.2.3. Titreşim

Her lambanın titreşimden olumsuz etkilendiği söylenemez. Sadece akkor flamanlı, floresan gibi hassas yapıya sahip bazı lambalar titreşimden etkilenir. LED lambalar diğer lambalara nazaran titreşimlere karşı çok daha dayanıklıdır. Çok güçlü titreşimler LED'ler de dâhil birçok lambaya zarar verebilir. Bu nedenle çok fazla gürültü ve titreşimin oluştuğu yol ve köprü gibi yerlerde kullanılan aydınlatmalarda, zarar görmemesi adına lambalar yüksek direklere monte edilir.

Ev, büro, ofis gibi yapılarda titreşim genellikle lambanın bulunduğu ortamdaki kapı çarpmalarından kaynaklanır. Ayrıca iş yeri, fabrika, sanayi gibi yerlerde çalışan makinelerin gürültüsünden ve hareketinden kaynaklanan titreşimler meydana gelebilir. Havaalanı, demir yolu, köprü, tünel veya işlek cadde yakınında bulunan lambalar titreşimden olumsuz etkilenebilir.

Açık alanlarda meydana gelen rüzgâr, direklerin sallanmasına hatta devrilmesine neden olabilir. Bu da lambaların ömrünü önemli ölçüde ekiler. Bu tür yerlerde direklerin rüzgârdan etkilenmeyecek şekilde sağlam yapıda inşa edilmesine özen gösterilir. Bunların dışında taşıma sırasında meydana gelen titreşimler de lambaların ömrünü etkileyebilir.

NOT

IEC (TS EN) 60068-2-6 Standardı: Aydınlatmada kullanılan lambaların titreşimlere karşı direncini ölçen ve 10.04.2013 tarihinde kabul edilen 31 sayfalık uluslararası standarttır. Türkiye bu standardı yakın zamanda kabul etmiştir. Bu standartta armatürlerin dayanıklılığı ve performansı sinüzoidal titreşim yöntemi ile test edilir.

3.2.4. Su veya Nem

Dış mekân aydınlatmalarında kullanılan lambalar yağmur, kar, buz vb. doğal koşullara maruz kalabilir. Dış mekânda kullanılması için tasarlanan lambalarda su ve nemi sızdırmamaya yönelik tedbirler alınmış olsa da bazen bu tedbirler yeterli olmayabilir.

Suyun iletken olması nedeniyle suya maruz kalan lambalarda kısa devre meydana gelir, lamba arızalanır, aydınlatma işlevini yitirir. Sudan etkilenen lambanın hangi gerilim türü (AC veya DC) ile beslendiği de önemlidir. Lamba şebeke gerilimi yerine akü, pil vb. bir DC gerilim kaynağı ile besleniyorsa suya maruz kalması durumunda yalnızca lambanın kendisi değil beslendiği gerilim kaynağı da zarar görür. Nem de tıpkı su gibi lambaların ömrünü olumsuz etkiler. Lambalarda oksitlenme oluşturur. Bu da lambanın bağlantı noktalarında temassızlık oluşmasına ve ışık şiddetinde azalmaya neden olur. Neme maruz kalan lamba, nominal ömrünün altında bir sürede işlevini yitirir.

Lambanın su veya neme maruz kalması yalnızca lambanın bulunduğu, kullanıldığı ortamdan kaynaklı olmayabilir. Düşük bir ihtimal olarak görünse de üretim süreci sırasında lamba camının içinde kalan az miktarda su veya nem akkor flamanlı lambalara zarar verebilir.

3.2.5. Döngü Sayısı

Lambayı açma kapama sayısıdır. Döngü sayısının fazla olması özellikle floresan lambaların ömrünü olumsuz etkiler. Floresan lambalar 3 saat açık, 20 dakika kapalı kalacak şekilde bir döngüye göre tasarlanarak üretilir. Bir gün içindeki döngü sayısı sekizinin üzerine çıkarsa lamba zarar görebilir. Floresan lambaların aksine LED ve akkor flamanlı lambalar döngü sayısından pek etkilenmez. Hatta LED lambalar, çok daha sık açma kapama yapılacak şekilde flaş tip olarak kullanılabilir. Çok sık açma kapama yapılan yerlerde floresan lamba yerine LED veya akkor flamanlı lamba tercih edilir.

Lamba türlerinin ömrünü etkileyen faktörler, verimlilik durumları ve enerji tasarrufu sağlama yüzdeleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Lambaların Ekonomik Ömrü ve Bu Ömre Etki Eden Faktörler

Lamba Tipi	Ekonomik Ömrü (Saat)	Ömrü Etkileyen Faktörler	Enerji Tasarrufu	Verimlilik
Akkor flamanlı	1.000	Titreşim, gerilim	Sağlamaz.	Düşük
Floresan	10.000-40.000	Döngü sayısı, titreşim, gerilim	Sağlamaz.	Orta
Kompakt	5.000-16.000	Döngü sayısı, sıcaklık, nem	%75'e kadar	İyi
LED	80.000 ve üzeri	Sıcaklık, nem, gerilim	%80'e kadar	İyi
Halojen	1.000-5.000	Titreşim, sıcaklık, nem	%30'a kadar	Orta
Metal halide	6.000-20.000	Gerilim, titreşim, nem	%30'a kadar	Orta
Gaz deşarjlı	16.000-30.000	Titreşim, gerilim, nem	Sağlamaz.	Düşük

SIRA SİZDE

Tablo 3.4 incelendiğinde lambaları ömür ve verimlilikleri açısından en iyiden en kötüye olacak şekilde sıralayınız.

3.3. LAMBALARIN IŞIK RENGİ ÖZELLİKLERİ

Işık rengine karar verilirken ışığın renk görünümünü ifade eden Kelvin (°K) derecesi cinsinden renk sıcaklığı (°K) ve bir nesnenin ışıkla nasıl aydınlatıldığını gösteren renksel geri verim indeksi (CRI) parametrelerine bakılır. Bu veriler ışık kaynağının özelliklerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan ölçüm sistemleri olup lambalara ait kataloglarda yer alır. Lambanın özelliklerine karar verilirken bu verilerden faydalanılır.

3.3.1. Renk Sıcaklığı ve Renksel Geri Verim İndeksinin İnsan Üzerindeki Etkileri

Lambaların yaydığı ışık ve ışığın rengi sadece karanlığı dağıtmakla kalmaz, insanların ortamı görme ve algılama şekillerini de etkiler. Sıcak renkler insan üzerinde rahatlatma hissi uyandırırken soğuk renkler ise uyanıklığı ve konsantrasyonu teşvik eder. Ortama göre tercih edilen ışık renginin en belirgin seçici özelliği **insan psikolojisidir.** Aydınlatmanın kullanıldığı ortamlarda farklı renkler farklı ruh hâllerini destekler.

İnsanın kendini daha iyi hissetmesi, vitrin ve ticari faaliyetlerde sergilenen ürünlerin daha belirgin gözükmesi, ameliyathane ve deney alanlarında daha sağlıklı bir şekilde amacın gerçekleşmesi gibi çoğaltılabilecek nedenlere bağlı olarak renk sıcaklık tercihi değişkenlik gösterebilir. Farklı ortamlarda kullanılan renk sıcaklıkları tamamen nesnel ölçütlerle belirlenmez. Kişi tercihlerine bağlı olarak öznel ölçütler de renk sıcaklığının belirlenmesinde etkendir. Günlük yaşamın sürdürüldüğü ev ortamlarında bile kişiler sıcak beyaz rengi, soğuk beyaz rengi ya da gün ışığı rengini tercih edebilir. Yapılan araştırmalar, iş yerlerinde doğru seçilmiş renk sıcaklığının personellerin motivasyon, üretkenlik, konfor ve verimini arttırdığını göstermiştir. Bu nedenle ticari ve endüstriyel mekânlarda ideal aydınlatma rengini tercih etmek önemlidir.

3.3.2. Lambaların Işık Renk Özelliklerinin Karşılaştırılması

Lamba tercihinde renk sıcaklığı ve geri verim indeksine bakılarak ihtiyaca göre seçim yapılmalıdır. Piyasada kullanılan birçok lambaya ait Kelvin ve CRI değerleri Tablo 3.5'te yer almaktadır. Tablo incelendiğinde renk sıcaklığı açısından en iyi özelliğe sahip lambanın LED lamba, renksel geri verim indeksi açısından en iyi özelliğe sahip lambanın ise halojen lamba olduğu görülür.

Tablo 3.5: Lambaların Kelvin ve CRI değerleri

Lamba Tipi	Renk Sıcaklığı (°K)	Renksel Geriverim İndeksi (CRI)
Akkor flamanlı	2500-2900	100
Halojen	2200-2700	100
LED	6000-6500	85
Metal halide	2700-6500	85
Kompakt	5000-6000	75
Floresan	2950-3100	75
Gaz deşarjlı	4250-5600	25

NOT

Renk sıcaklık tercihi özneldir. Aydınlatmalarda tercih edilen renk sıcaklıkları kişiden kişiye göre değişiklik gösterebilir.

Tercih edilecek renk sıcaklığı ortama bağlı olarak farklılık gösterir. Çeşitli mekânlara göre aydınlatma renk sıcaklığı tercihleri şu şekildedir:

Restoranlar: Genellikle sıcak renk tercih edilir (1800-2700 °K arasında değişkenlik gösterir). Hızlı servis hizmeti sunulan restoranlarda 2700-3500 °K aralığında renk sıcaklığı kullanılır.

Ofisler: Genellikle soğuk veya nötr renk tercih edilir (3000-4000 °K arasında değişkenlik gösterir).

Okullar, Üniversiteler ve Eğitim Kurumları: Yemek alanları ile ortak alanlar veya sınıflar için farklı renk sıcaklıkları tercih edilir. Kafeterya, yemek salonu gibi alanlar için sıcak (2500-3500 °K), ortak alanlar ve sınıflar için ise soğuk (3500-5000 °K) renk tercih edilir.

Hastaneler: Çalışanların uyanık bir zihinle işlerine odaklanmalarını kolaylaştırabilmek için soğuk renk (3500-5000 °K) tercih edilir.

Açık Alanlar, Otoparklar ve Güvenlik Amaçlı Aydınlatılan Ortamlar: Renk sıcaklığı belirlenirken genellikle daha çok verimliliğe dikkat edilir. Bu nedenle 3000-5000 °K aralığında renk sıcaklıkları tercih edilir.

Oteller: Genellikle otellerin lobileri, koridorları, ortak kullanım alanları için tercih edilen renk sıcaklığı 1800-3000 °K aralığındadır. Misafirlerin konakladıkları odalarda ise 2700-3000 °K aralığı tercih edilir.

Ticari Amaçlı Mağazalar: Mağazalarda kullanılan renk sıcaklıkları satışa sunulan ürünler, ürünlerin bulundukları ortamlar (vitrin, dolap üstü, dolap içi vb.) ve mağazanın büyüklüğü gibi değişkenliklere bağlı olarak belirlenir. Ticari amaçlı mağazalarda genellikle 2700-4000 °K aralığında renk sıcaklığı tercih edilir.

3.4. LAMBALARIN DUYLARI

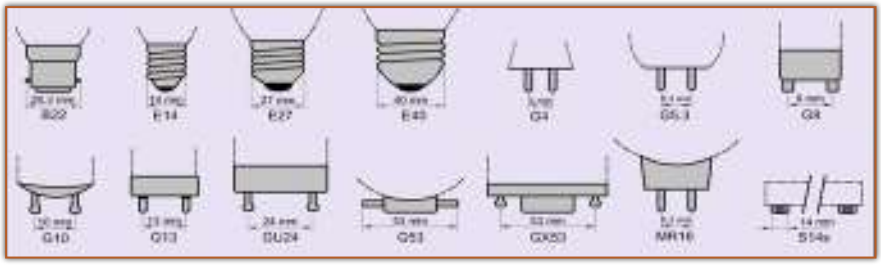
Lamba tabanı için mekanik olarak destek sağlayan, lambaların elektrik bağlantılarının gerçekleştiği cihaza **lamba duyu (ampul soketi, ampul tutucusu, lamba soketi, lamba tutucusu)** denir. Kablolardan geçen elektrik akımının kolay şekilde lambaya iletilmesini sağlar.

Duy seçiminde duyun, lamba tabanı ile uyumlu olmasına dikkat edilir. İç ve dış aydınlatmalarda ve elektrik devrelerinde farklı boyutlarda kullanılan duylar mevcuttur. Bazı lambaların bir sokete ihtiyacı yoktur. Bu lambalar vidalı terminaller veya diğer kablolar aracılığı ile doğrudan bağlanacak şekilde bağlantı uçlarına sahiptir. İlk üretilen akkor flamanlı lambalarda duy yerine vidalı terminallere bağlanan kablo uçları kullanılmıştır. Süreç içinde bu bağlantının işlevsiz olduğu fark edilince akkor flamanlı lambaların duylara monte edilecek şekilde üretimine geçilmiştir. Ampul seçiminde dikkat edilecek ilk şey duy tipidir. Duy tipini öğrenmek için ya avizeyi veya sökülen eski lambayı kontrol etmek ya da ilgili katalogdan duy soket bilgisini öğrenmek gerekir.



Görsel 3.19: Çeşitli duy tipleri

Görsel 3.19'da çeşitli duy tipleri ve Görsel 3.20'de çeşitli duy kafa boyutları görülmektedir.



Görsel 3.20: Çeşitli duyların kafa boyutları

Lambaların monte edilmesinde kullanılan duylar; vidalı (E tipi) duy, bayonet (B tipi) duy, çubuk enkandesan (S tipi) duy, iğne bacaklı (G tipi) duy ve yuvalı (R 7s tipi) duy olmak üzere beş kısımdan oluşur.

3.4.1. Vidalı (E Tipi) Duylar

Lambanın duy içerisine vidalanarak takıldığı duylara **vidalı duy** denir. Vidalı tip duyların adları E harfi ile başlar ve harfin yanında rakam ya da sayı olur. E harfi, ampulü icat eden Edison'un adının ilk harfinden gelir. Sayı ve rakamlar ise duyun mm cinsinden ölçüsünü tarif eder. E harfi ile başlayan bir koda sahip bir lambada bu tanımlama lambanın duy tipini belirler. Mesken, iş yeri ve ofislerde en çok tercih edilen duy tipi E14 ve E27'dir.

ÖRNEK

- E14, duyun 14 mm çapa sahip olduğu ve ince vidalı bir duy olduğunu gösterir.
- E27, vidanın 27 mm çapa sahip olduğu ve kalın vidalı bir duy olduğu anlamına gelir.
- Lambanın üzerinde E harfi ile başlayıp yanında da bir rakam olması (E14, E27 gibi), lambanın vidalı (E tipi) bir duy ile birlikte kullanılması gerektiğini gösterir.

Yapılarına göre iki tip duy çeşidi vardır:

Süngülü Duy: İç alanına lamba baş kısmının üzerinde bulunan iki adet çıkıntının girmesi için kanalların açıldığı ve lambanın sürülerek takçıkar yapıldığı duylardır. Genellikle ulaşım araçlarında kullanılır.

Vidalı Duy: Lamba baş kısmının üzerine ve duyun iç bölümüne açılan dişlerin birbirine vidalanarak bağlandığı duy tipidir. Bina, ev, sokak, park vb. yerlerde tercih edilir.

Vidalı duy, kullanılan lambanın gerilim değerine göre dört grupta sınıflandırılır:

Minyonet Duy: Elektriksel deney için kullanılan ve ebat olarak minyon duydan daha da küçük olan duylara **minyonet duy** denir. Özellikle küçük el fenerlerinde kullanılan lambaların duyları buna örnek verilebilir. E5 ve E10 sembolleriyle gösterilir. 24 V'a kadarki gerilimlerde kullanılır.

Minyon (Minyatür) Duy: Ebat olarak çok küçük olması nedeni ile minyon duy olarak adlandırılır. E14 ve E17 sembolleriyle gösterilen duylardır. 110 V, 220 V, 380 V gerilim değerlerinde kullanılır.

Normal Duy: 110 V ve 220 V gerilim değerlerinde çalışan duy tipidir, piyasada E27 olarak bilinir. Meskenlerde normal aydınlatma için kullanılan duy çeşididir. 15 W, 25 W, 40 W, 60 W, 75 W, 100 W ve 150 W gücündeki lambaları beslemek için kullanılır. Normal duy, kullanıldığı yere göre asma, tavan, bahçe, donanma, brakol duy gibi farklı isimlerle anılır. Bronz, porselen (seramik) ve bakalit olmak üzere üç şekilde üretilir.

Golyat Duy: Goliat, Norveç kökenli bir kelime olup "dev, büyük, çok büyük" anlamına gelir. Güç değeri yüksek olan (200 W üzeri) lambaların bağlantısında kullanılan duy tipidir. E40 sembolü ile gösterilir.

NOT

E10, E12, E14, E27, E40 gibi çeşitli türlerde lamba duylarının üretilmesinin sebebi farklı elektriksel dayanıma sahip lambaların duy ihtiyacını karşılamaktır. Örneğin E5 ve E10 tipi duylar 24 V, E14 ve E27 tipi duylar 220 V dayanma gücüne sahiptir.

Vidalı (E tipi) duy için lamba tercihinden önce duy genişliği ölçülerek ihtiyaç duyulan ampulün türü tespit edilir. Duy genişliğini ölçmek için iki yöntem kullanılır. Bu yöntemler şunlardır:

Birinci Yöntem: Parmaklardan faydalanılır. Yetişkin bir erkeğin işaret parmağı yaklaşık olarak 15 mm genişliğindedir. İşaret ve orta parmak yan yana getirilip birleştirildiğinde yaklaşık olarak 30 mm genişlik elde edilmiş olunur. Sökülen ampulden faydalanılarak duydaki yuva üzerine işaret parmağı koyulduğunda yuva kapanıyorsa duyun çapı 14 mm (E14) demektir. İşaret parmağı ile yuva kapanmıyorsa iki parmak birleştirilerek yuva üzerine koyulur. Yuva kapanıyorsa duy çapı 27 mm (E27) demektir.

İkinci Yöntem: Bir diğer yöntem madenî para yardımıyla duyun çapını tespit etmektir. Henüz tedavülden kalkmayan madenî 5 kuruş değerinde paranın çapı yaklaşık 17 mm, madenî 1 TL'nin çapı ise 27 mm'dir. Duyun yuvası yaklaşık 5 kuruş büyüklüğünde ise 14 mm (E14), 1 TL büyüklüğünde ise 27 mm (E27) duy çapı mevcut demektir.

3.4.2. Bayonet (B Tipi) Duylar

Bayonet, "süngü tabanı" anlamına gelir. Bayonet duy, "süngülü duy" olarak da bilinir. Bayonet duylara ilk harfinden dolayı **B tipi duy** denir.

Bayonet duyun içerisinde iki oyuk yer alır. Bu tip duya takılacak lambanın iki tarafında birer çıkıntı vardır. Lamba, duyun oyuklarına yerleştirildikten sonra sağa ya da sola doğru döndürülerek duya oturtulur. B harfinin yanındaki sayılar (B15, B22 vb.), mm cinsinden duy tabanının çapını ifade eder. B tipi duy, akkor flamanlı lambanın icat edilmesinde katkısı olan Joseph Wilson Swan'ın anısına **Swan Duy** olarak da bilinir.

Bayonet duylar sinyal lambaları, dikiş makineleri, uçaklar, vb. birçok alanda kullanılır. Titreşime karşı dayanıklı olması nedeni ile sarsıntıya maruz kalacak yerlerde tercih edilir.

B tipi duy özellikle otomotiv aydınlatma sektöründe kullanılır. B harfinin yanında başka harflerde yazılı olabilir. B harfinin yanında yazılan harf, lambanın teknik özellikleri hakkında bilgi verir. Örneğin Y harfi lambanın sarı (yellow), R harfi kırmızı (red), B harfi mavi (blue), G harfi yeşil (green) renkte ışık verdiğini gösterir. B harfinden sonra herhangi bir harf yazılmıyorsa ışık rengi beyaz demektir. B harfinden sonra çoğunlukla A harfi kullanılır. A harfi, duyun otomotiv sektöründe kullanıldığını gösterir (BA15, BA 20 vb.) ve arkasındaki sayı mm cinsinden ölçülen tabanı tanımlar. Otomotiv sektöründe kullanılan bazı B tipi duylar Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6: Otomotiv Sektöründe Kullanılan Bazı B Tipi Duylar

Harfler	Ekonomik Ömrü (Saat)
BA7s	Tabanı 7 mm çapında, otomobil iç aydınlatma duyu.
BA9	Tabanı 9 mm çapında, otomobil yan lamba duyu.
BA15	Tabanı 15 mm çapında; otomobil göstergeleri, stop, sis, geri vites, park lamba duyu.
BA15d	Tabanı 15 mm çapında; otomobil farları, tekneler ve bisikletçiler için spot lamba, dikiş makinelerinde ışık kaynağı duyu.
BAY15d	Tabanı 15 mm çapında, sarı ışık yayan, otomobil fren ve arka sağ-sol gösterge lamba duyu.
BA20	Tabanı 20 mm çapında, özellikle demir yollarında kullanılan araçlardaki aydınlatma duyu.
BA20d	Tabanı 20 mm çapında, sinyal lambası duyu.

B tipi duyda teknik özellikler bildirilirken küçük s, d, t, q ve p harfleri de kullanılır. Bu harflerin açıklamaları Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7: B Tipi Duyun Teknik Özellik Açıklamalarında Kullanılan Harfler

Harfler	Ekonomik Ömrü (Saat)
s	Lambanın tek olduğunu gösterir.
d	Lambanın çift yönlü (farlarda olduğu gibi, sağ ve sol yön) olduğunu gösterir.
t	Lambanın üç yönlü olduğunu gösterir.
q	Lambanın dört yönlü olduğunu gösterir.
p	Lambanın beş yönlü olduğunu gösterir.

NOT

Fransa, Birleşik Krallık, İrlanda, Büyük Britanya, Yeni Zelenda, ABD gibi bazı ülkelerde B tipi duy, özel olarak tasarlanmış ev ortamlarında da kullanılmakta olup genellikle B15d ve B22 tipi duylar tercih edilir.

3.4.3. Çubuk Enkandesan (S Tipi) Duylar

İç kısmı pirinç veya çelik, dış kısmı ise metal olan duy tipidir. İki lambanın birleşimi ile tek armatür elde edilmiştir. Genellikle akkor flamanlı lambaların kullanıldığı duy çeşididir. Görünüş olarak kıvrımlı olması ve S harfine benzemesi nedeni ile S tipi duy olarak da bilinir.

Piyasada zincirli veya zincirsiz olacak şekilde çeşitli sitillerde üretilen S tipi duylar mevcuttur. Zincirli S tipi duylarda çekme zincir, her lambanın ayrı çalışmasını sağlamak amacıyla duylara monte edilmiştir. Bu zincir, anahtar görevi görür. İlk çekişte lambanın yanmasını, ikinci çekişte ise sönmesini sağlar.

Bazı S tipi duylar saplı ve uzunluğu ayarlanabilir şekilde üretilmektedir. Diğer duy tiplerinde lambalar genellikle dikey olarak konumlandırılırken çubuk enkandesan (S tipi) duylar, lambaların yatay olarak konumlanmasını sağlar. Genellikle masa veya zemin aydınlatmalarında kullanılır.

S tipi duyda lamba adedi tekse "s" harfi, lamba adedi çiftse "d" harfi kullanılır. İlk harf "S" ise (S18, S21 vb.) duyun çubuk enkandesan (S tipi) duy olduğu anlaşılır. "S" harfinin yanındaki rakam duyun çapını verir. Örneğin S18s kodu; çubuk enkandesan tipinde, 18 mm çapında, tek lambadan oluşan duy anlamına gelir. S21d kodu; çubuk enkandesan tipinde, 21 mm çapında, çift lambadan oluşan duy anlamına gelir.

3.4.4. İğne Bacaklı (G Tipi) Duylar

Yapısında iğneye benzeyen pinli soketler vardır. Genellikle spot ışık şeritlerinde ve halojen lambalarda kullanılır. Pinler yuvarlanarak sokete bağlanır. Pinlerin yuvarlanması nedeni ile iğne bacaklı duya "yuvarlak, küresel" anlamına gelen **G tipi duy** denir. G tipi duylar için kullanılan lambalar genellikle iki adet pime sahiptir. İğne bacaklı duylarda kullanılan ampulün kodu G harfi ile başlar ve harfin yanına gelen rakam (G4, G9, G12 vb.), lambanın pimleri arasındaki mesafeyi tanımlar.

G tipi duyların farklı türleri vardır. Bu türler şunlardır:

G4 Tipi Duy: Kullanılan ampulde iki adet pin mevcuttur. Küçük boyutlu halojen ampullerde kullanılır. Bu ampuller kapsül LED olarak da bilinir. 12 V DC veya 12 V AC gerilim ile çalışır. Pinler arası mesafe 4 mm'dir.

G9 Tipi Duy: 220 V AC gerilim ile çalışır. İki adet pin vardır. Pinler arası mesafe 9 mm'dir. Genellikle halojen lambalarda, spot ışık şeritlerinde tercih edilir.

G12 Tip Duy: 220 V AC gerilim ile çalışır. Bu tip duyda iki adet pin vardır. Pinler arası mesafe 12 mm'dir. İç ve dış mekân aydınlatması için kullanılan spot ışıklarda ve endüstrideki aydınlatmalarda kullanılır.

GU10 Tipi Duy: Doğrudan güç kaynağına bağlanarak çalışır. 12 V DC ile çalışan ve transformatör gerektiren GU3,5 tip duylara alternatif olarak üretilmiştir. Enerji tasarrufu amacıyla kullanılır. LED teknolojisinin gelişmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. En çok tercih edilen duy çeşididir. İç ve dış mekân spot aydınlatmalarında veya endüstrideki armatürlerde kullanılan GU10 tipi duyun dip kısmı porselen olup yanmaz ve erimez özelliğe sahiptir.

G24 Tipi Duy: iki pinli (G24d) ve dört pinli (G24q) olmak üzere iki modelde üretilir. Doğrudan şebeke gerilimi ile çalışır. Büyük güçlü projektörlerde, iç ve dış mekanların yerden aydınlatmalarında, sokak aydınlatma armatürlerinde kullanılır. Pin sayısı nedeni ile ampuller birbirlerine çapraz olarak bağlanır.

Montajının kolaylığı nedeni ile de G tipi duy yaygın olarak kullanılır. Spot lambalarda çokça tercih edildiği için G tipi duylara **spot duy** adı da verilir. Spot lambalar vurgulu aydınlatma istenen yerlerde kullanılır. Bu nedenle evlerin girişi ve mağazaların vitrinlerinde tercih edilir.

3.4.5. Yuvalı (R 7s Tipi) Duylar

Halojen veya LED lambalar için geliştirilmiş, 7 mm çapında temas noktası bulunan uçlara sahip duylara **yuvalı (R 7s tipi) duylar** denir.

Temas noktaları lambanın her iki ucunda da bulunabilir. R7s tipi duylar, yüksek kaliteli seramikten imal edilmiştir. Aşınma, korozyon ve yüksek sıcaklığa karşı dayanıklıdır. R7s duylarda lamba tutucu konektörün her iki ucunda lambayı sabitlemek için uygun yaylar bulunur. Lambayı sabitlemek için yay yükü iki temas noktasıyla güvenli bir şekilde sağlanır. Bu özellik sayesinde ampul bir tarafa döndürülerek bağlantı noktasından çıkarılır. Halojen tip lamba değişiminde lamba camına dokunmaktan kaçınmak gerekir. Üzerinde kalan parmak izleri, lambanın ömrünü azaltır. Bu duylar binaları, spor alanlarını ve stadyumları aydınlatmak için kullanılan projektörlerde kullanılır. Ayrıca endüstriyel tesislerin spot aydınlatmaları, AVM'lerin iç ve dış aydınlatmaları, sergi merkezleri ve gösteri yapılan bazı açık alanların aydınlatmalarında tercih edilir. Yuvalı duylar pratik ve kullanışlıdır.

1. ETKİNLİK : ALTI ŞAPKALI YÖNTEM İLE LED'Lİ LAMBALARIN İNCELENMESİ

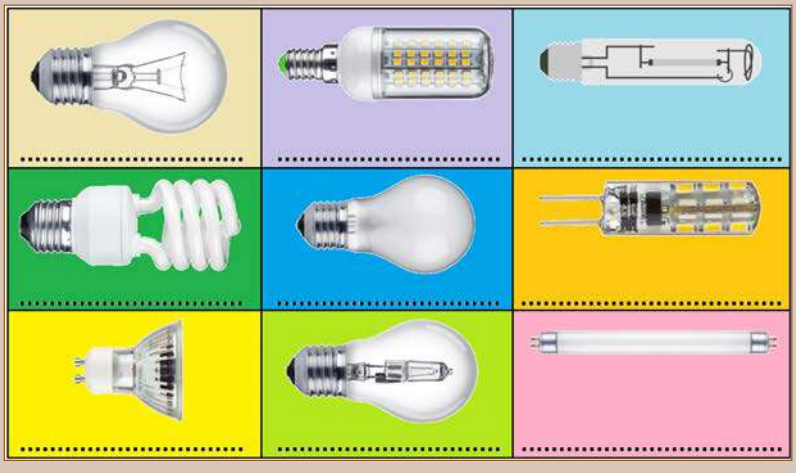
Altı şapkalı düşünme tekniği, konuya veya probleme çeşitli açılardan bakmayı ve analitik düşünmeyi temele alan bir tekniktir. Teknikte altı farklı şapka bulunur. Bu şapkalar ve şapkaların özellikleri şunlardır:

- Siyah şapka, kötümserliği temsil eder; olumsuz yönleri ortaya koyar.
- Yeşil şapka, yaratıcılığı temsil eder; özgün fikirler ortaya koyar.
- Beyaz şapka, tarafsızlığı temsil eder; nesnel fikirler ortaya koyar.
- Sarı şapka, iyimserliği temsil eder; olumlu yönleri ortaya koyar.
- Kırmızı şapka, duygusallığı temsil eder; hislerini ortaya çıkarır.
- Mavi şapka, sebep sonuç ilişkisi kurar; eldeki verilerle sonuçları değerlendirir.

Yapılacaklar: Bir hakemle birlikte altı kişilik bir grup oluşturulur. Hakem eşliğinde grup üyelerine şapkalar dağıtılır. Floresan lamba konusu grup olarak değerlendirilir. 10 dakika boyunca her üye, şapkasının özelliğine uygun bakış açısıyla düşüncelerini not alır. Süre sonunda alınan notlar grupla paylaşılır. İşlem sonunda grup üyeleri aralarında şapka değişimleri yapılarak çalışma tekrarlanır. Şapkaların değişimi tamamlandığında hakem tarafından en başarılı yorum belirlenir ve etkinlik sonlanır.

2. ETKİNLİK : HANGİ LAMBA MODELİ?

Görsel 3.21'de verilen lambaların adlarını altlarında verilen boşluklara yazınız.



Görsel 3.21: Çeşitli lamba modelleri

"En ucuz enerji, tasarruf edilen enerjidir. Enerjini koru, dünyayı koru (Görsel 3.22)."

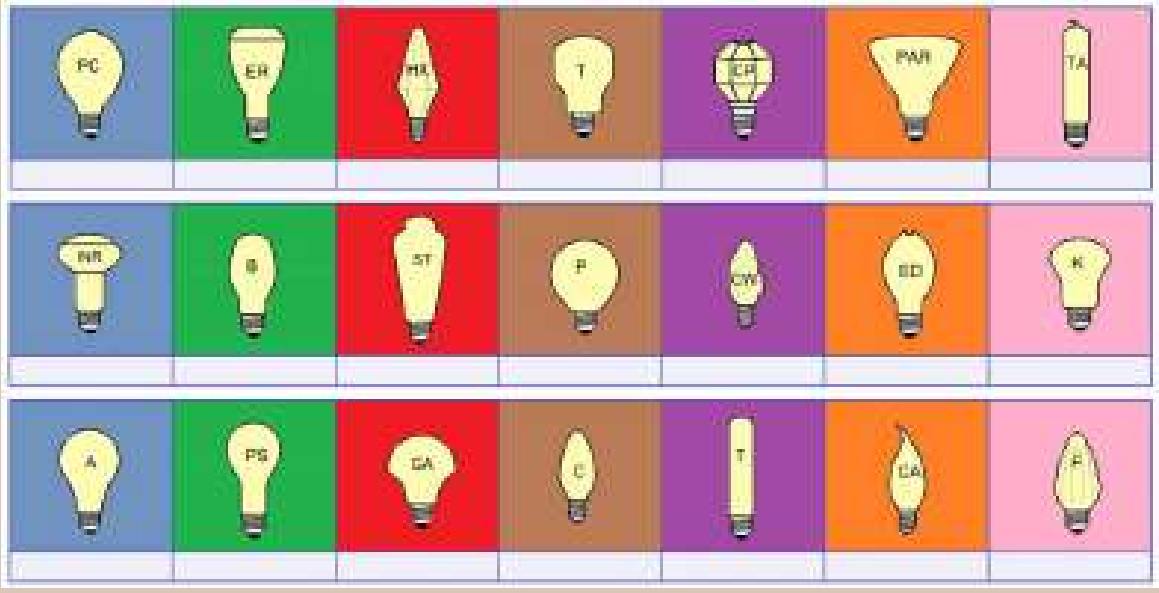


Görsel 3.22: Lambalarda tasarrufluk

3. ETKİNLİK : HANGİ LAMBA HANGİ YAPIDA?

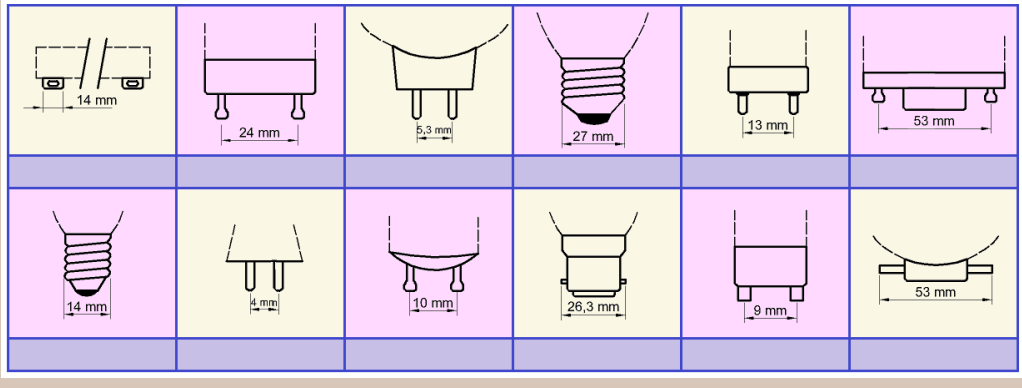
Aşağıda çeşitli lamba şekillerine ait görseller ve lamba şekil isimleri verilmiştir. Lambaların isimlerini sözcüklerin arasından bularak ilgili görselin altındaki kutucuğa yazınız.

Verilenler: Alev, altıgen mum, armut, bombei, burgulu mum, çift reflektör, dekoratif, düz armut, elips reflektör, girintili elips, kristal armut, mantar, meşale, mum, PAR reflektör, rustik armut, sivri, tüp, uçlu mum, uçlu tüp, yuvarlak, zigzag.



4. ETKİNLİK : HANGİ DUY?

Aşağıda çeşitli duy kafa tasarımlarına ait görseller ve duy model isimleri verilmiştir. Görsellerdeki duy kafa modellerinin numaralarını sağ taraftaki listeden bularak modelin altındaki kutucuğa yazınız.



a) B22
b) E14
c) E27
ç) G4
d) G9
e) G10
f) G13
g) GU24
h) G53
i) GX53
j) MR16
k) S14s

Tüm dokümanlara ve uygulama dosyalarına karekoddan ulaşabilirsiniz.

3.1. UYGULAMA FLORESAN LAMBA UYGULAMALARI

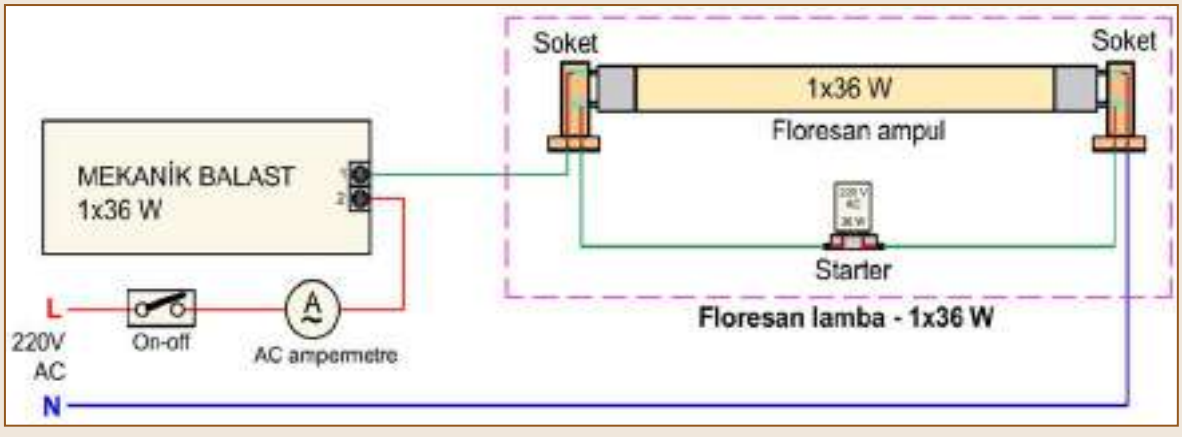
AMAÇ

Süre: 40 dk.

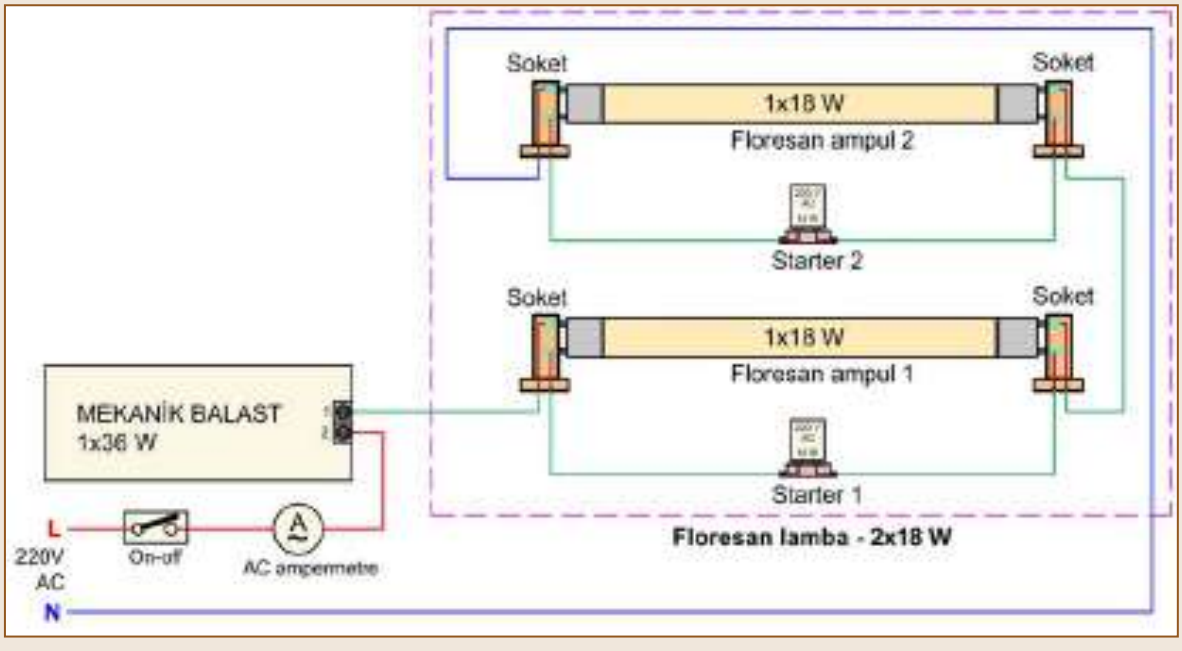
Floresan lambaların uygulamaları ile ilgili işlemleri yapmak.

GÖREV

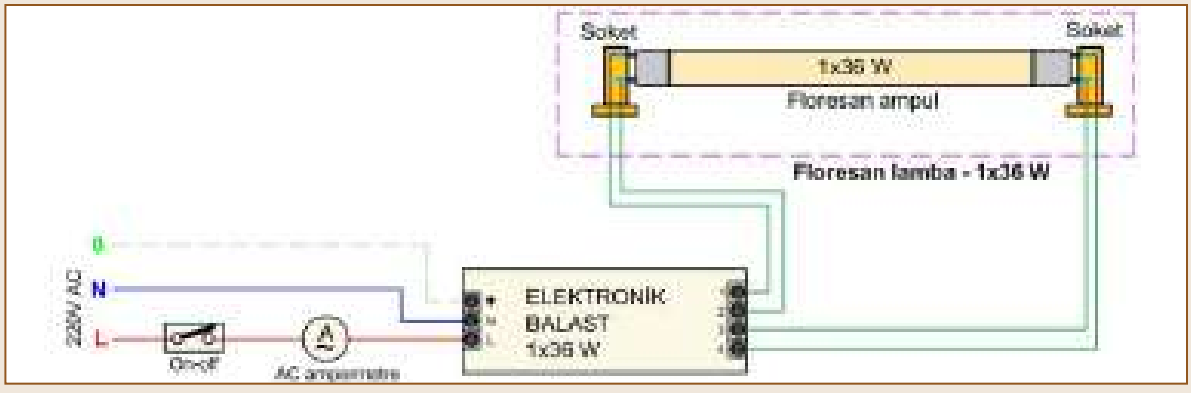
Uygulamada kullanılacak mekanik balastlı floresan lamba bağlantıları Görsel 3.23 ve Görsel 3.24'te, elektronik balastlı floresan lamba bağlantıları Görsel 3.25 ve Görsel 3.26'da görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek floresan lamba, mekanik ve elektronik balastla çalıştırılacak, lambadan geçen akım ve lambanın aydınlatma şiddeti ölçülecektir. Buna uygun devreleri sırasıyla kurunuz ve ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.



Görsel 3.23: Mekanik balastlı ikili floresan lamba uygulaması

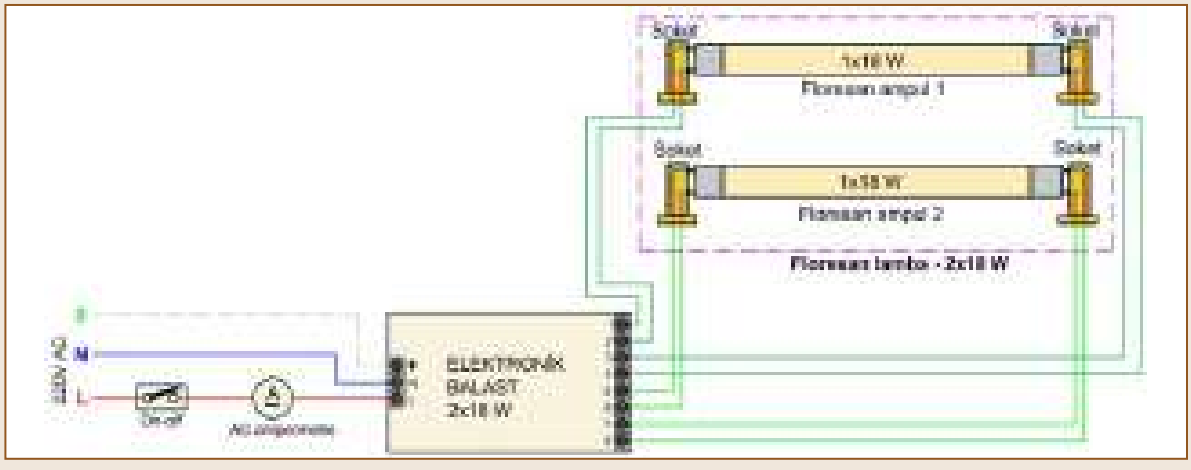


Görsel 3.24: Mekanik balastlı ikili floresan lamba uygulaması



Görsel 3.25: Elektronik balastlı tekli floresan lamba uygulaması

Görsel 3.25'te 1x36 W floresanlı, elektronik balastlı floresan lamba devresi, Görsel 3.26'da 2x18 W floresanlı, elektronik balastlı floresan lamba devresi görülmektedir.



Görsel 3.26: Elektronik balastlı ikili floresan lamba uygulaması

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Floresan ampul	18 W ve 36 W beyaz renkli	2 adet
Floresan lamba gövde	Lamba gövdesi	2 adet
Starter	18 W ve 36 W	2 adet
Soket		4 adet
Mekanik balast	36 W	1 adet
Elektronik balast	1x36 W ve 2x18 W	Birer adet
AC ampermetre		1 adet
Lüksmetre	Dijital özellikli	1 adet
Anahtar	Adi anahtar (ON-OFF)	1 adet
Kablo	1,5 veya 2,5 mm^2, NYA veya NYY	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 3.23'te verilen mekanik balastlı, tekli floresan devresini kurup gerekli kablo bağlantılarını yapınız.
3. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
4. Lamba yandığında ampermetreyle akım değerini ölçerek Tablo 3.8'deki ilgili kısma not ediniz.
5. 1 m mesafeden lambanın aydınlatma şiddetini lüksmetreyle ölçerek Tablo 3.8'deki ilgili kısma not ediniz.
6. Enerjiyi keserek devreyi sökünüz.
7. Görsel 3.24'te verilen mekanik balastlı ikili floresan devresini kurunuz ve gerekli kablo bağlantılarını yapınız.
8. 3, 4, 5, ve 6. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
9. Görsel 3.25'te verilen elektronik balastlı tekli floresan devresini kurup gerekli kablo bağlantılarını yapınız.
10. 3, 4, 5, ve 6. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
11. Görsel 3.26'da verilen elektronik balastlı, ikili floresan devresini kurup gerekli kablo bağlantılarını yapınız.
12. 3, 4, 5, ve 6. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
13. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
14. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
15. Çalışma ortamını temizleyiniz.

Tablo 3.8: Ölçüm Sonuçları

Balast Tipi	Değerler	Görsel 3.21	Görsel 3.22	Görsel 3.23	Görsel 3.24
Akkor flamanlı Floresan	Akım (mA)				
	Lüksmetre (lüx)				
Kompakt LED	Akım (mA)				
	Lüksmetre (lüx)				

SORULAR

1. **Mekanik balast ile elektronik balast arasında ne gibi farklar vardır?**
2. **Verilen devrelerin çalışma prensiplerini kısaca açıklayınız.**
3. **2x18 W lamba grubunun verdiği aydınlatma şiddeti ile 1x36 W lambanın verdiği aydınlatma şiddeti arasında ne gibi farklar ölçüldü?**
4. **36 W floresan lamba yerine tasarruflu lamba kullanılsaydı ne gibi farklar oluşurdu? Deneyle gözlemleyiniz ve sonuçları karşılaştırınız.**
5. **Devrede starter kullanmanın ne gibi etkileri vardır?**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Tekli floresan lamba uygulamasını doğru çalıştırdı.	10	
Sınıfı		**2.** Tekli lamba uygulamasında akım ve aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
Numarası		**3.** Çiftli floresan lamba uygulamasını doğru çalıştırdı.	10	
İmza		**4.** Çiftli lamba uygulamasında akım ve aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Balastlı tekli floresan lamba uygulamasını doğru çalıştırdı.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Balastlı tekli lamba uygulamasında akım ve aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Balastlı ikili floresan lamba uygulamasını doğru çalıştırdı.	10	
Saat		**8.** Balastlı ikili lamba uygulamasında akım ve aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

3.2. UYGULAMA GÜÇLERİ AYNI, FARKLI LAMBALARIN ÇALIŞMA DENEYİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Yapılan aynı güçlere sahip beş farklı tekli lamba ile ilgili aydınlatma deneylerinden elde edilen sonuçları karşılaştırmak.

GÖREV

Görsel 3.27'de 50 W gücüne sahip beş farklı lambanın aydınlık değerlerinin belirli mesafelerden ölçülmesi deneyi görülmektedir. Bu deneyde her lamba aynı güç değerine sahiptir ancak lambaların diğer teknik özellikleri farklıdır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek güçleri aynı farklı özellikteki lambaların 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafeden aydınlatma şiddetleri, ışık akıları ve çektikleri akımlar ölçülüp her lambanın etkinlik faktörü hesaplanacaktır. Buna göre devreyi kurarak ölçme işlemlerini yapınız.



Görsel 3.27: Güçleri aynı farklı lambaların çalışma deneyi

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
50 W lamba	Akkor flamanlı, tasarruflu, LED, halojen, floresan lamba	5 adet
Lüksmetre	Aydınlatma şiddeti ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
Pozometre	Işık akısı ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet

Ampermetre	AC tipli	1 adet
Anahtar	ON-OFF anahtar, adi anahtar veya sigorta	1 adet
Kumanda kabloları	1,5 mm^2 NYA	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. 50 W lambaların teknik özelliklerini üretici firmanın teknik dokümanından inceleyip Tablo 3.9'daki ilgili kısma not ediniz.
3. Lamba duyuna 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafelerde çizgiler çiziniz.
4. Duy ve anahtarın kablo bağlantılarını yapınız.
5. Akkor flamanlı lambayı duya takınız.
6. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. Lambadan geçen akımı Tablo 3.10'daki ilgili kısma not ediniz.
8. Lüksmetre ve pozometreyle 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafeden lambanın aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümlerini yapıp ölçüm sonuçları Tablo 3.10'daki ilgili kısma not ediniz.
9. Enerjiyi kesip lambayı sökünüz
10. Diğer lambalar için de 5, 6, 7, 8 ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
11. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
12. Ölçülen ışık akısı değerinden yola çıkarak etkinlik faktörünü hesaplayınız ve Tablo 3.10'daki ilgili kısma not ediniz.
13. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 3.9: Lamba Özellikleri Tablosu

Lambalar	Güç	CRI	Renk	Verimi (%)	Diğer Özellikler
Akkor flamanlı					
Tasarruflu					
LED					
Halojen					
Floresan					

Tablo 3.10: Ölçüm Tablosu

Lambalar	Akım (mA)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ölçülen Aydınlatma Şiddeti (Lüks)			Ölçülen Işık Akısı (Lümen)		
			0,5 m	1 m	2 m	0,5 m	1 m	2 m
Akkor flamanlı								
Tasarruflu								
LED								
Halojen								
Floresan								

SORULAR

1. Ölçümler sonucunda en verimli lamba hangisi çıkmıştır? Neden?
2. Etkinlik faktörü iyi ve kötü olan lambaları karşılaştırınız.
3. Aynı güçte lamba kullanmanın etkilerini mesafeler etkisinde değerlendiriniz.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		1. Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		2. Lambaların teknik özelliklerini tabloya doğru yazdı.	15	
Numarası		3. Duyları uygun mesafede yerleştirdi.	10	
İmza		4. Duy bağlantılarını doğru yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		5. Lüksmetre ile tüm lambaların aydınlatma şiddetlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		6. Pozometre ile tüm lambaların ışık akılarını ölçtü.	15	
Tarih		7. Her lambanın etkinlik faktörlerini doğru hesapladı.	15	
Saat		8. Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

3.3. UYGULAMA AYNI IŞIK AKILI FARKLI LAMBALARIN ÇALIŞMA DENEYİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Aynı ışık akılarına sahip beş farklı lamba grubu ile ilgili aydınlatma deneyleri yapmak.

GÖREV

Görsel 3.28'de 1000 lümen ışık akısına sahip beş farklı lambanın aydınlık şiddetlerinin belirli mesafelerden ölçülmesi deneyi görülmektedir. Bu deneyde her lamba aynı ışık akı değerine sahiptir ancak lambaların diğer teknik özellikleri farklıdır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek güçleri aynı farklı özellikteki lambaların 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafeden aydınlatma şiddetleri ve ışık akıları ile çektikleri akımlar ölçülecek ve her bir lambanın etkinlik faktörü hesaplanacaktır. Buna göre devreyi kurarak ölçme işlemlerini yapınız.



Görsel 3.28: Aynı ışık akılı farklı lambaların çalışma deneyi

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
1000 lümen lamba	Akkor flamanlı, tasarruflu, LED, halojen, floresan lamba	1 adet
Lüksmetre	Dijital özellikli	1 adet
Pozometre	Dijital özellikli	1 adet
Ampermetre	AC tipli	1 adet
Anahtar	ON-OFF anahtar, adi anahtar veya sigorta	1 adet
Kumanda kabloları	1,5 mm^2 NYA	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. 1000 lümen ışık akısına sahip lambaların teknik özelliklerini üretici firmanın teknik dokümanından inceleyip Tablo 3.11'deki ilgili kısma not ediniz.
3. Lamba duyuna 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafeden çizgiler çiziniz.
4. Duy ve anahtarın kablo bağlantılarını yapınız.
5. Akkor flamanlı lambayı duya takınız.
6. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. Lambadan geçen akımı Tablo 3.12'deki ilgili kısma not ediniz.
8. Lüksmetre ve pozometreyle 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafeden lambanın aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümlerini yapıp ölçüm sonuçları Tablo 3.12'deki ilgili kısma not ediniz.
9. Enerjiyi kesip lambayı sökünüz.
10. Diğer lambalar için de 5, 6, 7, 8 ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
11. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
12. Ölçülen ışık akısı değerinden yola çıkarak etkinlik faktörünü hesaplayınız ve Tablo 3.12'deki ilgili kısma not ediniz.
13. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 3.11: Lamba Özellikleri Tablosu

Lambalar	Güç (W)	CRI	Renk	Verimi (%)	Işık Şiddeti	Özellikler
Akkor					1000 lümen	
Tasarruflu					1000 lümen	
LED					1000 lümen	
Halojen					1000 lümen	
Floresan lamba					1000 lümen	

Tablo 3.12: Ölçüm Tablosu

Lambalar	Akım (mA)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ölçülen Aydınlatma Şiddeti (Lüks)			Ölçülen Işık Akısı (Lümen)		
			0,5 m	1 m	2 m	0,5 m	1 m	2 m
Akkor flamanlı								
Tasarruflu								
LED								
Halojen								
Floresan								

SORULAR

1. Ölçümler sonucunda en verimli lamba hangisi çıkmıştır? Neden?
2. Etkinlik faktörü iyi ve kötü olan lambaları karşılaştırınız.
3. Aynı ışık akısına sahip iki lamba kullanmanın etkilerini değerlendiriniz.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Lambaların teknik özelliklerini tabloya doğru yazdı.	15	
Numarası		**3.** Duyları uygun mesafede yerleştirdi.	10	
İmza		**4.** Duy bağlantılarını doğru yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Lüksmetre ile tüm lambaların aydınlatma şiddetlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Pozometre ile tüm lambaların ışık akılarını ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Her lambanın etkinlik faktörlerini doğru hesapladı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

3.4. UYGULAMA TOPLAMDA AYNI GÜÇLÜ ÇOKLU LAMBALARIN ÇALIŞMA DENEYİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Toplamda aynı güçlere sahip beş farklı çoklu lamba ile ilgili aydınlatma deneyleri yapmak ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak.

GÖREV

Tablo 3.13'te her lambanın hangi güçten kaç adet kullanılacağını gösteren bilgiler görülmektedir. Buna göre toplamda 120 W güç elde etmek için yeteri sayıda lamba grubu kullanılacaktır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek toplam güçleri aynı farklı özellikteki lamba grubunun 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafeden aydınlatma şiddetleri ve ışık akıları ile çektikleri akımlar ölçülecek ve her lamba grubunun etkinlik faktörü hesaplanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve ölçme işlemlerini yapınız.

Tablo 3.13: Lamba Özellikleri

Lambalar	Güç (W)	Adet	Toplam Güç (W)	Işık Akısı (∑) (lm)	EF (∑) (lm/W)	Verim (%)
Akkor flamanlı	40 W	3 adet	120 W			
Tasarruflu	20 W	6 adet	120 W			
LED	60 W	2 adet	120 W			
Halojen	40 W	3 adet	120 W			
Floresan	2x20 W	3 adet	120 W			

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Akkor flamanlı lamba	40 W	3 adet
Tasarruflu lamba	20 W	6 adet
LED lamba	60 W	2 adet
Halojen lamba	40 W, soketli, armatürlü	3 adet
Floresan lamba	20 W	6 adet
Elektronik balast	40 W	3 adet
Floresan soketler		12 adet
Lüksmetre	Aydınlatma şiddeti ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
Ampermetre	AC tipli	1 adet
Pozometre	Işık akısı ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
Anahtar	ON-OFF anahtar, adi anahtar veya sigorta	1 adet
Kablo	1,5 mm^2 NYA	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Lambaların teknik özelliklerini üretici firmanın teknik dokümanından inceleyip Tablo 3.13'teki ilgili kısma not ediniz.
3. Lamba armatürlerini (duylarını) belirli noktaya yerleştiriniz ve lamba armatürüne 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafelerde çizgiler çiziniz.
4. Armatür ve anahtarın kablo bağlantılarını yapınız.
5. 3x40 W'lık akkor flamanlı lambaları armatüre yerleştiriniz.
6. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. Lambadan geçen akımı Tablo 3.14'teki ilgili kısma not ediniz.
8. Lüksmetre ve pozometreyle 0,5 m, 1 m ve 2 m mesafeden lambanın aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümlerini yapıp ölçüm sonuçları Tablo 3.14'teki ilgili kısma not ediniz.
9. Enerjiyi kesip lambaları sökünüz.
10. Diğer armatürler için de 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
11. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
12. Ölçülen ışık akısı değerinden yola çıkarak etkinlik faktörünü hesaplayınız ve Tablo 3.14'teki ilgili kısma not ediniz.
13. Elde edilen sonuçları karşılaştırınız ve yorumlayarak farkları ortaya çıkartınız.
14. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanını temizleyiniz.

Tablo 3.14: Ölçüm Tablosu

Lambalar	Akım (mA)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ölçülen Aydınlatma Şiddeti (Lüks)			Ölçülen Işık Akısı (Lümen)		
			0,5 m	1 m	2 m	0,5 m	1 m	2 m
Akkor flamanlı								
Tasarruflu								
LED								
Halojen								
Floresan								

SORULAR

1. **Elde edilen sonuçları değerlendiriniz. Bu sonuçlara göre en verimli lamba grubu hangisidir?**
2. **Lamba grubunun ölçüm verilerinden yola çıkarak her lambanın bireysel performanslarını hesaplayınız.**
3. **Toplamda aynı gücü veren lambalar incelendiğinde etkinlik faktörü değişimlerini yorumlayınız. Bireysel ölçümlerden yola çıkıp, güç arttırarak yapılan deneyin olumlu ve olumsuz etkilerini değerlendiriniz.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Lambaların teknik özelliklerini tabloya doğru yazdı.	15	
Numarası		**3.** Duyları uygun mesafede yerleştirdi.	10	
İmza		**4.** Duy bağlantılarını doğru yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Lüksmetre ile lamba gruplarının aydınlatma şiddetlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Pozometre ile lamba gruplarının ışık akılarını ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Lamba gruplarının etkinlik faktörlerini doğru hesapladı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

3.5. UYGULAMA ÇEŞİTLİ DUY BAĞLANTILARI İLE LAMBA UYGULAMALARI

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Çeşitli duy bağlantıları ile lamba uygulamaları yapmak.

GÖREV

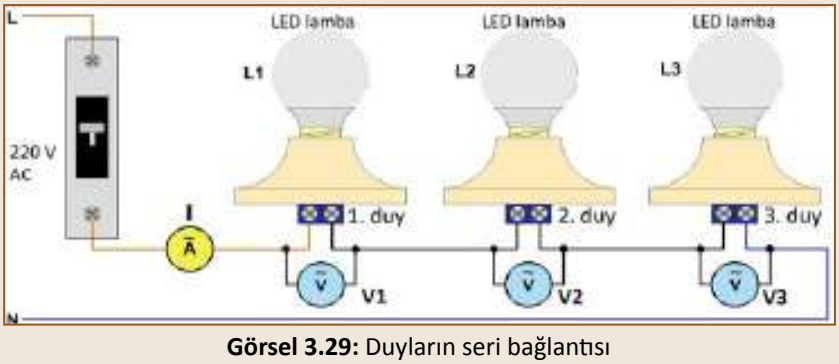
Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek duylar seri, paralel ve karışık bağlanacak, her lambadaki akım ve gerilim değerleri ile lamba üzerinde oluşan toplam aydınlatma şiddetleri ilgili ölçü aletleri ile ölçülecektir. Buna göre gerekli bağlantıları yapınız ve lambaları çalıştırarak ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
10 W LED lamba	E27 duy tipli, soğuk beyaz	6 adet
20 W LED lamba	E27 duy tipli, soğuk beyaz	6 adet
40 W LED lamba	E27 duy tipli, soğuk beyaz	6 adet
E27 duy	Plastik veya porselen tipli	**6 adet**
Otomatik sigorta	10 A, tek fazlı, W otomat	**1 adet**
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	**1 adet**
Kablo	1,5 mm^2 NYA	**Yeterince**
Ampermetre	AC tipli (Multimetre seçilebilir.)	**4 adet**
Voltmetre	AC tipli (Multimetre seçilebilir.)	**6 adet**
Lüksmetre	Dijital özellikli	**1 adet**
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 3.29'da verilen seri bağlı duy devresini kurunuz.
3. Her bir duya 10 W LED lamba bağlayınız.



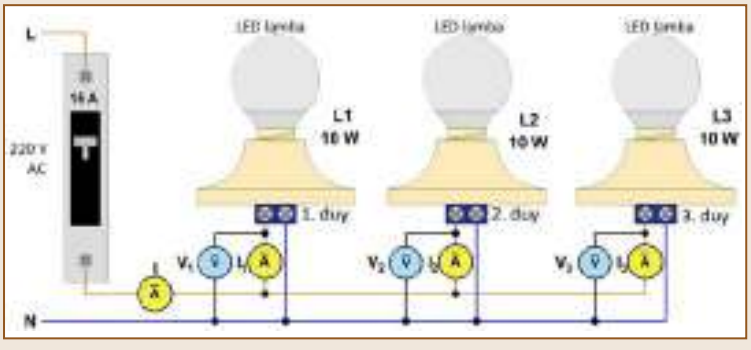
Görsel 3.29: Duyların seri bağlantısı

4. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
5. Devreden geçen akımı, lambalar üzerine düşen gerilimleri ve toplam aydınlatma şiddetini ölçüp sonuçları Tablo 3.15'teki ilgili kısma not ediniz.

Tablo 3.15: Seri Bağlı Devre Uygulamasının Ölçüm Sonuçları

Lambalar			I	Voltmetreler			E
L1	L2	L3	(mA)	V_1 (V)	V_2 (V)	V_3 (V)	(lüx)
10 W	10 W	10 W					
10 W	10 W	20 W					
10 W	20 W	20 W					
10 W	10 W	40 W					
10 W	20 W	40 W					
20 W	20 W	40 W					
10 W	40 W	40 W					
20 W	40 W	40 W					
40 W	40 W	40 W					

6. Sigortayı açınız.
7. Tablo 3.15'te verilen lamba kombinasyonuna göre lambaları duya takınız.
8. 4, 5, 6 ve 7. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
9. Görsel 3.30'da verilen paralel bağlı duy devresini kurunuz.
10. Her bir duya 10 W LED lamba bağlayınız.



Görsel 3.30: Duyların paralel bağlantısı

Tablo 3.16: ParalelBağlı Devre Uygulamasının Ölçüm Sonuçları

Lambalar			Ampermetreler (mA)				Voltmetreler (V)			E
L1	L2	L3	I	I_1	I_2	I_3	V_1	V_2	V_3	(lüx)
10 W	10 W	10 W								
10 W	10 W	20 W								
10 W	20 W	20 W								
10 W	10 W	40 W								
10 W	20 W	40 W								
20 W	20 W	40 W								
10 W	40 W	40 W								
20 W	40 W	40 W								
40 W	40 W	40 W								

11. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.

12. Devreden geçen akımı, lambalar üzerine düşen gerilimleri ve toplam aydınlatma şiddetini ölçüp sonuçları Tablo 3.16'daki ilgili kısma not ediniz.

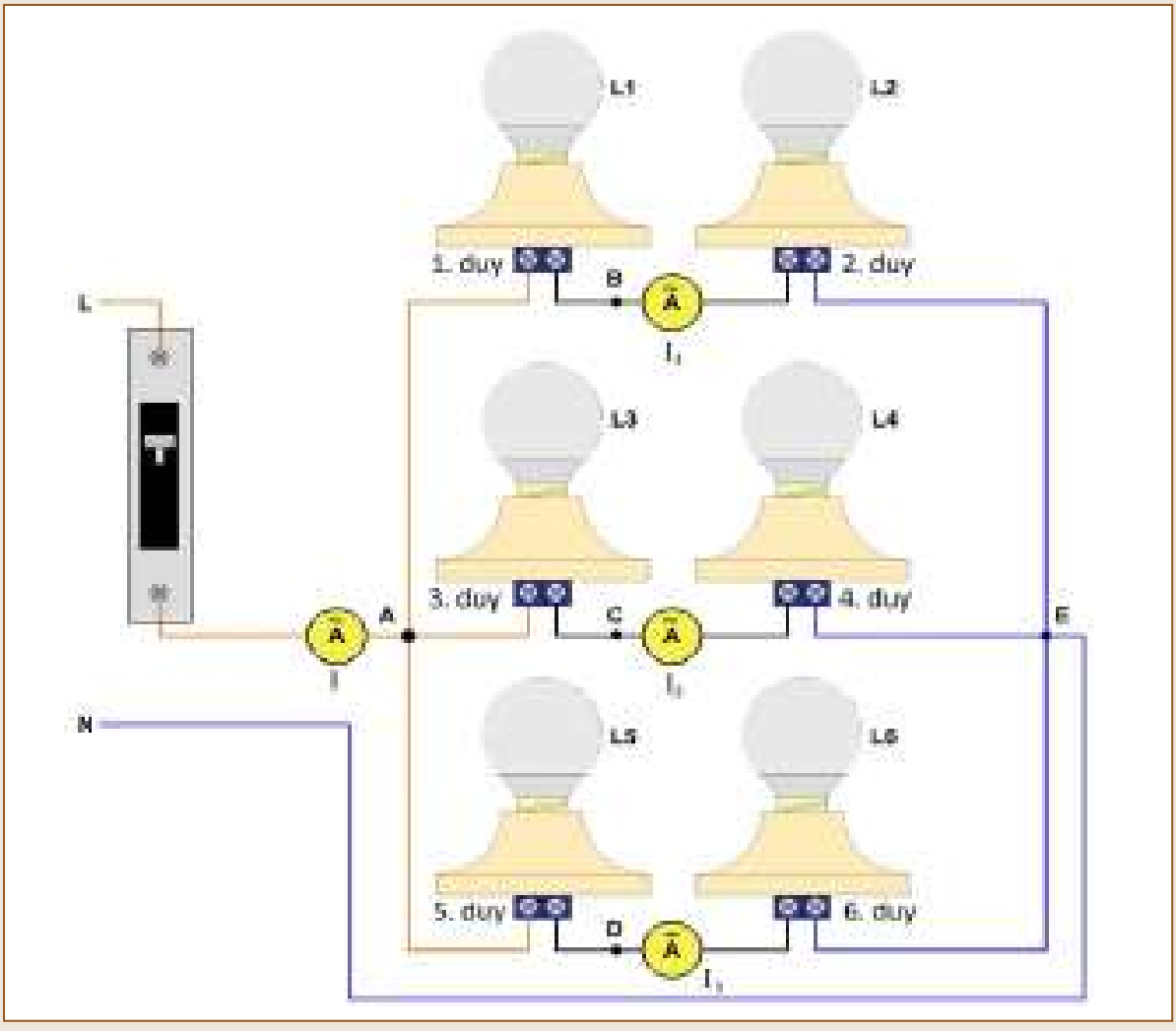
13. Sigortayı açınız.

14. Tablo 3.16'da verilen lamba kombinasyonuna göre lambaları duya takınız.

15. 11, 12, 13, 14. işlem basamaklarını tekrarlayınız.

16. Görsel 3.31'de verilen karışık bağlı devreyi kurunuz.

17. Her bir duya 10 W LED lamba bağlayınız.



Görsel 3.31: Duyların karışık bağlantısı

18. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.

19. Devreden geçen akımı, lambalar üzerine düşen gerilimleri ve toplam aydınlatma şiddetini ölçüp sonuçları Tablo 3.18'deki ilgili kısma not ediniz.

20. Sigortayı açınız.

21. Tablo 3.17'de verilen lamba kombinasyonlarına (S1-S12) göre sırasıyla lambaları duya takınız.

22. 18, 19, 20, 21. işlem basamaklarını tekrarlayınız.

Tablo 3.17: Lamba Bağlantı Kombinasyonları

Kombinasyon	Lambalar					
	(S)	L_2	L_3	L4	L5	L6
S1	10 W	10 W	10 W	10 W	10 W	10 W
S2	10 W	20 W	10 W	20 W	10 W	20 W
S3	20 W	20 W	20 W	20 W	20 W	20 W
S4	10 W	40 W	10 W	40 W	10 W	40 W
S5	40 W	40 W	40 W	40 W	40 W	40 W
S6	10 W	10 W	20 W	20 W	10 W	10 W
S7	10 W	10 W	40 W	40 W	10 W	10 W
S8	10 W	10 W	20 W	20 W	20 W	20 W
S9	10 W	10 W	40 W	40 W	40 W	40 W
S10	20 W	20 W	40 W	40 W	40 W	40 W
S11	10 W	20 W	10 W	40 W	20 W	40 W
S12	20 W	20 W	20 W	40 W	40 W	40 W

Tablo 3.18: Karışık Bağlı Devre Uygulamasının Ölçüm Sonuçları

S	Ampermetreler (mA)				Voltmetreler (V) (Noktalar Arası Ölçümler)						E
	I	I_1	I_2	I_3	V_{AB}	V_{BE}	V_{AC}	V_{CE}	V_{AD}	V_{DE}	(lüx)
S1											
S2											
S3											
S4											
S5											
S6											
S7											
S8											
S9											
S10											
S11											
S12											

23. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.

24. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız.

25. Ölçüm sonuçlarını değerlendiriniz.

26. Çalışma alanını temizleyiniz.

SORULAR

1. **Seri bağlı devreye aynı güç ve farklı lümen değerlerine sahip üç lamba bağlansaydı ölçüm sonuçlarında ne gibi farklılıklar olurdu?**
2. **Paralel bağlı devreye aynı güç ve farklı lümen değerlerine sahip üç lamba bağlansaydı ölçüm sonuçlarında ne gibi farklılıklar olurdu?**

3. Seri bağlı 3x40 W'lık üç lamba grubunun birbirine paralel bağlanması durumunda her lamba için akım ve gerilim değerlerini hesaplayınız.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** Duyları seri olarak doğru bağladı.	10	
Numarası		**3.** Seri bağlı duy ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	15	
İmza		**4.** Duyları paralel olarak doğru bağladı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Paralel bağlı duy ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Duyları karışık olarak doğru bağladı.	10	
Tarih		**7.** Karışık bağlı duy ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

3.1. PROJE AYDINLATMA ARAŞTIRMA PROJESİ

Süre	3 hafta
Amaç	Belirlenen konu ile ilgili araştırmalar yapmak, sonuçları raporlamak ve sunmak.
Grup sayısı	1-2 kişi
Konular	**1.** Örnek alınan lambanın kullanım ömrünün ve veriminin artırılması için izlenmesi gereken yöntemler ve tedbirler. **2.** Lamba oluşturulması ve tasarımın grafiklerle desteklenmesi. **3.** Dış aydınlatmada lamba tercihleri ve kullanımları. **4.** Mekânlarda aydınlatma tasarımları ve tasarımın kullanılan lambaya yansıması. **5.** Köprü aydınlatmaları ve bu aydınlatmaların araçlara etkileri. **6.** Spor sahalarında lamba seçimleri ve lambaların sporcu üzerindeki etkileri. **7.** Müze aydınlatmaları ve müzelerde lamba yerleşimleri.
Görev	**1.** Yukarıda verilen konulardan birini seçiniz. **2.** Konu ile ilgili literatür taraması yapınız ve sonuçları yorumlayınız. **3.** Kapak ve kaynakça hariç otuz sayfayı geçmeyecek bir rapor hazırlayınız. Bu rapora haricî dokümanları ve yazılım dosyalarını da ekleyiniz. **4.** Yararlandığınız site, kitap vb. kaynakları kaynakça bölümünde belirtiniz. **5.** Rapor sonunda tek sayfalık özet bölümü oluşturunuz. **6.** Raporda tablo, görsel, fotoğraf vb. materyaller kullanınız. **7.** Rapor için mavi renkli dosya tercih ediniz. **8.** Kapak için uygun tasarım yapınız ve gerekli açıklamalara kapakta yer veriniz. **9.** Yapılan çalışmaları özetleyen 10 dakikalık bir sunum hazırlayınız ve öğretmeninizin belirlediği bir zaman diliminde sunumu yapınız.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Proje konularını araştırdı.					
2. Literatür taramalarını detaylı olarak yaptı.					
3. Proje dosyasını oluşturdu.					
4. Proje sayfalarını istenenler doğrultusunda hazırladı.					
5. Proje kapak sayfasını oluşturdu.					
6. Proje sonuçlarını özetledi.					
7. Projede resim, tablo, görsel vb. çeşitli materyaller kullandı.					
8. Proje dosyası sonunda kaynakçaya yer verdi.					
9. Proje dosyasının temizliğine ve düzenine dikkat etti.					
10. Sunumda görsel materyalleri etkili olarak kullandı.					
11. Sunumda konu bütünlüğüne dikkat etti.					
12. Sunum görsellerinin renklerini yazı ile uyumlu ayarladı.					
13. Sunum dosya ölçütlerine uygun dosyayı oluşturdu.					
14. Sunumu etkili bir dil ile yaptı.					
15. Sunumda göz iletişimini uygun şekilde gerçekleştirdi.					
16. Sunumda beden dilini etkili kullandı.					
17. Sunumda zamanı etkili olarak kullandı.					
18. Sunumda giriş, gelişme ve sonuç bölümleri uygun planladı.					
19. Sunumda gereksiz ve kalabalık bilgilerden kaçındı.					
20. Proje dosyasını belirlenen sürede öğretmenine teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**…… puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

3.2. PROJE AYDINLATMA SİMÜLASYON PROJESİ

Süre	4 hafta
Amaç	Konu ile ilgili uygulama yapmak, sonuçları raporlamak ve sunmak.
Grup sayısı	1-2 kişi
Mekânlar	**1.** Apartman dairesi (tüm odalar-orta genişlikte) **2.** Atölye veya laboratuvar (orta genişlikte) **3.** Ofis çalışma alanı (büyük ölçekli) **4.** Fabrika alanı (yeterli büyüklükte) **5.** Kapalı spor sahası (yeterli büyüklükte)
Program	Aydınlatma simülasyon yazılımı, CAD çizim yazılımı.
Görev	**1.** Mekânların tasarımlarını CAD çizim yazılımında oluşturunuz. 1/100 ölçeğini kullanarak çizim işlemini yapınız. **2.** Çizdiğiniz mekânları aydınlatma simülasyon yazılımı ortamına aktarınız ve her mekânın bina dış tasarımlarını oluşturunuz. **3.** Akkor flamanlı lamba, tasarruflu lamba, floresan lamba, halojen lamba ve LED lamba ile ilgili çeşitli ışıklık dosyalarını katalog içinden indiriniz. Uygun güçte ışıklıklar tercih ediniz. **4.** Her mekânın tasarımında beş farklı lambayı kullanarak en uygun güç ve lüks değerini simülasyon ile bulmaya çalışınız. Simülasyon sonuçlarını PDF olarak kaydediniz. **5.** Simülasyon sonuçlarına göre mekânlarda kullanılan lambaları tablo üzerinden karşılaştırınız ve sonuçları yorumlayınız. **6.** 20 sayfalık rapor oluşturunuz ve çalışmaları yorumlayınız. **7.** Proje yazılım dosyalarını raporla birlikte, belirlenen süre sonunda teslim ediniz. **8.** Yapılan çalışmaları özetleyen 10 dakikalık bir sunum hazırlayınız ve öğretmeninizin belirlediği bir zaman diliminde sunumu yapınız.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Proje konularını araştırarak yorumladı.					
2. Literatür taramalarını detaylı olarak yaptı.					
3. Proje dosyasını oluşturdu.					
4. Proje sayfalarını istenenler doğrultusunda hazırladı.					
5. Proje kapak sayfasını oluşturdu.					
6. Proje sonuçlarını özetledi.					
7. Projede resim, tablo, görsel, fotoğraf vb. çeşitli materyaller kullandı.					
8. Proje dosyası sonunda kaynakçaya yer verdi.					
9. Proje dosyasının temizliği ve düzenine dikkat etti.					
10. Proje dosyasını belirlenen sürede öğretmenine teslim etti.					
11. Mekânların tasarımlarını uygun ölçekte CAD çizim programında oluşturdu.					
12. Mekânların CAD tasarımını aydınlatma simülasyon yazılımına aktardı.					
13. Aydınlatma simülasyon yazılımında her mekânın bina tasarımını oluşturdu.					
14. Lambaların ışıklık dosyalarını ilgili katalog içeresinden indirdi.					
15. Apartman dairesinin aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
16. Atölye/laboratuvarın aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
17. Ofisin aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
18. Fabrikanın aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
19. Kapalı spor sahasının aydınlatma simülasyonunu farklı lambalar ile analiz etti.					
20. Program yazılımlarını ve rapor dosyasını belirlenen süre sonunda teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Akkor flamanlı lambanın diğer adı enkandesan lambadır.

2. ( ) Kompakt floresan lambalarda starter kullanılır.

3. ( ) Floresan ampulün içerisinde cıva buharı ve argon gazı vardır.

4. ( ) Yanmış veya ömrü tükenmiş floresan lamba elektronik atık olarak adlandırılır.

5. ( ) Halojen lambalar 80.000 saat üzeri ekonomik ömür ve %80 enerji tasarrufu sağlar.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. Elektrik enerjisi uygulandığında ışık enerjisi elde edilen aydınlatma aracına ..... denir.

7. Lamba ömrünü ifade eden saat cinsinden süreye ..... denir.

8. Anahtara basılıp ampul çalıştırıldığında ışık veren, diğer bir ifade ile yanan tel parçaya ..... denir.

9. Neon lambanın tüp içeresindeki helyum gazı ..... ışık, argon gazı ..... ışık verir.

10. Lamba şekillerinde ..... tipi lambanın burgulu olduğunu ve ..... tipi ise düz armut şeklinde yapıldığını gösterir.

C. Aşağıdaki ilk sütunda lamba özellikleri, diğer sütunda ise lamba tipleri verilmiştir. İfadelerin önündeki parantez içlerine lamba tiplerinin önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

LAMBA ÖZELLİKLERİ		
11.	( )	2500-2900 °K ve CRI 100 olan lamba
12.	( )	4250-5600 °K ve CRI 25 olan lamba
13.	( )	5000-6000 °K ve CRI 75 olan lamba
14.	( )	2950-3100 °K ve CRI 75 olan lamba
15.	( )	6000-6500 °K ve CRI 85 olan lamba

LAMBA TİPLERİ	
A	Gaz deşarjlı lamba
B	LED lamba
C	Halojen lamba
Ç	Floresan lamba
D	Akkor flamanlı lamba
E	Kompakt lamba

Ç. Aşağıdaki soruları okuyup doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Aşağıdakilerden hangisi lamba çeşidi değildir?

A) Akkor flamanlı B) Neon C) LED D) Kelvin E) Floresan

17. Aşağıdakilerden hangisi floresan lamba türlerinden biri değildir?

A) Düz B) Fuzuli C) Kompakt D) Simit E) Tasarruflu

18. Aşağıdakilerden hangisi lambanın ömrünü etkileyen faktörlerden değildir?

A) Gerilim B) Hava C) Nem D) Su E) Titreşim

19. Türkiye'de enkandesan lambaların kullanımı hangi tarihten itibaren yasaklanmıştır?

A) 1 Eylül 2008 B) 1 Ekim 2008 C) 1 Kasım 2008
D) 1 Kasım 2009 E) 1 Eylül 2009

20. Aşağıdakilerden hangisi duy tiplerinden değildir?

A) A B) B C) E D) G E) S



4. ÖĞRENME BİRİMİ

AYDINLATMA ARMATÜRLERİ

KONULAR

4.1. ARMATÜR BİLEŞENLERİ
4.2. ARMATÜRLERİN ELEKTRİKSEL SINIFLANDIRILMASI
4.3. MONTAJ TİPİNE GÖRE ARMATÜRLER
4.4. ARMATÜRLERİN SIZDIRMAZLIK (IP) VE DARBE DAYANIMINA (IK) GÖRE SINIFLANDIRILMASI
4.5. DİREKT VE ENDİREKT AYDINLATMA ARMATÜRLERİ
4.6. ARMATÜRLERİN ÜRETİM ONAY TESTLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

armatür, aydınlatma, bağlantı klemensi, darbe dayanım testi, doğal aydınlatma, duy, elektriksel sınıflandırma, fonksiyon testi, ışık kirliliği, ışık rengi, ışık titreşimi, iç aydınlatma, kandela, klemens, lamba, lüks, meger.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Armatürün elektriksel sınıflandırılması nasıl yapılır? Araştırarak öğrendiklerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.**
2. **Direkt ve endirekt aydınlatma armatürlerinin çevresine yaydıkları ışıkların nasıl değişkenlik gösterdiğini sınıfta tartışınız.**

İçerisinde bir veya birden fazla duy barındıran, ışığın yönünü, rengini ve yoğunluğunu belirleyen estetik görünümlü aygıta **armatür (ışık fikstürü)** denir. Armatür, lambaları korur ve aydınlatmaya estetik görünüm kazandırır.

Aydınlatmada kullanılan çeşitli armatür modelleri Görsel 4.1'de görülmektedir.



Görsel 4.1: Çeşitli armatür modelleri

Halk arasında lamba ile armatür ifadeleri sıklıkla karıştırılmakta ve birbirinin yerine kullanılmaktadır. Sokak armatürü yerine sokak lambası, masa armatürü yerine masa lambası ifadelerinin kullanılması buna örnektir. Aydınlatma armatürü ışığın dağılma şeklini belirleme, lambaların korunmasını sağlama gibi birçok işleve sahiptir. Lamba, duy, güç kaynağı, lens, reflektör, optik, difüzör ve elektrik bağlantı ekipmanları gibi bileşenleri içerisinde barındırır. İhtiyaca göre farklı mekânlarda kullanılmaya uygun ebat ve modellerde üretilir. Dış aydınlatmada kullanılacak armatürler olumsuz dış etkilerden etkilenmeyecek şekilde korunaklı üretilir.

4.1. ARMATÜR BİLEŞENLERİ

Armatür, lambaları dış etkilerden koruyan ve ışığı ihtiyaç duyulan alanlara yoğunlaştırarak gönderen aydınlatma sistemi elemanı olup ışık kaynağı (lamba), duy, gövde, lamba koruyucu dış saydam kapak ve bağlantı klemensinden meydana gelir (Görsel 4.2). Entegre lambalı ya da haricî lamba takılacak şekilde üretilebilir.



Görsel 4.2: Armatür yapısı

4.2. ARMATÜRLERİN ELEKTRİKSEL SINIFLANDIRILMASI

Armatürlerin elektriksel sınıflandırılmaları, "Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC)" tarafından **IEC-61140** numaralı koruma seviyeleri raporunda tanımlanmıştır. IEC elektrik koruma sınıfları temel olarak dört kategoriye ayrılır.

NOT

Armatürler, elektrik çarpmalarına karşı sağladıkları korumaya göre farklı sınıflara ayrılır. Bu sınıfsal farklılık, armatürlerin sahip olduğu yalıtım koruma ürünlerinin tipini belirler. Tüm armatürler bu sınıflardan birine ait olmak zorundadır. Bir armatür yalnızca bir sınıfa ait olabilir.

4.2.1. Elektrik Sınıfı 0 (Class0)

Elektrik Sınıfı 0'a ait koruma, yalnızca iletkenlerin PVC kaplamasına ait yalıtımı içerir. Bu sınıflandırmaya ait armatürlerde en önemli özellik topraklama bağlantısının olmamasıdır. Bu nedenle riskli grup olarak tanımlanır. Elektrik kablolarının hasar görmesi durumunda elektrik çarpması oluşabilir ya da iletkenlerin birbirlerine teması sonucu patlama meydana gelebilir. Çevre ve insan açısından oldukça riskli bir grup olması nedeni ile "Elektrik Sınıfı 0" gurubundaki cihazlara ev, iş yeri, ofis gibi insanların yoğun olarak yaşadığı veya sıkça zaman geçirdiği ortamlarda nadir rastlanır.

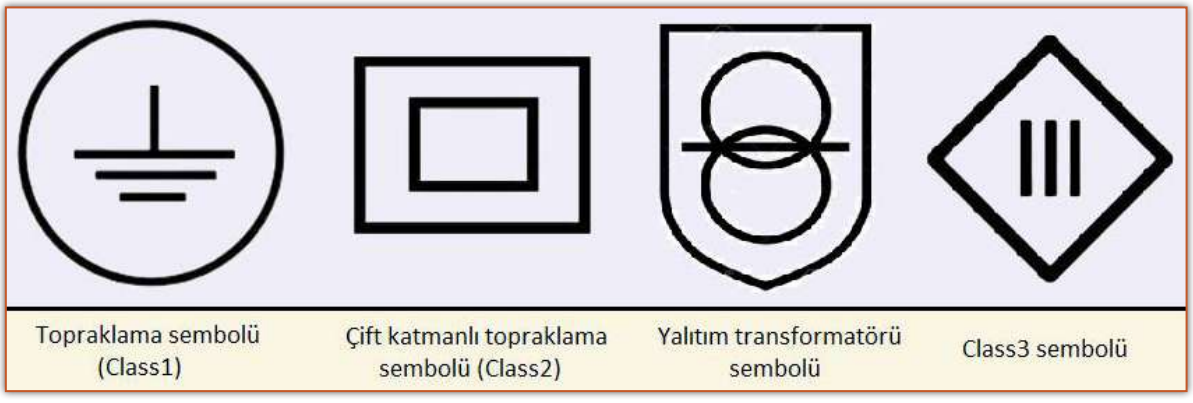
Elektrik Sınıfı 0'a ait cihazlarda sigorta, devre kesici gibi koruyucu herhangi bir eleman ya da olumsuz durumlarda kullanıcıları uyaracak sinyal özelliği bulunmaz. Bu nedenle cihazlar, yüksek risk ve düşük koruma seviyesine sahiptir.

NOT

Elektrik Sınıfı 0'a ait herhangi bir sembol yoktur.

4.2.2. Elektrik Sınıfı 1 (Class1)

Elektrik Sınıfı 1'in Elektrik Sınıfı 0'dan farkı, topraklama bağlantısının olmasıdır. Bu sınıfa ait aydınlatma armatürlerinin tamamında metal olan tüm aksamlar topraklanmıştır. Böylece kullanıcılar elektrik çarpmasına karşı korunmuş durumdadır. Bu sınıfa ait armatürlerin kullanım kılavuzlarında veya üzerlerinde bulunan etiketlerde topraklama sembolü yer alır (Görsel 4.3).



Görsel 4.3: Sınıflarda kullanılan semboller

Elektrik Sınıfı 1 sınıfına ait armatürlerde faz, nötr ve topraklama olmak üzere üç adet bağlantı noktası bulunur. Bu gruptaki armatürler temel yalıtım ve topraklama kablosu olmak üzere iki tür koruma düzeyine sahiptir. Temel yalıtım düzeyi, elektrik çarpmasına ve kısa devrelere karşı koruma sağlar. Sarı-yeşil renge sahip topraklama kablosu, iletkenlerin hasar görmesi veya iletkenlerde kırılma sonucu bir çıplaklık meydana gelmesi durumlarında elektrik çarpmasına karşı kullanıcıları korur. Bir armatür ne kadar güvenliyse tercih edilip kullanılması da o derece yaygındır.

SIRA SİZDE

Elektrik Sınıfı 1 özelliğine sahip bir armatür içeresinde üç farklı bağlantı kablosu görülmüş ve bu kablolardan birinin sarı-yeşil renkte olması gerekirken başka renkte olduğu tespit edilmiştir. Bu armatürün topraklama kablosu nasıl belirlenir? Tartışınız.

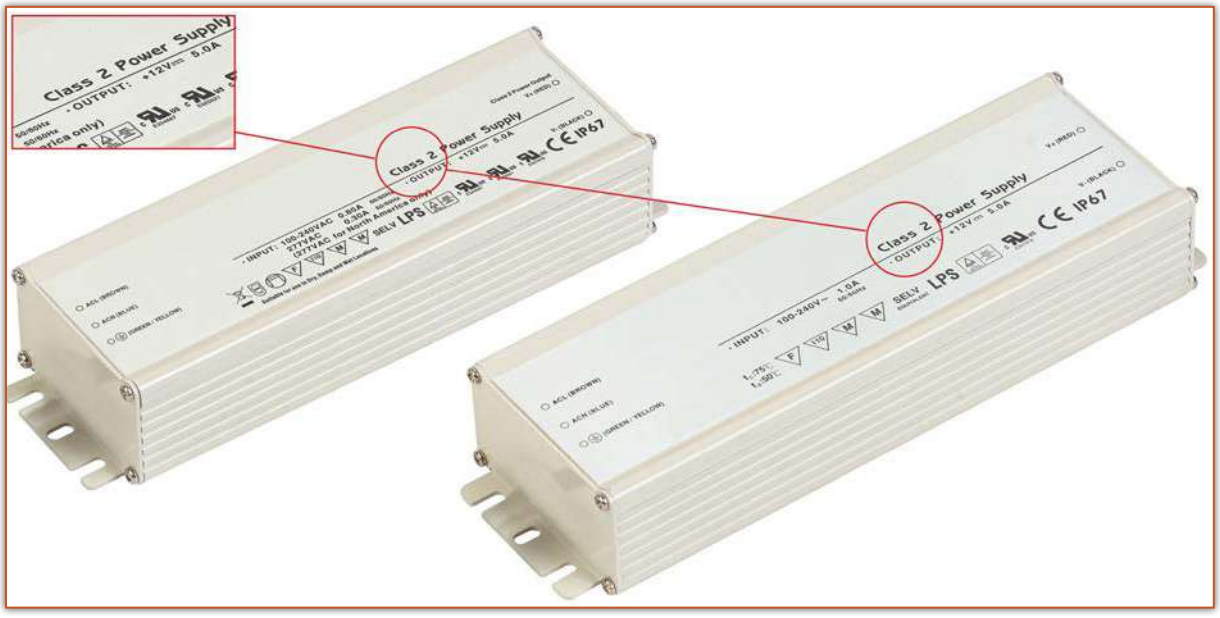
4.2.3. Elektrik Sınıfı 2 (Class2)

Elektrik Sınıfı 2'ye ait armatürler iki katlı koruma seviyesine sahip olmaları nedeni ile "çift yalıtımlı armatürler" olarak bilinir. Armatürün içindeki bağlantı kabloları güçlü bir yalıtıma sahiptir ayrıca armatürün kendisi de plastik bir kasa içerisine yerleştirilmiştir. Bu tür armatürler için çift yalıtılmış armatür ifadesi kullanılır. Bu sınıfa ait armatürlerde çift yalıtım sayesinde topraklamaya ihtiyaç duyulmaz. Armatür içerisinde faz ve nötr olmak üzere iki adet bağlantı kablosu bulunur.

Elektrik Sınıfı 2'ye ait armatürlerde elektrik çarpma riski önceki iki sınıfa nazaran çok daha azdır. İletkenlerin kırılması ya da çıplak hâle gelmesi gibi durumlarda bile armatürün plastik aksam içerisinde bulunması sayesinde elektrik çarpma riski oluşmaz. Şarj cihazı, televizyon, saç kurutma makinası gibi ürünler Elektrik Sınıfı 2 standardında üretilir. Bu sınıfa ait armatürler genellikle iç mekân uygulamaları, iş yerleri veya ofislerde kullanılır.

Armatürlerin kullanma kılavuzlarında veya üzerlerindeki etiketlerde iç içe iki kare yerine iç içe iki daire sembolü de yer alabilir (Görsel 4.3). Bu sembol, armatürün Elektrik Sınıfı 2'ye ait olduğunu gösterir.

Bazı LED sürücülerin üzerinde iç içe iki kare olan sembol yer almayabilir. Üretici firma tarafından tercihen sembol yerine yazılı olarak "Class2 Power Supply (Elektrik Sınıfı 2 Güç Kaynağı)" şeklinde bir ifade de yer alabilir (Görsel 4.4).



Görsel 4.4: Sınıf 2'ye ait LED sürücü örneği

4.2.4. Elektrik Sınıfı 3 (Class3)

Elektrik Sınıfı 3'e ait armatürler, şebeke gerilimi yerine ihtiyaç duyulan güç değerinde çalışır ve bu güç, haricî olarak kullanılan özel tip transformatör (genelde yalıtım transformatörü) tarafından sağlanır. Bu transformatör, ihtiyaç duyulan tüm korumayı sağladığından bu sınıfa ait armatürlerde topraklama bağlantısına ihtiyaç duyulmaz, transformatör, 50 V veya 12/24 V çalışma gerilimi üretir. Bu gerilim değerleri oldukça düşük olup elektrik çarpması durumunda ciddi bir etki oluşturmaz. Gerilim değeri düşük de olsa güvenlik önlemleri almadan armatür üzerinde arıza giderme, bakım onarım gibi işlemler gerçekleştirilmez. Öncelikle güvenlik önlemleri alınır, daha sonra armatür üzerinde ihtiyaç duyulan çalışma gerçekleştirilir.

LED şeritli armatürler genellikle Elektrik Sınıfı 3'e ait armatürlerdir. Bu armatürler bir LED sürücüye ihtiyaç duyar. LED sürücüler, düşük voltaj üreten ayrı transformatörlerdir. Elektrik Sınıfı 3'e ait armatürler genellikle ağır hava koşullarına dayanıklılık gerektiren dış mekân uygulamalarında kullanılır. Bu sınıfa ait armatürlerin kullanma kılavuzlarında

SIRA SİZDE

Her bir sınıfa ait birer armatür görsellerini çekerek sınıf ortamında teknik özellikleri ile birlikte paylaşınız.

SIRA SİZDE

Elektrik Sınıfı 3'te kullanılan özel transformatörün neden yalıtım transformatörü olarak belirtildiğini araştırınız ve elde ettiğiniz bilgileri sınıfta paylaşınız.

4.2.5. Elektrik Sınıflarının Karşılaştırılması

Tablo 4.1'de elektrik sınıflarının koruma düzeyine göre karşılaştırmaları yer alır.

Tablo 4.1: Elektrik Sınıflarının Koruma Düzeyine Göre Karşılaştırılması

Sınıflar	Koruma Düzeyi	Uygulamalar
Sınıf 0	En düşük koruma seviyesidir. Sadece iletkenlerin yalıtımına dayanır. İletkenlerin çıplak hâle gelmesi durumunda ciddi hasarlar, hayati tehlikeler hatta can ve mal kayıpları meydana gelebilir.	Avize ve tavan lambaları genellikle bu kategoriye dâhil edilir. Bu sınıfa ait armatürlerin ıslak ortamlarda kullanılması önerilmez. Kuru ve tozsuz ortamda kullanılması gerekir. Birçok ülkede bu tür armatür kullanımı güvenlik gerekçesiyle yasaklanmıştır.
Sınıf 1	İletkenlerin yalıtılmış olmasının yanı sıra toprak izolasyonunu da içerir. İletken yalıtımına rağmen olası bir aksilik durumunda toprak izolasyonu, koruma görevi üstlenir.	Genellikle iş yerleri ve meskenlerin dış aydınlatmaları, trafik ışıkları ve sokak lambalarında kullanılır. Bu ortamlarda kullanılan armatürler oldukça sağlam bir plastik kasa içerisine yerleştirilir. Bu plastik kasalar aynı zamanda yalıtım görevi gördüğünden güvenliğin artmasını sağlar.
Sınıf 2	İletkenlerin yalıtılmış olması olarak tanımlanan temel yalıtım düzeyinin yanı sıra ek yalıtımın da olduğu, çift koruma düzeyine sahip armatürlerin sınıfıdır. İki katmanlı yalıtım olması nedeni ile güçlendirilmiş yalıtım sınıfı olarak da bilinir.	Bu sınıfa ait armatürler genellikle masa lambalarında ya da insanların armatüre temas edebileceği taşınabilir armatür uygulamalarında tercih edilir.
Sınıf 3	Yalıtım transformatörü yardımı ile düşük gerilimle beslenen armatürlerin kullanıldığı, en güvenilir sınıf düzeyidir. İnsan yaşamını tehlikeye sokacak risk barındırmamasına rağmen yine de armatürlerin güvenlik önlemlerine dikkat edilerek kullanılması önerilir.	Düşük gerilim seviyeleri ile çalışan armatürler olması nedeni ile çocukların veya kalabalık insanların bulunduğu ortamlarda tercih edilir. Bunun yanı sıra tıbbi cihazlar, bazı endüstri kolları, hava koşullarının ağır olduğu dış mekân uygulamaları, şantiyeler vb. birçok alanda bu sınıfa ait yüksek güvenlikli armatürler kullanılır.

NOT

Sınıf seviyesinin artması, armatürlerin yalıtımlarının ve dolayısıyla koruma düzeylerinin arttığını gösterir. Bu açıdan en düşük koruma düzeyine sahip Sınıf 0, en yüksek koruma düzeyine ait Sınıf 3'tür.

4.3. MONTAJ TİPİNE GÖRE ARMATÜRLER

Montaj tipine göre armatürler sıva altı ve sıva üstü olmak üzere ikiye ayrılır.

Sıva Altı Armatürler: Tavandaki deliğe monte edilerek aşağıya doğru ışık yayan armatürlere **sıva altı (gömme) armatür** denir. Bu armatürlerin kullanımında ilk olarak kullanılacak armatür modeli tespit edilir ve daha sonra tavanda armatür boyutuna uygun ölçüde açıklık hazırlanır. Montajdan sonra sıva altı armatür, tavan ile neredeyse eşit hizada olur. Bu işleme **armatürün gizlenmesi (armatür gövdesinin saklanması) işlemi** denir. Bu tür armatürler, genellikle armatürün asılması için yeterli tavan yüksekliğinin olmadığı yerlerde tercih edilir. Armatürün kendisi düşük maliyetlidir ancak inşaat, elektrik ve kurulum giderleri genel maliyeti arttırır.

Görsel 4.5'te tavana monte edilmiş farklı tip sıva altı armatürler görülmektedir.



Görsel 4.5: Tavana monte edilmiş farklı tip sıva altı armatürler

Sıva Üstü Armatürler: Tavandaki veya duvardaki deliğe gövdesi monte edilen ya da tavandan zincir, kordon, çubuk veya tel yardımıyla sarkıtılan armatürlere **sıva üstü armatür** denir. Sıva üstü armatürler masa üzerine demir, metal çubuk desteğiyle yukarı yönlü olarak da yerleştirilebilir. Yaygın olarak tercih edilen armatür türüdür. Sıva altı armatürlerin aksine armatür gövdesi tamamen dışarıda kalmaktadır. Tavan yüksekliğinin fazla olduğu yerlerde zincir veya telle sarkıtılarak kullanılır. Asma armatürler diğer armatürlere göre daha ağır olduğundan armatürleri asmak için kullanılan malzemenin dayanıklı ve uzun ömürlü olmasına dikkat edilmelidir. Bu montaj tipinde zincir, tel vb. malzemenin sallanması sonucu armatürlerde titreşimlerin meydana gelebileceği de hesaba katılmalıdır. Asma armatürler tavandan yere doğru sarkacağı için geniş ve uzun alanlara daha uygundur.

Görsel 4.6'da sırasıyla duvara tutturulan, tavandan telle sarkıtılan ve tavana tutturulan farklı tip armatür modelleri görülmektedir.



Görsel 4.6: Farklı tip sıva üstü armatürler

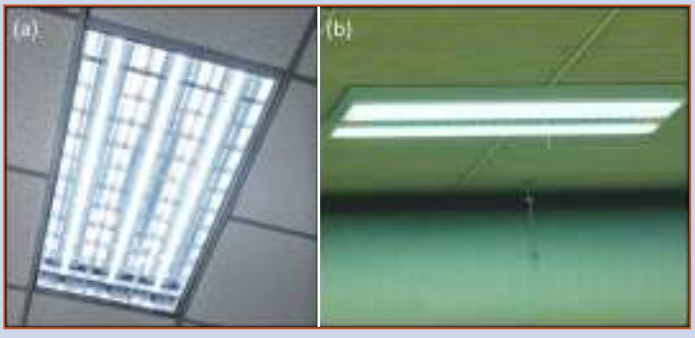
NOT

Sıva altı ve sıva üstü armatürlerin montajında armatür içerisinde birden fazla duy varsa ya da birden fazla lamba bağlantısı gerçekleştirilecekse ters bağlantı yapılmadığına dikkat edilmesi gerekir. Ayrıca fazların fazlara, nötrlerin de nötrlere bağlandığından emin olunmalıdır.

SIRA SİZDE

Görsel 4.7'de verilen armatürlerin sıva üstü ve sıva altı olup olmadığını bulunuz.

Görsel 4.7(a): ..... Görsel 4.7(b): .....



Görsel 4.7: Armatürler

İç mekân aydınlatmalarında kullanılan armatür çeşitleri şunlardır:

Duylar: En temel armatür modelidir. Lambanın yerleştirildiği duy ile oluşturulan asma özellikli armatürlerdir. E14, E27 ve GU10 tipli duylar sıklıkla kullanılır. Kullanımları ve bağlantıları kolaydır ancak duyların üzerinde yeterince koruma yoktur. Plastik, seramik ve porselen üretilebilen duyların askılı, kablolu ve tijli türleri bulunur (Görsel 4.8).



Görsel 4.8: Çeşitli duylar

1. ETKİNLİK : DUY TÜRLERİ

Görsel 4.9'da görülen duyların türlerini altlarındaki boşluklara yazınız.



Görsel 4.9: Duy türleri

Gece Lambalı Armatürler: Yatak odalarında ve koridor alanlarında kullanılan bir armatürdür. Ana ışık kaynağı olarak değil yardımcı ışık kaynağı olarak kullanılır. Bulunduğu ortamda loş bir atmosfer yaratır. Çeşitli renk ve tasarımlarda üretilen gece lambasının duy, abajur, lambader, aplik veya armatür içinde kullanılmasıyla bu tip armatürler meydana gelir. Ayrıca prize takılan modelleri de vardır. Bu lambalar sayesinde enerji tasarrufu yapılabilmektedir (Görsel 4.10).



Görsel 4.10: Çeşitli gece lambaları ve gece lambalı armatür modelleri

Duvar ve Tavan Armatürleri: Duvarın veya tavanın üzerine monte edilen ve dekorasyon amaçlı olarak belirli bir alanı aydınlatmak için kullanılan armatür tipleridir. Sıva altı ve sıva üstü kullanıma uygun, farklı boyut ve tasarımlarda modelleri mevcuttur (Görsel 4.11).



Görsel 4.11: Çeşitli duvar ve tavan armatürleri

Duvar ve tavan armatürü modelleri; LED tavan, banyo tavan, hareket sensörlü tavan, sıva üstü tavan, sıva altı tavan, duvar glop ve merdiven armatürler şeklinde verilebilir.

Avizeler: Bir dizi ampulü tutan, tavandan asılan, cam veya metalden üretilmiş dekoratif amaçlı armatürüne **avize** denir. Avizeler şamdan veya ampullü tür olabilir. Salon, mutfak, büyük oda, toplantı salonu vb. yerlerde sıklıkla tercih edilir (Görsel 4.12).



Görsel 4.12: Çeşitli avizeler

LED Bant Armatürler: Tavanda az yer kaplayan, boylamasına uzun ve enlemesine dar olan uzun LED bantlı armatürlerdir. Diğer aydınlatma türlerine göre yüksek oranda enerji tasarrufu sağlar. Bütçe dostudur, 220 V AC ile çalışır. Aydınlatma gücünün yüksek, enerji sarfiyatının düşük olması sebebiyle okul, hastane gibi kamusal alanlar, depolar, evler vb. yerlerde tercih edilir. 30 cm, 60 cm, 90 cm, 100 cm ve 120 cm uzunluklara sahiptir (Görsel 4.13).



Görsel 4.13: LED bant armatürler

Lineer LED Armatürler: Bir çizgisel hat boyunca kullanılan ve uzun bir şekle sahip olan armatürdür. Işık akısının yüksek olması ve lambaların uç uca eklenebilmesi sebebiyle geniş alanları aydınlatmada tercih edilir. Asma, gömme ve sıva üstü olmak üzere üç tipi vardır (Görsel 4.14).



Görsel 4.14: Lineer LED armatürler



Bir ortamda oluşan kötü aydınlatmaların ve parlamaların temel nedeni, armatürlerin aydınlatılmak istenen alana yanlış açıda ve doğrultuda yerleştirilmesidir. Bu nedenle armatürler, aydınlatılacak alan içeresinde belirlenen açıda, uygun güçte ve yeterli doğrultuda monte edilmelidir.

Yüksek Tavan Armatürleri: Yüksek tavanlar için üretilen uzun ömürlü armatürlerdir. Verimliliği yüksek, kaliteli ürünlerdir. Dekoratif görünümleri nedeniyle dekorasyona katkı sağlamak amacıyla da tercih edilir. 2x54W, 4x54W, 1x120W, 2x80W vb. çeşitli güçlerde üretilir (Görsel 4.15).



Görsel 4.15: Yüksek tavan armatürler

Lambaderler: Aydınlatmayı yerden sağlayan, taşınabilir ayaklı armatürlerdir. Yardımcı ışık kaynağı olarak dekoratif amaçlı kullanılır (Görsel 4.16).



Görsel 4.16: Lambaderler

Abajurlar: Işığı göze doğrudan vurmaması için belirli noktaya yöneltmek ya da yumuşatarak yaymak amacıyla özel olarak tasarlanmış, üst kısmı kesik konik şeklinde üretilen armatüre **abajur** denir. Lambanın üzeri genellikle kumaş, metal, plastik vb. malzemelerle örtülüdür. Uzun ömürlü kullanım sağlar. Masa tipi, ayaklı ve duvar tipi şeklinde modelleri bulunur. Loş ortama ihtiyaç duyulan yerlerde tercih edilir (Görsel 4.17).



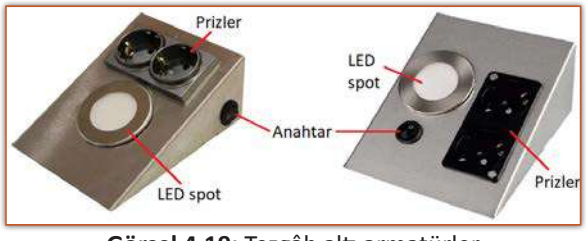
Görsel 4.17: Abajurlar

Masa Armatürleri: Masaya konan armatür modelidir. Abajur gibi tasarımı vardır. Spesifik aydınlatmada tercih edilir (Görsel 4.18).



Görsel 4.18: Masa armatürleri

Tezgâh Altı Armatürler: Tasarımları bakımından tezgâh altı kullanımlar için üretilmiş armatürlerdir. Kolay kullanıma sahiptir ve kullanıcıya üstün performans sunar. Dekoratif amaçlı olarak da tercih edilir. Mutfak dolabı vb. yerlerdeki tezgâhların alt kısımlarında kullanılır (Görsel 4.19).



Görsel 4.19: Tezgâh altı armatürler

Aplikler (Duvar Şamdanları): Duvar yüzeyine sabitlenen ve doğrudan aydınlatma sağlayan armatürlerdir. Odak veya ambiyans aydınlatma yapmak ve mekânlara özel bir atmosfer katmak amacıyla kullanılır. Farklı tasarım ve stil seçenekleri vardır. Duvar, up-light (yukarı ışık yayan), down-light (aşağı ışık yayan), up/down light (her iki yönlü ışık yayan), gömme, banyo ve tablo tiplerine sahip aplikler mevcuttur. Banyo, WC, yatak odası, mutfak, salon, koridor, toplantı alanları, müzeler, resim galerileri, okullar vb. birçok yerde tercih edilir (Görsel 4.20).



Görsel 4.20: Duvar aplik modelleri

Acil Aydınlatma Armatürleri: Beklenmedik durumlarda (yangın, deprem vb.) insanları güvenli şekilde tahliye etmeye yardımcı olan işaretli armatürlerdir. Acil aydınlatma armatürleri acil yönlendirmenin dışında belirli bir alanı işaret etmek için de kullanılır. Yüksek parlaklık seviyelerine sahiptir. Fotolüminesan ile üretilir ve uzaktan kolaylıkla fark edilir. Elektrik kesintisi gibi durumlarda otomatik olarak devreye girer. Su geçirmez özelliğe sahiptir (Görsel 4.21).



Görsel 4.21: Acil aydınlatma armatürleri

LED Spotlar: Spot LED lambanın spot kasası içinde aydınlatma veya dekoratif amaçlı olarak kullanılan, sıva altı-üstü olarak monte edilen armatürlerdir. LED spotlar uzun ömürlüdür. Elektrik tasarrufu sağlar. Verimlidir ve düşük bakım gerektirir. Çeşitli renk seçenekleri sunar. Taban, duvar ve zeminlerde tercih edilir. Ray, salyangoz ve dekoratif spot armatür çeşitleri vardır. Ev, ofis, mağaza, müze, galeri, dış alan, otel, restoran, sahne, spor salonu, reklam panosu, tabela, araç içi vb. birçok yerde kullanılır (Görsel 4.22).



Görsel 4.22: LED spot çeşitleri

Görsel 4.23'te iç mekânda kullanılan çeşitli armatür modelleri görülmektedir.



Görsel 4.23: Çeşitli iç mekân aydınlatma armatürleri

LED Projektör Armatürler: Günümüzde yaygın olarak tercih edilen, enerji tasarruflu, çevre dostu, yüksek ışık akılı LED'li armatürlerdir. LED projektör armatürler diğer ışık kaynaklarına göre uzun ömürlüdür ve az bakım gerektirir. Açık hava etkinlikleri, spor sahaları, fabrikalar, kamu kurumları, park, yol ve caddeler gibi yüksek aydınlık isteyen tüm yerlerde dekoratif veya aydınlatma amaçlı kullanılır. Çeşitli renklerde ışık sunabilir. Uzaktan kontrolü oldukça kolaydır (Görsel 4.24).



Görsel 4.24: LED projektör armatürler

LED projektör seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Işık gücü (lümeni) ne kadar yüksek seçilirse aydınlatma etkisi o kadar iyi olacaktır. Kullanım alanına göre uygun güce sahip projektör seçilmelidir.
- Kullanılacak alana uygun renk sıcaklığı seçilmelidir. Örneğin gün ışığı tercih edilecek yerde sarı ışık seçimi kullanıcıyı olumsuz etkileyebilecektir.
- Diğer lambalara göre daha az enerji tüketir. Verimi yüksek ve yeterli güçte bir projektör seçimi işleri daha kolaylaştıracaktır.
- Yüksek kaliteli malzeme ile üretilen projektör, uzun süre boyunca kayda değer performans sağlayacaktır. Bu malzemelerin dayanıklı olması da hava koşullarında daha rahat bir kullanım imkânı verir.
- Projektörün garanti süresinin uzunluğu, ürün kalitesi ve güvenilirliği hakkında kullanıcılara fikir verebilir.

LED Etanj Armatürler: LED teknolojisi ile üretilen, dış mekânlarda ya da zorlu hava koşullarında suya ve toza karşı dayanıklı olarak kullanılan armatürlerdir. IP65 sertifikasına sahiptir. Çeşitli güç ve boyutlarda üretilir. Düşük enerji tüketir. Uzun ömürlü ve yüksek verimlidir. Çevreye zarar vermeden çalışır. Dış mekân ve endüstriyel alan aydınlatmada sıklıkla tercih edilir (Görsel 4.25). Polikarbonat veya cam ile üretilen kapaklar sayesinde LED'lerin yaydığı ışığın homojen dağılması sağlanır.



Görsel 4.25: LED etanj armatürler

Kanopi LED Armatürler: İşletme tesisi girişlerinde, endüstriyel tesislerde ve benzin istasyonlarında yer alan saçakların aydınlatmaları için kullanılan, gölgeli ve örtülü alanların ışıklandırılmasını sağlayan armatürlerdir. Yağmur, kar gibi hava koşullarından ve dış etkilerden korunma için dayanıklı ve sağlam şekilde üretilir (Görsel 4.26).



Görsel 4.26: Kanopi LED armatürler ve bu armatürün kullanıldığı istasyon

Havuz Aydınlatma Armatürleri: Havuzun içten, yandan veya üstten aydınlatılması için kullanılan, paslanmaz özelliğe sahip LED özellikli armatürlerdir. Sıva üstü ya da altı montaja uygun modelleri mevcuttur. Belirli saatlerde yanacak şekilde zaman ayarlı olarak kullanılır. Havuzda aydınlatmanın doğru şekilde yapılabilmesi için armatürlerin doğru konumlandırılması gerekir (Görsel 4.27, 4.28).



Görsel 4.27: Havuz aydınlatma örnekleri



Görsel 4.28: Havuz aydınlatma armatürleri

Wallwasher Armatürler: Binaların dış cephesine ışık yansıtıp homojen bir aydınlatma durumu oluşturan, duvar boyunca monte edilen, hava şartlarına dayanıklı, IP65 ve IP67 sertifikalarına sahip armatürlerdir. Renk seçenekleri ile duvarlarda veya düz yüzeyli mekânlarda özel bir atmosfer oluşturur. Köprü, tarihi yapı, galeri, müze, sergi alanı, alışveriş merkezi, otel, apartman, restoran vb. birçok yerde kullanılır (Görsel 4.29, 4.30).



Görsel 4.29: Wallwasher aydınlatma armatürleri



Görsel 4.30: Wallwasher ile dış cephe aydınlatması

Lazer Işıklar: Uyarı amaçlı olarak kullanılan armatürlerdir. Bir alanı aydınlatmak için değil o alana uyarıcı fonksiyon oluşturmak için tercih edilir. Lazer ışığın göz sağlığını olumsuz etkilemesi riski nedeniyle her alanda kullanımı uygun değildir (Görsel 4.31).



Görsel 4.31: Lazer ışıklar

Aydınlatma Kuleleri: Elektrik olmayan yerlerde kullanılabilen hem elektrik üretmek hem de aydınlatma sağlamak için üretilen akım jeneratör özellikli armatürlerdir. Kullanımı kolaydır. Birçok profesyonel alanda tercih edilir. Sanayi tesisleri, endüstriyel alan gibi yerlerde kullanılır. Model ve tasarımı tekerlek şeklindedir (Görsel 4.32).



Görsel 4.32: Çeşitli aydınlatma kuleleri

Bitki Yetiştirme Armatürler: Bitkilerin sağlıklı gelişimini sağlamak için farklı dalga boylarında üretilen armatürlerdir. Yeterli doğal ışığın olmadığı ortamda bitki yetiştirmek için bu armatürler tercih edilir. Bu tip armatürlerde yansıtmadan ötürü mor ışık kullanılır (Görsel 4.33).



Görsel 4.33: Bitki yetiştirme armatürü ve bu armatürün kullanım örnekleri

Gloplar (Karpuzlar): Yuvarlak, kare ve oval tasarıma sahip bir armatürdür. Aydınlatılacak alanın genişletilmesi için tercih edilir. Armatürün kapağı yarı saydam ve beyaz renge sahip opalin veya plastik camdan üretilir (Görsel 4.34). Bu cam, LED lambanın verdiği ışığı yumuşatır ve alana eşit olarak dağıtır. Bu nedenle yüksek derecede ışık geçirgenliğe sahiptir. E27 duylar ile uyumludur. Kolay kuruluma sahiptir ve hızlı monte edilir. Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bahçe, balkon, WC, teras, koridor gibi yerlerde kullanılır (Görsel 4.35).



Görsel 4.34: Çeşitli glop armatürler



Görsel 4.35: Glop aydınlatma örnekleri

Park ve Bahçe Armatürleri: Park, bahçe, çim alanı, yürüyüş yolu vb. alanları aydınlatmak amacıyla kullanılan ve dış mekânlarda kullanım için alüminyum, paslanmaz çelik, bronz, polikarbonat veya cam gibi dayanıklı malzemeden yapılan armatürlerdir (Görsel 4.37). Duvar, tavan, zemin gibi kısımlarda kullanılır. İçeresinde kullanılacak LED ampuller dayanıklı ve uzun ömürlü olmalıdır. Bu alanlarda yeterli aydınlatmanın sağlanması için kullanılacak lambanın en az 1000 lümen olması gerekir. Toz, kir vb. etkenlere maruz kaldığı için sık sık bakımı yapılmalıdır (Görsel 4.36, 4.37).



Görsel 4.36: Park, bahçe ve cadde aydınlatması



Görsel 4.37: Park ve bahçe armatürleri

Set Üstü Bahçe Armatürleri: Bahçe ve dış mekân aydınlatması için kullanılan ve ortama estetik bir görünüm kazandıran armatürlerdir. Suya ve dış etkenlere karşı dayanıklıdır. Kare, yuvarlak veya farklı tasarımlarda üretilir. Üretiminde alüminyum, paslanmaz çelik veya dökme demir gibi dayanıklı malzemeler kullanılır. Aydınlatmanın gücü ve tipi, bahçenin alan boyutuna ve aydınlatma ihtiyacına göre belirlenir. Set üzerine monte edilir (Görsel 4.38).



Görsel 4.38: Set üstü bahçe armatürleri

Çim Aydınlatma Armatürleri: Çim alanları aydınlatmak ve bu alanları (Görsel 4.36) aydınlatmak dekoratif görünüm kazandırmak amacıyla dış hava şartlarına dayanıklı ve sağlam olarak üretilen armatürlerdir. Normal, direk tipi ve spot özellikli modellere sahiptir.



Görsel 4.39: Çim aydınlatma armatürleri

Bahçe Aydınlatma Direkleri: Açık hava alanlarını estetik şekilde aydınlatmak, ortamdaki güvenliği sağlamak ve yeterli aydınlatma oluşturmak amacıyla kullanılan direklere sahip armatürlerdir. Park, bahçe, site, patika, yürüyüş yolu, oturma alanı, teras, kafe bahçesi, peyzaj alanları, sokak, cadde vb. yerlerde sıklıkla tercih edilir (Görsel 4.40).



Görsel 4.40: Bahçe aydınlatma armatürleri ve armatürün örnek kullanımı

Bahçe Aplikleri: Bahçe aydınlatması için duvara veya zemine tutturulan armatürlerdir. Kullanımı kolaydır, güvenli bir ortam oluşturur, geniş bir aydınlatma alanı sağlar, dış mekânı daha işlevsel hâle getirir ve belirli bölgeleri yeterince aydınlatır. Farklı tasarım, renk ve malzeme seçenekleri mevcuttur (Görsel 4.41).



Görsel 4.41: Bahçe aplikleri

LED Perdeler: Görsel ve dekoratif amaçlı olarak üretilen ve çeşitli LED'lerin birbirine seri bağlanmasıyla perde görüntüsünde ışık veren armatürlerdir. Bulunduğu alanı aydınlatır, süs ve eğlence amaçlı olarak kullanılır. Farklı boy ve genişliklerde üretilir (Görsel 4.42).



Görsel 4.42: Çeşitli LED perdeler

Sokak Armatürleri: Cadde, sokak (Görsel 4.45), yol, köprü, park, meydan, bahçe, toplu taşıma durakları, alışveriş alanları, okul alanları, spor alanları vb. yerlerin aydınlatılması için kullanılan ve direklerle birlikte zemine monte edilen (Görsel 4.44) armatürlerdir. Şehrin trafik güvenliğinin sağlanması ve gece saatlerinde sosyal yaşamın sürdürülmesi için gerekli armatürlerdir. Son zamanlarda LED lambalı sokak armatürleri yaygınlaşmıştır. Direklere belirli açılarda monte edilir. Sensör ve akıllı kontrol sistemleri ile donatılmıştır. Dış hava koşullarına dayanıklı olacak şekilde paslanmaz çelik, alüminyum, cam, polikarbonat, döküm demir gibi malzemelerden üretilir (Görsel 4.43). 20-30 yıl kadar kullanım ömürleri vardır.



Görsel 4.43: Çeşitli sokak armatürleri



Görsel 4.44: Direk tipi sokak armatürleri



Görsel 4.45: Asma tip sokak armatürleri

NOT

Turuncu renkteki sokak armatürleri genellikle trafik konilerini ve yol çalışmalarını vurgulamak için sürücüleri uyarmak adına kullanılır. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların yerini LED lambalar almıştır.

Solar Aydınlatma Armatürleri: Güneş enerjisi panelinin çeşitli armatürlere entegre edilmesi ile oluşan armatür modelleridir (Görsel 4.46). Solar güneş paneli üzerinden toplanan enerji ile kaliteli bir ışıklandırma oluşturur ve şebekeden elektrik kullanımını belirli oranda azaltır. Enerji tasarrufu sağlar, çevre dostudur. İçeresinde enerji depolanması için bataryalar bulunur. Gündüz ışığında enerji burada depolanır ve hava karardığında depolanan enerji kullanılır. Bu panellerin belirli periyotlarda bakımları yapılmalıdır. Birçok yol, cadde, park vb. alanların aydınlatmasında tercih edilir (Görsel 4.47).



Görsel 4.46: Çeşitli solar aydınlatma armatürleri



Görsel 4.47: Solar aydınlatma armatür uygulamaları

Fener ve Işıldak: İçeresinde yer alan pil ya da bataryadaki enerjiyi kullanarak aydınlatma sağlayan küçük ölçekli armatürlerdir. Taşınabilir özellikte olup her yere kolay götürülebilir. Fener elde, ışıldak masa üstünde kullanım özelliklidir. Her ikisinde de ışık ayarı kolaylıkla yapılabilir. Işıldaklar, çeşitli fonksiyonlar barındırabilir. Belirli periyotlarda pillerinin değişmesi ya da şarj edilmeleri gerekir (Görsel 4.48).



Görsel 4.48: Çeşitli fener ve ışıldaklar

Görsel 4.49'da iç aydınlatmada, Görsel 4.50'de dış aydınlatmada kullanılan armatür modelleri, Görsel 4.51'de ise bahçe ve sokak armatür modelleri görülmektedir.



Görsel 4.49: Çeşitli iç aydınlatma armatürü modelleri



Görsel 4.50: Çeşitli dış aydınlatma armatürü modelleri



Görsel 4.51: Bahçe ve sokak armatürü modelleri

SIRA SİZDE

Aşağıda verilen konulardan birini seçiniz. Konuya uygun olarak gerekli araştırmaları yapınız ve bu konu ile ilgili fotoğraf çekimlerini uygun ortamlarda gerçekleştiriniz. Her armatür modeli için uygun görsel ile gerekli açıklamayı yapınız. Elde ettiğiniz görsel ve yazıları uygun rapor formatında toplayıp öğretmeninize teslim ediniz. Ayrıca sunu olarak hazırlayarak sınıfta sunum işlemini yapınız.

- Ofis veya alışveriş merkezi aydınlatma armatürleri
- Müze ve resim sergisi aydınlatma armatürleri
- Köprü, park ve geçit aydınlatma armatürleri
- Sinema ve tiyatro aydınlatma armatürleri
- Halı saha ve basketbol alanı aydınlatma armatürleri
- Dış mekân aydınlatma armatürleri



Aydınlatma Armatürlerinin Uygun Kullanımları

- Ortamın seviyesine uygun genel aydınlatma armatürleri tercih ediniz.
- Yansıması yüksek armatürlerden kaçınınız.
- Gücü yüksek tek lamba yerine güçleri düşük çok sayıda lambalar kullanınız.
- Armatürü monte edilecek zemine uygun açıda yerleştiriniz.
- Aydınlatma şekline uygun armatür modeli tercih ediniz.
- şığı iyi ve etkili olarak yayacak armatürleri belirleyiniz.
- Düşük ışık tercihinde yukarı yansıtılacak armatürler seçiniz.
- Okuma gibi işlerde yerel aydınlatma armatürleri kullanınız.
- Armatürlerde LED tipi lambalar kullanınız.
- Ortama uygun armatür modelleri belirleyiniz.

2. ETKİNLİK : ARMATÜR TÜRLERİ

Görsel 4.52'de verilen armatürlerin türlerini verilen rakamlar üzerinden belirleyiniz ve sonuçları Tablo 4.2'ye yazınız. Tabloda fazla yerleştirilen armatür ismini bulunuz.



Görsel 4.52: Çeşitli armatür modelleri

Tablo 4.2: Çeşitli Armatür Modelleri

Armatür Modelleri	No.	Armatür Modelleri	No.
LED projektör armatür		Havuz armatürü	
Bahçe armatürü		Avize armatür	
Lambader armatür		Set üstü bahçe armatürü	
Kule ışığı armatürü		Solar LED bahçe armatürü	
Dekoratif armatür		Tij duy armatür	
Sokak lambası armatürü		LED bant armatür	
Çim armatürü		Tezgâh altı armatür	
Masa lambası armatürü		Tavan avize armatürü	
Aplik armatür		Wallwasher armatür	
Bahçe direk armatürü		Lineer LED armatür	

4.4. ARMATÜRLERİN SIZDIRMAZLIK (IP) VE DARBE DAYANIMINA (IK) GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Bir armatürün mekanik olarak hasar görmesi ya da kir, toz, su gibi katı veya sıvı maddelere maruz kalması düzgün ve sağlıklı çalışmasını olumsuz etkileyebilir. Bu açıdan armatürlerin katı ve sıvılara karşı sızdırmazlığını veya darbelere karşı dayanıklılığını ortaya koyan testler önemlidir. Armatürler, bu testlerin sonuçlarına göre koruma derecesi ve dayanım açısından sınıflandırılır.

4.4.1. Armatürlerin Sızdırmazlığa (IP) Göre Sınıflandırılması

Sızdırmazlık (IP-Ingress Protection); armatürlerin toz, nem, su ve sprey gibi maddelere karşı koruma derecesini tanımlayan uluslararası bir ölçüttür. Bir armatürün sızdırmazlık derecesi o armatürün katı veya sıvı maddelere karşı dayanıklılığını ifade eder. Sızdırmazlık IP harfleriyle sembolize edilir ve bunu daha sonra iki rakam takip eder (IP85, IP59 vb.). IP harflerinden sonraki sayı ne kadar büyük olursa sızdırmazlık derecesi o kadar iyi demektir. Bazı armatürlerde IP harflerinden sonraki sayı yerine "X" harfi kullanılır. Bu, o armatürün sızdırmazlığının henüz test edilmediği anlamına gelir (IPX4, IPX9 vb.).

Armatürlerin katı cisimlere karşı sızdırmazlık düzeyleri hakkındaki bilgiler Tablo 4.3'te yer almaktadır. IP'den sonra yer alan ilk rakam "X" toz ve küçük katı maddelerin girişini engellemeye karşı armatürün koruma düzeyini gösterir. Bu açıdan IP harflerinden sonraki ilk rakamın büyüklüğü armatürün katı cisimlere karşı koruma seviyesiyle doğru orantılıdır. Bu rakam 0 ile 6 arasında bir değer olabilir.

Tablo 4.3: Armatürlerin Katı Cisimlere Karşı Sızdırmazlık Düzeyi

Seviye	Etkili Olduğu Alan	Açıklama
X	-	Armatürün herhangi bir koruma düzeyi olduğuna dair veri bulunamadığı anlamına gelir.
0	-	Armatürün sadece temas ve nesnelerin girişine karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
1	**> 50 mm**	Armatürün elin arka tarafı, yanak veya kafa gibi vücudun geniş bir yüzeyinin kasıtlı temasına karşı korumalı olup toz, cisim ve nesnelere karşı korumasız olduğu anlamına gelir.
2	**> 12,5 mm**	Armatürün parmak gibi kısmen daha küçük nesnelere karşı korumalı olup 12,5 mm'den küçük cisimlere karşı korumasız olduğu anlamına gelir.
3	**> 2,5 mm**	Aletler, kalın teller veya 2,5 mm'den büyük cisimlere karşı armatürün korumalı olduğu anlamına gelir.
4	**>1 mm**	Birçok kablo çeşidi ve ince vidalara; karınca, kırkayak vb. canlılara karşı armatürün korumalı olduğu anlamına gelir.
5	**Toz korumalı**	Tozlara karşı korumalı olup armatür içerisine toz girişi tamamen önlenemez anlamına gelir. Tozun armatürün çalışmasını engelleyecek ya da çalışmasında sıkıntılar oluşturacak ölçüde içeriye girmesini engeller.
6	**Toz geçirmez**	Armatür toz girişine karşı tamamen korumalıdır. Armatür içerisine hiçbir şekilde toz vb. nesne giremez ve armatür sağlıklı bir şekilde çalışır. Armatürün katı cisimlere karşı sızdırmazlık olarak en güvenilir düzeyde olduğu seviyedir.

Armatürlerin **sıvılara karşı** sızdırmazlık düzeyi hakkındaki bilgiler Tablo 4.4'te yer almaktadır. IP derecesinin yanındaki **ikinci rakam "Y"** armatürün sıvılara (nem, sprey, damlama, su vb.) karşı koruma düzeyini ifade eder.

Tablo 4.4: Armatürlerin Sıvı Cisimlere Karşı Sızdırmazlık Düzeyi

Seviye	Etkili Olduğu Alan	Açıklama
Y	-	Belirlenen ölçütlere göre herhangi bir koruma seviyesi tespit edilmediği anlamına gelir.
0	**Hiçbir sıvı**	Sıvı sızmasına karşı herhangi bir koruma seviyesine sahip olmadığı anlamına gelir.
1	**Su damlamaları**	Suyun dikey olarak damladığı durumda 10 dakika test edilmiştir. Su damlamalarına karşı sızdırmazlığın düşük olduğunu gösterir.
2	**15° eğildiğinde su damları**	Armatür yaklaşık 15° eğildiğinde dikey olarak damlayan suyun armatüre zararlı bir etki olmayacaktır. 10 dakika test edilmiştir.
3	**Su püskürtme, sprey vb. durumlarda**	Su püskürtmeleri veya sprey gibi sıvılar yaklaşık 60 derece açıyla armatür üzerine düştüğünde armatürde herhangi bir zararlı etki oluşmayacaktır. 5 dakika test edilmiştir.
4	**Olası su sıçrama durumlarında**	Herhangi bir yönden sıçrayan su armatür üzerinde zararlı etki oluşturmayacaktır. 10 dakika test edilmiştir.
5	**Su fıskiyesinden su gelmesi durumunda**	Herhangi bir yönden armatüre ağzı 6,3 mm olan su fıskiyesi ile su püskürtülmesi durumunda püskürtülen suyun olumsuz bir etkisi görülmemiştir. 3 dakika test edilmiştir.
6	**Fıskiye ile güçlü şekilde su püskürtülmesi durumunda**	Armatüre herhangi bir yönden ağzı 12,5 mm olan bir fıskiye tarafından su püskürtülmüş ve armatür üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi görülmemiştir. 3 dakika test edilmiştir.
7	**Armatürü 1 m'ye kadar sıvıya daldırma**	Armatür 1 m'ye kadar suya yaklaşık olarak 30 dakika daldırılmış ve zarar verecek ölçüde su girişi olmadığı tespit edilmiştir.
8	**Armatürü 1 m'den daha fazla derinliğe daldırma**	Armatürün sürekli olarak suya daldırılmaya uygun olarak üretildiği anlamına gelir. Genellikle 3 m'ye kadar, armatür üzerinde herhangi bir zararlı etki oluşmaz.



ÖRNEK

IP55 ve IP20 numaralı armatürlerin sızdırmazlık durumlarını bulunuz.



ÇÖZÜM

IP55, armatür toz veya her yönden gelebilecek düşük basınçlı su fıskiyesindeki suya karşı sınırlı korumaya sahiptir.

IP20, armatürün parmak veya küçük nesnelere karşı düşük korumaya sahip olduğu ve hiçbir sıvıya karşı dayanıklı olmadığı anlamına gelir.



SIRA SİZDE

IP33, IP66 ve IP45 numaralarına sahip armatürlerin sızdırmazlıklarını yorumlayınız.

Armatür koruma sınıfları bütün olarak ele alındığında IPXY olarak gösterilme durumları Tablo 4.5'te özetlenmiştir.

Tablo 4.5: Armatürlerin Sıvı Cisimlere Karşı Sızdırmazlık Düzeyi

IP XY **Toza ve suya karşı koruma**			**2. rakam "Y" (suya karşı koruma derecesi)**								
			Korumasız.	Damlayan suya karşı korumalı.	15 dereceye kadar damlayan suya karşı korumalı.	60 dereceye kadar damlayan suya karşı korumalı.	Sıçrayan suya karşı korumalı.	Su püskürtmesine karşı korumalı.	Şiddetli deniz dalgalarına karşı korumalı.	Suya daldırmanın etkilerine karşı korumalı.	Su altında kalmaya karşı korumalı.
			0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1. rakam "X" (katıya karşı koruma derecesi)	Korumasız.	**0**	IP 00	IP 01	IP 02	-	-	-	-	-	-
	50 mm'den büyük katı cisimlere karşı korumalı.	**1**	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13	-	-	-	-	-
	12 mm'den büyük katı cisimlere karşı korumalı.	**2**	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23	-	-	-	-	-
	2,5 mm'den büyük katı cisimlere karşı korumalı.	**3**	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34	-	-	-	-
	1 mm'den büyük katı cisimlere karşı korumalı.	**4**	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46	-	-
	Toza karşı korumasız.	**5**	-	-	-	-	IP 54	IP 55	IP 56	-	-
	Toz geçirmez.	**6**	-	-	-	-	-	IP 65	IP 66	IP 67	IP 68

4.4.2. Armatürlerin Darbe Dayanımına (IK) Göre Sınıflandırılması

Darbe dayanımı (IK-Impact Kinetic) sınıflandırılması 2002 yılında kabul edilmiş uluslararası Avrupa standardıdır. Mekanik aşınmaya ve zamanla meydana gelen yıpranmaya karşı armatürün dayanıklılığını ya da direncini belirtir. IK değeri zorlu çevre koşullarında, mekanik veya fiziksel darbenin olma ihtimalinin yüksek olduğu ortamlarda LED aydınlatmaların seçiminde önemli bir ölçüttür. IK derecesi iki sayıdan oluşur ve 1 ila 10 arası bir değer alır (IK01, IK09, IK10 vb.). Sayı ne kadar yüksek olursa armatürün darbe dayanımı o kadar yüksektir.

IK test aşamasında, armatür üzerine yüksekten bir cisim bırakılarak kinetik enerji oluşturulur. Kinetik enerjinin birimi joule olup cisim üzerinde oluşacak joule miktarı belirlenir. Bu test kontrollü bir ortamda, belirli yükseklik ve açıdan, belirli ağırlıkta bir cismin bırakılması şeklinde gerçekleşir. Bu kontrollü test aynı armatür üzerine üç kez yapılır ve ortaya çıkan kinetik enerji miktarına bakılarak armatürün dayanıklılığı (IK derecesi) ölçülür.

IK derecesinin ölçülmesinde üç farklı çekiç kullanılır. Bunlar yaylı çekiç, serbest düşen çekiç ve sarkaçlı çekiçtir. **Yaylı çekiç** IK01'den IK06'ya kadar, **serbest düşen çekiç** IK07'den IK10'a kadar, **sarkaç çekiç** IK01'den IK10'a kadar darbe dayanımını test etmek için kullanılır. Test, lambalar tamamen monte edilmiş hâldeyken gerek duyulan hava sıcaklığı ve basıncında gerçekleşir. Çekiç türü armatürün çalışma gerilimine göre belirlenir. Test sonucu çıkan IK derecesi armatürün tamamı için geçerli olur.

Armatürlerin darbe dayanım kodları ve bu kodlara göre sınıflandırmalar şöyledir:

- **IK00:** Test edilen armatürün darbe dayanım standardında herhangi bir korumasının olmadığı anlamına gelir.
- **IK01:** Etkilenen yüzeyin 56 mm yükseklikten **(>56 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 0,25 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK02:** Etkilenen yüzeyin 80 mm yükseklikten **(>80 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 0,25 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK03:** Etkilenen yüzeyin 150 mm yükseklikten **(>150 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 0,25 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK04:** Etkilenen yüzeyin 200 mm yükseklikten **(>200 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 0,25 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK05:** Etkilenen yüzeyin 280 mm yükseklikten **(>280 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 0,25 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK06:** Etkilenen yüzeyin 400 mm yükseklikten **(>400 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 0,25 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK07:** Etkilenen yüzeyin 400 mm yükseklikten **(>400 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 0,50 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK08:** Etkilenen yüzeyin 300 mm yükseklikten **(>300 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 1,70 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK09:** Etkilenen yüzeyin 200 mm yukarısından **(>200 mm)** düşen ve ağırlığı 5,0 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.
- **IK10:** Etkilenen yüzeyin 400 mm yükseklikten **(>400 mm)** üzerine düşen ve ağırlığı 5,0 kg olan bir cismin oluşturacağı darbeye karşı korumalı olduğu anlamına gelir.

NOT

Armatürün IK düzeyi kullanılacağı ortama göre seçilir. Yatak odası, oturma odası gibi yerler için IK düzeyi düşük armatürler; depo, sokak, stadyum gibi yerler için ise IK düzeyi yüksek armatürler tercih edilir.

SIRA SİZDE

Aşağıda verilen bilgilerden yola çıkarak hangi darbe dayanım koda sahip olabileceğini belirleyiniz.

- 450 mm yükseklikten 0,90 kg ağırlığında düşen cisim : .....
- 90 mm yükseklikten 0,30 kg ağırlığında düşen cisim : .....
- 600 mm yükseklikten 5,0 kg ağırlığında düşen cisim : .....

4.5. DİREKT VE ENDİREKT AYDINLATMA ARMATÜRLERİ

Işığın dağılımına göre armatürler altı çeşit gruplandırılır (Görsel 4.53):

Direkt (Doğrudan, Dolaysız) Aydınlatma Armatürleri: Armatürlerden çıkan ışığın %90 ila %100'ü doğrudan çalışma alanına ulaşır. Bu tür armatürler yüksek enerji verimliliği sağlar. Downlight tipi armatürler buna örnek verilebilir. Bu armatürlerin kullanımında kamaşmaları önlemek için gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

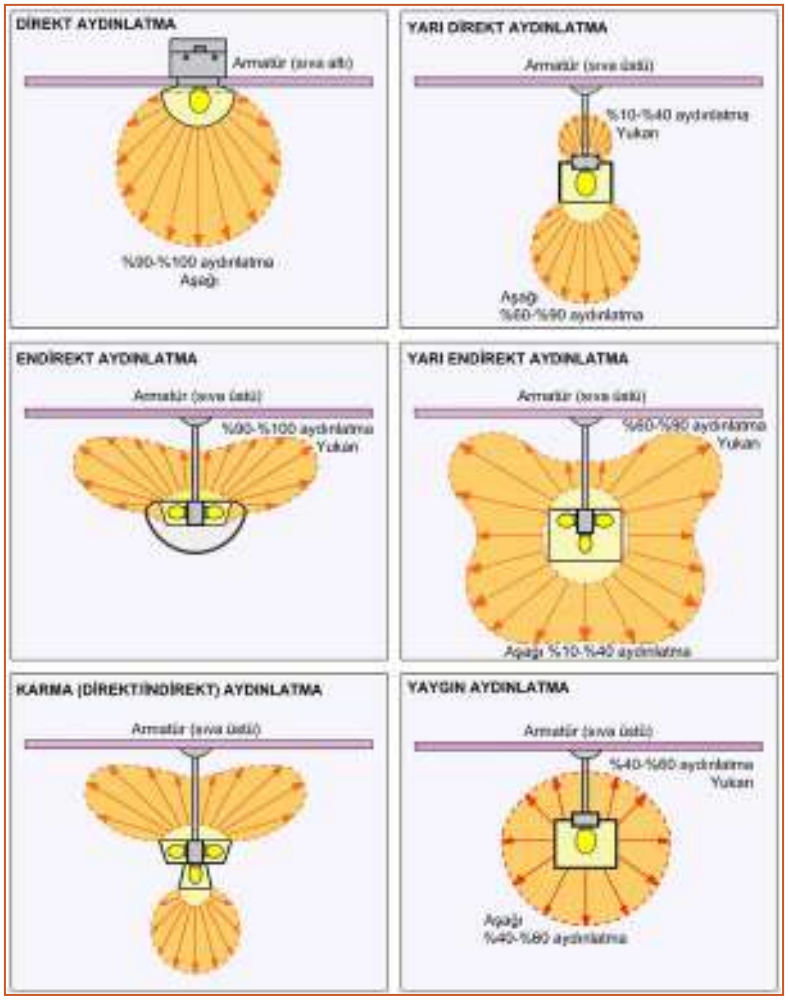
Yarı Direkt Aydınlatma Armatürleri: Işığın %60 ila %90'ı aşağı alana, %10 ila %40'ı ise yukarı alana doğru yayılır.

Endirekt (Dolaylı) Aydınlatma Armatürleri: Işığın %90 ila %100'ü yukarı alana yayılır. Bu durum direkt aydınlatma ile zıtlık gösterir. Ancak burada yukarı gönderilen ışık tavana veya duvarlara çarparak çalışma alanını dolaylı şekilde aydınlatır. Enerji verimliliği direkt aydınlatmaya göre düşüktür ama kamaşma riski oldukça azdır. Işık alana doğrudan gelmediği için gözü yormaz ve akustik bir ortam yaratır.

Yarı Endirekt (Yarı Dolaylı) Aydınlatma Armatürleri: Işığın %10 ila %40'ı aşağı, %60 ila %90'ı ise yukarı alana doğru yayılır.

Karma (Direkt/Endirekt) Aydınlatma Armatürleri: Işığın %40 ila %60'ı aşağı, %40 ila %60'ı ise yukarı alana doğru yayılır. Işık doğrudan ve dolaylı olarak tavandan zemine doğru yayılır.

Yaygın Aydınlatma Armatürleri: Işığın %40 ila %60'ı aşağı, %40 ila %60'ı ise yukarı alana doğru yayılır. Cam veya plastik globlar bu armatürlere örnek verilebilir.



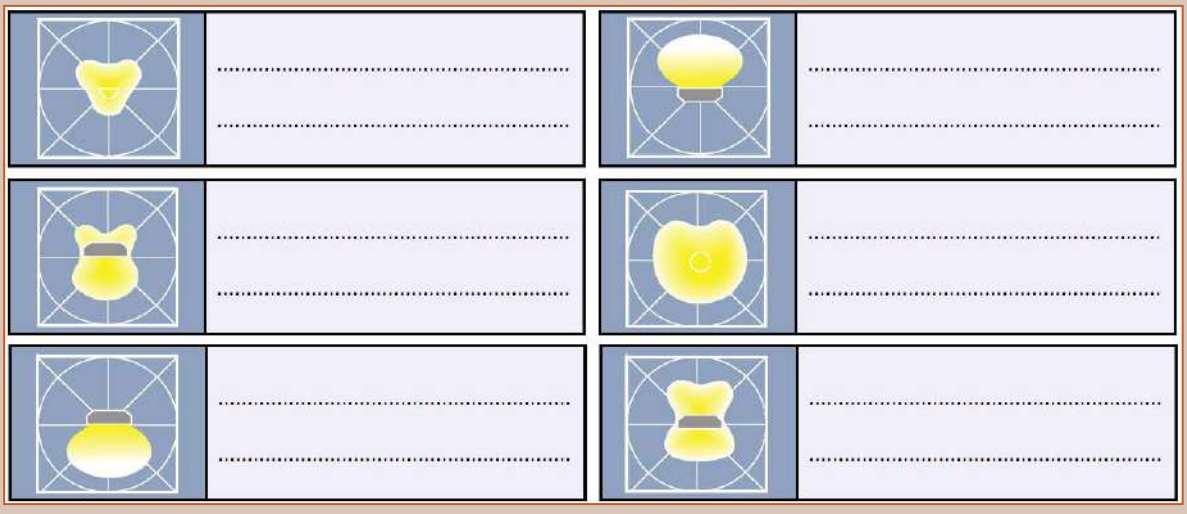
Görsel 4.53: Işığın dağılımına göre armatür çeşitleri

NOT

Karma ile yaygın armatürlerin ışık dağılımları benzerlik göstermektedir. Ancak karma armatürlerde yana doğru ışıma olmaz ve ışık aşağı yukarı gidecek şekilde ayarlanmıştır. Yaygın armatürlerde ise ışık her alana gidecek şekilde ayarlanmış olup karma aydınlatmaya göre daha homojen bir ışık dağılımı görülmektedir.

3. ETKİNLİK : DİREKT VE ENDİREKT AYDINLATMA TÜRLERİ

Görsel 4.54'te ışık dağılım eğrilerine sahip altı farklı armatür verilmiştir. Buna göre bu armatürlerin isimlerini bulup ve ilgili alanlara yazınız.



Görsel 4.54: Işığın dağılımına göre armatür eğrileri

BİLGİ KUTUSU

ENERJİ TASARRUFU YAPMAK ÖNEMLİ!

En ucuz enerji, tasarruf edilen enerjidir. Geleceğe enerjin kalsın (Görsel 4.55).



Görsel 4.55: Enerji tasarrufu

SIRA SİZDE

Sıva üstü olan ve aynı güç özelliğe sahip direkt ve endirekt tipli iki farklı armatür modeli seçiniz. Her ikisini uygun zemine monte ediniz ve kablo bağlantılarını yapınız. Her bir armatürü sırayla çalıştırarak zemine yaydığı ışığı ilgili ölçü aleti kullanarak ölçünüz ve gerekli ölçüm notlarını alınız. İşlem sonunda armatürlerin yaydıkları ışık dağılımlarının grafiklerini oluşturunuz ve ölçüm sonuçlarını yorumlayınız. Sonuçları sınıfta tartışınız.

4.6. ARMATÜRLERİN ÜRETİM ONAY TESTLERİ

Aydınlatma armatürü, iç ve dış mekânda kullanılan önemli aydınlatma bileşenidir. Kullanıcıların güvenliği için armatürün topraklama direnci, yalıtım gibi belli standartlara uygun olup olmadığının test edilmesi gerekir. Armatür; içindeki bileşenlerin yangın riskine, aşırı ısınmaya ve olası bir elektrik kaçağındaki çarpma durumları gibi tehlikelere karşı da test edilmesi gerekir. Bu testler üretici firma ve firma dışından özel denetçiler tarafından kayıt altına alınır.

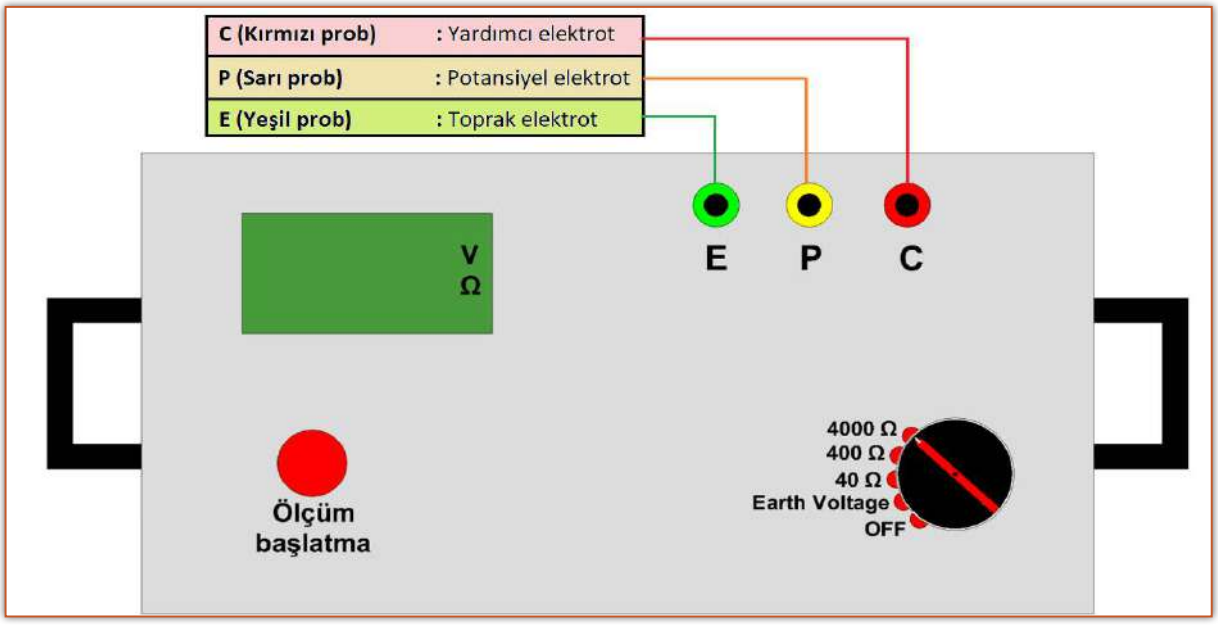
4.6.1. Topraklama Direnci ve Meger Ölçü Aleti

Elektrikli cihazlarda çalışma gerilimi altında olmayan metal kısımların bir iletken üzerinden toprak ile birleştirilmesi işlemine **topraklama** denir. Toprak ile bağlantı çeşitli şekillerdeki toprak elektrotları aracılığı ile sağlanır.

Topraklama armatürler için de gereklidir. Topraklama güvenliği sağlanmış armatürde olası bir elektrik kaçağı anında elektrik akımı temasta bulunan insan üzerinden değil toprak hattı üzerinden geçerek toprağa akar. Böylece topraklama sayesinde temasta bulunan kişinin elektrik akımına maruz kalmasının önüne geçilmiş olur. Elektrik akımının insan üzerinden değil topraklama üzerinden toprağa akması için topraklama direncinin düşük, hatta sıfıra çok yakın olması istenir. Topraklamanın yapılmadığı bir armatürde olası bir elektrik kaçağında can güvenliği tehlike altına girmiş olur. Can kayıpları yaşanabilir. Topraklamasız armatürde yalıtım sorununu olması durumunda yangın riski de oluşur.

Toprağın elektrik akımını geçirebilmesi sırasında gösterdiği tepkiye **topraklama direnci** denir. Bu direnç **toprak megeri** adı verilen ölçü aleti ile ölçülür. Meger yalıtkanlık direnci ölçümünde kullanılan ölçü aletidir. Taşınabilir özellikte bir ölçü aleti olup ohmmetreye benzer şekilde portatif özelliktedir. Topraklama direncinin ölçümünde armatürdeki iletken ve metal kısımların toprağa karşı yalıtımı ölçülür.

Görsel 4.56'da megerin yapısı görülmektedir.



Görsel 4.56: Megerin yapısı

NOT

Firmalara göre megerin yapısında farklılık gösterebilir. Bu nedenle ilgili firmanın kullanma kılavuzunu indirip inceleyebilirsiniz.

Genel olarak DC gerilim üreten bir jeneratördür. 100 V, 250 V, 500 V, 625 V, 1 kV, 1,25 kV, 2,5 kV ve 5 kV DC gerilim üretebilir. Meger cihazı 100 V ve üzeri gerilimleri üretip hatta vererek ölçüm yapar. Gerilim değeri yüksek megerler daha isabetli ölçüm yapabilir. Bununla birlikte DC veya AC akımla ölçüm yapılabilse de DC akımla yapılan sonuçlar daha isabetli olur. Bu nedenle çoğu meger cihazı sadece DC akımla ölçüm yapar.

Topraklama direncini ölçmek için yapılması gereken işlem adımları şunlardır:

- Öncelikle megere ait yeşil prob binanın topraklama barası ya da kablosuna bağlanmalıdır. Bara ya da kablonun, bina içi topraklama sisteminden ayrılması gerekir.
- Sarı prob, binadan 10 m uzaklıkta toprağa çakılmış olan ilk metal kazığa bağlanmalıdır.
- İkinci kazık, sarı probtan 10 m, binadan ise 20 m uzakta olacak şekilde aynı doğrultu üzerinde toprağa çakılmalıdır. Kırmızı prob da bu ikinci kazığa bağlanmalıdır.
- Ölçüme başlanmadan önce problar renklerine dikkat edilerek megerdeki renkler ile uyumlu olacak şekilde megerdeki yerlerine takılır.
- Megerdeki kademe "OFF" konumundan "Earth Voltage" konumuna alınır.
- Displayde gösteren değerin 10 V altında olması doğru ölçüm yapıldığı anlamına gelir. Değer 10 V üzerindeyse sistemde bir kaçak olduğu anlaşılır. Bu durumda gerilim kaçağı bulunana kadar ölçüm yapılmamalıdır.
- Kademe daha sonra "4000 Ω" değerine alınır.
- "Ölçüm başlatma" butonuna basılır.
- Ölçülen değer "40 Ω-400 Ω" arasındaysa "400 Ω" kademesinde, "40 Ω" altındaysa "40 Ω" kademesinde "Ölçüm başlatma" butonu ile tekrar ölçüm yapılır. Bunun sebebi ölçümün daha hassas şekilde yapılmasını sağlamaktır.

Tablo 4.6'da megerin teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 4.6: Megerin Teknik Özellikleri

Toprak direnci testi	0 ~ 40 Ω 0 ~ 400 Ω 0 ~ 4000 Ω	±2 % rdg ± 0.2W ±2 % rdg ± 3dgt ±2 % rdg ± 3dgt
Toprak gerilim testi	0 ~ 400 Vac (50/60Hz)	±1 % rdg ± 6dgt

4.6.2. Topraklama Sürekliliği

Bir iletken aracılığı ile topraklama hattının başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar sağlıklı şekilde ulaşıp ulaşmadığının kontrol edilmesi işlemine **topraklama sürekliliği (devamlılığı)** denir. Armatürün kullanıcılar tarafından temas edilebilecek metal aksamlarının topraklama kablosuna iyi bir şekilde bağlanıp bağlanmadığının kontrolü için topraklama sürekliliği test edilir.

Topraklama sürekliliği test cihazı, topraklama kablosu ile metal aksam arasındaki temas direncini Ohm yasasına göre ölçer. Akım ve voltaj değerleri test cihazı ile ölçülür ve Ohm kanunu ile direnç değeri hesaplanır. Topraklama yönetmeliği, topraklama sürekliliği ölçümünde sınır değeri 1 Ω olarak belirlemiştir. Ölçülen topraklama sürekliliği direnci 1 Ω'dan büyük olmamalıdır. Direncin 1 Ω'dan büyük olması hâlinde iletken kesitinin uygun olmadığı anlaşılır. Bu durumda iletken daha büyük kesitli bir iletken ile değiştirilmelidir.

4.6.3. Fonksiyon Testi

Armatürün kullanım kılavuzunda belirtildiği şekilde çalışıp çalışmadığını doğrulamak için yapılan teste **fonksiyon testi** denir. Daha çok LED armatürler için geçerli olan bir test türüdür. Bu testle aydınlatma armatüründe bir çeşit kalite kontrolü yapılmış olur. Garanti belgesinin doğru şekilde uygulanmasını sağlar.

Armatürlerin üretim onayı alabilmesi için yapılan testlerden biri olan fonksiyon testinde armatürün güç tüketimi, açılıp kapanması ve varsa armatürdeki yardımcı elemanların teknik amaçlarına uygun çalışması test edilir. Böylece hem armatürün hem de bileşenlerinin çalışması kontrol edilmiş olur.

Fonksiyon testinin amacı, ürünün tüketiciler tarafından sağlıklı ve güvenli şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Fonksiyon testi üretici firma ya da bağımsız denetçi firmalar tarafından yapılabilir.

Armatürlerin fonksiyon testleri önceden planlanmış takvim çerçevesinde düzenli olarak yapılır ve test sonuçları armatür test kayıt formuna işlenerek kayıt altına alınır. Kayıt altına alınan bilgiler ışığında armatüre onay verilip verilmeyeceğine karar verilir.

4.6.4. Yalıtım Testi

Yalıtım testinde direnç değerine bakılır. Yalıtım ile direnç ters orantılıdır. İyi yalıtılmış bir ürün yüksek direnç değerine sahip olur. Yalıtım testi ile armatürlerin direnç değerleri yani yalıtım seviyeleri tespit edilir. Bu test aşamasında armatürün yalıtım direnci **Ω** cinsinden ölçülür. Genellikle MΩ cinsinden yüksek değerde ölçüm gerçekleşir. Bu nedenle yalıtım testine **yüksek direnç testi** denir. Yalıtım testi, "İzolasyon Megeri" adı verilen ölçü aleti ile yapılır.

SIRA SİZDE

Toprağın nemli veya ıslak olması topraklama direncini nasıl etkiler? Araştırınız ve elde ettiğiniz sonuçları sınıfta sunu şeklinde paylaşınız.



4.1. UYGULAMA AVİZE MONTAJI VE ÇALIŞMA TESTİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Avize parçalarını birleştirerek tavana montajını yapmak ve çalışmasını test etmek.

GÖREV

Görsel 4.57'de çeşitli aydınlatma armatür modelleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek armatürü montaj kılavuzuna uygun şekilde tavana monte ediniz ve çalıştırınız.



Görsel 4.57: Çeşitli avizeler

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Aydınlatma seti	Sıva üstü	1 adet
Avize armatür	Tavandan sarkıtmalı	1 adet
LED lamba	Uygun güçte (Armatür duy sayısı kadar seçilecek.)	3-6 adet
Kablo	1,5 mm^2 NYA veya NYY	2-10 m
Komütatör anahtar	Sıva altı	1 adet
Sigorta	10 A, W otomat	1 adet
Kancalı vida		1-2 adet
Klemens	Dörtlü	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, kontrol kalemi	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 4.57'dekilere benzer bir aydınlatma armatürünü ilgili katalogdan belirleyip temin ediniz.
3. Kullanım kılavuzunda verilen talimatlara göre armatürün parçalarını birleştiriniz.
4. Armatür montajı yapılacak alana kablo tesisatını uygun ölçülerde çekiniz.

5. Sıva altı komütatör anahtarını faz yönlerine dikkat ederek kasaya monte ediniz.
6. Kancalı vidayı tesisata zarar vermeden armatüre uygun olacak şekilde tavana monte ediniz.
7. Aydınlatma tesisatının tavan kısmındaki kablo uçlarına klemensi yerleştirip vidalayınız.
8. Armatürü arkasında bulunan askı deliğinden kancalı vidaya takınız.
9. Klemensteki faz, nötr ve toprak kablolarına dikkat ederek armatürün elektrik bağlantısını yapınız.
10. Kablo bağlantısı sonrasında sarkan kabloları armatür dış kapağının içine yerleştirilebilecek şekilde toplayınız.
11. Armatürün dış kapağını tavana doğru iterek vidalayınız.
12. Armatürün düzgün durup durmadığını kontrol ediniz.
13. Armatür içindeki duylara lambaları yerleştiriniz.
14. Öğretmen kontrolünde tesisata enerji veriniz.
15. Komütatör anahtarın düğmelerine sırayla basıp lambaların yandığını gözlemleyiniz.
16. Devrenin enerjisini kesip armatürü tavandan sökünüz.
17. Malzemeleri teslim ediniz ve çalışma ortamını temizleyiniz.

SORULAR

1. **Çok sayıda lamba duyuna sahip armatürlerin montajı nasıl yapılır?**
2. **Asma tipli olmayan avizeler tavana nasıl monte edilir?**
3. **Bir avizenin lamba ile iç kablo bağlantı şemasını çiziniz.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** Armatür parçalarını kullanım kılavuza uygun birleştirdi.	15	
Numarası		**3.** Armatür kablo tesisatını doğru çekti.	10	
İmza		**4.** Kancalı vidayı tavana, doğru yerleştirdi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Sıva altı komütatör anahtarını doğru monte etti.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Armatür kablolarını klemense, doğru yerleştirdi.	15	
Tarih		**7.** Armatürü özelliğine uygun çalıştırdı.	10	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

4.2. UYGULAMA — LAMBADER VEYA ABAJURUN MONTAJI VE ÇALIŞMA TESTİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Lambader veya abajurun montajını yaparak çalışmasını test etmek.

GÖREV

Görsel 4.58'de çeşitli lambader ve abajur modelleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek lambader veya abajur armatür modelinden birini seçiniz, montaj kılavuzuna uygun şekilde monte ediniz ve çalıştırınız.



Görsel 4.58: Lambader ve abajurlar

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Aydınlatma seti	Sıva üstü	1 adet
Lambader armatür	Renkli	1 adet
Abajur armatür	Masa üstü	1 adet
LED lamba	Uygun güçte	1 adet
Kablo	1,5 mm^2 NYA veya NYY	2-10 m
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, kontrol kalemi	-
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 4.58'dekilere benzer bir lambader veya abajuru ilgili katalogdan belirleyip temin ediniz.
3. Lambader veya abajurun kullanım kılavuzunda verilen talimatlara göre parçalarını birleştiriniz.

4. Bağlantıları tekrar gözden geçirerek doğru şekilde bağlantı yaptığınızdan ve herhangi bir güvenlik riski oluşmadığından emin olunuz.
5. Lambader veya abajurun başlığını istenen yönde ve düzeyde sabitleyiniz.
6. Lambader veya abajurun sabit olduğundan ve devrilmeyecek şekilde dik durduğundan emin olduktan sonra LED lambayı duya yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde lambader veya abajuru, fişi prize takarak çalıştırınız.
8. Lambanın yandığını gözlemleyiniz.
9. Lambader veya abajuru güvenli bir kısmından tutarak aynı alanda 10-20 cm uzaklıktaki farklı bir noktaya taşıyıp ışık yönünü değiştiriniz. Lambader veya abajurun sağlıklı çalışıp çalışmadığından emin olunuz.
10. Devrenin enerjisini kesip lambader veya abajuru sökünüz.
11. Malzemeleri teslim ediniz ve çalışma ortamını temizleyiniz.

SORULAR

1 **Lambader ile abajur arasında ne gibi farklılık vardır? Açıklayınız.**
2. **Lambader ile abajur arasında aydınlatma verimliliği nasıl değişir? Açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Armatür parçalarını kullanım kılavuza uygun birleştirdi.	15	
Numarası		**3.** Armatür kablo tesisatını doğru çekti.	20	
İmza		**4.** Armatür fişini prize doğru taktı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Sıva altı komütatör anahtarını doğru monte etti.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Armatür kablolarını anahtara, doğru yerleştirdi.	10	
Tarih		**7.** Armatürü özelliğine uygun çalıştırdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

4.3. UYGULAMA APLİK MONTAJI VE ÇALIŞMA TESTİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Apliğin duvara montajını yaparak çalışmasını test etmek.

GÖREV

Görsel 4.59'da çeşitli aplik modelleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek uygun aplik modelini seçiniz, montaj kılavuzuna uygun şekilde duvara monte ediniz ve çalıştırınız.



Görsel 4.59: Çeşitli aplikler

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Aydınlatma seti	Sıva üstü	1 adet
Aplik armatür	Alüminyum	1 adet
Aplik lamba	LED	1 adet
Kablo	1,5 mm^2 NYA veya NYY	2-10 m
Adi anahtar	Sıva altı	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, kontrol kalemi	-
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 4.59'dakilere benzer bir apliği katalogdan belirleyip temin ediniz.
3. Kullanım kılavuzunda verilen talimatlara göre aplik parçalarını birleştiriniz.

4. Apliğin yayacağı ışık yönüne (yukarı veya aşağı) karar vererek montaj yapılacak alanı belirleyiniz.
5. Apliğe uygun kablo tesisatını uygun ölçülerde çekiniz.
6. Sıva altı adi anahtarını uygun şekilde monte ediniz.
7. Aplik tabanını tesisata zarar vermeden armatüre uygun olacak şekilde duvara monte ediniz.
8. Faz, nötr ve toprak kablolarına dikkat ederek aplik kablo bağlantılarını yapınız.
9. Apliği aydınlatmak istediğiniz yöne doğru döndürerek sabitleyiniz.
10. Öğretmen kontrolünde tesisata enerji veriniz.
11. Adi anahtarına basarak apliğin yandığını gözlemleyiniz.
12. Devrenin enerjisini kesip apliği duvardan sökünüz
13. Malzemeleri teslim ediniz ve çalışma ortamını temizleyiniz.

SORULAR

1. **Apliklerin kullanım alanlarına beş örnek veriniz.**
2. **Apliklerin abajurdan farklarını yorumlayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Aplik parçalarını kullanım kılavuza uygun birleştirdi.	15	
Numarası		**3.** Aplik kablo tesisatını doğru çekti.	20	
İmza		**4.** Aplik tabanını duvara, doğru monte etti.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Sıva altı adi anahtarı doğru monte etti.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Apliği aydınlatılmak istenen yöne doğru sabitledi.	10	
Tarih		**7.** Apliği özelliğine uygun çalıştırdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

4.4. UYGULAMA — LED PROJEKTÖR MONTAJI VE ÇALIŞMA TESTİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

LED projektörün duvara montajını yaparak çalışmasını test etmek.

GÖREV

Görsel 4.60'ta çeşitli LED projektör modelleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek uygun LED projektör modelini seçiniz, montaj kılavuzuna uygun şekilde duvara monte ediniz ve çalıştırınız.



Görsel 4.60: Çeşitli LED projektörler

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Aydınlatma seti	Sıva üstü	1 adet
LED projektör	Uygun güçte	1 adet
Kablo	1,5 mm² NYA veya NYY	2-10 m
Adi anahtar	Sıva altı	1 adet
Sigorta	10 A, W otomat	1 adet
Klemens	Üçlü	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, kontrol kalemi	-
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 4.60'takilere benzer bir LED projektörü ilgili katalogdan belirleyip temin ediniz.
3. Kullanım kılavuzunda verilen talimatlara göre projektörün parçalarını birleştiriniz.

4. LED projektörün yayacağı ışık yönüne (yukarı veya aşağı) karar vererek montaj yapılacak alanı belirleyiniz.
5. Sıva altı adi anahtarını uygun şekilde monte ediniz.
6. LED projektörün monte edileceği duvarda uygun noktayı belirleyip, kalemle işaretleyerek duvardaki kablo tesisatına zarar vermeden uygun matkap ucuyla deliniz.
7. Deliğe dübeli yerleştiriniz.
8. LED projektörün yön ayar kolunu duvara vidalayıp sabitleyiniz.
9. Faz, nötr ve toprak kablolarına dikkat ederek LED projektör kablo bağlantılarını yapınız.
10. LED projektörü aydınlatacağı yöne doğru çevirip kol somunlarıyla sabitleyiniz.
11. Öğretmen kontrolünde tesisata enerji veriniz.
12. Adi anahtarına basarak LED projektörün yandığını gözlemleyiniz.
13. Devrenin enerjisini kesip LED projektörü yerinden sökünüz.
14. Malzemeleri teslim ediniz ve çalışma ortamını temizleyiniz.

SORULAR

1. **LED projektörlerin normal özellikli projektörlere göre avantaj ve dezavantajlarını açıklayınız.**
2. **LED projektörde LED kullanmanın ortam aydınlatmasına katkılarını yorumlayınız.**
3. **Aynı lümen değerine sahip iki farklı LED projektörde farklı güçte ve sayıda LED kullanmanın diğer özellikler açısından farklarını yorumlayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** LED projektörparçalarını kullanım kılavuza uygun birleştirdi.	15	
Numarası		**3.** LED projektör kablo tesisatını doğru çekti.	20	
İmza		**4.** LED projektör kolunu duvara, doğru monte etti.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Sıva altı adi anahtarı doğru monte etti.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Aydınlatılan yöne gelecek şekilde projektörü sabitledi.	10	
Tarih		**7.** LED projektörü özelliğine uygun çalıştırdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

4.5. UYGULAMA BAHÇE ARMATÜRÜ MONTAJI VE ÇALIŞMA TESTİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Bahçe armatürünün montajını yaparak çalışmasını test etmek.

GÖREV

Görsel 4.61'de çeşitli bahçe armatürü modelleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek uygun tipli bahçe armatürünü seçiniz, montaj kılavuzuna uygun şekilde duvara veya zemine monte ediniz ve çalıştırınız.



Görsel 4.61: Çeşitli bahçe armatürleri

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Aydınlatma seti	Sıva üstü	1 adet
Bahçe armatür	Armatür direğine sahip	1 adet
LED lamba	Uygun güçte	1 adet
Kablo	1,5 mm^2 NYA veya NYY	2-10 m
Komütatör anahtar	Sıva altı	1 adet
Sigorta	10 A, W otomat	1 adet
Klemens	Üçlü	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, kontrol kalemi	-
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 4.61'dekilere benzer bahçe armatürünü ilgili katalogdan belirleyip temin ediniz.

3. Kullanım kılavuzunda verilen talimatlara göre bahçe armatürünün parçalarını birleştiriniz.
4. Bahçe armatürünün aydınlatacağı yöne karar vererek montaj yapılacak alanı belirleyiniz.
5. Bahçe armatürü tesisat kablolarını uygun ölçüde çekiniz.
6. Bahçe armatürünü sabit duracak şekilde vida yerlerinden monte ediniz.
7. Faz, nötr ve toprak kablolarına dikkat ederek bahçe armatürü kablo bağlantılarını yapınız.
8. Sıva altı adi anahtarını faz yönlerine dikkat ederek uygun şekilde monte ediniz.
9. Öğretmen kontrolünde tesisata enerji veriniz.
10. Adi anahtarına basarak bahçe armatürün yandığını gözlemleyiniz.
11. Devrenin enerjisini kesiniz ve bahçe armatürü sökünüz.
12. Malzemeleri teslim ediniz ve çalışma ortamını temizleyiniz.

SORULAR

1. **Bahçe armatürlerindeki direk yükseklikleri hangi ölçütlere göre tercih edilir? Açıklayınız.**
2. **Bahçe armatürü montajında demir direk neden çok tercih edilir? Yorumlayınız.**
3. **Bahçe direği belirlenen ortama, doğru açıda yerleştirilmezse ne gibi sonuçlar oluşur? Tartışınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Bahçe armatür parçalarını kılavuza uygun birleştirdi.	15	
Numarası		**3.** Bahçe armatür kablo tesisatını doğru çekti.	20	
İmza		**4.** Bahçe armatürünü belirlenen alana düzgün monte etti.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Sıva altı adi anahtarı doğru monte etti.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Bahçe armatür lambasını duya taktı.	10	
Tarih		**7.** Bahçe armatürünü özelliğine uygun çalıştırdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

4.6. UYGULAMA SOKAK ARMATÜRÜ MONTAJI VE ÇALIŞMA TESTİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

Sokak armatürünün montajını yaparak çalışmasını test etmek.

GÖREV

Görsel 4.62'de çeşitli sokak armatürü modelleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek uygun tipli sokak armatürünü seçiniz, montaj kılavuzuna uygun şekilde zemine veya duvara uygun direklerle birlikte monte ediniz ve çalıştırınız.



Görsel 4.62: Çeşitli sokak armatürleri

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Aydınlatma seti	Sıva üstü, direk yardımcılı	1 adet
Sokak armatürü	Sağlamlığı test edilmiş	1 adet
LED lamba	Uygun güçte	1 adet
Kumanda kablosu	1,5 mm² NYA veya NYY	2-10 m
Adi anahtar	Sıva altı	1 adet
Sigorta	10 A, W otomat	1 adet
Klemens	Üçlü	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, kontrol kalemi	-
Multimetre	Dijital özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 4.62'dekilere benzer sokak aydınlatma armatürünü ilgili katalogdan belirleyip temin ediniz.

3. Kullanım kılavuzunda verilen talimatlara göre armatürün parçalarını birleştiriniz.
4. Sokak armatürünün yayacağı ışığın yönünü belirleyiniz ve buna uygun kablo tesisatını uygun ölçülerde yapınız.
5. Sıva altı adi anahtarı faz yönlerine dikkat ederek uygun şekilde monte ediniz.
6. Sokak armatürünü vidalama kısımlarından duvar veya direğe sabit duracak şekilde monte ediniz.
7. Faz, nötr ve toprak kablolarına dikkat ederek sokak armatürü kablolarını armatür arkasında bulunan klemenslere vidalayınız.
8. Sokak armatürü direğe monte edildiyse tesisat kablolarını direk içerisinden geçirip direk bağlantı klemenslerine vidalayınız.
9. Öğretmen kontrolünde tesisata enerji veriniz.
10. Adi anahtarına basarak sokak armatürünün yandığını gözlemleyiniz.
11. Devrenin enerjisini kesiniz ve sokak armatürünü sökünüz.
12. Malzemeleri teslim ediniz ve çalışma ortamını temizleyiniz.

SORULAR

1. **LED'li sokak armatürü kullanmanın beş avantajlarını söyleyiniz.**
2. **LED'li sokak armatüründe neden ışık rengi beyaz tercih edilmektedir? Tartışınız.**
3. **Farklı LED güçlerine ve sayılarına sahip iki farklı LED'li sokak armatürünün sokak aydınlatmasına ve enerji kullanımına ilişkin durumları yorumlayınız.**

NOT

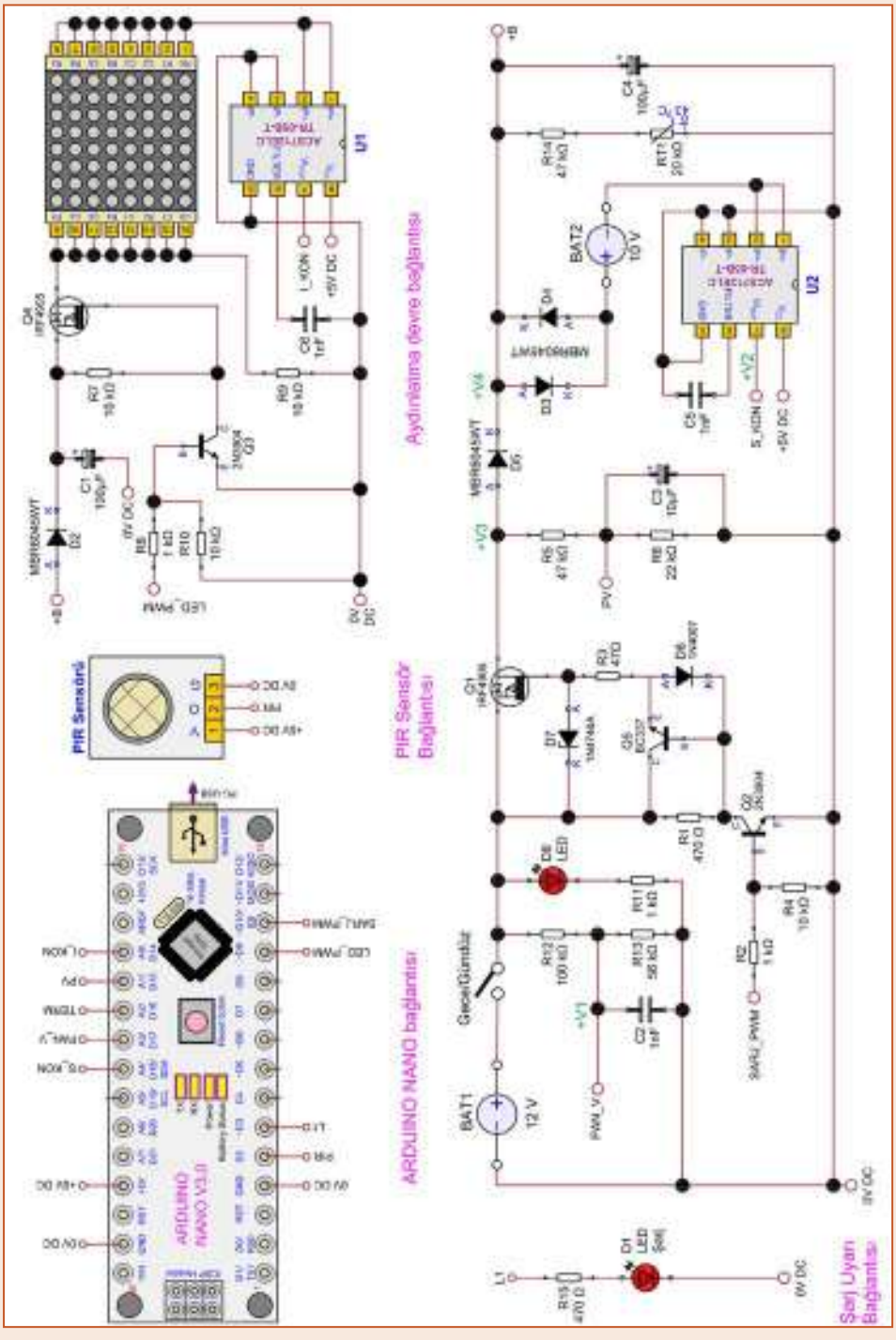
DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Armatür parçalarını kullanım kılavuza uygun birleştirdi.	15	
Numarası		**3.** Sokak armatür tesisatını doğru çekti.	20	
İmza		**4.** Sokak armatürünü direğe, doğru monte etti.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Sıva altı adi anahtarı doğru monte etti.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Sokak armatürünü direğe uygun açıda yerleştirdi.	10	
Tarih		**7.** Sokak armatürünü özelliğine uygun çalıştırdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

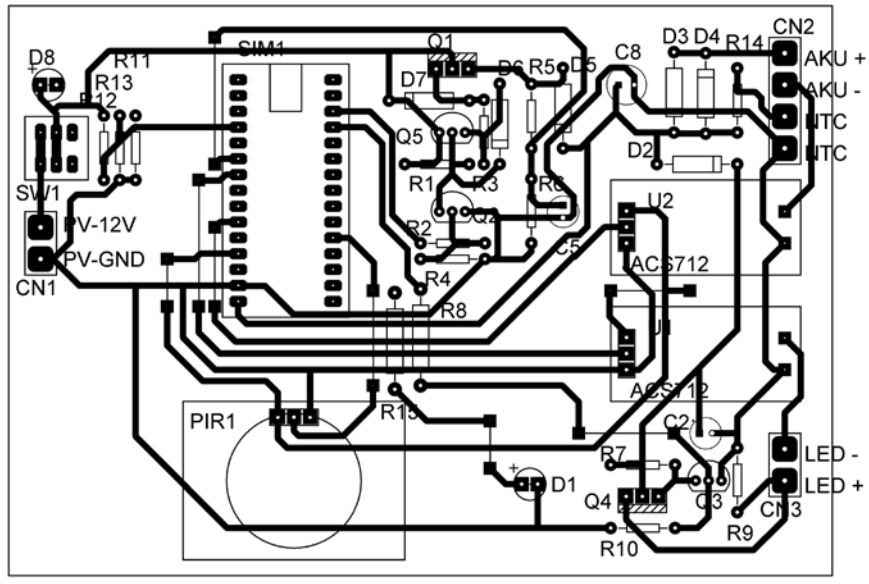
4.1. PROJE SOLAR GÜNEŞ SOKAK AYDINLATMASI PROJESİ

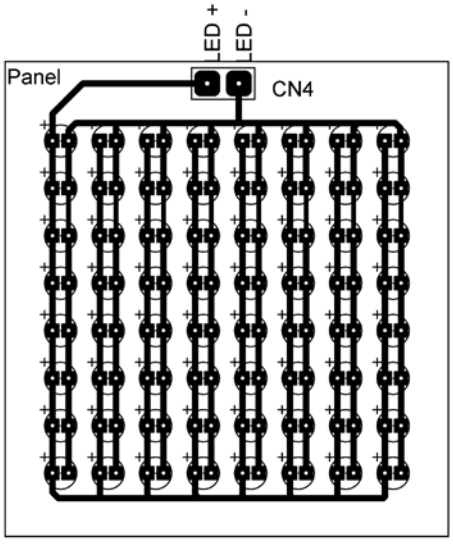
Süre	2 hafta
Amaç	Mikrodenetleyicili, solar güneş panelli sokak lambası uygulamasını yapmak.
Grup sayısı	2-6 kişi
Devre Şeması	Görsel 4.63'te projenin devre şeması görülmektedir.



Görsel 4.63: Mikrodenetleyici ile PV panelli sokak aydınlatma devresi

Baskı Şema	Görsel 4.64'te projenin baskı devre şeması görülmektedir.





R1	470	D1	LED
R2	1K	D2	MBR6045WT
R3	47	D3	MBR6045WT
R4	10K	D4	MBR6045WT
R5	47K	D5	MBR6045WT
R6	22K	D6	1N4007
R7	10K	D7	1N4746A
R8	1K	D8	LED
R9	10K	Q1	IRF4905
R10	10K	Q2	2N3904
R11	1K	Q3	2N3904
R12	100K	Q4	IRF4905
R13	56K	Q5	BC337
R14	47K	U1	ACS712 MODUL
R15	470	U2	ACS712 MODUL
C1	100u	SW1	ON/OFF anahtar
C2	1n	SIM1	ARD-Nano
C3	10u	AKU	12V
C4	100u	PV	12V
CN1	PCB klemens	Panel	PWR-LED
CN2	PCB klemens	NTC	20K
CN3	PCB klemens		
CN3	PCB klemens		

Görsel 4.64: Mikrodenetleyici ile PV panelli sokak aydınlatması baskı devresi

Devrenin Çalışması	Gece/gündüz anahtarı kapalı durumda gündüzü, açık durumda geceyi simüle eder. Anahtar gündüz konumundayken akü (BAT2) şarja başlar. RT1, akünün sıcaklığını ölçer. Akü aşırı ısınırsa (60 derece) ARDUINO NANO şarjı keser. Akü sıcaklığı 45 dereceye düştüğünde tekrar şarja başlanır. U2, aküden geçen şarj akımını ölçer. Şarj akımı yüksekse ARDUINO NANO şarjı keser. Şarj göstergesi D1 LED diyodudur. Bu diyot şarj esnasında ışık verir. Anahtar gece konumundayken PIR1 sensörü çıkışından (O) lojik 1 bilgisi gelince (logicstate 1 konumuna alınır.) LED panel yanar. PIR1 çıkışı (O) lojik 0 oluncaya kadar ışık verir (logicstate 0 konumuna getirilir, PIR1 sensör çıkışının lojik 0 olması beklenir.). U1 diyot, LED panelden geçen akımı ölçer. LED panelden aşırı akım geçmesi durumunda ARDUINO NANO, LED panel voltajını keser. LED panel yanarken anahtar gündüz konumuna alınırsa LED panel voltajı kesilir ve akü şarjına başlanır.

Malzemeler	Projenin malzeme listesi aşağıda verilmiştir.

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
ARDUINO NANO	Mikrodenetleyicili kart	1 adet
PIR dedektör	Dijital çıkışlı	1 adet
Akım sensörü	2XACS712	2 adet
Direnç 0,25W	1x47 Ω, 2x470 Ω, 3x1 kΩ, 4x10 kΩ, 1x22 kΩ, 2x47 kΩ, 1x56 kΩ, 1x100 kΩ	15 adet
Kondansatör	1x1nF, 1x10 µF, 2x100 µF	4 adet
LED diyot	Kırmızı, yeşil renkte	2 adet
MBR6045WT diyot	Şotki	4 adet
1N4007 diyot	Kristal diyot	1 adet
1N4746A diyot	5 V zener diyot	1 adet
Transistör	BC337, 2x2N3904	3 adet
MOSFET	2xIRF4905	2 adet
Akü	11.7V 3S şarjlı pil (BAT2)	1 adet
Güneş paneli	12 V (BAT1)	1 adet
PWR-LED	5 mm beyaz	64 adet
NTC	20 kΩ	1 adet
PCB klemens	2 pin	2 adet
PCB klemens	4 pin	1 adet
Anahtar	ON/OFF anahtar	1 adet
Zil teli	0,5 veya 0,75 mm^2	3-5 m
DC güç kaynağı	5...24 V DC	1 adet
El aletleri	Yan keski, tornavida, pense, kargaburnu vb.	-

Kodlar	Tablo 4.7'de devrenin yazılım kodları görülmektedir.

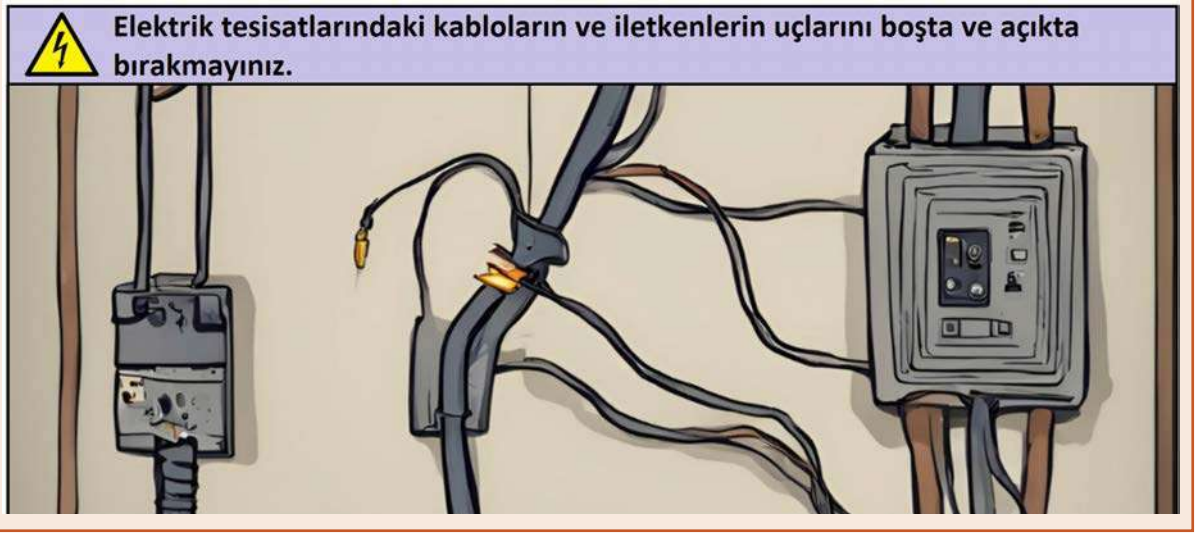
Tablo 4.7: ARDUINO NANO'lu PV Panelli Sokak Aydınlatması Devresinin Yazılım Kodları

Satır	Kodlar
1	//kütüphaneler ve tanımlamalar
2	#define led 9
3	#define sarj 10
4	#define pir_dedektor 2
5	#define sistem_ok 3
6	#define akim_kont A0
7	#define mos_aktif A1
8	#define pil_isi A2
9	//#define panel_gerilim A3
10	#define sarj_akim A4
11	//değişkenler
12	int panel_g=0, mos, sicaklik, akim, yuk_akim;
13	int panel_gerilim=A3;
14	//genel ayarlar
15	void setup()
16	{
17	pinMode(led, OUTPUT);

```
pinMode(sistem_ok, OUTPUT);
pinMode(sarj, OUTPUT);
pinMode(pir_dedektor, INPUT_PULLUP);
Serial.begin(9600);
}
//ana program
void loop()
{
panel_g=analogRead(panel_gerilim);
panel_g=map(panel_g,0,1023,0,255);
if (panel_g>200)  {
analogWrite (led,0);
sicaklik=analogRead(pil_isi);
sicaklik=map(sicaklik,0,1023,0,255);
if (sicaklik<70){
digitalWrite(sistem_ok,LOW);
analogWrite (sarj,0);     }
else{
akim=analogRead(sarj_akim);
akim=map(akim,0,1023,0,255);
Serial.println(akim);
if (akim>150){
delay(500);
akim=analogRead(sarj_akim);
akim=map(akim,0,1023,0,255);
if (akim>150){
digitalWrite(sistem_ok,LOW);
analogWrite (sarj,0);}}
else{
analogWrite (sarj,125);
delay(10);
mos=analogRead(mos_aktif);
mos=map(mos,0,1023,0,255);
if (mos>50){
digitalWrite(sistem_ok,HIGH);}
else{
digitalWrite(sistem_ok,LOW);
analogWrite (sarj,0);}}}}
else{
digitalWrite(sistem_ok,LOW);
analogWrite (sarj,0);
if (digitalRead(pir_dedektor)){
analogWrite (led,125);
yuk_akim=analogRead(akim_kont);
yuk_akim=map(yuk_akim,0,1023,0,255);
if (yuk_akim>130){
delay(250);
yuk_akim=analogRead(akim_kont);
yuk_akim=map(yuk_akim,0,1023,0,255);
if (yuk_akim>130){
analogWrite (led,0);}}}
else{
analogWrite (led,0);}}
}
```

Görev	ARDUINO NANO kullanılarak tasarlanan PV panel ile sokak aydınlatması devresi Görsel 4.63'te, baskı devre şeması ise Görsel 4.64'te görülmektedir. ARDUINO NANO kullanılarak PV panelli sokak aydınlatma devresi yapılacak ve isteğe göre devre, kutu içine yerleştirilecektir. Buna göre aşağıda verilenleri sırasıyla uygulayınız. **1.** Devre yazılım kodlarını oluşturup derleyiniz. Derleme sonunda yazılımı mikrodenetleyiciye yükleyiniz. **2.** Devrenin şemasını bilgisayar ortamında kurarak çalışmasını simüle ediniz. Simülasyonda yazılım kodunu kullanınız. **3.** Baskı devre şemasını oluşturup patern üzerine aktarınız. **4.** Baskı devre paterni sonrası, plaketi asite atarak eritiniz. İşlem sonunda gerekli temizlik ve plaket kontrollerini sağlayınız. **5.** Plaket üzerindeki yerleri uygun matkap ucuyla deliniz, delme sonrası malzeme ve elemanları yerleştirerek lehimleyiniz. **6.** Devreyi çalıştırıp gerekli kontrolleri sağlayınız. **7.** Projeyi tamamlayınız ve kontrolleri sağlayınız. **8.** Proje dosyası hazırlayınız ve yapılan çalışmaları bu dosya içeresine dâhil ediniz. **9.** Öğretmeninize projeyi, proje dosyasını ve yazılım dosyalarını teslim ediniz.

NOT



DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken bu ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Doğru devre elemanlarını temin etti.					
2. Devre elemanlarının sağlamlıklarını kontrol etti.					
3. Devre yazılım kodlarını editör ortamında oluşturdu.					
4. Devre yazılım kodlarını derledi.					
5. Derlenen yazılım kodunu bilgisayar ortamında simüle etti.					
6. USB portunu doğru tanımladı.					
7. Derlenen yazılım kodunu mikrodenetleyici karta yükledi.					
8. Devre şemasını elektronik çizim programında çizdi.					
9. Devrenin çalışmasını elektronik çizim programında test etti.					
10. Baskı devreyi elektronik çizim programında çizdi.					
11. Baskı devrenin çıktısını kâğıt üzerine aldı.					
12. Baskı devreyi bakırlı plakete aktardı.					
13. Baskı devre plaketinde istenen bakır yolları asit içeresinde çıkarttı.					
14. Baskı devre plaketinde delinecek kısımları matkapla deldi.					
15. Devre elemanlarını baskı devre plaketine doğru şekilde yerleştirdi.					
16. Lehimleme işlemlerini yaptı.					
17. Devreyi istenen koşullar altında çalıştırdı.					
18. Devre yazılım kodlarını bilgisayar dosyası olarak kaydetti.					
19. Devre şemalarını bilgisayar dosyası olarak kaydetti.					
20. Devreyi, proje dosyası ve yazılımını süre sonunda teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Toprağın veya toprak alanın elektrik akımını geçirebilmesi sırasında gösterdiği tepkiye topraklama denir.

2. ( ) Tavandaki deliğe monte edilerek aşağıya doğru ışık yaymasını sağlayan armatürlere sıvı üstü armatür denir.

3. ( ) Armatürün kullanım kılavuzunda belirtildiği şekilde çalışıp çalışmadığını doğrulamak için yapılan teste fonksiyon testi denir.

4. ( ) Turuncu renkteki sokak armatürleri genellikle trafik konilerini ve yol çalışmalarını vurgulamak için sürücüleri uyarmak adına kullanılır.

5. ( ) Armatürlerde, çalışma gerilimi altında olmayan metal kısımların bir iletken üzerinden toprak ile birleştirilmesi işlemine elektriklenme denir.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. İçerisinde bir veya birden fazla duy barındıran, ışığın yönünü, rengini ve yoğunluğunu belirleyen estetik görünümlü aygıta ..... denir.

7. Tavandaki deliğe monte edilerek aşağıya doğru ışık yayan armatürlere ..... denir.

8. Yalıtım testine ..... testi denir.

9. Armatürün kullanım kılavuzunda belirtildiği şekilde çalışıp çalışmadığını doğrulamak için yapılan teste ..... denir.

10. Armatürlerde, çalışma gerilimi altında olmayan metal kısımların bir iletken üzerinden toprak ile birleştirilmesi işlemine ..... denir.

C. Aşağıdaki ilk sütunda armatür görselleri, diğer sütunda ise armatür isimleri verilmiştir. Armatür görsellerin önündeki parantez içlerine armatür isimlerin önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

ARMATÜR GÖRSELLERİ		
11.	( )	
12.	( )	
13.	( )	
14.	( )	
15.	( )	

ARMATÜR İSİMLERİ	
A	Kule ışığı armatürü
B	Lineer LED armatür
C	Bahçe armatürü
Ç	Havuz armatürü
D	LED bant armatürü
E	Wallwasher armatürü

Ç. Aşağıdaki soruları okuyup doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Aşağıdakilerden hangisi armatürlerin elektriksel sınıflandırmalarından biri değildir?

A) Class0 B) Class1 C) Class2 D) Class3 E) Class4

17. Aşağıdakilerden hangisi yalıtım transformatöründe kullanılır?

A) Class0 B) Class1 C) Class2 D) Class3 E) Class4

18. I. Aydınlatma kuleleri
II. Solar aydınlatma armatürleri
III. Işıldak armatürler
IV. Bitki yetiştirme armatürleri

Verilen armatürler dikkate alındığında elektrik olmayan yerlerde kullanılabilen hem elektrik üretip hem de aydınlatma sağlayan, akım jeneratör özellikli armatür modelleri aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

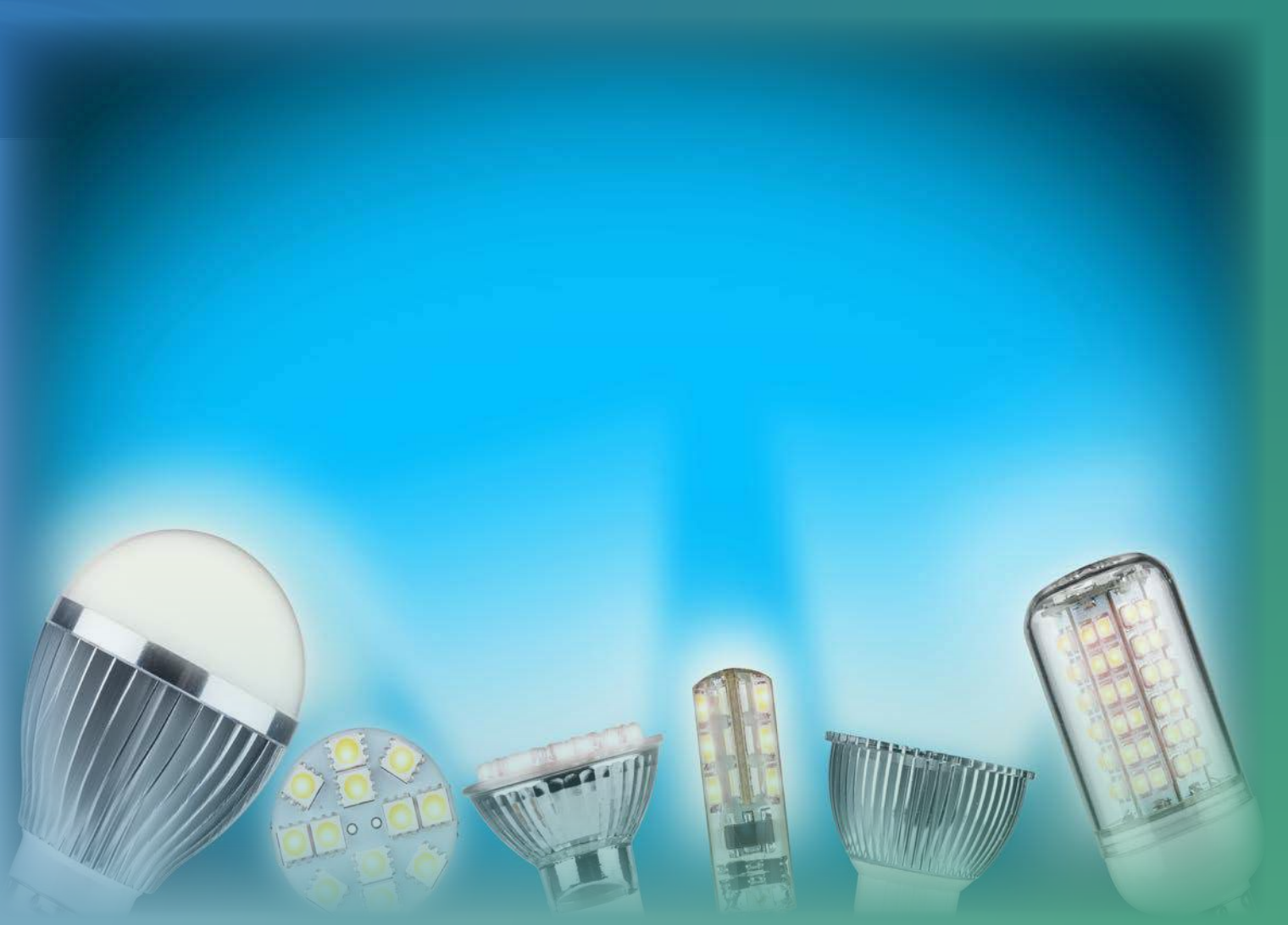
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I, II ve III E) I, II, III ve IV

19. Aşağıdakilerden hangisi tezgâh altı armatür bileşenlerinden değildir?

A) Anahtar B) Meger C) LED Spot D) Priz E) Switch

20. Topraklama sürekliliği ölçümünde sınır değer kaç Ω olarak belirlenmiştir?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5



5. ÖĞRENME BİRİMİ

LED TEKNOLOJİSİNİN AYDINLATMADA KULLANIMI

KONULAR

5.1. LED'LERİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ
5.2. LED LAMBALARIN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ
5.3. LED'LERDE AKIM VE GERİLİM İLİŞKİSİ
5.4. LED'LERDE AKIM VE ISI İLİŞKİSİ
5.5. LED'LERDE ISI YÖNETİMİ
5.6. LED PCB MODÜLLERİ
5.7. LED MODÜLLERİNİN BAĞLANTI ŞEKİLLERİ
5.8. LED'Lİ ARMATÜR BİLEŞENLERİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR
5.9. LED MODÜL VE BİLEŞENLERİNİN NİTELİK KONTROLLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

LED, LED gruplama, LED lamba, LED modülü, LED soğutucu, LED sürücü, renk sıcaklığı, şerit LED, termal direnç

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Lambalardan farklı renklerde ışık elde edilebilir mi? Sınıfta fikirlerinizi paylaşınız.**
2. **Gün ışığı denince aklınıza hangi renk veya renkler geliyor? Sınıfta fikirlerinizi paylaşınız**
3. **Lambaların ışık verirken aynı zamanda ısınıyor olmasının sebepleri neler olabilir? Sınıfta fikirlerinizi paylaşınız.**

5.1. LED'LERİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştürmek için çeşitli yarı iletken malzemeler ve ışık kaynaklarından faydalanılır. Özellikle elektronik devrelerde ve birçok cihazda ışık yayan diyotlar (LED) sıklıkla kullanılmaktadır. Bu bölümde LED'lerin temelleri hakkında bilgi verilecektir.

5.1.1. LED Kavramı ve Tarihçesi

LED [**L**ight **E**mitting **D**iode] kelimelerinin baş harflerinden oluşur. Bacaklarına DC gerilim uygulandığında ışık yayan özel katkı maddeli PN diyota **LED diyot** denir. Kısaca LED diyot ışık yayan diyot olarak ifade edilir. LED diyot, 1920 yılında Rusya'da Oleg Vladimirovich Losev tarafından icat edilmiştir. 1962 yılında ABD'de elektronik bileşen olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1972'den itibaren farklı renklere sahip LED'ler üretilmiştir.

5.1.2. LED'lerin Özellikleri

- Yapısında silikon kullanılır.
- En çok kullanılan diyot çeşididir ve yarı iletken özelliktedir.
- Farklı açılarda ışık verebilir.
- Üzerinden akım geçtiğinde fotonun açığa çıkması ile ışık üretir.
- Akım-gerilim grafikleri doğrusal değil üsteldir.
- Yüksek akımdan etkilenmemesi için önüne seri direnç bağlanır.
- Zener diyotlar gibi üzerinde sabit bir gerilim oluşur. Bu gerilim LED'in renklerine göre değişiklik gösterir (Tablo 5.1).

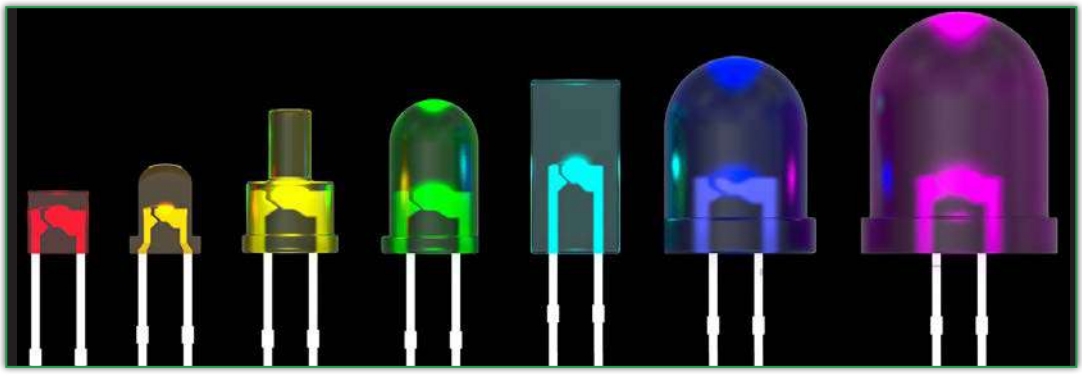
Tablo 5.1: Çeşitli LED'lere Göre Çalışma Gerilimleri ve Akımları

LED Renkleri	LED Tipi	Gerilim (V)	Akım (mA)	Dalga Boyu λ (nm)	Görüş Açı (°)	Kullanılan Katkı Malzemeleri
Beyaz LED (White)		3,0-5,0	20 mA	-	20°	GaInN
Ultraviyole LED (UV)		3,1-4,4	20 mA	200-400	15°	AlN, AlGaN, AlGaInP
Viyole LED (V)		2,8-4,0	20 mA	400-450	15°	GaP, AlGaInP
Mavi LED (Blue)		2,5-3,7	20 mA	450-500	15°	InGaN, SiC
Yeşil LED (Green)		1,9-4,0	15 mA	500-570	15°	GaP, AlGaInP
Sarı LED (Yellow)		2,1-2,2	15 mA	570-590	15°	GaAsP, AlGaInP
Turuncu LED (Orange, Amber)		2,0-2,1	15 mA	590-610	15°	GaAsP, AlGaInP
Kırmızı LED (Red)		1,6-2,0	15 mA	610-760	15°	AlGaAs, GaAsP, AlGaInP
İnfrared LED (IR)		0,7-1,9	50 mA	760-940	15°	GaAs, AlGaAs

NOT

Tablo 5.1'de verilen katkı malzemeleri şunlardır: Al: Alüminyum, **As:** Arsenik, **Ga:** Galyum, **In:** İndiyum, **N:** Nitrat, **P:** Fosfat, **SiC:** Silikon karbür.

- Her LED'in çalışma gerilim (1,5-2,5 V), çalışma akım (10-50 mA) ve çalışma zaman aralığı (ns) vardır. Bu aralıklar, ilgili LED'in kataloğundan bulunur.
- Kullanım ömrü oldukça uzundur (100.000-200.000 saat).
- Titreşime ve darbeye karşı dayanıklıdır.
- Diğer diyotlara göre iç direnç değeri çok küçüktür.
- Gövdesi plastik, ışık çıkan bölümü optik mercek ve diğer bölümler metalden üretilir.
- Tek renkli olabileceği gibi birçok renkten üretilebilir.
- Kullanılacak bölgeye göre dairesel ya da çubuk şeklinde üretilebilir (Görsel 5.1).



Görsel 5.1: Çeşitli LED modelleri

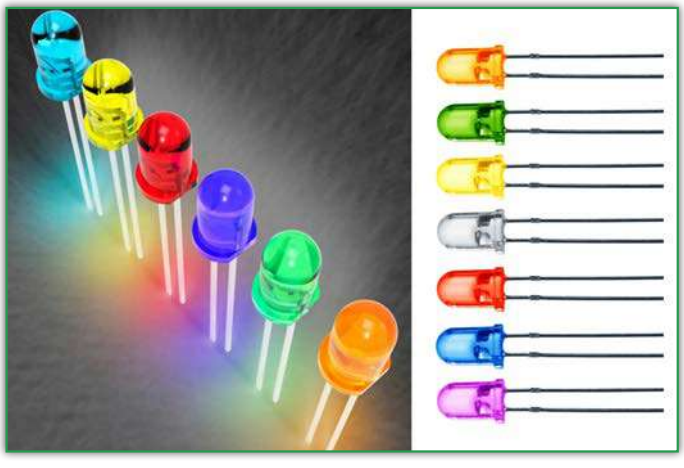
5.1.3. LED'lerin Çeşitleri, Yapısı ve Çalışması

LED'ler çeşitli boyutlarda, renklerde ve gerilimlerde üretilir. Aşağıda birçok LED modeli verilmiştir.

5.1.3.1. Tek Renkli (Standart) LED'ler

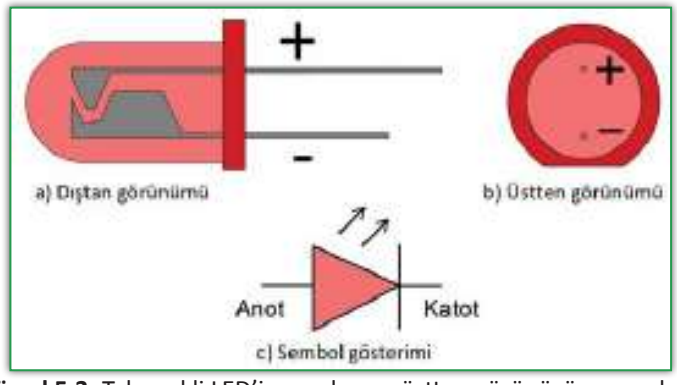
Tek renkli LED'ler genellikle elektronik kartlarda sinyal gözlem işlemi gerçekleştirmek ya da basit elektronik devrelerde devre elemanları ve parçasının durumunu gözlemlemek için kullanılır. Tek renkli LED'ler doğru gerilim ile çalışır. Çalışma gerilimleri genelde 3-5 Volt aralığındadır. Çalışma akımları ise 15-30 mA'dir. Kırmızı, mavi, yeşil, sarı, beyaz piyasada en çok kullanılan LED renkleridir. Çap olarak 3 mm, 5 mm ve 10 mm'lik LED'ler daha çok kullanılır.

Görsel 5.2'de tek renkli LED modelleri görülmektedir.



Görsel 5.2: Tek renkli LED modelleri

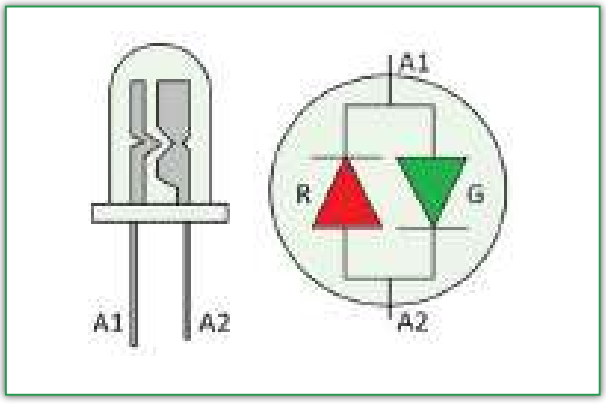
Tek renkli LED'lerde anot ve katot olmak üzere iki bacak vardır. Anot bacağına pozitif (+), katot bacağına ise negatif (-) gerilim uygulanarak LED'in çalışması sağlanır. LED'ler uzun olan bacak anot, kısa olan bacak katot olacak şekilde tasarlanır (Görsel 5.3).



Görsel 5.3: Tek renkli LED'in yandan ve üstten görünüşü ve sembolü

5.1.3.2. İki (Çift) Renkli LED'ler

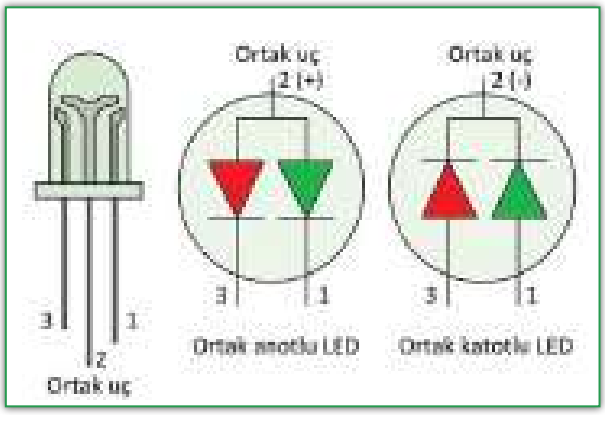
Kılıfı içerisinde bulunan iki farklı çip sayesinde iki ayrı renk seçeneği sunan LED'lerdir. Doğru gerilim ile çalışır. Çalışma gerilimi 3-5 Volt, çalışma akımı ise 15-30 mA aralığındadır. Genellikle iki bacaklı iki renkli LED ve üç bacaklı iki renkli LED olarak üretilir.



Görsel 5.4: İki bacaklı iki renkli LED'in bacak bağlantıları

İki bacaklı iki renkli LED'ler tek kılıf içerisinde birbirine ters paralel bağlı iki LED diyotun birleştirilmesiyle oluşan LED çeşididir (Görsel 5.4). Bacaklara belirli bir yönde polarite uygulandığında bir LED, ters polarite uygulandığında ise diğer LED çalışır.

Üç bacaklı iki renkli LED'ler tek kılıf içerisinde ortak bacakla birbirine bağlanmış iki LED diyotun birleştirilmesiyle oluşan LED çeşididir (Görsel 5.5). Ortak anot modelinde, ortada bulunan bacağa LED'lerin anot bacağı bağlıdır. Bu ortak bacağa pozitif gerilim, diğer bacaklara da negatif gerilim uygulanması hâlinde de LED'ler çalışır. Ortak katot modelinde ise bu işlemin tersi uygulanır. Ortak bacağa negatif gerilim, diğer bacaklara da pozitif gerilim uygulanması hâlinde LED'ler çalışır.

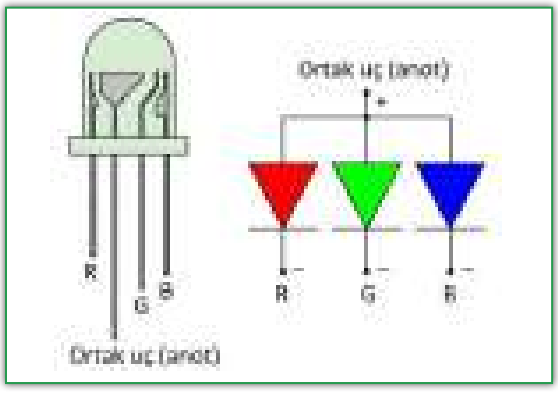


Görsel 5.5: Üç bacaklı iki renkli LED'in bacak bağlantıları

5.1.3.3. Üç Renkli (RGB) LED'ler

RGB sözcüğü, **Red (Kırmızı)**, **Green (Yeşil)** ve **Blue (Mavi)** kelimelerinin baş harflerinden oluşur. RGB, üç temel ışık rengini belirtir. İçerisinde bulunan üç ana renk çipinin karışımıyla farklı renkler elde etmek mümkündür. RGB LED'ler sabit gerilimle çalışır. Çalışma gerilimleri 2,5-3 Volt, çalışma akımları ise 20 mA'dir.

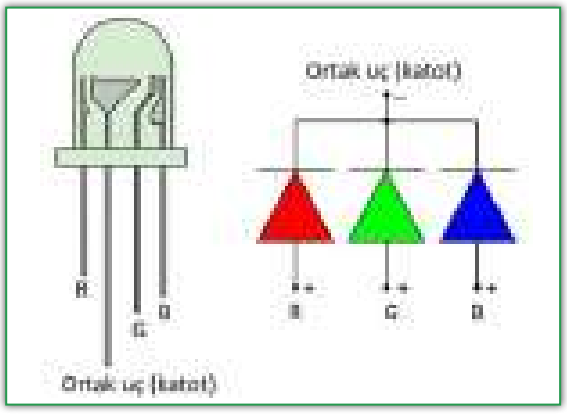
RGB LED'in 4 bağlantı bacağı bulunur. Bunlardan biri ortak bacak, diğer üçü ise kırmızı, yeşil ve mavi LED çiplerinin bulunduğu bacaklardır. RGB LED'ler ortak anotlu RGB LED ve ortak katotlu RGB LED olarak üretilir.



Görsel 5.6: Ortak anot RGB LED'in bacak bağlantısı

Ortak anotlu RGB LED'de diyotların anotları birleştirilerek ortak bacak oluşturulur. LED'lerin katotları ise LED kontrol bacakları olarak kalır (Görsel 5.6). Ortak anotlu RGB LED'de ortak bacağa pozitif gerilim uygulanır. Kırmızı, yeşil ve mavi LED'lerden hangisi ya da hangileri çalıştırılmak isteniyorsa ilgili bacağa negatif gerilim uygulanır.

Ortak katotlu RGB LED'de diyotların katotları birleştirilerek ortak bacak oluşturulur. LED'lerin anotları ise LED kontrol bacakları olarak kalır (Görsel 5.7). Ortak katotlu RGB LED'de ortak bacağa negatif gerilim uygulanır. Kırmızı, yeşil ve mavi LED'lerden hangisi ya da hangileri çalıştırılmak isteniyorsa ilgili bacağa da pozitif gerilim uygulanır.



Görsel 5.7: Ortak katot RGB LED'in bacak bağlantısı

RGB LED'e benzer olarak aynı LED kılıfı içerisinde sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi renk verebilen diğer LED türü de **flaşör LED**'dir. İki uçlu olan flaşör LED, içerisindeki küçük çip sayesinde RGB LED ile aynı ana renkleri verebilir. Belirli periyotta renkler değiştirilerek çeşitli renkler elde edilir. Fakat bu renklerin sırası ya da yanma periyodu değiştirilemeyeceği için kullanım alanı yalnızca animasyonlu basit devrelerle sınırlıdır.



Elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren LED'ler, aydınlatma araçlarında ışık kaynağı olarak tercih edilmektedir. LED lambaların armatürlerde kullanımı enerji tüketimini azaltır.

5.1.3.4. Çok Renkli (Dekoratif) LED'ler

Dekoratif LED'ler, özel tasarım ve renklerdeki LED'lerdir (Görsel 5.8). İç veya dış mekânlarda kullanılır. Dekoratif LED'lerdeki renk çeşitliliğiyle farklı aydınlatma ortamları oluşturulur.



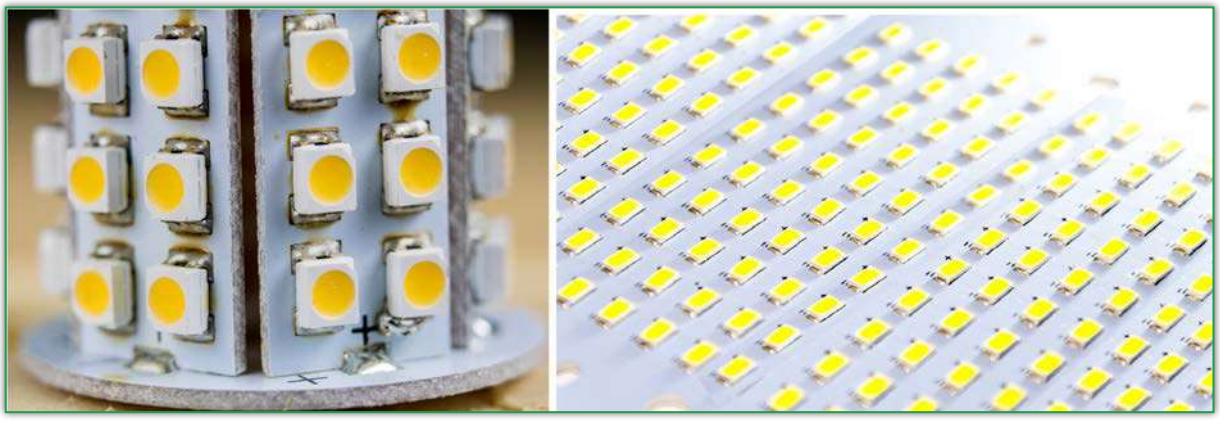
Görsel 5.8: Dekoratif LED modelleri

5.1.3.5. Yüksek Güçlü LED'ler

Yüksek güçlü, piyasadaki adıyla power LED'ler yüksek akım ve çalışma gücü ile bilinen LED'lerdir. Kırmızı, yeşil, mavi, beyaz, amber ve RGB gibi renk seçenekleri vardır. LED armatürlerin içerisinde sıklıkla kullanılır. 0,5 W, 1 W, 3 W, 5 W'lık farklı güçlerde üretilir. Çalışma voltajları genel olarak doğru gerilim altında 3-3,5 V şeklinde tasarlanır. Çalışma akımı ise genellikle 350 veya 700 mA'dir. Yüksek güçlü LED'ler çalıştırıldıklarında yüksek akım çeker. Normal gerilim kaynakları ile çalıştırıldığında LED'ler zarar görebilir. Bu nedenle yüksek güçlü LED'ler sabit akımlı LED sürücülerle çalıştırılır.

5.1.3.6. Yüzey Montajlı (SMD) LED'ler

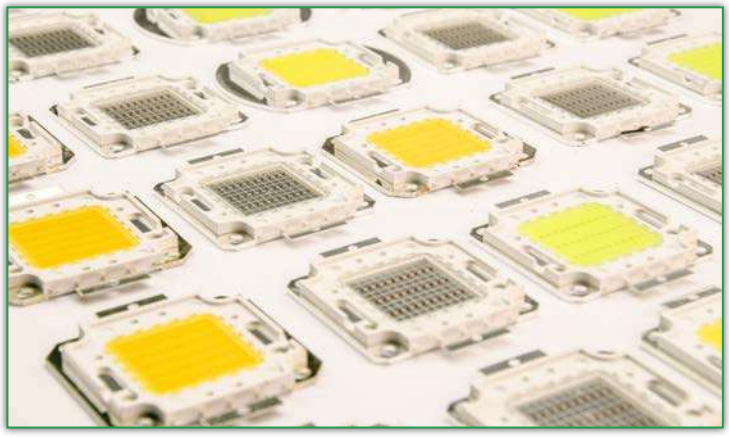
SMD LED, "Surface Mounted Device" kelimelerinin baş harflerinden oluşur. Yüzey montajlı LED olarak adlandırılır. Orta güç sınıfında çalışan LED çeşididir. 0,1-0,4 W güç arasında çalışır. 3-3,5 V DC gerilimde 20-180 mA akım çeker. LED lamba içerisinde ve şerit LED'lerde sıklıkla kullanılır. SMD LED'ler 2110, 2835, 3528, 4040, 5050 gibi çok çeşitli kılıflarda üretilir (Görsel 5.9). Renk seçenekleri çoktur. SMD LED kılıfları, inç veya metrik ölçü birimi kullanılarak isimlendirilir. İlk iki rakam uzunluğu (L) diğer iki rakam genişliği (W) belirtir.



Görsel 5.9: Farklı SMD LED çeşitleri

5.1.3.7. COB LED'ler

COB (On-Board) LED'ler, çok sayıda LED çipinin aynı kılıf içerisinde birleştirilmesiyle üretilen LED'lerdir. Bu yönüyle SMD LED'lerin geliştirilmiş şeklidir. COB LED'lerle yüksek güçlü LED paketleri elde edilir (Görsel 5.10).

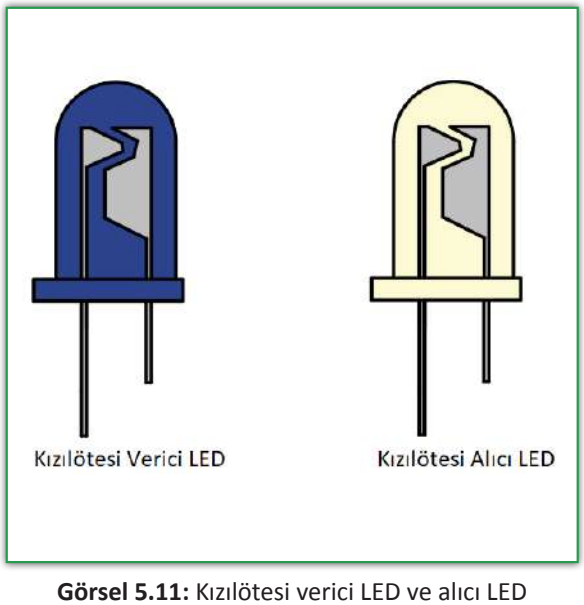


Görsel 5.10: COB LED

COB LED kılıfı içerisinde yer alan LED çipleri birbirlerine seri ve paralel bağlanır. Böylece küçük alanda yüksek yoğunluklu çip sayısı oluşturularak güçlü aydınlatma elde edilir. COB LED'lerle homojen ışık dağılımı sağlanır. Bu ledler genellikle projektör ya da şerit LED yapısında, alüminyum soğutucularla birlikte kullanılır. 2-100 W aralığındaki güç değerlerinde üretilir. COB LED'lerin İlk kurulum maliyetleri yüksektir. Kırmızı, mavi, yeşil, sarı, amber, RGB vb. renk seçenekleri vardır.

5.1.3.8. Kızılötesi (IR) LED'ler

Kızılötesi (infrared) LED'ler elektromanyetik spektrum tablosunda insan gözünün göremeyeceği şekilde ışınım yayan LED'lerdir (Görsel 5.11). Çalışma gerilimleri 1.5 V'tur. İnsanlar 400-700 nm arasındaki dalga boyuna sahip ışıkları görebilir. Kızılötesi ışıklar ise 710 nm ile 1 mm arasındaki dalga boyuna sahip ışınım verir. Bu sebeple insanlar kızılötesi ışıkları çıplak göz ile göremez.

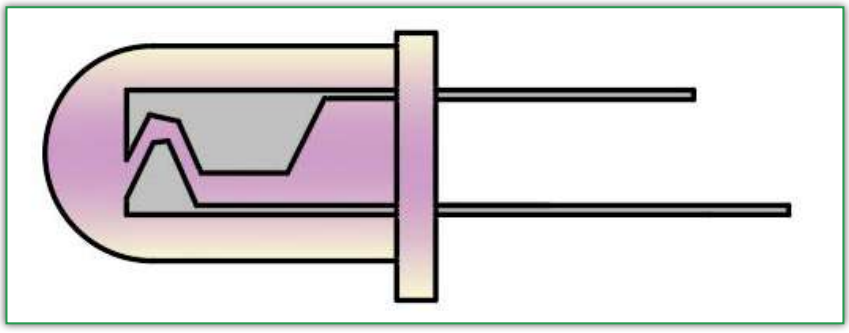


Görsel 5.11: Kızılötesi verici LED ve alıcı LED

Kızılötesi LED'ler direkt olarak aydınlatma amacıyla kullanılmaz. Kızılötesi LED kullanılan yerlerde yalnızca kızılötesi aralığını gören bir cihazla alanın aydınlatması görülür. Bu özelliğinden dolayı kızılötesi LED, güvenlik sistemlerindeki kameralarda gece görüşü için kullanılır. Bunun yanında TV, klima, vb. elektronik cihazların uzaktan kumandasında ve kızılötesi karşılıklı haberleşme sistemlerinde sıkça kullanılır.

5.1.3.9. Ultraviyole (UV) LED'ler

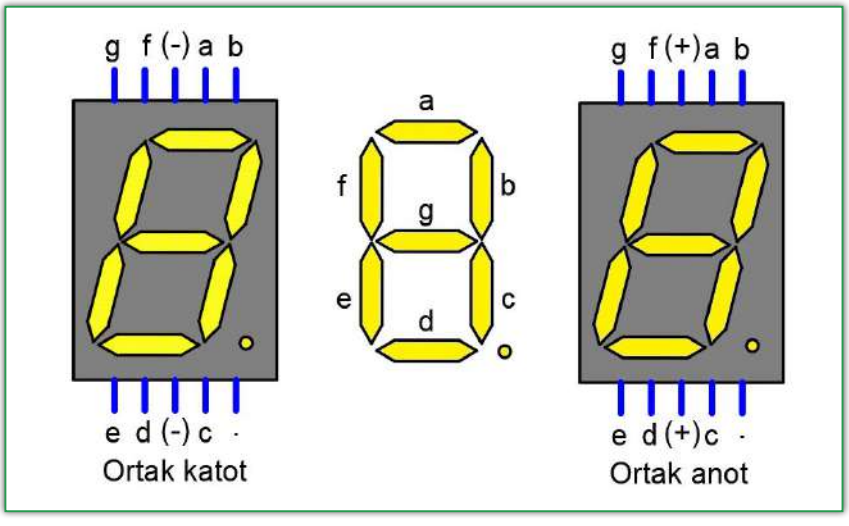
Ultraviyole LED'ler ışık dalga boyları 240-400 nm arasında olan LED'lerdir. İnsan gözünün göremediği ultraviyole ışık yayar. Ultraviyole LED, sterilizasyon, sahtecilik tespiti ve adli analiz gerektiren uygulamalar için çok uygundur. Parmak izleri, vücut sıvıları ve çıplak gözle görülemeyen diğer fiziksel kanıtları ortaya çıkarmak için adli olaylarda ultraviyole LED ışığı sıkça kullanılır (Görsel 5.12).



Görsel 5.12: Ultraviyole LED

5.1.3.10. Display (Alfanümerik LED)

Display, içerisindeki LED'lerin belli bir yapıya göre dizildiği devre elemanlarından oluşur. Bu yapı sayesinde harf ile sayı oluşturulabilir. Ortak anot veya ortak katot olacak şekilde üretilir (Görsel 5.13). Display ile bir dijit (digit) sayı ya da harf oluşturabilmek için 7 adet LED (7 segment) kullanılır. Dijit sayısı arttıkça segment sayısı da o oranda artar. 14 segment ile 2 dijit, 28 segment ile 4 dijit display oluşturulur. Displayde 7 segmentin dışında bir de nokta ile belirtilen LED kullanılır. Bu LED ondalık sayıları belirtmek amacıyla eklenmiştir. Displayin çalışma voltajı genelde 5 V'tur.



Görsel 5.13: 7 segment ortak katot ve ortak anot display

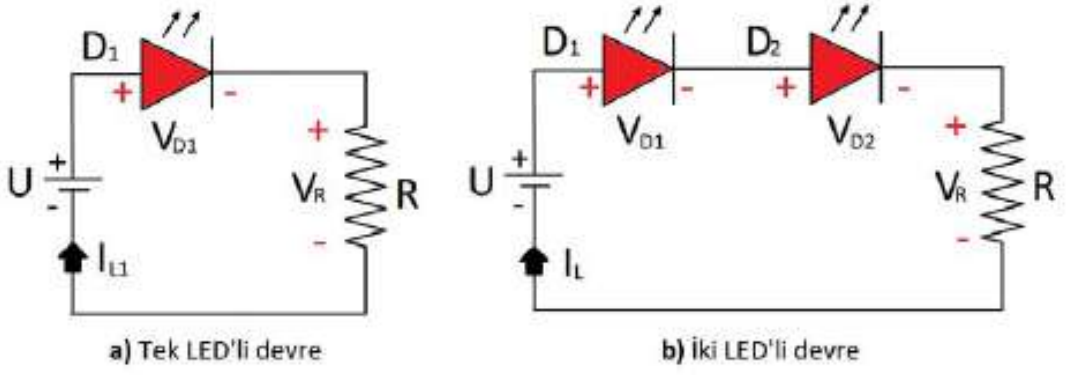
Ortak katot displayde ortak bacak, güç kaynağının negatif kutbuna veya sürücü devre çıkışına bağlanır. Display'de aktif olması istenen LED'e ait bacağa pozitif gerilim uygulanır. Ortak anot displayde ortak bacak, güç kaynağının pozitif kutbuna veya sürücü devre çıkışına bağlanır. Display'de aktif olması istenen LED'e ait bacağa negatif gerilim uygulanır. Ortak anot displayde "2" sayısı gösterilmek istenirse ortak bacak, güç kaynağında pozitif kutbuna bağlanır. "2" sayısını gösterecek ''a, b, g, e, d'' LED'lerine ait bacaklar ise güç kaynağının negatif kutbuna bağlanır.

NOT

Displaye gerilim uygularken LED'lerin zarar görmemesi için LED'lere ön direnç bağlanması gerekir. Displayleri sürmek için entegre devre sürücüleri, transistör vb. sürücülerin kullanılması önemlidir.

5.1.4. LED'lerde Ön Direnç Hesaplama

LED'lerin DC güç kaynaklarıyla uzun süre bozulmadan çalışmalarını sağlamak için LED çalışma gerilimine ve akımına uygun devre tasarımı yapılması gerekir. LED'ler ön direnç bağlanarak güç kaynaklarıyla çalıştırılır. Ön direnç, LED'in çalışma akımını sağlayacak şekilde hesaplanır. Ön direnç hesaplanmasında LED'i çalıştıracak güç kaynağının gerilim ve akım değerleri ile LED'in çalışma gerilimi, akımı ve bir koldaki seri bağlantılı LED sayısı dikkate alınır. Görsel 5.14'te iki farklı bağlantı şekline sahip LED devreleri görülmektedir. Her iki devrede güç kaynağı gerilimleri ve LED diyot çalışma gerilimleri aynı olduğu düşünülürse LED diyot sayıları farklı olduğundan devrelerdeki R dirençleri birbirinden farklı değerlere sahip olur.



Görsel 5.14: LED devreleri

LED'e bağlanacak ön direncin değeri, LED'in çalışma akımını sağlamaya uygun olmalıdır. Buna göre Görsel 5.14a'ya göre direnç hesabı OHM kanunundan yararlanılarak şu şekilde yapılır:

$$R = \frac{U - V_{L1}}{I_{L1}}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

R : LED ile kullanılacak olan ön direnç (Ω)

U : Güç kaynağı gerilimi (V)

V_{L1} : LED'in çalışma gerilimi (V)

I_{L1} : LED'in çalışma akımı (A)

Görsel 5.14b'de gösterildiği gibi birden çok sayıda LED kullanılacaksa şu formülden yararlanılır:

$$R = \frac{U - V_{L1} - V_{L2}}{I_L}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

R : LED ile kullanılacak olan ön direnç (Ω)

U : Güç kaynağı gerilimi (V)

V_{L1} : 1. LED'in çalışma gerilimi (V)

V_{L2} : 2. LED'in çalışma gerilimi (V)

I_L : LED'in çalışma akımı (A)

NOT

- Ön direnç hesabı yapılırken devrede maksimum sayıda LED kullanılmışsa bu LED'lerin çalışma gerilimleri sırasıyla güç kaynağı geriliminden çıkarılmalıdır.
- Devrede kullanılacak LED'ler seri şekilde bağlanacaksa akım seçimi en düşük akımla çalışan LED'e göre yapılmalıdır.

ÖRNEK

12 V'luk bir güç kaynağı ile çalıştırılacak SMD2835 LED'in çalışma gerilimi 3 V, çalışma akımı ise 60 mA'dir. SMD2835 LED için kullanılacak ön direncin değerini bulunuz.

ÇÖZÜM

Ön direnç hesabı yapılacağı zaman aşağıdaki formül uygulanır.

$$R = \frac{U - V_{L1}}{I_{L1}}$$

Burada U= 12 V, V_{L1} = 3 V ve I_{L1} = 60 mA'dir. Dolayısıyla kullanılacak direnç değerinin hesabı şu şekildedir:

$$R = \frac{12 - 3}{I_{L1}} = \frac{9}{0,06} = 150\ \Omega$$

SIRA SİZDE

9 V'luk bir güç kaynağı ile çalıştırılacak, X firması tarafından üretilen SMD3014 LED'in çalışma gerilimi 3,3 V, çalışma akımı ise 30 mA'dir. SMD3014 LED için kullanılacak ön direncin değerini bulunuz.

ÖRNEK

9 V'luk bir güç kaynağı ile çalıştırılacak üç adet kırmızı LED'in çalışma gerilimi 2 V, çalışma akımı ise 20 mA'dir. LED'ler için kullanılacak ön direncin değerini bulunuz.

ÇÖZÜM

3 adet kırmızı LED için kullanılacak direnç hesabında aşağıdaki formül kullanılır.

$$R = \frac{U - V_{L1} - V_{L2} - V_{L2}}{I_L}$$

Burada U= 9 V, $V_{L1} = V_{L2} = V_{L3}$ =2 V ve I_L = 15 mA'dir. Dolayısıyla kullanılacak direnç değerinin hesabı şu şekildedir:

$$R = \frac{9 - 2 - 2 - 2}{0,02} = \frac{3}{0,02} = 150\ \Omega$$

SIRA SİZDE

12 V'luk sabit güç kaynağı ile çalıştırılacak üç adet beyaz LED'in çalışma gerilimi 3,3 V, çalışma akımı ise 25 mA'dir. Bu beyaz LED'ler için kullanılacak ön direncin değerini bulunuz.

5.1.5. LED'lerin Kullanım Alanları

LED'lerin elektriksel verim açısından avantajlı olması aydınlatma sistemlerinde kullanımının artmasını sağlamıştır. Akkor flamanlı ampuller, floresan lambalar, aydınlatma armatürleri vb. ürünlerin yerlerini LED lamba ve LED armatürler almaktadır.

Aydınlatmada LED'lerin yaygın kullanıldığı alanlar şunlardır:

- Sokak ve caddeler
- Konferans salonları
- Reklam panoları, televizyon, bilgisayar ve akıllı telefon ekranları
- Ameliyat odaları, endoskoplar, optik aletler
- Oteller
- Uçaklar
- Restoranlar
- Fabrika ve fabrika çevreleri
- Hastaneler ve otoparklar
- Genel kullanım amaçlı binalar
- Kara yolları ve çevre yolları
- Köprü, geçit vb. yapılar

5.1.6. LED'lerin Diğer Işık Kaynaklarına Göre Avantajları

- Fiziksel darbelere ve şoka dayanıklıdır.
- 100.000 saate kadar ömrü vardır.
- Düşük güç tüketimlerinden dolayı solar enerji ile çalışan (güneş enerjisi) devrelerde ve mobil uygulamalarda alternatifsizdir.
- Yüksek verimli aydınlatma sağlar.
- Çok düşük sıcaklık ve düşük ışık kirliliğine sahiptir.
- Nem ve suya dayanıklıdır.
- Uzun vadede enerji tüketim maliyeti düşüktür.
- Tek veya birçok renk bir arada kullanılabilir.
- Yüksek parlaklık ve kontrasta sahiptir.
- Düşük güç tüketimi ve düşük ısı yayılımına sahiptir.
- Kolay kurulur yapıdadır.
- Nanosaniye (ns) seviyesinde reaksiyon verme süresi vardır, bu hız akkor flamanlı vb. ışık kaynakları ile kıyaslanamaz üstünlüktedir.
- Cıva, kurşun vb. ağır metaller içermez ve çevre dostudur.
- Bakıma ihtiyaç duymaz.
- Küçük boyutlu ve hafiftir.
- Tak ve çalıştır kolaylığına sahiptir.
- Filamanları olmadığı için sıradan elektrikli aydınlatma ampullerinden daha dayanıklıdır.
- Yeşil, sarı, kırmızı renkleri gece görüşünde ve sisli hava şartlarındaki trafik uygulamalarında, beyaz rengi ise genel kullanım ve aydınlatmada iyi bir çözümdür.

5.1.7. LED'lerin Diğer Işık Kaynaklarına Göre Dezavantajları

- Diğer lamba türlerine göre LED'li lambalar daha yüksek fiyatlıdır.
- Ucuz üretime sahip LED'li armatürler video kayıt esnasında titreşime sebep olur.
- Her LED küçük ya da büyük bir sürücü ile çalışır, bu nedenle yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilenir.
- Mavi ve soğuk beyaz LED'lerin ürettiği mavi ışığa uzun süre maruz kalınması; görme zayıflığına neden olur, uyku kalitesini düşürür ve uyku düzenini bozar.

5.2. LED LAMBALARIN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

LED kullanılarak birçok ampul ve lamba modelleri üretilmektedir. Bu bölümde LED ile oluşturulan çeşitli lamba ve armatürlerin özellikleri verilmiştir.

5.2.1. LED Çipli Lambalar (Şerit LED'ler)

SMD LED çiplerinin esnek bir PCB (baskı devre kartı) üzerine belirli düzende sıralanmasıyla oluşturulmuş LED aydınlatma araçlarına **şerit LED** denir. Şerit LED'ler; kullanımı kolay, çift taraflı bant ile sabitlenebilen ve bağlantı noktalarından kesilip tekrar birleştirilebilen modüllerdir.

Şerit LED'ler 5 V, 9 V, 12 V, 18 V, 24 V, 36 V ve 48 V gerilimde çalışır. Uzunluğuna göre değişen değerde akım çeker. Sürücü ya da sabit akım sağlayan güç kaynakları kullanılarak çalıştırılır. Seçilecek sürücü veya güç kaynağının akım ve gerilim değerleri şerit LED gerilim ve akımına uygun olmalıdır. Şerit LED'lerde kullanılan SMD LED çiplerine göre ışık akıları değişir. Şerit LED'in ışık akısını belirleyen özelliklerden biri içerisinde bulunan çip sayısıdır. 5050 ve 4040 gibi 3 çipli SMD LED'ler'in ışık akısı, 2835 ve 3014 gibi tek çipli şerit LED'lere göre daha fazladır. Şerit LED'lerin özelliklerine göre farklı çeşitleri bulunur (Görsel 5.15).



Görsel 5.15: Çeşitli şerit LED modelleri

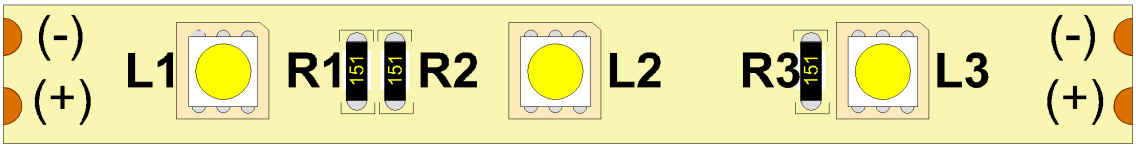
5.2.1.1. LED Çipli Lambaların Çeşitleri ve Özellikleri

Aydınlatma sistemleri için üretilen şerit LED çeşitleri şu şekilde sıralanabilir:

Normal Şerit LED: Bu şerit LED'lerin üzerinde bulunan SMD LED'ler tek renklidir. Beyaz, yeşil, kırmızı, mavi, amber gibi farklı renkleri vardır. İç aydınlatmada farklı renk sıcaklığı ve sabit renk kullanımı istenen mekânlarda tercih edilir. Görsel 5.16'da tek renkli şerit LED örnekleri görülmektedir. SMD LED kılıflarının özelliklerine göre lümen değeri farklı şerit LED'ler bulunur. Bu LED'ler 5 V, 12 V, 24 V, 36 V ve 48 V olarak farklı çalışma gerilimlerinde çalışacak şekilde üretilir. Sabit gerilimli LED sürücü bağlantısı yapılarak çalıştırılır. Sürücünün artı (+) çıkışı şerit LED'in artı (+) ucuna, eksi (-) çıkışı şerit LED'in eksi (-) ucuna bağlanır (Görsel 5.17).



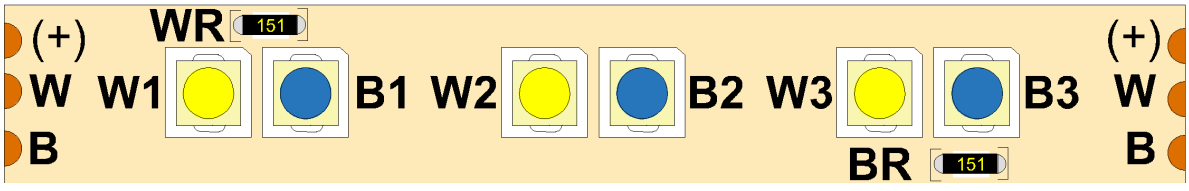
Görsel 5.16: Tek renkli şerit LED örnekleri



Görsel 5.17: Tek renkli şerit LED bağlantı uçları

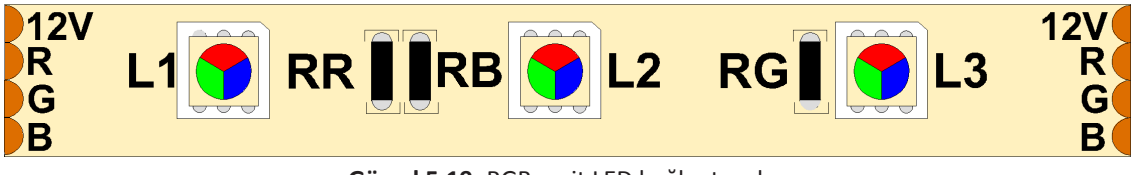
İki Renkli Şerit LED: İki farklı renkteki SMD LED çipinin aynı şerit üzerinde yerleştirilmesiyle oluşur. İki renkli şerit LED'ler çift sıra ya da tek sıra seri şekilde yerleştirilir. Şerit LED'i oluşturan LED'lerin artı (+) besleme bağlantısı ortaktır. Diğer iki bağlantı ise renkleri ifade eder. Hangi renk isteniyorsa o rengi temsil eden bağlantıya (W, B) eksi (-) gerilim uygulanır. İki renkli şerit LED'ler manuel veya uzaktan kontrol edilebilir.

Görsel 5.18'de beyaz ve mavi olmak üzere iki renkli şerit LED görülmektedir.



Görsel 5.18: İki renkli şerit LED bağlantı uçları

Üç Renkli (RGB) Şerit LED: RGB şerit LED üzerindeki SMD LED kılıfı içerisinde kırmızı, mavi ve yeşil renk çipleri bulunan aydınlatma araçlarıdır. Renk LED'leri ayrı ayrı kullanılabileceği gibi farklı renkleri elde etmek için bir arada da kullanılabilir. Sabit gerilimli LED sürücü ile çalıştırılır. Manuel olarak kontrol edilebilir veya uzaktan kontrol edilebilen RGB LED sürücülerle çalıştırılabilir. RGB kontrol cihazında bulunan 4 bağlantı çıkışı RGB şerit LED'e bağlanır. RGB şerit LED'i oluşturan LED'lerin artı (+) besleme bağlantısı ortaktır. Diğer üç bağlantı ise renkleri ifade eder. Hangi renk isteniyorsa o rengi temsil eden bağlantıya (R, G, B) eksi (-) gerilim uygulanır. Görsel 5.19'da RGB şerit LED görülmektedir.



Görsel 5.19: RGB şerit LED bağlantı uçları

RGB şerit LED'e ek olarak adreslenebilir RGB (ARGB) şerit LED'lerde de aydınlatmada kullanılır. Bu şerit LED'ler içerisinde yer alan sürücü entegreleri ile I2C seri haberleşme protokolü kapsamında istenen LED çipinin hangi renkte çalıştırılacağı belirlenir. Böylece şerit üzerinde farklı renkte alanlar oluşturulur.

Çok Renkli Şerit LED: Çok renkli şerit LED'ler RGB şerit LED'in yanına aynı kılıf içerisinde farklı beyaz LED çiplerinin eklenmesiyle oluşmuş aydınlatma aracıdır. Çok renkli şerit LED çeşitleri şunlardır:

- **RGBW Şerit LED:** RGB LED çipi içerisine veya yanına beyaz renk LED'in eklenmesiyle elde edilen şerit LED'lerdir. Görsel 5.20'de RGBW şerit LED görülmektedir.



Görsel 5.20: RGBW şerit LED

- **RGBWW Şerit LED:** RGB LED çipi içerisine veya yanına beyaz ve sıcak beyaz renk LED'lerin eklenmesiyle elde edilen şerit LED'lerdir.
- **RGBCW Şerit LED:** RGB LED çipi içerisine veya yanına beyaz ve soğuk beyaz renk LED'lerin eklenmesiyle elde edilen şerit LED'lerdir.
- **RGBCCT Şerit LED:** RGB LED çipi içerisine veya yanına beyaz renk LED'lerin eklenmesiyle elde edilen şerit LED'lerdir. RGBCCT LED'lerle renk sıcaklık kontrolü yapılabilir. Renk sıcaklık dereceleri 2200-6500 ^{o}K arasında kontrol edilir.

Neon Şerit LED: Neon şerit LED'ler içerisinde SMD LED çipleri bulunduran ve dış yüzünde kalın silikon ile kaplanmış dekoratif amaçlı kullanılan şerit LED'lerdir. Neon şerit LED'ler sağladığı ışık bakımından normal neon lambalara benzese de iç yapısı bakımından bu lambalardan farklıdır. Neon şerit LED'lerden çıkan ışıklar homojen şekilde dış ortama yansır. Neon LED'ler esnek ve bükülebilir yapısı sayesinde istenen yerlere kolayca monte edilebilir. Farklı LED çipleri sayesinde istenen renk ile aydınlatma sağlanır. Neon LED'ler bir metrelik ölçülerle kesilip tekrar birleştirilebilir. Neon şerit LED'ler, DC gerilimde veya 220 Volt AC gerilimde çalışacak şekilde üretilir. Görsel 5.21'de neon şerit LED görülmektedir.



Görsel 5.21: Neon şerit LED

Hortum LED: Hortum LED'ler şeffaf silikon içerisine yerleştirilmiş şerit LED'lerden oluşur. Genellikle 220 Volt AC gerilimde çalışacak şekilde üretilir. Esnek ve bükülebilir yapısı ile genellikle dekoratif amaçlı dış aydınlatmalarda kullanılır. Silikon ile kaplandığından dolayı su geçirmez koruma sınıfında yer alır. Görsel 5.22'de hortum şerit LED görülmektedir.



Görsel 5.22: Hortum LED

5.2.1.2. LED Çipli Lambaların Fiziksel Özellikleri ve LED Kılıfları

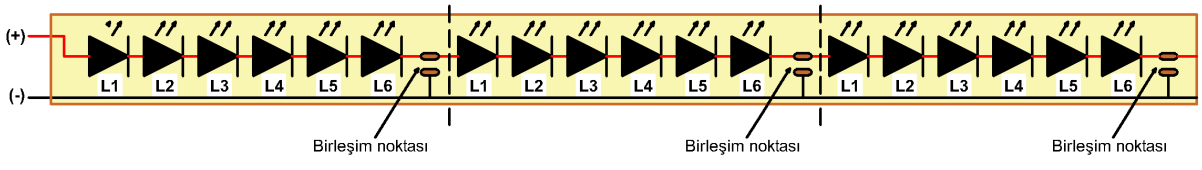
Şerit LED'ler birçok farklı firma tarafından üretildiği için üzerinde kullanılan LED çipi, SMD kılıf içerisindeki çip sayısı, PCB kalitesi, koruma sınıfı, ışık akısı gibi özellikleri de farklılık gösterir. Şerit LED'lerin uzunlukları metre cinsinden ifade edilir. Bu ledler 5 veya 10 cm'de bir kesim yerleri olacak şekilde üretilir. Genişlikleri tek renkli olanlarda 5-10 mm arasında olacak şekilde tasarlanmıştır. RGB, RGBW, RGBWW, RGBCW ve çift SMD LED çipi olan şerit LED'lerde ise genişlik 10-20 mm arasındadır.

Şerit LED'lerde kullanılan esnek PCB'lerin yapısı kullanılan SMD LED'lere göre farklılık gösterir. Bu durum SMD LED'in çektiği akım yani harcadığı güç ile ilgilidir. SMD 3528 tek çipli LED 0,08 W güç harcarken SMD 5050 üç çipli LED 0,24 W güç harcar. SMD 3528 LED için kullanılan PCB, SMD 5050 için de kullanılacak olursa bu durum bir süre sonra PCB'nin ısınmasına ve belli bir süre sonra SMD LED çiplerinin arızalanmasına sebep olabilir. Şerit LED üretiminde SMD LED çipine göre PCB tasarlamak uygun olacaktır.

Şerit LED PCB'lerde iki tür elektriksel bağlantı şekli görülür. Bunlardan birincisi sabit akımlı sürücülerle çalışan seri bağlantılı LED modülleri (modül grupları), ikincisi ise sabit gerilimle çalışan paralel bağlantılı LED modüllerdir.

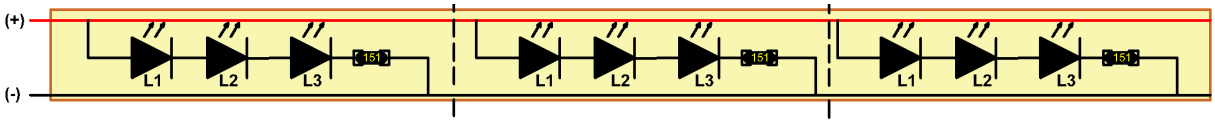
Seri bağlı şerit LED'lerde LED modülleri birbirine seri bağlanarak şerit oluşturulur. Şerit LED'i çalıştırmak için sabit akımlı sürücü kullanılır. Şerit LED, sabit akımlı sürücüye bağlandığında doğrudan çalışmaz. Şerit LED'i çalıştırabilmek için LED modüllerinin sonunda bulunan birleşim noktalarının birbirine lehimlenmesi gerekir. [Şerit LED'in hangi LED modülüne kadar çalışması isteniyorsa o kısımda bulunan birleşim noktaları (+ ve - bağlantılar) lehimlenerek birleştirilir]. Lehimleme işlemi yapıldıktan sonra LED'lerin çalıştığı görülür.

Görsel 5.23'te seri bağlı şerit LED'in iç yapısı görülmektedir.



Görsel 5.23: Seri bağlı şerit LED

Paralel bağlı şerit LED'lerde LED modülleri birbirlerine paralel bağlanarak şerit oluşturulur. LED modülleri genellikle üçerli LED'lerden oluşsa da 4, 5 ve 6 LED'den oluşan modül çeşitleri de mevcuttur. LED modülleri bulunan LED'ler ve ön direnç birbirlerine seri bağlıdır. Görsel 5.24'te paralel bağlı şerit LED'in iç yapısı görülmektedir.



Görsel 5.24: Paralel bağlı şerit LED

Şerit LED'lerde kullanılan SMD LED'ler farklı kılıf yapılarına sahip olabilir. Kılıflar isimlerini kendi kılıf ölçülerinden alır. Bazı SMD kılıf çeşitleri ve harcadıkları güçler Tablo 5.2'de görülmektedir.

Tablo 5.2: SMD LED Kılıf Çeşitleri ve Özellikleri

Kılıf Adı	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)
3528	3,5	2,8
5050	5,0	5,0
2835	2,8	3,5
3014	3,0	1,4
2216	2,2	1,6
5630	5,6	3,0
2110	2,1	1,0
4040	4,0	4,0

5.2.1.3. LED Çipli Lambaların Güçleri ve Verimleri

Dünya genelinde LED çipi üretimi yapan birçok firma vardır. Bu firmalar LED çiplerinin üretimini yaparken farklı oranda bileşen kullanır. Bu nedenle LED çipli lambalar arasında çalışma voltajı, çekilen akım ve harcanan güç bakımından farklılıklar oluşur.

Bazı LED çiplerinin çalışma gerilimi, akımı ve güçleri Tablo 5.3'te görülmektedir.

Tablo 5.3: SMD LED Çipleri Katalog Değerleri

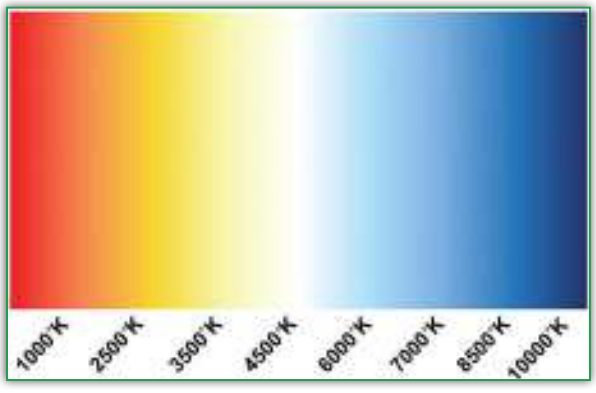
Kılıf Adı	Çalışma Gerilimi (V)	Çalışma Akımı (mA)	Gücü (W)
3528 (beyaz)	3,2	25	0,08
5050 (beyaz)	3,2	75	0,24
2835	3,2	60	0,20
3014	3,3	30	0,10
2216	3,2	30	0,10
5630	3,2	170	0,50
2110	3,3	30	0,10
4040	3,2	60	0,20

5.2.1.4. LED Çipli Lambaların Montaj Tipleri

Şerit LED'lerin kullanılacak alana göre seçimi yapıldıktan sonra LED sürücü bağlantısı yapılarak montaj işlemine geçilir. Şerit LED'in herhangi bir yüzeye montajında arkasında bulunan çift taraflı bant kullanılır. Çift taraflı bandın zamanla yapışma etkisi azalabileceğinden ilave silikon veya şerit LED kroşeleri kullanılarak şerit LED'in yüzeye daha uzun süreli tutunması sağlanabilir. Bunun dışında şerit LED'ler alüminyum koruyucu içerisine yerleştirilerek de montajlanabilir. Alüminyum, şerit LED'i soğutma açısından da önemli bir malzemedir. Şerit LED içerisindeki SMD malzemeler bu alüminyum sayesinde çabuk ısınmazlar. Böylelikle şerit LED'in ömrünün uzun olması sağlanır.

5.2.1.5. LED Çipli Lambaların Renk Sıcaklıkları (Kelvin) ve Dalga Boyları

Şerit LED'lerde de diğer lamba türlerinde olduğu gibi farklı renk sıcaklıkları vardır. **Renk sıcaklığı** ışık kaynağının yaydığı görünür ışığın sahip olduğu ışık rengini belirtir ve Kelvin (°K) birimi ile ölçülür. Görsel 5.25'te renk sıcaklıklarının Kelvin cinsinden değerleri görülmektedir.



Görsel 5.25: Renk sıcaklık değerleri

Renk sıcaklıklarını üç genel başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar sıcak beyaz, doğal beyaz ve soğuk beyaz şeklindedir. Şerit LED'lerde her renk sıcaklığına ait renk bulmak mümkündür. Renk sıcaklığı kontrolü CCT şerit LED'lerle sağlanır. Bu şerit LED'ler 2200-6500 °K arasındaki renk sıcaklık değerlerine sahiptir. Manuel ya da uzaktan kontrol şeklinde renk sıcaklık değerleri değiştirilebilir.

Beyaz ışığın farklı tonları (sıcak-soğuk) Kelvin cinsinden ifade edilirken diğer renkler için bu ifadeyi kullanmak doğru olmaz. Diğer tüm renkler 400-700 nm aralığındaki bir dalga boyuna sahiptir. Dalga boyu, bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafedir. 400-700 nm aralığı insan gözünün algılayabildiği renklerin dalga boyunu ifade eder. 400 nm altındaki dalga boyu morötesi, 700 nm üzerindeki dalga boyu ise kızılötesi olarak tanımlanır. Şerit LED'ler içerisindeki SMD LED'lerin de birçok farklı renk çeşidi vardır. Bu şerit LED'lerde bulunan renklerin dalga boyları Tablo 5.4'te görülmektedir. Bu değerler üstünde kalan kızılötesi, şerit LED'lerde aydınlatma amacıyla kullanılmaz. Altında yer alan 240-400 nm dalga boyuna sahip morötesi (ultraviyole) renkler ise sağlık sektöründe kullanılır. Özellikle bazı bulaşıcı hastalıkların yayılmasını engellemek adına bu dalga boyuna sahip şerit LED'ler tercih edilir. Yiyecek-içeceklerin sterilizasyon işlemi morötesi ışınlar sayesinde gerçekleştirilir.

Tablo 5.4: Renk Dalga Boyları

Renk	Dalga Boyu (nm)	Renk	Dalga Boyu (nm)
Mor	400-450	**Sarı**	560-590
Mavi	450-490	**Turuncu**	590-635
Yeşil	490-560	**Kırmızı**	635-700

5.2.2. LED Ampuller (Akkor Tipli)

LED ampuller, SMD LED'ler kullanılarak tasarlanan lambalardır. Halojen ve kompakt floresan lambalardan daha verimli olduğundan aydınlatmada sıkça kullanılır.

LED ampullerin içerisinde çok sayıda SMD LED bulunur. LED'ler ampul içerisindeki alüminyum devre kartı üzerine dizili hâldedir. LED'lerden çıkan ışık, **difüzör** adı verilen plastik beyaz kapak ile kontrol altına alınır. Difüzör, ışığın homojen ve yumuşak dağılmasına yardımcı olur. LED ampullerde difüzör kapağı ile duy arasındaki plastik gövdede veya alüminyum PCB üzerinde LED'leri çalıştırmak için uygun gerilim ve akımı sağlayan LED sürücü devresi bulunur. Yüksek güçlü LED ampullerde gövdenin iç kısmı da alüminyum ile kaplanmıştır. Böylece LED'ler üzerinde oluşan ısı gövde tarafından dağıtılır. Sıcak beyaz, doğal beyaz ve soğuk beyaz renk seçenekleri vardır. Görsel 5.26'da LED ve ampulün iç yapısı görülmektedir.



Görsel 5.26: LED ampul ve ampulün iç yapısı

LED ampullerin sürücü kısmı 220-240 V AC gerilimde çalışacak şekilde köprü diyot, kondansatör ve sürücü entegreden oluşur. LED ampullerde düşük kaliteli sürücü devre elemanları kullanılması ışık titremesine (flicker) neden olur. İnsan gözü bu titremeyi fark edemese de video çekimi yapıldığında bu durum ortaya çıkar. LED ampuller genellikle E27 duy tipine uygun üretilir. Güç olarak daha düşük ya da daha yüksek LED temelli ampuller farklı duy tipleri ile piyasada bulunur.

5.2.3. LED Filament (LED Rustik) Ampuller

Görsel 5.27'de LED filament ampul görülmektedir.



Görsel 5.27: LED filament ampuller

Mikroskobik yapıda LED'lerin birleştirilmesiyle oluşturulmuş ve filament telleri üzerine yerleştirilmiş lambaya **LED filament lamba** denir. Her filament teli üzerinde onlarca LED çipi yer alır. LED çipleri üzerinde sarı renkli fosfor kaplama bulunur. Ampul içerisindeki tellerin sarı renkte görünmesinin sebebi budur. Fosfor kaplama, LED çipi tarafından üretilen ışığı beyaz ya da sarı ışığa dönüştürmeye yarar.

LED filament ampuller ışığı 360° açıda yayabildiğinden difüzöre ihtiyaç duymaz. Filament tellerinin korunması için şeffaf cam kullanılır. Bu yüzden sıradan LED ampullere göre daha hassas yapıdadır. LED filament ampullerde sürücü devresi bulunmaz. Bunun yerine diyot ve kapasitör kullanılması yeterlidir. Çünkü filament teli üzerinde LED dizisinin gerilimi (DC), şebeke gerilimi (AC) ile yakın büyüklüktedir. LED filament ampuller basit yapıları nedeniyle kompakt bir görünüme sahiptir. Standart LED ampullerden daha pahalıdır ve genellikle daha kısa kullanım ömrüne (yaklaşık 15.000 saat) sahiptir.

5.2.4. LED Bar Lambalar (Floresan Tipli)

İçerisinde bulunan çubuk şeklindeki elektronik devre kartı üzerine SMD LED dizilmesiyle oluşturulmuş lambaya **LED bar lamba** denir. Floresan şeklindeki bu LED lambaların dış yüzeyinde bulunan difüzör sayesinde LED'lerden çıkan ışık, alana homojen şekilde yayılır. Dış kısımda bulunan alüminyum kasayla LED'lerin soğuması sağlanır.

LED bar lambalarda kasa içerisinde bulunan, 220-240 V AC gerilimde çalışan sürücü devresi LED'lerin çalışmasını sağlar. LED bar lambalarda beyaz rengin çeşitli sıcaklık değerlerindeki modelleri mevcuttur. İç aydınlatmada kullanılan bu lambaların sıva üstü ve sıva altı olmak üzere iki çeşidi vardır (Görsel 5.28).



Görsel 5.28: Sıva altı ve sıva üstü LED bar lambalar

5.2.5. LED Torch Lambalar

LED torch lambalar, LED ampullerle aynı LED teknolojisine sahiptir. LED torch lamba içerisinde SMD LED'lerin sayısı daha fazla olduğu için nominal ışık akıları çok daha yüksektir ve bu lambalar yüksek güç tüketir. 60 W LED torch lamba ile 5.000-5.500 lümene kadar ışık akısı sağlanabilir. Difüzör sayesinde homojen olarak aydınlatma sağlanır. LED torch lambalar iç aydınlatmada kullanılır. Sıcak beyaz, doğal beyaz ve soğuk beyaz renk seçenekleri vardır. Bu lambalarda E27 ve E40 duy tipi kullanılır. Görsel 5.29'da LED torch lamba görülmektedir.



Görsel 5.29: LED torch lamba

5.2.6. LED Mum (Candle) Lambalar

LED filament ve normal LED ampul teknolojisinin düşük güç değerlerine sahip olan lambaya **LED mum (candle) lamba** denir. Genellikle dekoratif amaç için tasarlanır. 1-5 W arasında güç değerlerine sahiptir. Dış yüzey, filament LED'li mum lambalarda camdan, SMD LED'li mum lambalarda ise pleksiglas malzemeden oluşur. LED mum lambalarda renk olarak beyazın farklı sıcaklık değerleri bulunur. Genellikle İç aydınlatmada kullanılan bu lambaların çoğu E14 duy tipine göre tasarlanır. Görsel 5.30'da LED mum lamba görülmektedir.



Görsel 5.30: LED mum (candle) lamba

5.2.7. LED Spot Lambalar

Çember şeklinde kesilmiş kasa iç yüzeyine SMD LED çiplerinin seri şekilde bağlanmasıyla oluşturulmuş lamba çeşidine **LED spot lamba** denir. Her spot lamba sabit akımlı LED sürücü ile çalışır. Dış yüzeyde bulunan pleksiglas malzeme, ışığın alana homojen şekilde dağılmasını sağlar. Bir başka spot lamba çeşidinde ise COB LED'ler kullanılarak direkt aydınlatma ile yüzey aydınlatması yapılır. Bu tür LED spotlarda sabit gerilimli sürücü kullanılır. LED spot lambaların sıva üstü ve sıva altı olmak üzere iki çeşidi vardır. Okul, iş yeri ve ofis gibi yerlerde sıcak beyaz, doğal beyaz ve soğuk beyaz renk seçenekleri ile aydınlatma sağlar (Görsel 5.31).



Görsel 5.31: LED spot lamba çeşitleri

5.2.8. LED PL Lambalar

Görsel 5.32'de LED PL lambalar görülmektedir.



Görsel 5.32: LED PL lamba çeşitleri

Ortadaki bir silindir etrafına SMD LED'lerin yerleştirilmesiyle oluşturulmuş aydınlatma araçlara **LED PL lamba** denir. Lamba içerisinde SMD LED'lerin çalışması için üretilmiş sabit gerilimli bir sürücü bulunur. Bu lambalar E27 duy tipine göre tasarlanmıştır. Üretici firmalar tarafından dış yüzeyi iki çeşit tasarlanır. Birincisinde SMD LED'lerin direkt olarak aydınlatma sağlaması için cam yüzey kullanılmıştır. İkinci çeşitte dış yüzey pleksiglas malzeme ile kaplanarak homojen bir ışıklandırma sağlaması amaçlanmıştır. LED PL lambalar mağaza, hastane ve galeri gibi yüksek ışığa ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılır.

5.2.9. LED Projektör

İçerisinde yüksek güçlü SMD LED'ler bulunduran yüksek güçlü lambalara **LED projektör** denir. LED projektör yapısında SMD LED'ler veya COB LED kullanılır. Işığın daha iyi yayılımı için lamba, reflektör ile desteklenir. Projektörün gücü, kullanılan LED'lerin sayısına bağlıdır. LED'ler birbirine seri bağlandığı için sabit akımlı sürücüler kullanılır. Bazı modellerde ise bir maksimum sabit akımlı sürücü kullanılır. Projektör kasası aynı zamanda SMD LED'lerin soğutulmasına yarar. LED projektörler dış mekânların aydınlatılmasında kullanılır. Görsel 5.33'te LED projektörler görülmektedir.



Görsel 5.33: LED projektör lambalar

5.2.10. LED Panel Armatür

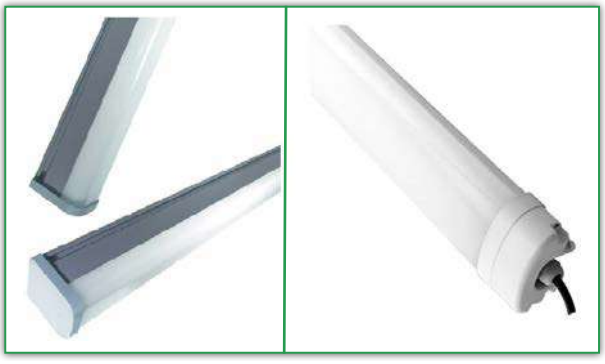
Farklı ebatlardaki kasa içerisine yerleştirilen SMD LED ve LED sürücü ile birlikte, difüzör yardımıyla ortamın daha homojen şekilde aydınlatılmasını sağlayan armatürlere **LED panel** denir. Sıva altı ve sıva üstü olmak üzere iki çeşidi vardır. Okul, iş yerleri, hastane ve ofis gibi yerlerde sıcak beyaz, doğal beyaz ve soğuk beyaz renk seçenekleri ile aydınlatma sağlar. Görsel 5.34'te LED panel armatürler görülmektedir.



Görsel 5.34: LED panel armatür çeşitleri

5.2.11. LED Etanj Armatür

SMD LED'lerin baskı devre kartına sıralanmasıyla oluşturulmuş aydınlatma araçlarına **LED etanj armatür** denir. Isı, nem ve toza karşı dayanıklıdır. Armatürün dışındaki polikarbon malzeme genellikle yassı bir şekilde tasarlanmıştır ve ışığın homojen şekilde yayılmasını sağlar. LED etanj armatürler toz ve neme dayanıklı olması sebebiyle fabrikalarda sıkça kullanılır. Görsel 5.35'te LED etanj armatürler görülmektedir.



Görsel 5.35: LED etanj armatür çeşitleri

5.2.12. LED Bant Armatür

LED bant armatürler esnek yapılıdır ve içerisine yerleştirilen şerit LED'ler ile birlikte çalışır. Tavana ya da herhangi bir duvara kolayca sabitlenir. Bazı modellerinde ek bağlantı noktaları bulunur. Bu ekleme noktaları ile herhangi bir kabloya ihtiyaç olmadan birbirine eklenerek dizilebilir. Bunun yanında dışındaki difüzör SMD LED'den yayılan ışığın direkt göze temasını engeller ve ışığı dağıtarak aydınlatır. Görsel 5.36'da LED bant armatür görülmektedir.



Görsel 5.36: LED bant armatür

5.2.13. LED Avize Armatürler

İç aydınlatmada kullanılan estetik tarzda dekoratif armatürlere **LED avize** denir. İçerisine gömülen SMD LED'lerin bir araya getirildiği ve genellikle bir armatür içinde konumlandırıldığı aydınlatma ürünleridir. Bu armatürler, genellikle tavana monte edilerek kullanılır. Farklı renk sıcaklığına ait düşük enerjili LED'ler, LED sürücü ile sürülerek difüzör yardımıyla ortamın daha yumuşak ve homojen şekilde aydınlatılmasını sağlar. Görsel 5.37'de LED avize armatürler görülmektedir.



Görsel 5.37: LED avize armatür çeşitleri

5.2.14. LED Lamba ve Armatürlerin Karşılaştırılması

Tablo 5.5'te çeşitli şerit LED lambaların, Tablo 5.6'da ise çeşitli LED lambaların karşılaştırılması görülmektedir.

Tablo 5.5: Şerit LED Lambaların Karşılaştırılması

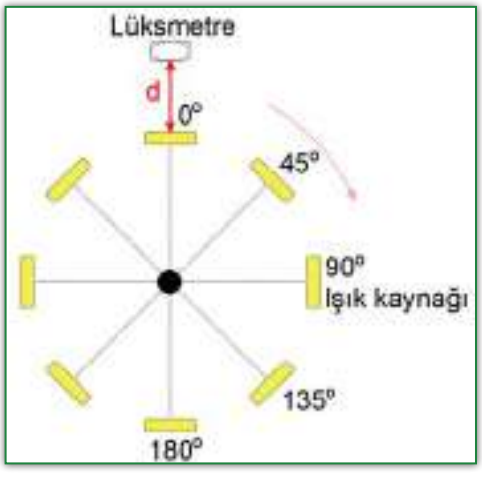
Teknik Özellikler	Normal Şerit LED	RGB Şerit LED	Power Şerit LED	Neon Şerit LED
Ürün ömrü (saat)	50.000	50.000	50.000	50.000
Renk seçeneği	✓	✓	✓	✓
Gerilim türü	AC-DC	DC	DC	AC-DC
Etkinlik faktörü (1 m) (lm/w)	90-110	90-100	100-110	50-60
LED sürücü	Gerekli	Gerekli	Gerekli	Gerekli değil

Tablo 5.6: LED Lambaların Karşılaştırılması

Teknik Özellikler	LED Ampul	LED Filament	LED Torch	LED Mum	LED Spot
Ürün ömrü (saat)	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Renk seçeneği	✓	X	X	✓	✓
Gerilim türü	AC	AC	AC	AC	AC
Etkinlik faktörü (1 m) (lm/w)	90-110	90-100	100-110	50-60	90-100
Duy tipi	E14-E27	E14-E27	E27-E40	E14	GU10
Enerji verimliliği	A^+	A^+	A^+	A^+	A^+
Dim edilebilirlik	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet

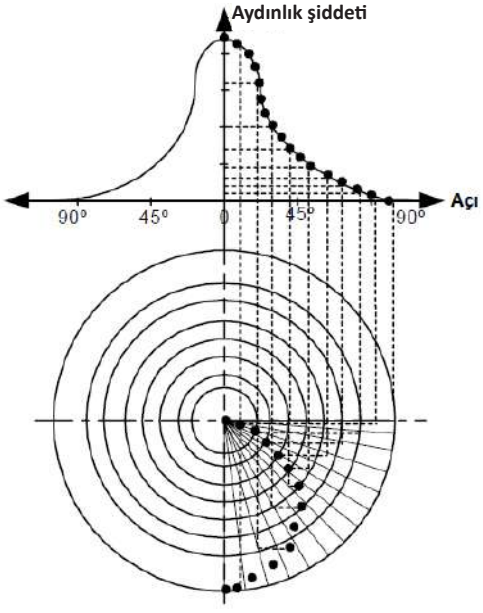
5.2.15. Işık Dağılım Eğrileri

Bir lamba ya da armatürden çıkan aydınlık şiddetinin abak isimli düzlemde modellendiği çizimlere **ışık dağılım eğrileri** denir. Bu ölçümler modellenirken **goniofotometre** denilen ölçüm sisteminden faydalanılır. Goniofotometre sisteminde, ışık kaynağı bir motor vasıtasıyla kola bağlı şekilde belli bir eksen etrafında döndürülürken lüksmetre sabit kalır. Işık kaynağı 360° döndürülürken lüksmetre, belirlenen açılarda kaynaktan çıkan aydınlık şiddetini ölçer ve bilgisayara kaydeder (Görsel 5.38).



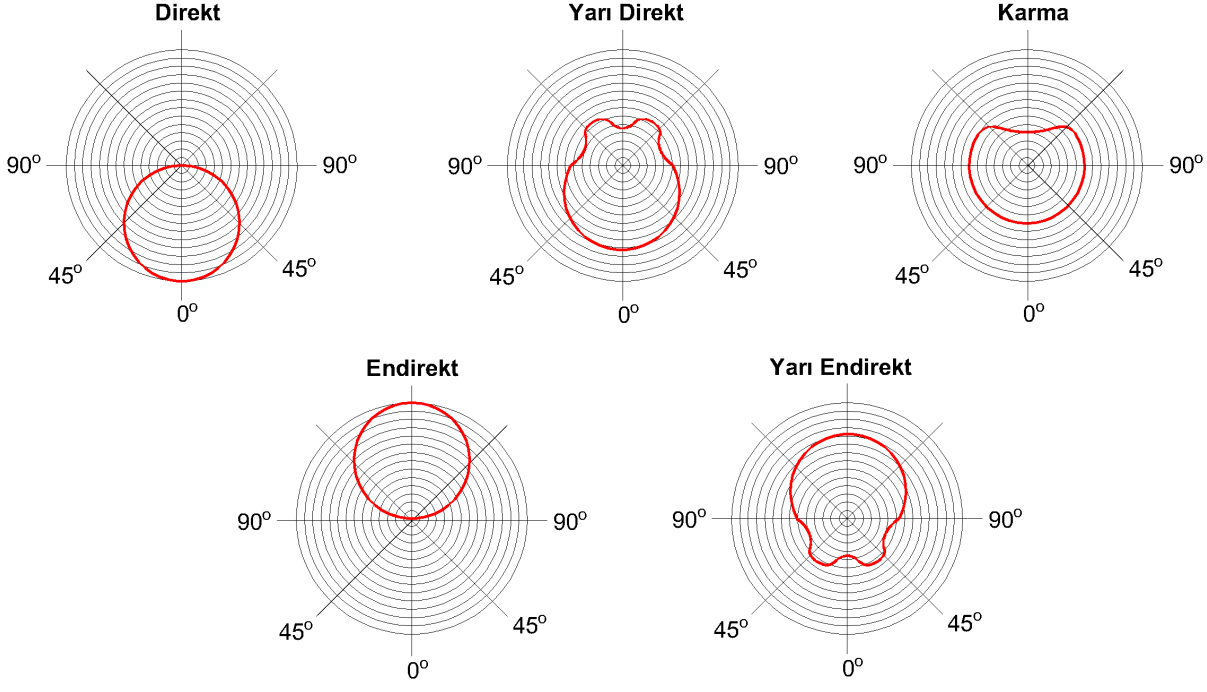
Görsel 5.38: Goniofotometre sistemi

Goniofotometre sisteminden elde edilen verilerle önce açı-aydınlık şiddeti grafiği elde edilir. Daha sonra bu grafikten elde edilen noktalar abak denilen grafiğe aktarılır. Abak üzerinde bulunan halkalar aydınlık şiddetini ifade eder. En içteki halka aydınlık şiddetinin en az olduğu halkadır. Halkalar büyüdükçe aydınlık şiddeti de artmaktadır. Görsel 5.39'da aydınlık şiddetlerinin abak üzerine yerleştirilmesi görülmektedir.



Görsel 5.39: Aydınlık şiddetlerinin abak üzerine yerleştirilmesi

Bu görselde görülen abaktaki noktalar, direkt aydınlatma sağlayan bir ışık kaynağından çıkan aydınlık şiddetini ifade etmektedir. Sabit lüksmetre karşısında duran ışık kaynağında her açı artışında lüksmetre üzerine düşen aydınlık şiddeti azalmaktadır. Bu da ışık kaynağının direkt aydınlatma sağladığını gösterir. Görsel 5.40'ta aydınlatma türlerinin ışık dağılım eğrileri görülmektedir.

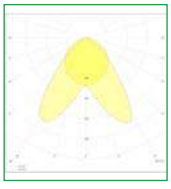
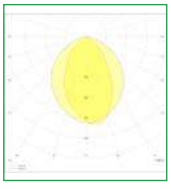


Görsel 5.40: Aydınlatma türlerinin ışık dağılım eğrileri

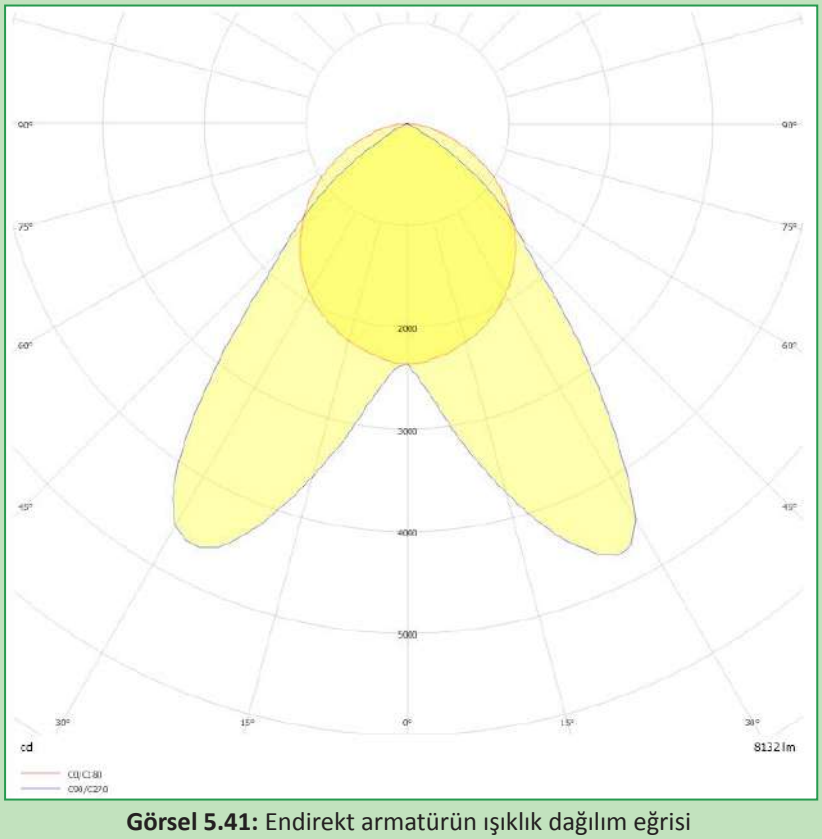
ÖRNEK

3x4 m² alana sahip ve 2,3 m yüksekliğindeki bir ortamda 4x20W aynı güçlü direkt ve endirekt özellikli iki armatürün aynı ortamda yarattığı etkileri bilgisayarlı aydınlatma simülasyon yazılımında test ediniz ve sonuçları değerlendiriniz. Çalışma yüksekliği 0,8 m, tavan-duvar-zemin yansıma derecesi %70-%50-%20 ve %80 bakım çarpanı vardır.

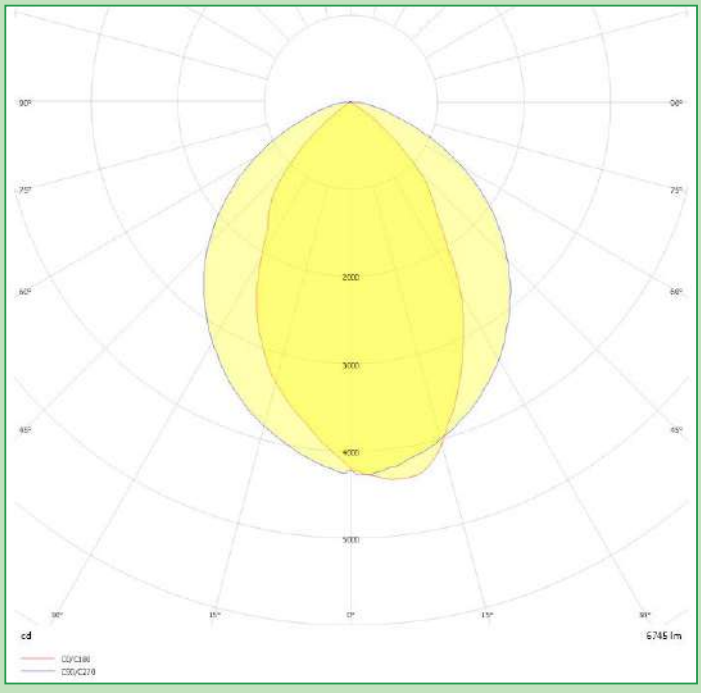
Tablo 5.7: Armatürlerin Teknik Özellikleri

Özellikler	Endirekt Armatür	Direkt Armatür
Armatür ışıklık dağılım eğrileri		
Armatür gücü	4x20 W LED (79,9 W)	4X20 W LED (83,3 W)
Işık akısı	8132 lümen	6745 lümen
Verimi	101,8 lm/W	81 lm/W
CCT	4200 °K	6500 °K
CRI	%80	%80
Ölçüleri (LxWxH)	1260x634x90 mm	1226x612x90 mm
Koruma sınıfı	IP20	IP20

Görsel 5.41'de endirekt ve Görsel 5.42'de direkt armatürün ışıklık dağılım eğrileri görülmektedir.



Görsel 5.41: Endirekt armatürün ışıklık dağılım eğrisi



Görsel 5.42: Direkt armatürün ışıklık dağılım eğrisi

Görsel 5.43'te tercih edilen endirekt ve direkt armatür modelleri görülmektedir.



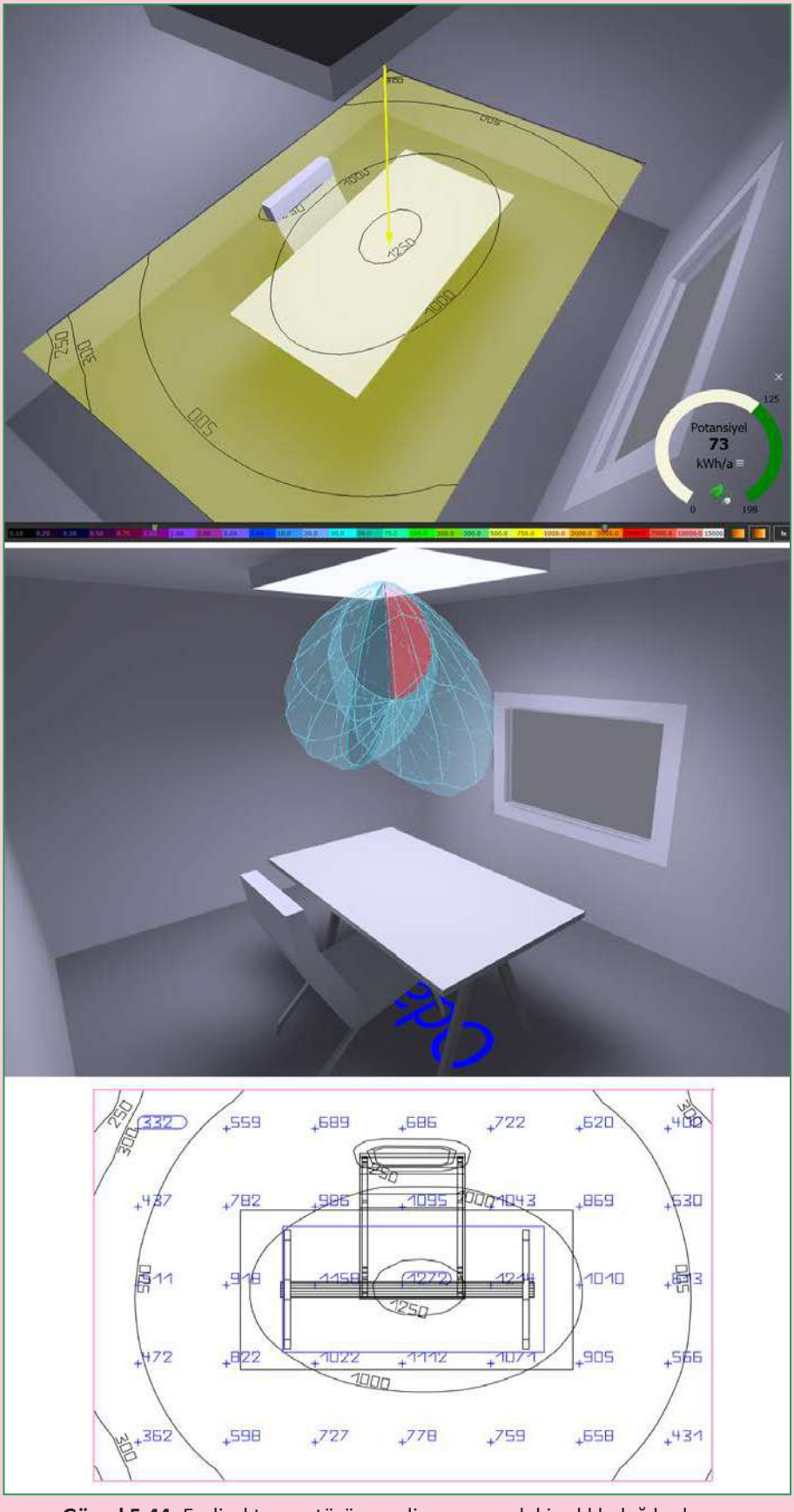
Görsel 5.43: Endirekt ve direkt armatürler

ÇÖZÜM

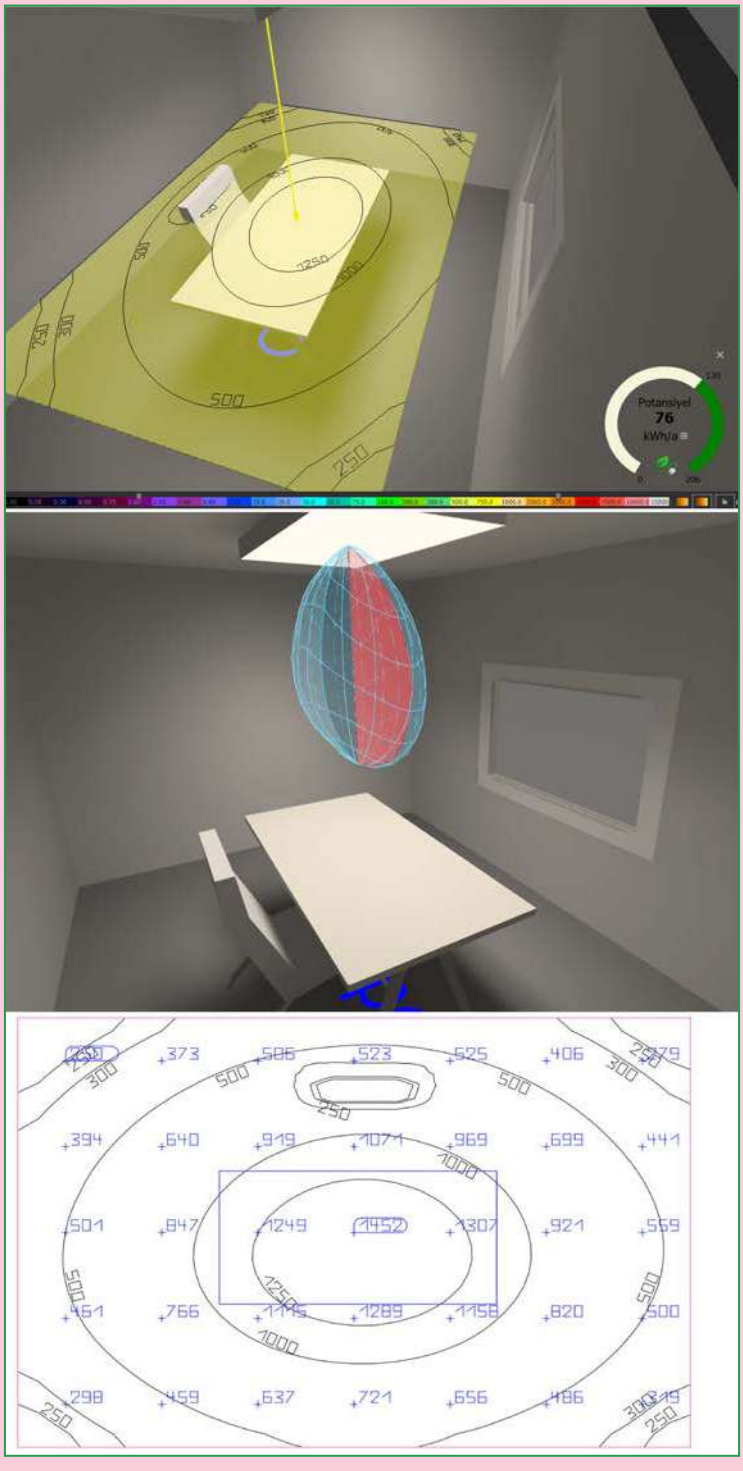
Her iki armatürün analiz sonuçları Tablo 5.8'de verilmiştir (Görsel 5.44, 5.45).

Tablo 5.8: Armatürlerin Analiz Sonuçları

Özellikler	Endirekt Armatür	Direkt Armatür
E (orta)	749 lüx (≥ 500 lüx)	688 lüx (≥ 500 lüx)
E (min)	179 lüx	148 lüx
E (max)	1272 lüx	1474 lüx
E (min) / E (orta)	0,24	0,22
E (max) / E (orta)	0,14	0,10
Enerji tüketimi	124,61-197,75 kWh/a (<400)	129,91-206,17 kWh/a (<400)



Görsel 5.44: Endirekt armatürün analiz sonucundaki ışıklık dağılımları



Görsel 5.45: Direkt armatürün analiz sonucundaki ışıklık dağılımları

SIRA SİZDE

3x4 m² alana sahip ve 2,3 m yüksekliğindeki bir ortamda aynı lümene sahip direkt ve endirekt özellikli iki armatürün aynı ortamda yarattığı etkileri bilgisayarlı aydınlatma simülasyon yazılımında test ediniz ve sonuçları değerlendiriniz. Çalışma yüksekliği 0,8 m, tavan-duvar-zemin yansıma derecesi %70-%50-%20 ve %80 bakım çarpanı vardır.

5.3. LED'LERDE AKIM VE GERİLİM İLİŞKİSİ

LED'lerde akım ve gerilim arasındaki ilişki incelenirken güç değerleri ile birlikte değerlendirme yapılmalıdır. LED'ler uluslararası yazılı bir standart olmasa da genel olarak düşük güçlü LED'ler, orta güçlü LED'ler ve yüksek güçlü LED'ler şeklinde üç gruba ayrılır.

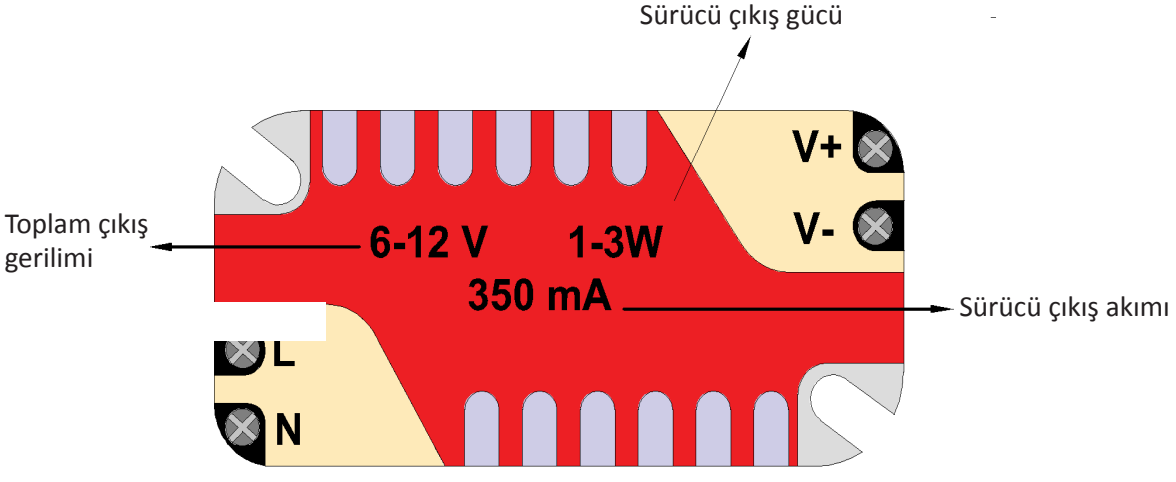
- **Düşük güçlü LED'ler** 0,05-0,1 W aralığında çalışma gücü olan LED'lerdir. Çalışma gerilimleri yaklaşık 3 V, çalışma akımları ise 20-30 mA aralığındadır.
- **Orta güçlü LED'ler** SMD olarak bilinen LED'lerdir. Çalışma güçleri 0,25-0,5 W'tır. Çalışma gerilimleri yaklaşık 3 V, çalışma akımları ise 25-200 mA aralığındadır.
- **Yüksek güçlü LED'ler (power LED'ler)** 1 W ve üzeri güce sahiptir. Çalışma gerilimleri yaklaşık 3 V, çalışma akımları ise 350 mA ve üzeridir.

LED'lerle oluşturulan modülleri sürebilmek için iki tür sürücü kullanılır. Bunlar sabit akımlı LED sürücüler ve sabit gerilimli LED sürücülerdir. Sürücüler ile LED modül bağlantısı yapılacağı zaman özellikle Kirchoff gerilimler ve akımlar kanununu göz önünde bulundurulmalıdır. Sabit akımlı LED sürücülerle işlem yapılacağında seri kollarda akımın sabit, sabit gerilimli LED sürücülerle işlem yapılacağında ise paralel kolda gerilimin sabit olduğu bilinmeli ve işlemler buna göre yapılmalıdır.

5.3.1. Sabit Akım Esasına Göre Modül Oluşturma İşlemi

LED'ler uzun süre çalıştırıldıklarında katalog değerlerinde yazan değerlerin üzerinde akım çekmek ister. Gerekli direnç değeri bağlanmadığında LED'ler belli bir süre sonra bozulacaktır. Bu sınırlılığı ortadan kaldırmak için sabit akım LED sürücüler üretilmiştir. Sabit akım LED sürücüler, belirlenmiş çıkış voltaj aralığında sabit çıkış akımı vermek için tasarlanır. Bu tip sürücüler, devre boyunca her LED üzerindeki akımı sabit tutmak için voltajı ayarlar. Sabit akımı LED sürücülerin voltaj aralığı ve akım değeri sürücü üzerine yazılır.

Sabit akım LED sürücüler ile yüksek güçlü LED'ler (power LED) ve orta güçteki bazı SMD şerit LED'ler sürülür. Sabit akım LED sürücülerde en çok kullanılan modeller 350-600-700 ve 1050 mA çıkış akımına sahip sürücülerdir. Bu çıkış akımlarının yanında sürücüye bağlanacak power LED'lerin sayısına göre güç değerleri de yer almaktadır. Görsel 5.46'da sabit akımlı LED sürücü ve etiket özellikleri görülmektedir.



Görsel 5.46: Sabit akım LED sürücü etiket özellikleri

Sürücü üzerinde yazan toplam çıkış gerilimi, sürücüye bağlanacak power LED'lerin toplam gerilim aralığını ifade eder.

Görsel 5.46'daki sürücüye bağlanacak power LED'lerin toplam gerilimi 6 V'un altında, 12 V'un üzerinde olmamalıdır. 6 V'un altında bir gerilime sahip power LED ya da LED'ler bağlandığında arızalanır. Bağlanan LED'lerin toplam çalışma gerilimlerinin 12 V'un üzerinde olması hâlinde ise power LED'lerden yeterli ışık alınamaz. Bundan dolayı sürücü üzerinde yazan etikete göre hareket edilmelidir. Sürücü üzerinde yazan gerilim-güç-akım değerleri birbiri ile doğru orantılı olacak şekilde yazılır. Görsel 5.41 için bu sürücüye 1 W 350 mA ile çalışan power LED'lerden bağlanması gerektiği anlaşılır. Bağlanacak power LED sayısı ise güç ya da gerilim değerlerinden anlaşılmaktadır. Görsel 5.46'daki LED sürücüye 2 ya da 3 adet power LED bağlanabileceği güç aralığından anlaşılmaktadır.

Sabit akımlı sürücünün yanında en çok kullanılan power LED'ler şunlardır:

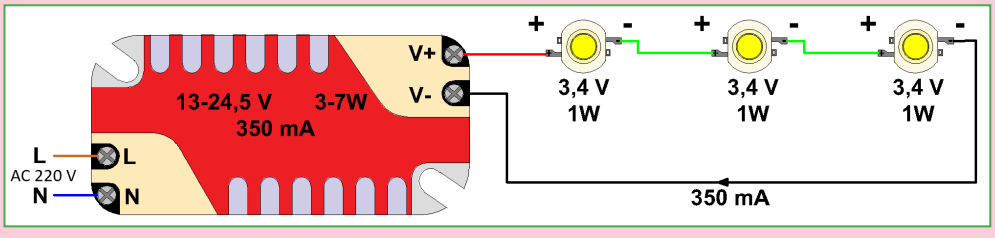
- 1 W, 350 mA, 3-3,4 V
- 1-3 W, 350-700 mA, 3,2-3,6 V
- 3 W, 700 mA, 3,2-4 V
- 5 W, 700 mA, 6-7 V

ÖRNEK

14-24,5 V arası çıkış gerilimi ve 350 mA sabit çıkış akımında 3-7 W güce sahip sabit akımlı LED sürücü devresi ile power LED sürülmek istenmektedir. Gerekli modülü oluşturunuz.

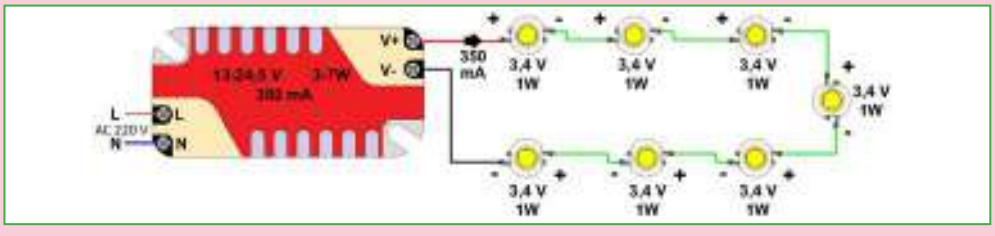
ÇÖZÜM

LED sürücü 350 mA çıkışa sahip olduğu için 1 W 350 mA değerlerine sahip power LED kullanılmalıdır. LED sürücü 3-7 W arasında çıkış gücüne sahip olduğu için 1 W power LED'lerden minimum 3, maksimum 7 adet kullanılmalıdır. Sabit akım LED sürücülerde akım değişmeyeceği için power LED'ler seri olarak bağlanır. Görsel 5.47'de etiket değerleri verilen LED sürücü ile kullanılabilecek minimum power LED sayısı ve bağlantı şeması yer almaktadır.



Görsel 5.47: LED sürücü ile çalıştırılacak minimum power LED sayısı ve bağlantı şeması

Görsel 5.48'de etiket değerleri verilen LED sürücü ile kullanılabilecek maksimum power LED sayısı ve bağlantı şeması yer almaktadır.



Görsel 5.48: LED sürücü ile çalıştırılacak maksimum power LED sayısı ve bağlantı şeması

Minimum ve maksimum bağlanan power LED'lerin yanında 4, 5 ve 6 adet power LED bağlanıp çalıştırılabilir.

NOT

- Devrede üç power LED'den daha az sayıda power LED kullanılması, LED'lerin bozulmasına sebep olur. Yediden fazla power LED kullanılması LED'lerde gerilim düşmesine ve LED'lerin daha az ışık vermesine neden olur.
- Sabit akım LED sürücüler ile power LED'ler sürüleceğinde power LED'lere soğutucu montajı yapılması gerekir.

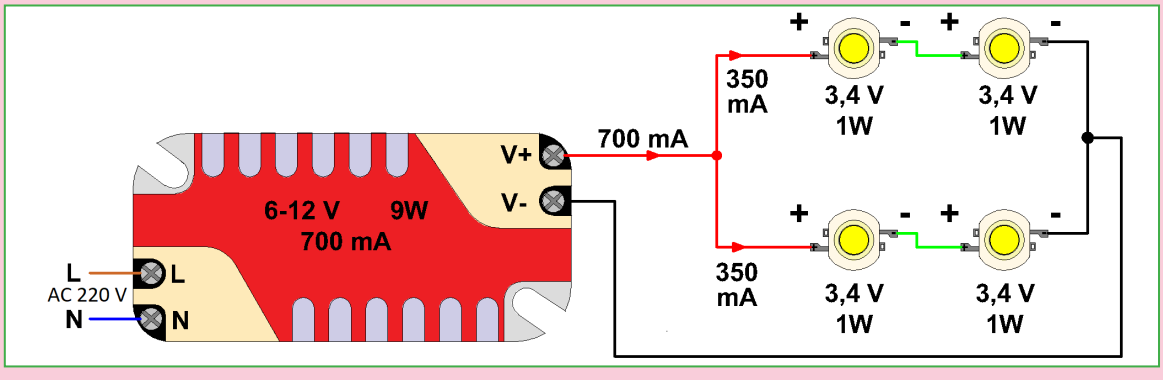
ÖRNEK

6-12 V arası çıkış gerilimi ve 700 mA sabit çıkış akımında 9 W güce sahip sabit akımlı LED sürücü devresi ile power LED sürülmek istenmektedir. Gerekli modülü oluşturunuz.

ÇÖZÜM

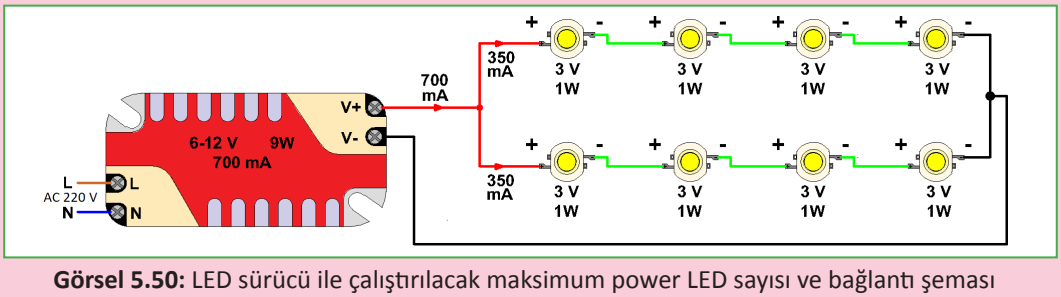
LED sürücü 700 mA çıkışa sahip olduğu için iki farklı power LED modülü oluşturulabilir. 1 W 350 mA ve 3 W 700 mA power LED'ler bu etiket değerindeki sürücü ile çalıştırılabilir.

1 W Power LED'lerle Modül Oluşturma: 1 W power LED'ler kullanılacağı zaman 700 mA'lik sabit akımın iki ayrı kol şeklinde tasarlanması gerekir. 1 W power LED'ler tek bir seri kol şeklinde oluşturulup çalıştırılırsa yüksek akımdan dolayı bozulur. 700 mA akım iki seri kola bölündüğünde her kola sabit 350 mA'lik akım düşmektedir. Seri kollarda akım, paralel kollarda ise gerilim eşit olduğundan iki kolda da 6-12 Volt arası gerilim olur. 1 W power LED'lerin çalışma gerilimi 3-3,4 V olduğu için her kolda minimum 2, maksimum 4 power LED yer alır. GörselGörsel 5.49'da etiket değerleri verilen LED sürücü ile kullanılabilecek minimum power LED sayısı ve bağlantı şeması görülmektedir.



Görsel 5.49: LED sürücü ile çalıştırılacak minimum power LED sayısı ve bağlantı şeması

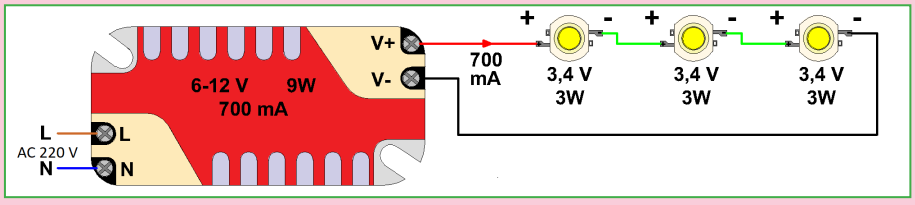
Görsel 5.50'de etiket değerleri verilen LED sürücü ile kullanılabilecek maksimum power LED sayısı ve bağlantı şeması görülmektedir.



Görsel 5.50: LED sürücü ile çalıştırılacak maksimum power LED sayısı ve bağlantı şeması

Seri kollarda birer adet power LED kullanılması hâlinde power LED'ler yüksek gerilimden dolayı bozulacaktır. Dört adetten fazla power LED kullanılması hâlinde ise her bir power LED'e daha az gerilim düşeceğinden daha az ışık miktarı üretilecektir.

3 W Power LED'lerle Modül Oluşturma: 3 W power LED'ler 700 mA ile çalıştıkları için 700 mA'lik sabit akımın tek bir kol şeklinde tasarlanması gerekir. 9 W sürücü ile çalıştırılacak 3 W'lık power LED'lerden minimum 2, maksimum 3 adet kullanılabilir (Görsel 5.51).



Görsel 5.51: 3 W'lık power LED'ler ve LED sürücü bağlantı şeması

NOT

Devredeki iki ayrı seri kolda bulunan power LED sayısının eşit şekilde yerleştirilmesi gerekir. Paralel kolda gerilimler eşit olduğu için iki ayrı kolda farklı sayıda power LED bulunduğunda kollardaki LED'lere farklı gerilim düşümü olur. Bu durum, LED'lerin bozulmasına ya da farklı kollardaki power LED'lerde farklı ışık üretimine neden olmaktadır.

SIRA SİZDE

12-15 V arası çıkış gerilimi ve 1050 mA sabit çıkış akımında 12-15 W güce sahip sabit akımlı LED sürücü devresi ile power LED sürülmek istenmektedir. Gerekli modülü oluşturunuz.

Sabit akımlı LED sürücülerle power LED'ler dışında bazı SMD LED çeşitleri de bu yöntemle çalıştırılabilir. Özellikle LED lambalarda ve LED avizelerde bu tasarım uygulanmaktadır. Seri şekilde bağlanan SMD LED'ler ile bu aydınlatma uygulamaları gerçekleştirilir.

SMD LED'ler ile modül oluşturulurken LED'lerin çalışma gerilimleri ve akımları göz önünde bulundurulur. Sabit akımlı LED sürücünün çıkış akımı SMD LED'in çalışma akımından yüksek ise LED'ler bir süre sonra bozulacaktır. Bundan dolayı LED ve LED sürücü akımları birbirine eşit ya da yakın tutulmalıdır. Diğer önemli nokta ise sürücü çalışma gerilimidir. Sürücü çıkış gerilim aralığını SMD LED çalışma gerilimine bölerek sürücü çıkışına kaç adet SMD LED'in seri şekilde bağlanacağı belirlenmiş olur.

ÖRNEK

32-40 V arası çıkış gerilimi ve 60 mA sabit çıkış akımına sahip sabit akımlı LED sürücü devresi ile SMD LED modülü oluşturulmak istenmektedir. SMD tipini seçerek LED modülünü oluşturunuz.

ÇÖZÜM

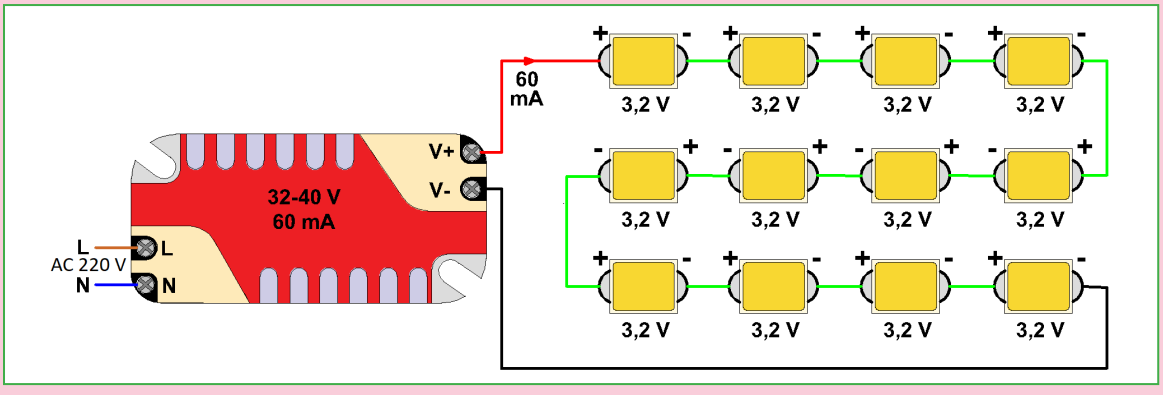
LED modülünü oluştururken öncelikle sürücüye ait SMD çipi belirlenir. 60 mA çalışma akımına sahip olan SMD tipi, 2835 LED çipidir. LED'in çalışma gerilimi ise 3,2 V'dir. Bu SMD LED'lerden kaç adet kullanılacağı hesaplanır. LED sürücü çıkış gerilimi 32-40 V aralığında olduğuna göre minimum kullanılacak SMD LED sayısı hesabı şu şekildedir:

$$LED_{min} = \frac{V_{min}}{LED_{çalışma}} = \frac{32}{3,2} = 10 \text{ adet}$$

Bu kısımda bölüm sonucu tam sayı çıkmazsa ondalıklı sayılar bir üst sayıya yuvarlanır. Örneğin sonucun 10,27 çıkması hâlinde kullanılacak en az LED sayısı 11 olarak alınır. Maksimum kullanılacak SMD LED sayısı hesabı şu şekildedir:

$$LED_{max} = \frac{V_{max}}{LED_{çalışma}} = \frac{40}{3,2} = 12,5 \text{ adet}$$

Burada virgülden sonraki hane hesaba katılmaz, virgülden önceki rakam esas alınır. Sürücüye maksimum bağlanacak LED sayısı 12'dir. Sürücü üzerindeki gerilim ve akım değerlerine göre 12 adet SMD LED seri bağlanır ve bu SMD LED'ler üzerine toplamda 12x3,2=38,4 V gerilim düşer. Sürücüye 12 adet üzerinde LED bağlandığında her bir LED üzerine düşen gerilim azalacak ve bu da üretilen ışık miktarının düşmesine sebep olacaktır. Sürücüye 10 adet LED'den daha az sayıda LED bağlanması hâlinde her bir LED üzerine düşen gerilim artacak ve LED'ler bir süre sonra bozulmaya başlayacaktır. Görsel 5.52'de LED sürücülü bağlantı şeması görülmektedir.



Görsel 5.52: LED sürücü ile çalıştırılacak maksimum SMD LED sayısı ve bağlantı şeması

SIRA SİZDE

16-20 V arası çıkış gerilimi ve 50 mA sabit çıkış akımına sahip sabit akımlı LED sürücü devresi ile SMD LED modülü oluşturulmak istenmektedir. SMD tipini seçerek LED modülünü oluşturunuz. Modül iki ayrı seri kol şeklinde de tasarlanabilir.

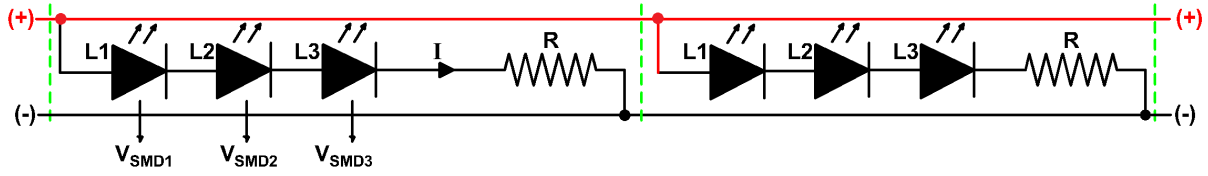
5.3.2. Sabit Gerilim Esasına Göre Modül Oluşturma İşlemi

Sabit gerilim ile oluşturulacak modüllerde gerilim sabittir, çekilen akım ise modüle bağlanacak LED'lerin sayısına göre artar. Burada güç kaynağı olarak sabit gerilimli LED sürücüler kullanılır. Sabit gerilimli LED sürücülerde en çok 5 V, 9 V, 12 V, 18 V, 24 V ve 48 V değerleri kullanılmaktadır. 1 A ve daha yüksek akım değerlerine sahip sürücüler bulunur.

Sabit gerilimli sürücülerde sabit akımlı sürücülerdeki gibi alt sınır yoktur. Sabit gerilimli LED sürücünün etiketinde yazan akım değeri verebileceği en üst seviyedir. Bu akım değerinin altında çalıştırılacak LED'lere ön direnç bağlanarak modüller rahatlıkla çalıştırılır.

Sektörde sabit gerilim esasına göre oluşturulan modüllerde SMD LED'ler kullanılır. SMD LED'lerin genelinde çalışma gerilimleri birbirine yakındır. Çalışma akımları ise farklılık gösterir. Bu akım farklılıklarına göre LED'lerin bağlanacağı sürücünün seçiminde akım etiket değerleri önemlidir. Sabit gerilim esasına göre modül oluşturulacağında SMD LED'lerin çalışma akımının sağlaması için ön direnç kullanılması gerekir.

Görsel 5.53'teki gibi sabit gerilim modülünde LED'lere bağlanacak ön direnç değerini bulunması için sürücü gerilim değeri, LED'in çalışma gerilimi ve akımının bilinmesi gerekir. Güç kaynağı gerilim değerinden LED çalışma gerilimleri çıkarılır. Kalan gerilim LED'in çalışma akımına bölünerek ön direnç değeri hesaplanır.



Görsel 5.53: LED ve dirençlerin LED modüldeki bağlantıları

$$R = \frac{U - V_{SMD1} - V_{SMD2} - V_{SMD3}}{I}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

R : LED ile kullanılacak olan ön direnç (Ω)
U : Güç kaynağı gerilimi (V)
V_{SMD1} : 1. LED çalışma gerilimi (V)
V_{SMD2} : 2. LED çalışma gerilimi (V)
V_{SMD3} : 3. LED çalışma gerilimi (V)
I : LED'in çalışma akımı (A)

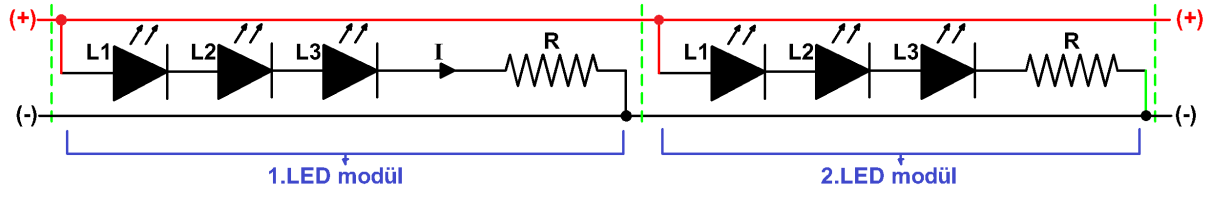
Sabit gerilim esasına göre LED seçimi yapılıp ön direnç hesaplandıktan sonra LED modülünden kaç adet yapılacağı belirlenir. Sabit gerilimli LED sürücülerde gerilim sabit kalacağı için teorikte LED modülünün çektiği akım LED'lerin çalışma akımına eşittir. LED'lerin çekebileceği maksimum akım LED'lerin çalışma akımlarının %20 ila 25 fazlası olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$I_{SMDmax} = I_{SMD} \cdot 1{,}25$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

I_{SMDmax} : SMD LED'in çekebileceği en yüksek akım (A)
I_{SMD} : SMD LED'in çalışma akımı (A)

Sürücüye LED bağlamadan önce yapılması gereken son hesaplama ise oluşturulan LED modülden sürücüye kaç adet bağlanabileceğidir. Görsel 5.54'te görülen LED modüllerinden kaç adet kullanılacağı LED sürücü çıkış akımının (I_{LD}) LED modül maksimum çalışma akımına bölünmesiyle elde edilir.



Görsel 5.54: LED modül devreleri

$$\text{Toplam modül sayısı} = \frac{I_{LD}}{I_{SMDmax}}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

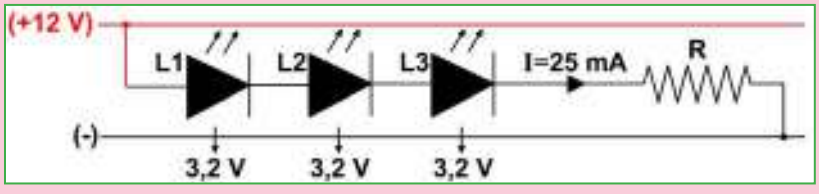
I_{LD} : LED sürücü çıkış akımı (A)
I_{SMDmax} : SMD LED 'in çekebileceği en yüksek akım (A)

ÖRNEK

12 V sabit gerilim ile çalışan LED sürücü 1 A çıkış akımı sağlamaktadır. 3528 SMD LED'ler kullanılarak modül oluşturulmak istenmektedir. 3528 SMD LED'in yanına kullanılacak direnci ve oluşturulacak devre parçalarından sürücüye kaç adet bağlanabileceğini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

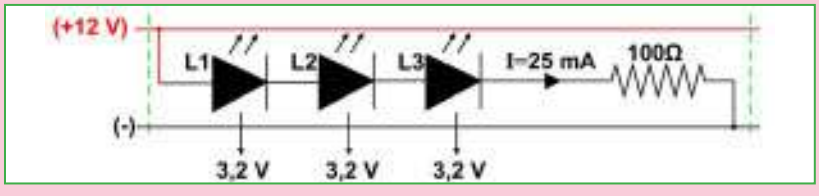
3528 SMD LED'in çalışma gerilimi 3,2 V, çalışma akımı ise 25 mA'dir. Sürücü gerilimi 12 V olduğundan dolayı Görsel 5.55'te görülen LED modüldeki LED'lere bağlanacak ön direnç hesabı şu şekildedir:



Görsel 5.55: LED modül devre şeması

$$R = \frac{U - V_{SMD1} - V_{SMD2} - V_{SMD3}}{I} = \frac{12 - 3,2 - 3,2 - 3,2}{0,025} = \frac{2,4}{0,025} = 96\ \Omega$$

96 Ω değerinde direnç üretilmediği için bu değerin üzerinde bulunabilen en yakın direnç, LED modülünde kullanılabilir. LED modülde 100 Ω değerinde ön direnç kullanılabilir (Görsel 5.56).



Görsel 5.56: LED modülünde kullanılan ön direnç değeri

LED modülden çekilebilecek en yüksek akım hesabı şu şekildedir:

$$I_{SMDmax} = I_{SMD} \cdot 1,25 = 25 \cdot 1,25 = 0,03525\ A = 31,25\ mA$$

LED modülün çekebileceği en yüksek akım hesaplandıktan sonra devrede LED modülden kaç adet oluşturulabileceği ise şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Toplam modül sayısı} = \frac{I_{LD}}{I_{SMDmax}} = \frac{1}{0,03525} = 32 \text{ adet}$$

12 V 1A sabit gerilimli LED sürücüye Görsel 5.56'da görülen LED modülden 32 adet bağlanabilir.

SIRA SİZDE

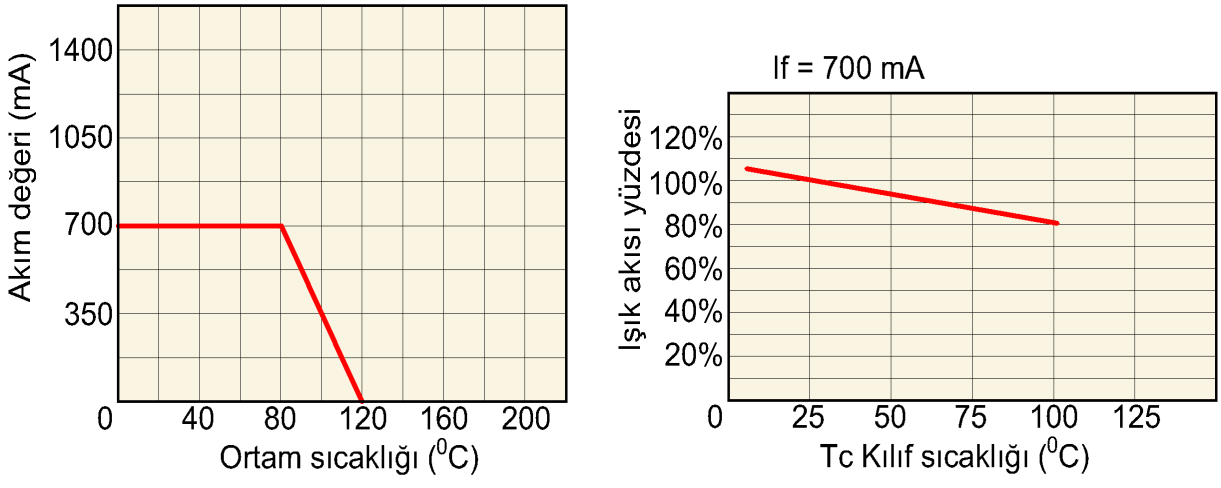
18 V sabit gerilim ile çalışan LED sürücü 1,5 A çıkış akımı sağlamaktadır. 3014 SMD LED'ler kullanılarak modül oluşturulmak istenmektedir. 3014 SMD LED'lerin yanına kullanılacak direnci ve oluşturulacak olan devre parçalarından sürücüye kaç adet bağlanabileceğini hesaplayınız. Bir devre parçasına gerektiğinde üçten daha fazla SMD LED bağlayabilirsiniz.

NOT

Sabit gerilim esasına göre oluşturulan bu tür modüllerde devre parçalarının hepsi birbirine paralel bağlandığından dolayı aynı gerilim değerine sahiptir. Devre parçalarında ise akımlar SMD LED ve dirençler üzerinden seri şekilde yol oluşturur.

5.4. LED'LERDE AKIM VE ISI İLİŞKİSİ

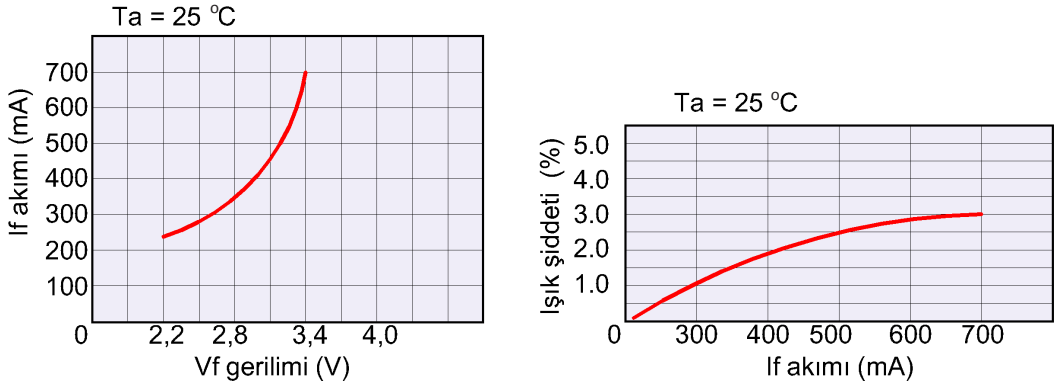
LED'ler DC gerilim altında çalıştırıldığında uygulanan elektrik enerjisinin bir kısmı ışık enerjisine, bir kısmı da ısı enerjisine dönüştürülür. LED'lerde ısı, yarı iletken yüzeylerin birleşim noktasında (junction) oluşur ve kılıf üzerinden yayılır. LED'lerin birleşim yüzeyinde oluşan sıcaklık **Tj** olarak ifade edilir. Düşük güçlü LED'lerde ısı dağıtımında LED kılıfı yeterli olurken yüksek güçlü power LED veya COB LED'lerde kılıfı ayrıca soğutmak gereklidir. LED'lerin kılıflarında oluşan sıcaklık **Tc** olarak ifade edilir. Yüksek güçlü LED'ler uzun süre **Tc** veya **Tj** değerlerinde çalıştırıldığında bu durum ışık kaybına, LED çipinin hasar görmesine veya tamamen bozulmasına sebep olur. Yüksek güçlü LED'lerle aydınlatma ürünleri tasarlanırken kullanılacak LED çipinin veri sayfasından akım, ısı ve ışık grafikleri incelenerek enerji verimin en yüksek olduğu değerler belirlenir. Görsel 5.57'de COB LED'e ait veri sayfasında yer alan sıcaklık, akım ve ışık akısı grafikleri görülmektedir.



Görsel 5.57: LED'de sıcaklık, akım ve ışık akısı grafikleri

Ortam sıcaklığı-akım değeri grafiğine göre COB LED'in çalıştığı ortam ve LED sıcaklığı toplamı 80 °C'ye ulaşana kadar LED akımı 700 mA seviyesindedir. Toplam sıcaklık 80 °C'yi geçtiğinde LED akımı azalmakta ve 120 °C'de tamamen kesilmektedir. LED'in verimli çalıştığı sıcaklığın maksimum 80 °C olduğu görülmektedir. Tc kılıf sıcaklığı-ışık akısı yüzdesi grafiğine göre COB LED 700 mA akımda 25 °C'de %100 ışık akısı seviyesinde çalışmaktadır. Tc üzerindeki sıcaklık artıkça ışık akısı yüzdesi azalmaktadır. LED'in verimli çalışması için Tc sıcaklığının ek soğutucuyla düşürülmesi gerektiği görülmektedir.

Görsel 5.58'de COB LED'e ait veri sayfasında yer alan gerilim, akım ve ışık şiddeti grafikleri görülmektedir.



Görsel 5.58: LED'de gerilim, akım ve ışık şiddeti grafikleri

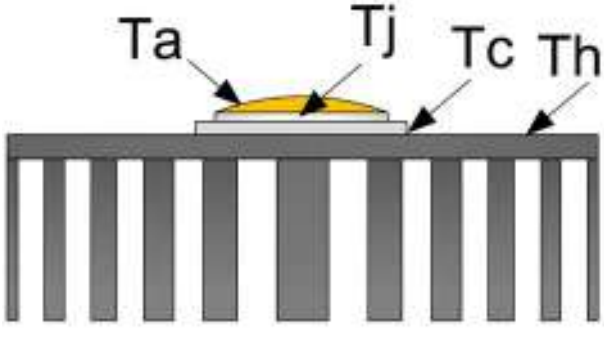
LED gerilimi Vf-If akımı grafiğine bakıldığında COB LED'in 25 °C ortam sıcaklığında (Ta) Vf gerilimi artırıldığında If akımının arttığı görülmektedir. Vf gerilimi 3,4 V değerine ulaştığında LED'den 700 mA akım geçmektedir. LED'in verimli çalıştığı gerilimin 3,4 V olduğu görülmektedir. Işık şiddeti If akımı grafiğine bakıldığında COB LED 25 °C ortam sıcaklığında If akımı arttığında ışık şiddeti yüzdesinin arttığı görülür. If akımı 700 mA değerine ulaştığında ışık şiddeti maksimum seviyeye ulaşmaktadır. LED'in verimli çalışması için If akımının 700 mA değerinde olması gerektiği görülmektedir.

5.4.1. Soğutucu ve PCB Seçimi

Power LED veya COB LED'lerde maksimum verimliliği sağlamada önemli etkenlerden biri de uygun soğutucu modelinin seçimidir. LED'lerin birleşim yüzeyinde açığa çıkan ısının alüminyum soğutucu veya alüminyum PCB kullanılarak düşürülmesine çalışılır. Soğutucu veya PCB'ye ek olarak soğutucu fan da kullanılabilir. LED'le tasarlanan aydınlatma ürünlerinde uygun soğutucuyu bulmak için aydınlatma ürününde oluşacak sıcaklık değerinin hesaplanması gerekir. LED birleşim yeri sıcaklığı (Tj) ve dış ortam sıcaklık (Ta) farkı, sistemde harcanan güç (Ps) ile toplam termal direncin (R_{th}) çarpımına eşittir.

$$Tj - Ta = Ps \cdot R_{th}$$

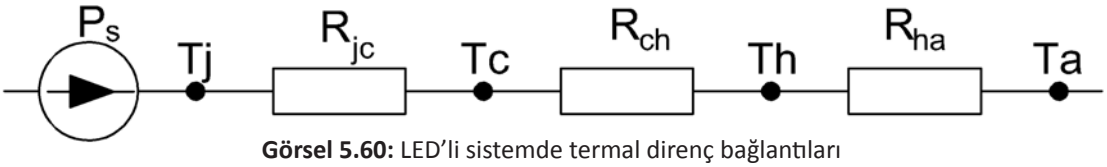
LED birleşim yeri sıcaklığı (Tj); LED kılıfıyla soğutucu bağlantı yüzeyi sıcaklığı (Tc), soğutucu sıcaklığı (Th) ve ortamı sıcaklığının (Ta) toplamına eşittir. Görsel 5.59'da LED'li sistemde sıcaklık bölgeleri görülmektedir.



$$Tj = Tc + Th + Ta$$

Görsel 5.59: LED sıcaklık bölgeleri

Toplam termal direnç (R_{th}); LED birleşim yeri termal direnci (R_{jc}), LED kılıfıyla soğutucu bağlantı yüzeyi termal direnci (R_{ch}), soğutucu termal direnci (R_{ha}) toplamına eşittir. Görsel 5.60'ta LED'li sistemde termal direnç bağlantıları görülmektedir.



Görsel 5.60: LED'li sistemde termal direnç bağlantıları

$$R_{th} = R_j + R_{ch} + R_{ha}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

Ps : LED'in harcadığı güç (W)
T_j : LED birleşim yeri sıcaklığı [Kelvin (°K) veya Derece (°C)]
T_c : Kılıf sıcaklığı
T_h : Soğutucu sıcaklığı
T_a : Ortam sıcaklığı
R_{th} : Sistemin termal direnci (Kelvin/W - °K/W veya Derece/W - °C/W)
R_{jc} : LED termal direnci
R_{ch} : Termal macun veya mika termal direnci
R_{ha} : Soğutucu termal direnci

NOT

R_{th} termal direnci hesaplanmasında öncelikle T_j sıcaklık değeri alınır. Ancak bazı LED kılıfların özelliklerinden dolayı veri sayfasında belirtilen T_c sıcaklık değerinin dikkate alınması istenir. Bu durumda formülde T_j ve R_{jc} dikkate alınmadan R_{th} değeri hesaplanır.

$$T_c - T_a = Ps \cdot (R_{ch} + R_{ha})$$

R_{th} LED kılıfı ile soğutucu arasına yerleştirilen termal macun veya mika gibi malzemelerin termal direncidir. Kullanılan malzemenin veri sayfasından bulunur.

ÖRNEK

Tablo 5.9'da verilen parametreler doğrultusunda yapısında L2C5xx1208 COB LED bulunan spot lamba 35 °C ortam sıcaklığında çalıştırılacaktır. LED kılıfı ile soğutucu arasına termal direnci 0,2 °C/W olan termal macun doldurulacaktır. Kullanılacak soğutucunun termal direncini bulunuz.

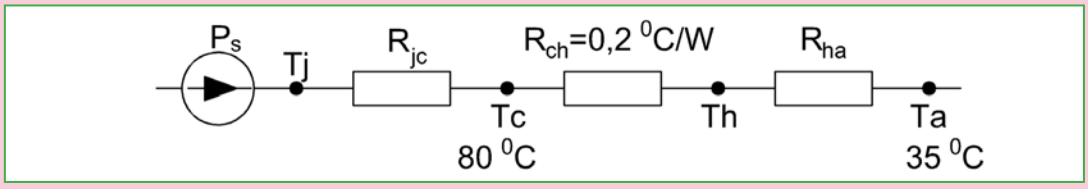
Tablo 5.9: LED Parametreleri

Parametreler	Sembol	Min.	Tipik	Max.	Birim
Çalışma akımı	If		900		mA
Çalışma gerilimi	Vf	33	35,5	38	V
Bağlantı sıcaklığı	Tj		120		°C
Çalışma sıcaklık aralığı	To		-35 °C ila +85 °C		°C
Termal direnç	R(jc)	-	0,76	-	°C/W

- Alüminyum PCB 95 °C sıcaklığın altında olmalıdır.
- Tipik giriş gücü (Ps) %70 seviyesine ulaştığında Tc sıcaklığı 80 °C sıcaklığın altında olmalıdır.
- DC çalışmada bağlantı sıcaklığı, **Tj = Tc + R(jc) · Ps** formülü kullanılarak hesaplanır.

ÇÖZÜM

Tablo 5.9'da belirtilen Tj sıcaklığının 120 °C olmasına rağmen Tc sıcaklığının maksimum 80 °C olacağı ve giriş gücünün %70 seviyesinde tutulması gerektiği belirtilmektedir. Maksimum verim için Tc sıcaklığına ve %70 güç oranına göre hesaplama yapılacaktır. Sıcaklık formülünde Tj ve R_{jc} değerleri dikkate alınmaz. Tc ve Ta arası hesaplama yapılır (Görsel 5.61).



Görsel 5.61: LED'li sistemde termal direnç değerleri

$Ps = Vf \cdot If \cdot 0,7 = 35,5 \cdot 900 \cdot 0,7 = 22,5\ W$

$Tc - Ta = Ps \cdot P_{th} \rightarrow Tc - Ta = Ps \cdot (R_{ch} + R_{ha})$

$\rightarrow 80 - 35 = 22,5 \cdot (0,2 + R_{ha}) \rightarrow 45 = 22,5 \cdot (0,2 + R_{ha}) \rightarrow 2 = 0,2 + R_{ha}$

$\rightarrow R_{ha} = 1,8\ C/W$

Spot lambada 1 adet COB LED bulunduğundan termal direnci 1,8 C/W değerinden küçük olan kare veya dairesel alüminyum soğutucu seçilmelidir.

ÖRNEK

20 adet COB LED'den oluşan projektör 25 °C ortam sıcaklığında 100 W güç harcamaktadır. LED kılıfları ile soğutucu arası termal direnci 0,4 °C/W olan termal macun doldurulmuştur. Veri sayfasından elde edilen bilgiler doğrultusunda kullanılan soğutucunun termal direncini bulunuz.

- Tj = 125 °C, projektörün çalışma emniyeti açısından Tj sıcaklığı 30 °C azaltılarak hesaplanmalıdır.
- Projektör giriş gücü, LED'lerde harcanan güçten %10 fazla olmalıdır (Pi =1,1 . Ps).
- R_{jc} = 6,24 °C/W

ÇÖZÜM

T_j sıcaklığı 30 °C daha az alınır. Buna göre hesaplama şu şekilde yapılır:

$T_j = T_j - 30 = 125 - 30 = 95\ ^oC$

Harcanan toplam güç 100 W olduğundan LED'lerde harcanan güç hesabı şu şekildedir:

$$P_i = 1,1 \cdot P_s \rightarrow 100 = 1,1 \cdot P_s \rightarrow P_s = \frac{100}{1,1} = 91\ W$$

Her bir LED'de harcanan güç (P_l) hesabı şu şekildedir:

$$P_l = \frac{Ps}{20} = \frac{91}{20} = 4,55\ W$$

$Tj - Ta = Ps \cdot R_{th} \rightarrow Tj - Ta = Ps \cdot (R_{jc} + R_{ch} + R_{ha})$

$\rightarrow 95 - 25 = 4{,}55 \cdot (6{,}24 + 0{,}4 + R_{ha}) \rightarrow 70 = 4{,}55 \cdot (6{,}24 + 0{,}4 + R_{ha})$

$\rightarrow 15{,}38 = 6{,}64 + R_{ha} \rightarrow R_{ha} = 8{,}74\ ^{o}C/W$

Projektörde 20 adet COB LED bulunduğundan termal direnci 8,74 °C/W değerinden küçük olan alüminyum soğutucu seçilmelidir.

SIRA SİZDE

Tablo 5.10'da verilen parametreler doğrultusunda COB50W-C LED 30 °C ortam sıcaklığında çalıştırılacaktır. LED kılıfı ile soğutucu arasına termal direnci 0,2 °C/W olan termal macun doldurulacaktır. Kullanılacak soğutucunun termal direncini bulunuz.

Tablo 5.10: COB50W-C LED Parametreleri

Parametreler	Sembol	Durum	Min.	Tipik	Max.	Birim
Çalışma akımı	If	-	1500	1750	2000	mA
Çalışma gerilimi	Vf	If=1750 mA	30	31,5	34	V
Bağlantı sıcaklığı	Tj			115		°C
Çalışma sıcaklık aralığı	To			-20 °C ila +85 °C		°C
Termal direnç	R(jc)	If=1750 mA	-	0,55	-	°C/W

- Alüminyum PCB 95 °C sıcaklığın altında olmalıdır.
- Tipik giriş gücü (Ps) %80 seviyesine ulaştığında Tc sıcaklığı 75 °C sıcaklığın altında olmalıdır.
- DC çalışmada bağlantı sıcaklığı, **Tj = Tc + R(jc) . Ps** formülü kullanılarak hesaplanır.

LED kılıflarının Tc sıcaklık değeri, hesaplanarak ya da termometre kullanılarak bulunabilir. LED uygun gerilim altında çalıştırılıp dijital çubuk termometre, kızılötesi termometre vb. termometreler kullanılarak LED kılıfında oluşan sıcaklık değeri ölçülür.

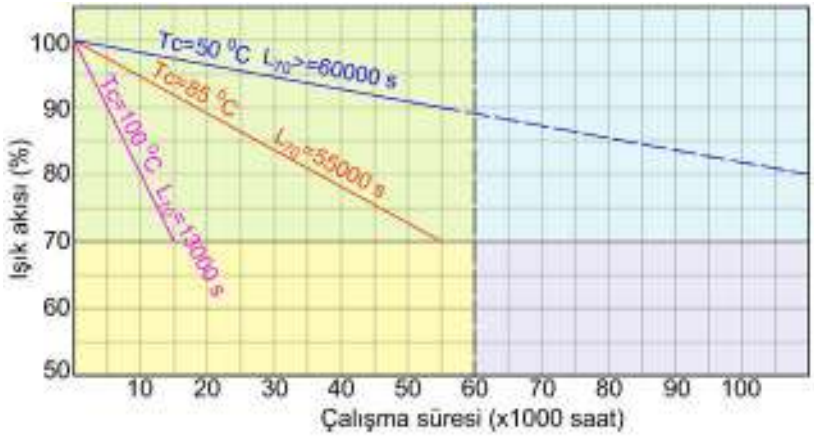
SIRA SİZDE

İnternet üzerinden çeşitli power LED ve COB LED'lere ait veri sayfalarını bulunuz. Veri sayfasında verilen teknik parametrelere göre kullanılacak soğutucunun termal direnç (R_{ha}) değerlerini hesaplayınız.

5.4.2. Isı Etkisine Göre LED'lerin Çalışma Sürelerinin Belirlenmesi

LED üretici firmaları tarafından farklı koşullar altında LED modüller test edilerek LED çalışma süreleri belirlenir. LED'ler için öngörülen ortalama çalışma süresi 25 °C ortam sıcaklığı, maksimum verim için uygun Tj veya Tc sıcaklığı ve If akım değeriyle günde 12 saat çalıştırıldığı düşünülerek ortalama 50.000 saat olarak kabul edilir. Ancak çok çeşitli ve farklı özellikli LED'ler üretildiğinden LED çalışma süreleri birbirinden farklı olabilir. LED ürünler ideal şartlar dışında çalıştırıldığında çalışma süreleri azalır. Özellikle ortam sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde, Tj veya Tc sıcaklığına yakın çalıştırılan LED'lerin çalışma süresi azalır. LED ürünlerde ürünün ışık şiddeti %30 oranında azaldığında çalışma süresi tamamlanmış sayılır.

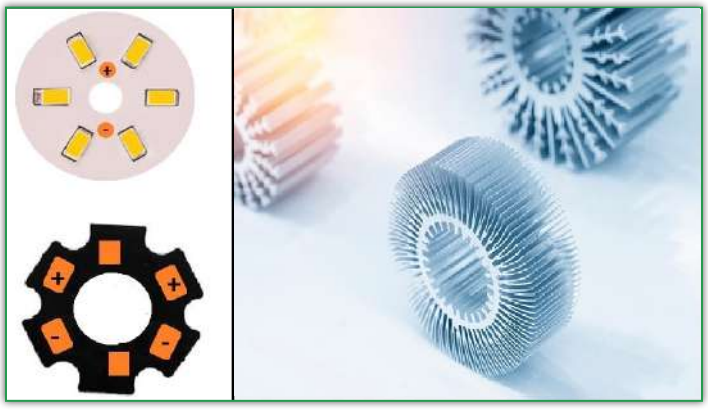
Görsel 5.62'de Tc sıcaklıklarındaki değişimlerin LED çalışma sürelerine etkileri görülmektedir. Tc sıcaklıkları yüksek şekilde çalıştırılan LED'lerin çalışma süreleri (L_{70}) azalmaktadır.



Görsel 5.62: LED çalışma süreleri

5.5. LED'LERDE ISI YÖNETİMİ

Power LED veya COB LED gibi yüksek akım çeken LED ürünlerde açığa çıkan ısı, alüminyum soğutucular kullanılarak düşürülür. Soğutucu olarak LED'e uygun alüminyum PCB hazırlanabilir ya da LED'ler için üretilen alüminyum profiller kullanılabilir (Görsel 5.63).



Görsel 5.63: Alüminyum PCB ve profiller

LED'in gücü arttıkça kullanılacak soğutucunun ebatları da büyür. Bu durumda soğutucu ebatını küçültmek için DC gerilimde çalışan fan, soğutucuya montajlanır. LED'in veri sayfasındaki parametrelere göre veya kılıf sıcaklığı ölçülerek termal direnç (R_{ha}) hesaplanıp uygun soğutucu seçilir. Ayrıca LED armatür üreticileri de kullandıkları LED çeşidini soğutmaya uygun alüminyum kasalar üretir (Görsel 5.64).



Görsel 5.64: Alüminyum soğutuculu LED armatürler

5.5.1. LED'lerde Kullanılacak Soğutucunun Ebat ve Tipleri

LED'lerde kullanılan soğutucu tipleri; alüminyum PCB, kare veya dairesel alüminyum profil ve alüminyum kasa olarak çeşitlendirebilir.



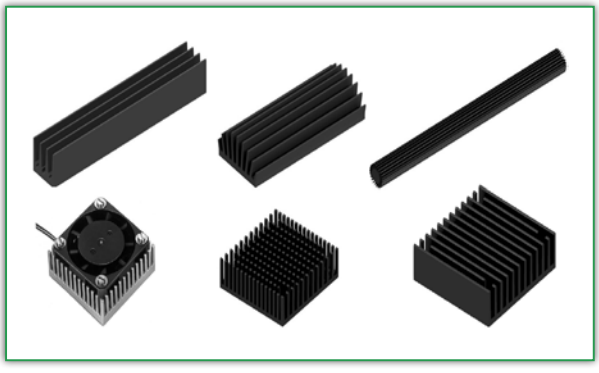
Görsel 5.65: 1W power LED alüminyum PCB

5.5.1.1. Alüminyum PCB

Tabanı alüminyum alaşımlı malzemeden yapılan, üst tarafında bakır yolların bulunduğu baskı devre kartlarıdır. Aydınlatmada kullanılacak LED'ler ve elektronik devre elemanları bakır yüzeye lehimlenir. LED lambalarda ve power LED'lerde sıklıkla kullanılır. Görsel 5.65'te 1W tekli power LED için kullanılan 20 mmΦ çapında alüminyum PCB ve power LED görülmektedir.

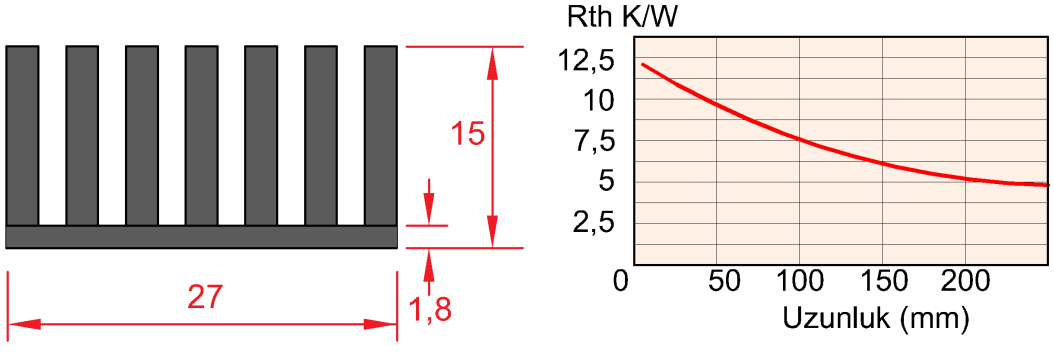
5.5.1.2. Alüminyum Profil

Alüminyum alaşımlı malzemeden yapılan kare veya dairesel profildir. Aydınlatmada kullanılacak LED'ler profil üzerine vidalanır. 1-40 W power veya COB LED'lerde sıklıkla kullanılır. 50-60 W COB LED'lerde soğutucu üzerine ilave fan yerleştirilir. Görsel 5.66'da LED soğutucusu olarak kullanılan çeşitli alüminyum profiller görülmektedir.



Görsel 5.66: Kare ve dairesel alüminyum profiller

Alüminyum profiller LED'lerin harcadığı güce göre kesilmiş hâlde ya da standart boyda satışa sunulur. Standart boy profiller power veya COB LED'lerin harcadığı güce göre kesilerek kullanılır. Öncelikle LED'in veri sayfasındaki parametrelere bakılarak soğutucunun termal direnci (R_{ha}) hesaplanır. Alüminyum profile ait veri sayfasındaki termal eğri kullanılarak termal direnç değerine göre profilden kesilecek uzunluk belirlenir. Görsel 5.67'de alüminyum soğutucunun şekli ve termal eğrisi görülmektedir. Eğride görülen R_{th} değeri hesaplanan R_{ha} değerine eşittir.



Görsel 5.67: Alüminyum soğutucu ve termal eğrisi

NOT

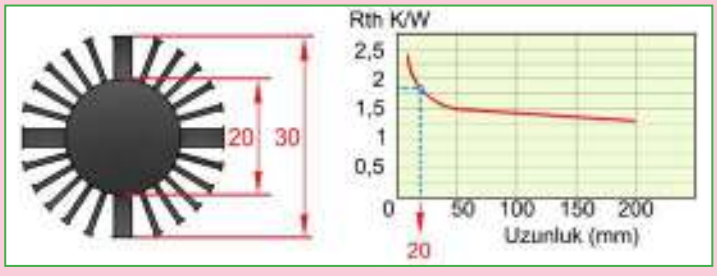
Termal eğride termal direnç değeri °C/W veya °K/W olarak verilebilir. Celsius derecesi ile Kelvin derecesi aynı ölçekte olup yalnızca sıfır noktaları farklı yerlerdedir. Dolayısıyla her iki ölçekte de W başına derece aynıdır. 1 °C/W = 1 °K/W olur.

ÖRNEK

Soğutucu termal direnci R_{ha} = 1,8 °C/W olarak bulunan LED armatür yapısında dairesel soğutucu kullanılacaktır. Kullanılacak dairesel soğutucunun modelini belirleyip uzunluğunu bulunuz.

ÇÖZÜM

Dairesel LED soğutucu profili üreten firmaların web sayfalarından ürünler incelenir. Termal direnç eğrisi 1,8 °C/W (1,8 °K/W) olan dairesel soğutucu seçilir. Görsel 5.68'de görülen iç çapı 20 mmΦ, dış çapı 30 mmΦ olan dairesel LED soğutucu profilinden yaklaşık 20 mm uzunluğunda profil kesilir.



Görsel 5.68: Dairesel alüminyum ebatları ve termal eğrisi

SIRA SİZDE

Soğutucu termal direnci R_{ha} = 8,74 °C/W olarak bulunan LED projektör yapısında kare soğutucu kullanılacaktır. Kullanılacak kare soğutucunun modelini belirleyip uzunluğunu bulunuz.

5.5.1.3. Alüminyum Kasalar

Alüminyum profilden yapılan kare, dikdörtgen veya daire şeklinde (yuvarlak) kasalardır. Aydınlatmada kullanılan alüminyum PCB'ler kasa üzerindeki kanala yerleştirilir veya vidalanır. İç veya dış aydınlatma armatürlerinde kullanılır. Çeşitli ebatlarda kare veya dikdörtgen olarak üretilir. Projektörler için üretilen çeşitleri de bulunur. Görsel 5.69'da çeşitli alüminyum kasalar görülmektedir.



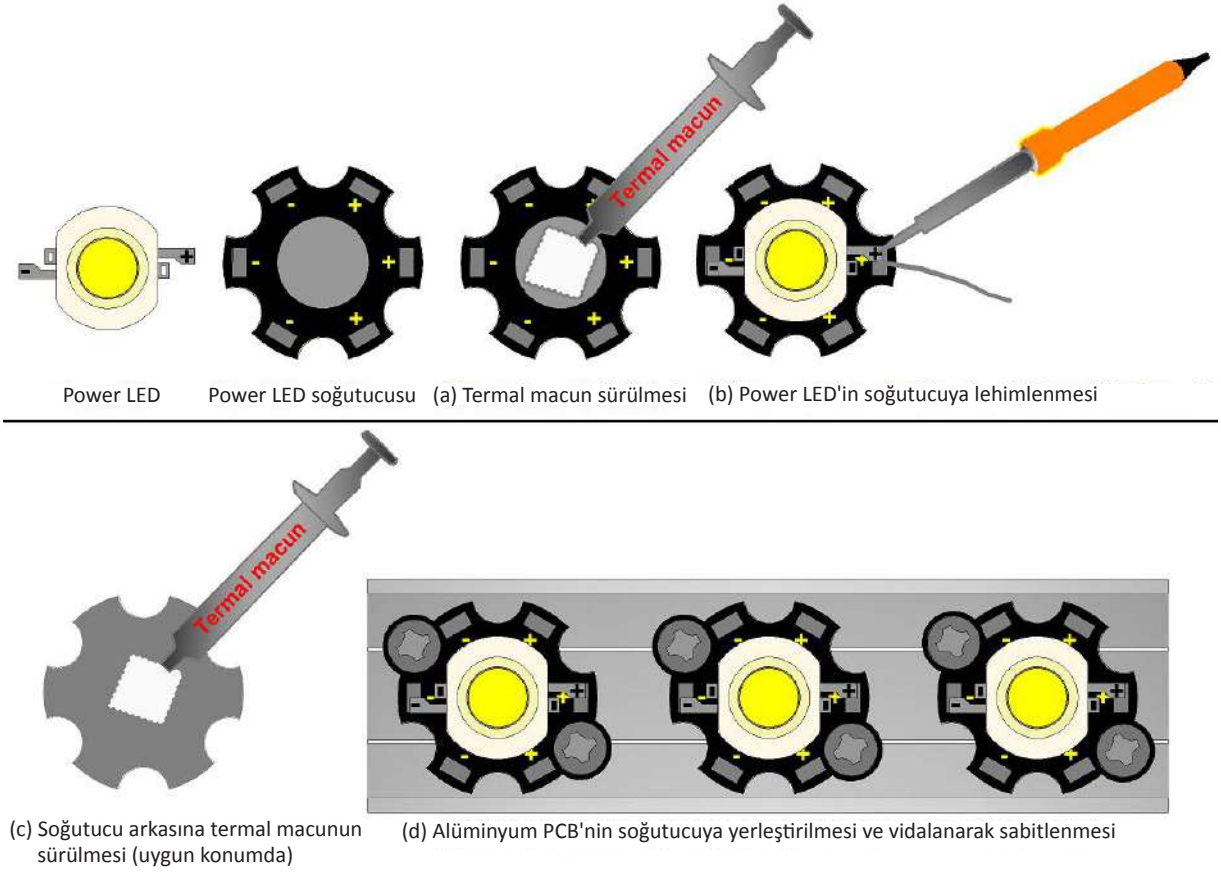
Görsel 5.69: Alüminyum kasalar

5.5.2. LED'lerde Kullanılacak Soğutucunun Montajı

LED'lerin soğutucuya yerleştirilmesinde havya, lehim teli, termal macun, izolasyon mikası, termal iletken silikon, termal iletken epoksi, sac vidası, somunlu vida gibi çeşitli montaj malzemeleri kullanılır. LED'lerin yüzeylerinin soğutucuya teması önemlidir. Özellikle LED ile soğutucu arası termal macunla doldurulmuşsa LED'e sıkıca bastırılarak arada hava kalmamasına dikkat edilir.

5.5.2.1. PCB'li LED'lerin Soğutucuya Montajı

LED'ler için hazırlanan alüminyum PCB'nin soğutucuya yerleştirilme aşamaları Görsel 5.70'te görülmektedir.



Power LED — Power LED soğutucusu — (a) Termal macun sürülmesi — (b) Power LED'in soğutucuya lehimlenmesi

(c) Soğutucu arkasına termal macunun sürülmesi (uygun konumda)

(d) Alüminyum PCB'nin soğutucuya yerleştirilmesi ve vidalanarak sabitlenmesi

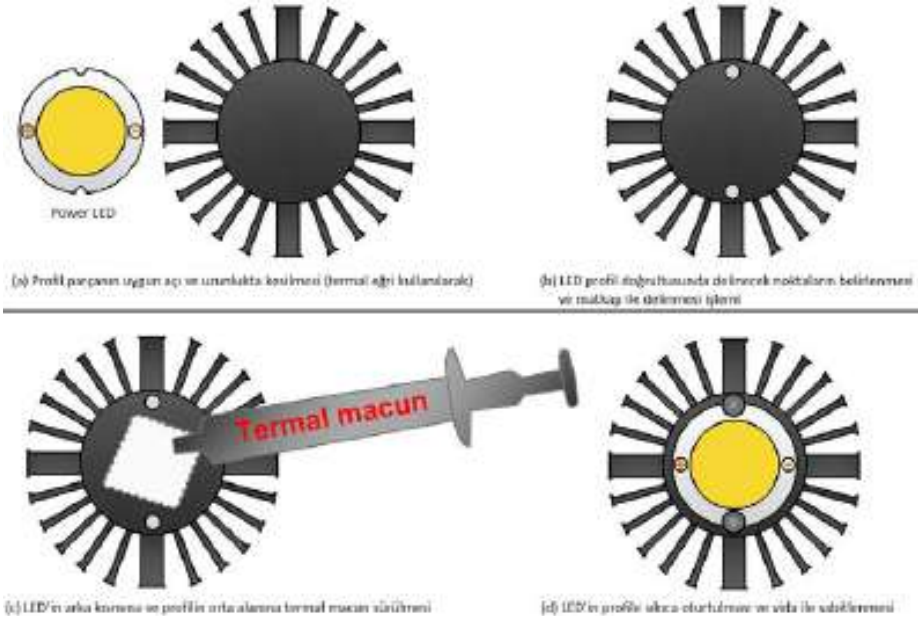
Görsel 5.70: Power LED'in soğutucuya yerleştirilmesi aşamaları

Power LED'in soğutucuya yerleştirilme aşamaları şu şekildedir:

- Alüminyum PCB'de power LED gövdesinin geleceği kısma termal macun sürülerek dağıtılır (Görsel 5.70a).
- Power LED, PCB üzerine yerleştirilip sıkıca oturtulur. Arada hava kalmamasına dikkat edilir (Görsel 5.70b).
- Power LED'in anodu artıya katodu eksiye gelecek şekilde lehimlenir (Görsel 5.70b).
- Alüminyum PCB'nin soğutucuya gelecek arka kısmına termal macun sürülerek dağıtılır (Görsel 5.70c).
- Alüminyum PCB, soğutucuya yerleştirilir. Arada hava kalmamasına dikkat edilir. Vida, termal iletken silikon veya termal iletken epoksi yapıştırıcı kullanılarak PCB, soğutucuya sabitlenir (Görsel 5.70d).

5.5.2.2. LED'lerin Alüminyum Profil Soğutucuya Montajı

Yüksek güçlü power LED veya COB LED'lerin alüminyum profil soğutucuya yerleştirilme aşamaları Görsel 5.71'de görülmektedir.



Görsel 5.71: COB LED'in soğutucuya yerleştirilmesi aşamaları

Power LED'in soğutucuya yerleştirilme aşamaları şu şekildedir:

- Profile ait termal eğri kullanılarak uygun uzunlukta parça, profilden kesilir (Görsel 5.71a).
- COB LED profilin orta noktasına hizalanıp delinecek noktalar belirlenir. Kullanılacak vidanın çap ve uzunluğuna uygun delik kısımları matkapla açılır (Görsel 5.71b).
- COB LED'in arka kısmına veya profile termal macun sürülerek yüzeye dağıtılır (Görsel 5.71c).
- COB LED, profil üzerine yerleştirilip sıkıca oturtulur. Arada hava kalmamasına dikkat edilerek vida yardımıyla soğutucuya sabitlenir (Görsel 5.71d).

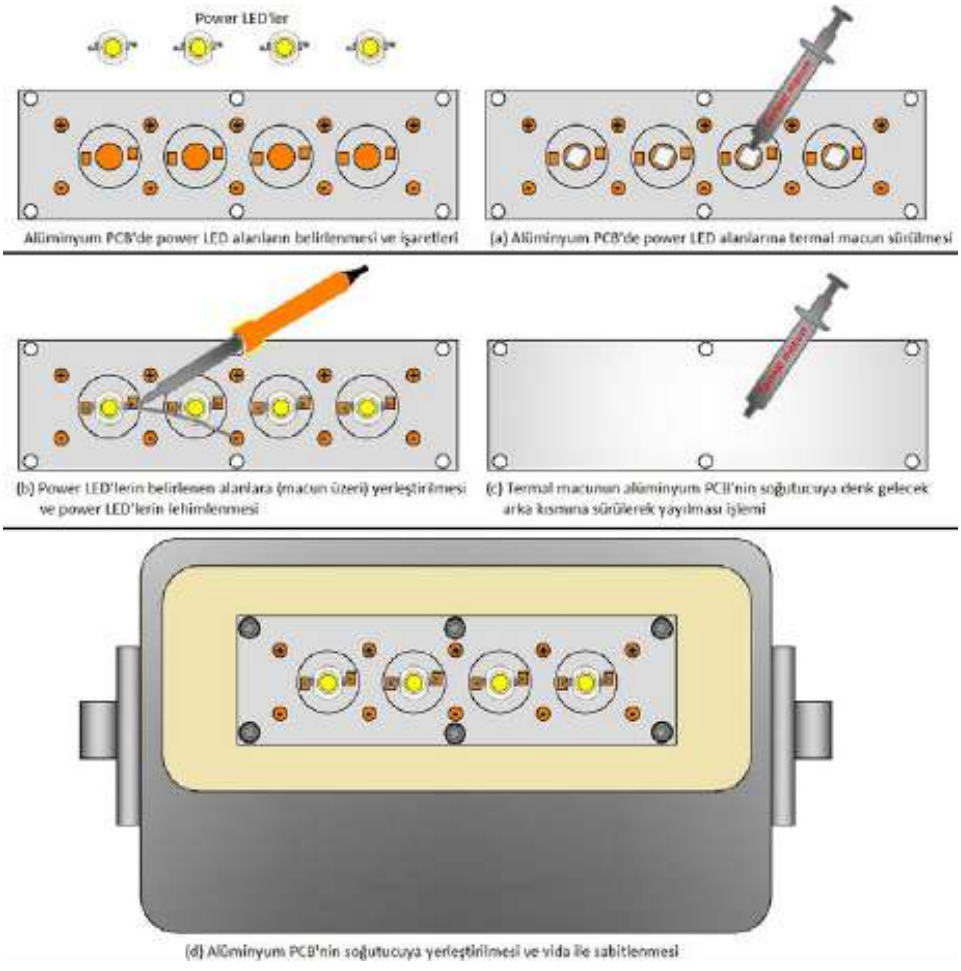
5.5.2.3. LED'lerin Soğutucu Kasaya Montajı

LED armatürleri muhafaza etmek ve soğutmak için standart alüminyum kasalar kullanılabilir veya kasa profilinden uygun uzunlukta parçalar kesilerek kasa yapılabilir.

PCB'nin soğutucu kasaya yerleştirilme aşamaları şu şekildedir:

- Alüminyum PCB'de power LED gövdesinin geleceği kısma termal macun sürülerek yüzeye dağıtılır (Görsel 5.72a).
- Power LED PCB üzerine yerleştirilerek sıkıca oturtulur. Arada hava kalmamasına dikkat edilir (Görsel 5.72b).
- Power LED'in anodu artıya katodu eksiye gelecek şekilde lehimlenir (Görsel 5.72b).
- Alüminyum PCB'nin soğutucuya gelecek arka kısmına termal macun sürülerek yüzeye dağıtılır (Görsel 5.72c).
- Alüminyum PCB soğutucuya yerleştirilir. Termal macun ile kasa arasında hava kalmamasına dikkat edilerek vida yardımıyla sabitlenir (Görsel 5.72d).
- PCB, arkasına termal iletken silikon yapıştırıcı veya termal iletken epoksi yapıştırıcı uygulanarak da soğutucuya yapıştırılabilir. Bu yöntemde ayrıca vida kullanmaya gerek yoktur.

LED armatüre ait PCB'nin kasaya yerleştirilme aşamaları Görsel 5.72'de görülmektedir.



Görsel 5.72: PCB'nin soğutucu kasaya yerleştirilme aşamaları

5.6. LED PCB MODÜLLERİ

LED'ler; uzun ömür, düşük enerji tüketimi, yüksek verim, gibi avantajları sayesinde akkor flamanlı, CFL, halojen vb. lambaların yerini almaktadır. LED, üzerinden anottan katoda doğru elektrik akımı geçirildiğinde ışık yayar. Ancak elektrik enerjinin bir kısmı ısıya dönüşür (yaklaşık %20). LED'in tek başına verdiği ışık şiddeti ortam aydınlatmasına yetmediğinden baskı devre kartı (PCB) üzerinde çok sayıda LED bir araya getirilip çeşitli LED PCB modülleri oluşturulur. PCB, LED'leri bir arada tutarken ısının dağıtılmasına da yardımcı olur.

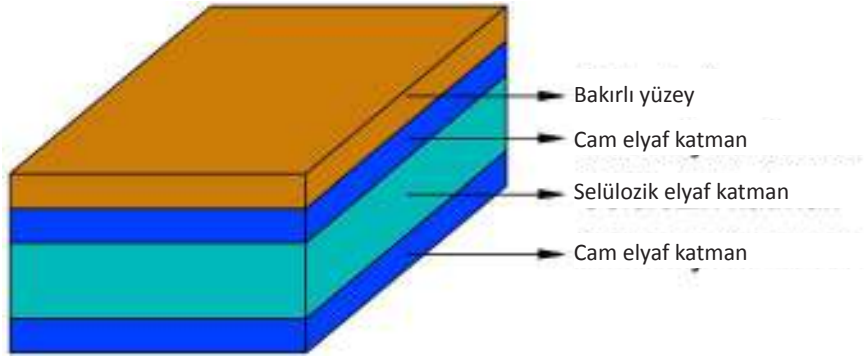
LED ve modüldeki diğer devre elemanlarının açığa çıkardığı ısının dağıtıldığı ilk kısım PCB'dir. Bu sebeple modülün çalışacağı ortama uygun, termal iletkenliği yüksek ve maliyeti düşük PCB'nin seçilmesi oldukça önemlidir. LED PCB modüllerinde CEM1, FR-4, alüminyum ve esnek PCB yaygın olarak kullanılır.

LED PCB modül tasarlanırken dikkat edilmesi gereken özellikler şunlardır:

- LED'in çalışma gerilimi, akımı, ışık akısı, ışık yoğunluğu, renk sıcaklığı, dalga boyu ve renksel geri verim endeksi (CRI)
- LED'in teknik özelliklerine göre LED sayısı ve yerleştirme düzeni
- LED'lerinin açığa çıkaracağı ısıyı dağıtacak, çalışma ortamına uygun PCB seçimi (iç aydınlatma, dış aydınlatma, otomotiv aydınlatması vb.)

5.6.1. CEM PCB Modülleri

CEM1 (Composite Epoxy Material Grade-1) PCB, bir veya her iki yüzeyde bir kat dokuma cam elyaf (fiberglas) epoksi karışımı laminant içeren, selüloz (kâğıt) bazlı kompozit malzemedir. Görsel 5.73'te CEM1 PCB'nin yapısı görülmektedir. Tek yüzeyi bakır folyo ile kaplandığından tek katmanlı PCB üretiminde kullanılır. Termal iletkenliği 0,48'dir. Aydınlatma sistemlerinde genellikle beyaz renkli CEM1 PCB tercih edilir (Görsel 5.74). Isı geçirgenliği yüksek, maliyeti düşüktür.



Görsel 5.73: CEM1 PCB yapısı



Görsel 5.74: CEM1 PCB LED modül

ÖRNEK

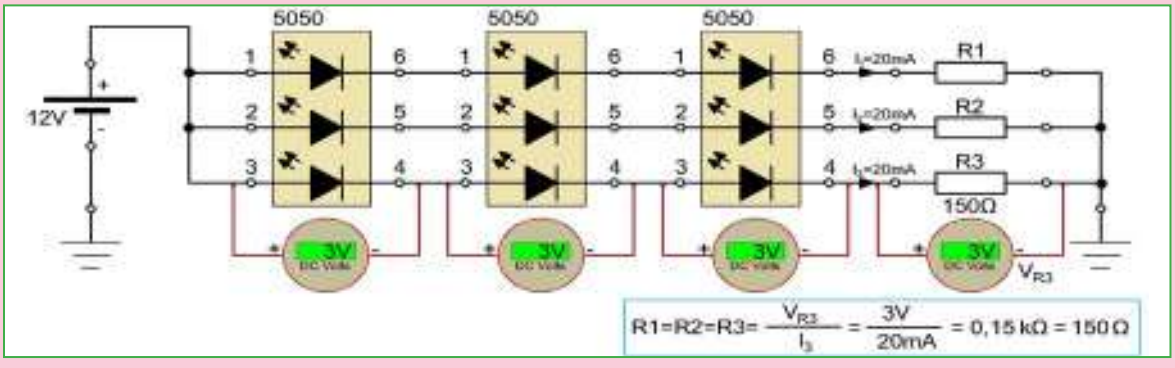
Tablo 5.11'de CEM1 PCB LED modülün özellikleri görülmektedir. Buna göre 12 V DC gerilimde çalışacak üç adet SMD LED'den oluşan LED modül PCB tasarımı yapınız.

Tablo 5.11: CEM1 PCB LED Modül Özellikleri

Devre Elemanları	Kılıf	Parça Özelliği
SMD LED	5050	3 V, 60 mA, Beyaz (CCT)
SMD direnç	1210	Hesaplanacak.
PCB	CEM1	100 mm x 10 mm

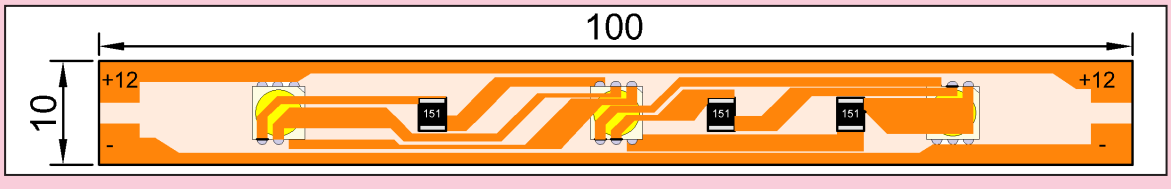
ÇÖZÜM

1. SMD5050 LED modeli, yapısında üç adet LED bulundurur. Modülde üç adet SMD5050 LED olduğundan toplam dokuz adet LED olacaktır.
2. Her LED üzerinde 3 V gerilim düşümü vardır. Üç LED birbirine seri bağlanacağından LED üzerlerine düşen toplam gerilim 9 V DC olur. Seri bağlı LED'ler ön dirençle 12 V DC güç kaynağına bağlanacağından direnç üzerinde 3 V DC gerilim düşer.
3. SMD5050 LED toplamda 60 mA akım çektiğinden LED başına 20 mA akım düşer.
4. Direnç üzerinde 3 V gerilimde 20 mA akım geçeceğinden direncin değeri 150 Ω olur (Görsel 5.75).



Görsel 5.75: SMD5050 LED modül bağlantısı

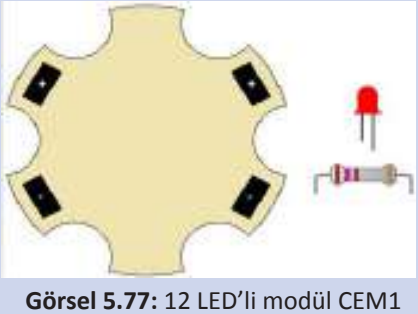
5. İstenen PCB boyutu oluşturulur.
6. SMD5050 LED'ler eşit aralıkta yerleştirilir. İkinci LED modülü yapılıp iki modülün seri bağlantısı düşünülerek tüm LED aralıkları eşit olacak şekilde mesafe hesabı yapılmalıdır.
7. SMD dirençler düzenli ve LED'lere seri olarak uygun yerlere yerleştirilir. Bakır yollar devrede oluşacak ısıyı dağıtacak şekilde geniş çizilir (Görsel 5.76).



Görsel 5.76: LED modül CEM1 PCB yerleşim planı

SIRA SİZDE

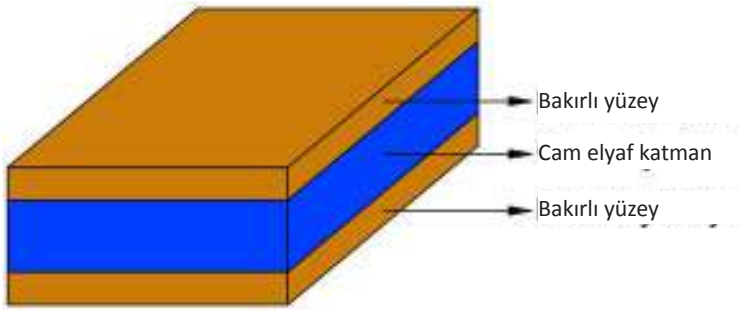
Görsel 5.77'de CEM1 PCB üzerine 2 V ve 15 mA özellikte 5 mmΦ 12 adet kırmızı LED kullanılarak LED modül hazırlanacaktır. Dört LED seri bağlanacak şekilde R direncini hesaplayınız. R direnç mesafelerini 10 mm olacak şekilde LED modül PCB çizimini yapınız.



Görsel 5.77: 12 LED'li modül CEM1 PCB yerleşim planı

5.6.2. FR4 PCB Modülleri

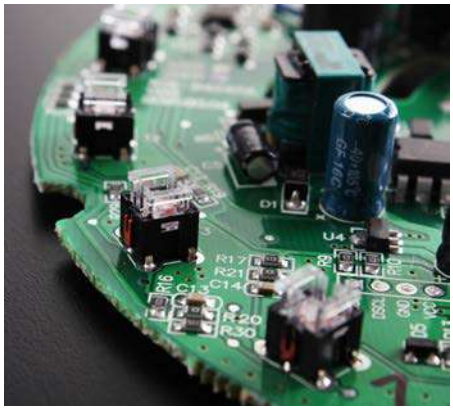
FR-4 (Flame Retardant) PCB, bir kat dokuma cam elyaf ve alev geciktirici epoksi karışımı laminant içeren, çift yüzeyi bakır folyoyla kaplı PCB türüdür (Görsel 5.78).



Görsel 5.78: FR-4 PCB yapısı

Alev geciktirici malzeme olan FR-4, UL94V-0 standardını içermektedir. Çift yüzeyi bakır folyo ile kaplandığından çift katmanlı PCB üretiminde kullanılır. Katman sayısı arttırılarak çok katlı PCB'ler üretilebilir. FR-4, yüksek elektriksel yalıtım özelliğine ve yüksek mekanik dayanıma sahiptir. Termal iletkenliği 0,25'tir. Aydınlatma sistemlerinde çift veya çok katmanlı LED modüllerde FR-4 PCB tercih edilir. Isı geçirgenliği CEM1 PCB'ye göre düşük, maliyeti yüksektir.

Görsel 5.79'da FR-4 PCB ile üretilmiş LED modül görülmektedir.



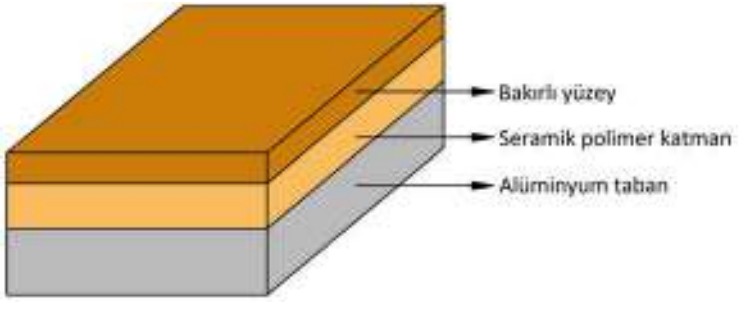
Görsel 5.79: FR-4 PCB LED modül

SIRA SİZDE

Çift katmanlı veya çok katmanlı çeşitli elektronik devrelerin PCB yapılarını inceleyiniz ve UL94V-0 standardına uygun olup olmadığını tespit ediniz.

5.6.3. Alüminyum PCB Modülleri

Alüminyum PCB, alüminyum alaşımlı taban üzerine seramik polimerden oluşan yalıtkan katman ve onun üzerine de bakır folyo kaplanarak üretilen PCB türüdür (Görsel 5.80).



Görsel 5.80: Alüminyum PCB yapısı

Alüminyum alaşım devre ihtiyaçlarına uyum sağlayacak şekilde magnezyum, alüminyum ve silumin (alüminyum-ailisyum) kombinasyonundan oluşur. Seramik polimerden oluşan katman, termal direnç ve viskoelastik özellikler sunarak devre kartını mekanik ve termal hasarlardan korur. Devrede oluşan ısının emilmesini ve alüminyum katmana aktarılmasını sağlar. Termal iletkenliği 0,8'den büyüktür. Alüminyum PCB esnek ve dayanıklıdır. Alüminyum PCB yüksek güç harcayan LED armatürler, otomotiv lambaları, trafik ışıkları vb. ışıklandırma lambalarında kullanılır.

Görsel 5.81'de alüminyum PCB ile üretilmiş çeşitli LED modülleri görülmektedir.



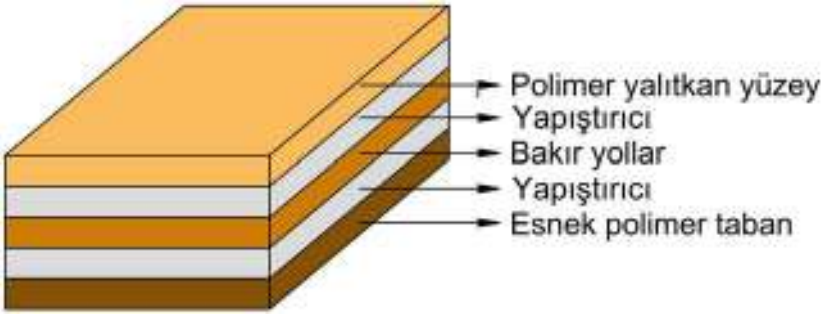
Görsel 5.81: Alüminyum PCB LED modülleri

SIRA SİZDE

Çalışmayan LED lambalardan alüminyum PCB'leri söküp söktüğünüz PCB'lerin yapısını inceleyiniz ve tasarımı hakkında fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.6.4. Esnek PCB Modülleri

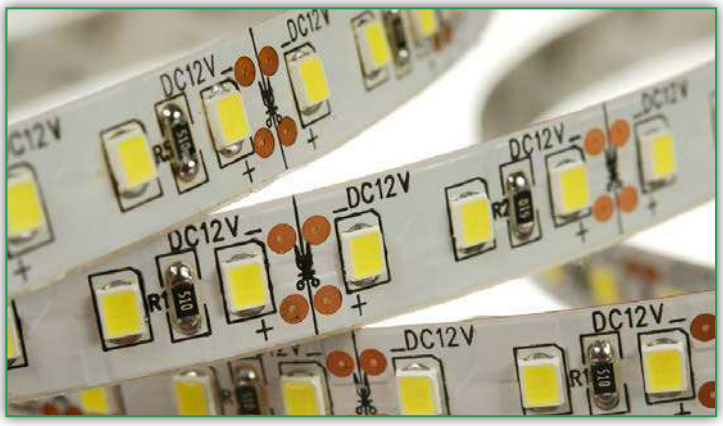
Esnek PCB (Flexible Printed Circuit), esnek taban üzerine bakır yolların yapıştırılıp her iki yüzeyin yalıtılmasıyla üretilen PCB türüdür (Görsel 5.82).



Görsel 5.82: Esnek PCB yapısı

Esnek taban ve yalıtım malzemesi; PI plastik (poliimid), PET (polietilen tereftalat), aramid selüloz ester veya PVC (polivinil klorür) vb. polimer filmlerden yapılır. Tek katmanlı, iki katmanlı veya çok katmanlı olarak üretilir. Esnek PCB, bükülebilen malzemelerden yapıldığından titreşim veya çarpmalara karşı dayanıklıdır. Düşük gürültü seviyesine ve ağırlığa sahiptir. Yapısındaki bakır yolların uzun olması daha fazla ısı dağılımı sağlar. Esnek PCB daha çok şerit LED'lerde kullanılır.

Görsel 5.83'te esnek PCB ile üretilmiş şerit LED modülü görülmektedir.



Görsel 5.83: Esnek PCB yapılı şerit LED modül

SIRA SİZDE

Çeşitli şerit LED modüllerinin polimer yapısını ve modüllerdeki bakır yolların kalınlığını inceleyiniz, tasarım hakkında fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.7. LED MODÜLLERİNİN BAĞLANTI ŞEKİLLERİ

LED modüller temel olarak 1, 2 veya 3 LED barındıracak şekilde tasarlanır. Ürün çeşitliği çok olduğundan LED modül üretiminde kullanılacak LED seçimi kalite ve maliyet açısından oldukça önemlidir. LED'in ışık akısı, çalışma gerilimi, çektiği akım, yaydığı ısı, verimliği vb. teknik parametreler LED modülün özelliklerini belirler. Aydınlatmada kullanılacak LED modüllerin mekânların özelliklerine uygun seçilmesiyle ışık verimliliği ve enerji tasarrufu sağlanır.

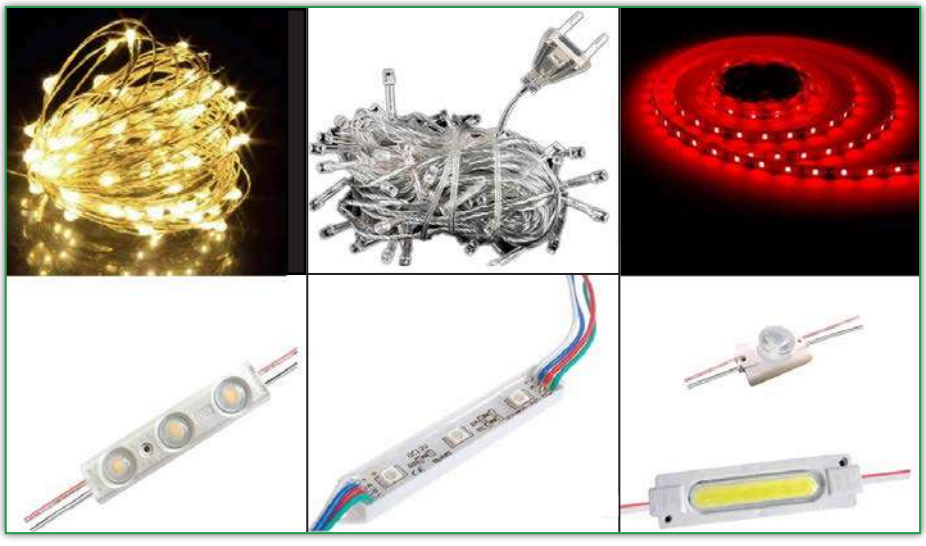
Tablo 5.12'de bazı LED modüllerin teknik parametreleri görülmektedir.

Tablo 5.12: LED Modül Parametreleri

Parametreler			
LED kılıfı	SMD5050	SMD2835	SMD3030
LED sayısı	3	2	3
Çalışma gerilimi	12 V DC	12 V DC	110 V AC
Çalışma akımı (mA)	60	60	20
Güç (W)	0,72	0,72	3
Işık akısı (lm)	34	72	260
Işık açısı (°)	160	160	172
Renk sıcaklığı (°K)	RGB	Sıcak beyaz (3500)	Soğuk beyaz (6500)
Çalışma sıcaklığı (°C)	-20 ila +45	-20 ila +45	-20 ila +60
Koruma sınıfı	IP65	IP68	IP65
Boyutlar (mm)	70x16x8,1	43x15x11	72x16x5
Bağlantı sayısı (max.)	20 adet	50 adet	20 adet

LED modüller DC veya AC gerilimde çalışmaya uygun olarak üretilir. DC gerilimde çalışan LED modüllerinin kullanıldığı maksimum gerilim değerleri 5 V, 12 V ve 24 V'tur. Ancak 6 V, 9 V, 18 V, 36 V ve 48 V gerilimlerde çalışan modelleri de mevcuttur. LED modüllerini sürecek DC besleme kaynağının çıkış akım değeri, modüldeki LED'lerin çektiği toplam akım değeri kadar olmalıdır. AC gerilimde çalışan LED modülleri 110 V ve 220 V gerilim değerlerinde çalışır. LED modüller birbirine bağlanarak istenen uzunlukta şeritler oluşturulabilir. Ancak oluşturulacak şeritlerin uzunluğu modülün teknik parametrelerinde belirtilen maksimum uzunluğu geçmemelidir. Paket hâlinde üretilen şerit LED modüllerinde uzunluk 5 m olarak standarttır. Ancak bazı LED modüllerinde 10 m ve üzeri üretim yapılmaktadır.

Görsel 5.84'te çeşitli LED modülleri görülmektedir.



Görsel 5.84: Çeşitli LED modülleri

LED modüller birbirlerine bağlanırken modül çıkışı diğer modülün girişine gelecek şekilde hizalanır. Bağlantı noktalarından birbirlerine lehimlenir veya bağlantı klipsleri kullanılarak modüller birleştirilir (Görsel 5.85). LED modüllerde peş peşe (seri), alt alta (paralel) veya karışık (seri-paralel) bağlantı metotları kullanılarak çeşitli uzunlukta veya genişlikte şeritler oluşturulur.



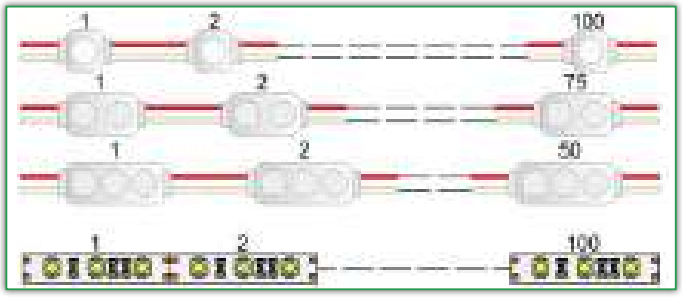
Görsel 5.85: LED modül bağlantıları

NOT

LED modüllerin bağlantılarında bahsedilen seri, paralel veya karışık bağlantı kavramları elektriksel değil fizikseldir. LED modüller seri bağlanarak uzunlukları, paralel bağlanarak genişlikleri fiziksel olarak belirlenir. Şeritlerin uzunlukları veya genişlikleri ne olursa olsun şeritte bulunan tüm LED modüller gerçekte birbirlerine ve güç kaynaklarına elektriksel olarak paralel bağlıdır.

5.7.1. LED Modüllerinin Seri Bağlantısı

LED modüller seri (peş peşe) bağlanarak istenen uzunlukta aydınlatma şeritleri elde edilir. Maksimum şerit uzunluğu, bağlanacak LED modülün teknik parametrelerinde belirtilen sayı kadar olmalıdır. Görsel 5.86'da çeşitli LED modüllerin seri bağlantısı görülmektedir. Fazladan LED modülün bağlanması ışık şiddetinin azalmasına sebep olur.



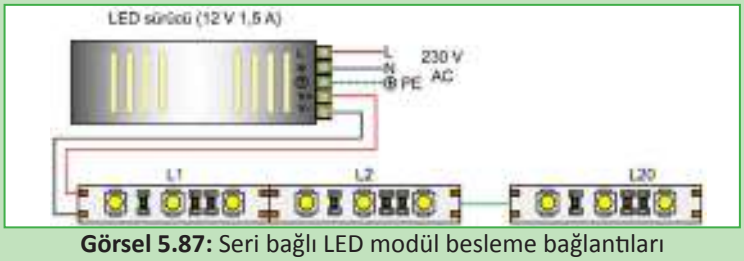
Görsel 5.86: LED modül seri bağlantıları

LED modüller AC veya DC gerilim kaynağıyla beslenir. Besleme kaynağının gerilimi ve verdiği akım, LED modüllerin çalışma gerilimine uygun ve çektiği toplam akımı (I_t) karşılamaya yetecek güçte olmalıdır. Her modülün çektiği akım dikkate alınarak şeritlerde kullanılan LED modül sayısına (L_s) göre toplam akım hesaplanır. Uygulamada güç kaynağı akımı ($I_{güç}$), LED modüller tarafından çekilen akımdan %20-25 fazla olacak şekilde seçilmelidir.

$$I_t = I_{L1} \cdot L_S \quad [A] \qquad I_{güç} = I_t \cdot 1{,}25 \quad [A]$$

ÖRNEK

Görsel 5.87'de verilen LED modül bağlantısında her biri 12 V gerilimde 60 mA akım çeken 20 adet LED modülü birbirine seri olarak bağlanmıştır. 12 V güç kaynağı kullanıldığına göre güç kaynağı akım değeri kaç A olmalıdır?



Görsel 5.87: Seri bağlı LED modül besleme bağlantıları

ÇÖZÜM

12 V gerilimde her biri 60 mA akım çeken 20 LED modülü seri bağlıdır.

LED modül sayısı = L_s =20

$I_{L11} = I_{L2} = \ldots = I_{L120} = 60$ mA

$I_t = I_{L1} \cdot L_S = 20 \cdot 60 = 1200$ mA = 1,2 A

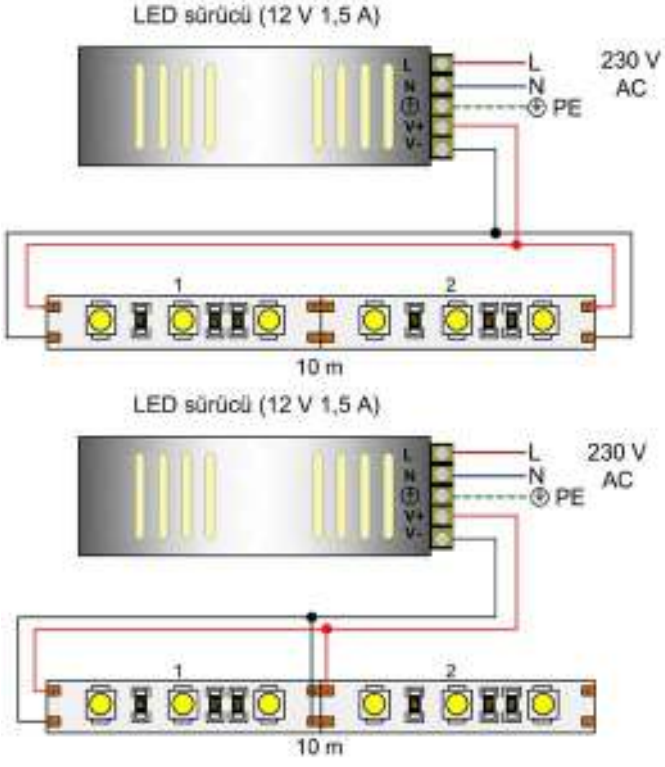
$I_{güç} = I_t \cdot 1{,}25 = 1{,}2 \cdot 1{,}25 = 1{,}5$ A

LED modüllerin çektiği toplam akım 1,2 A'dir. Bağlanacak uygun güç kaynağı 12 V/1,5 A (%25 fazla) olmalıdır.

SIRA SİZDE

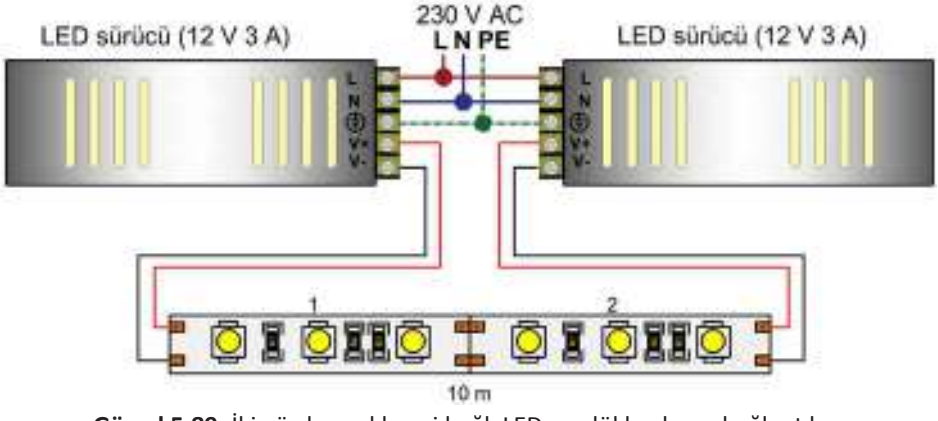
12 V DC gerilimde 20 mA akım çeken 50 LED modülü seri bağlıdır. LED modüllerin çektiği toplam akımı hesaplayınız. Bağlanacak uygun güç kaynağını belirleyiniz.

Görsel 5.88'de 5 m uzunluğunda 2 parça şerit LED seri bağlantısının üç farklı yöntemi görülmektedir. Her şerit LED grubu 20 mA akım çeken 100 adet LED modülünden oluştuğundan şerit LED akımı 2 A'dir. İki parça şerit LED grubunun toplam akımı 4 A'dir. Güç kaynağı akımı toplam akımın %25 fazlası olarak düşünülerek tek güç kaynaklı bağlantıda 12 V/5 A DC güç kaynağı kullanılır.



Görsel 5.88: Tek güç kaynaklı seri bağlı LED modül besleme bağlantıları

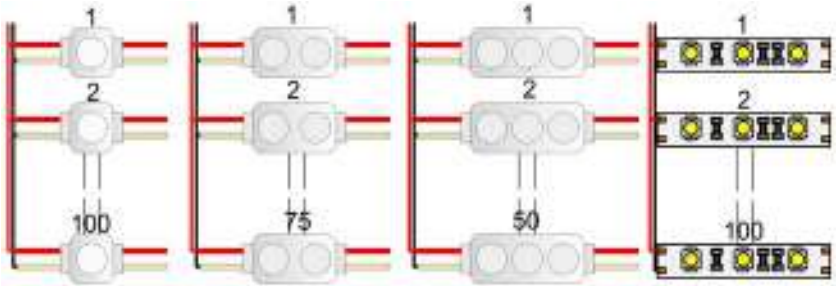
Görsel 5.89'da iki güç kaynaklı bağlantıda 12 V/3 A güç kaynağı kullanılır.



Görsel 5.89: İki güç kaynaklı seri bağlı LED modül besleme bağlantıları

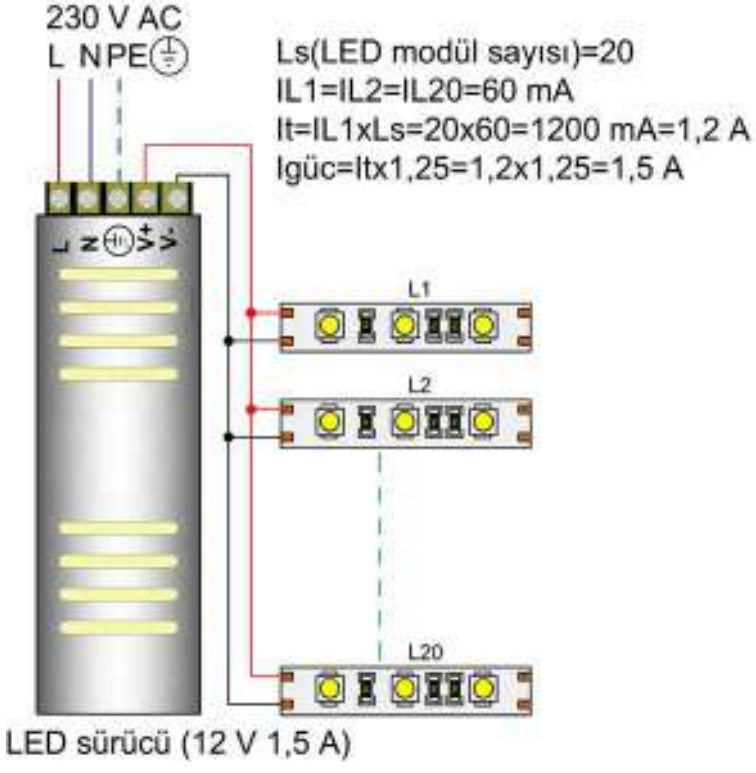
5.7.2. LED Modüllerinin Paralel Bağlantısı

LED modüllerin paralel (alt alta) bağlanması yöntemiyle istenen genişlikte aydınlatma şeritleri elde edilir. Maksimum şerit genişliği, bağlanacak LED modülün teknik parametrelerinde belirtilen sayı kadar olmalıdır. Görsel 5.90'da çeşitli LED modüllerin paralel bağlantısı görülmektedir. Fazladan LED modülü bağlanması ışık şiddetinin azalmasına sebep olur.



Görsel 5.90: LED modül paralel bağlantıları

LED modüllerin paralel bağlantısında toplam akım ve güç kaynağı akımı hesaplama formülleri seri bağlantıda geçerli formüllerle aynıdır. Görsel 5.91'de 12 V gerilimde her biri 60 mA akım çeken 20 LED modülü paralel bağlıdır. LED modüllerin çektiği toplam akım 1,2 A'dir. Bağlanacak uygun güç kaynağı 12 V/1,5 A (%25 fazla) olarak belirlenmiştir.

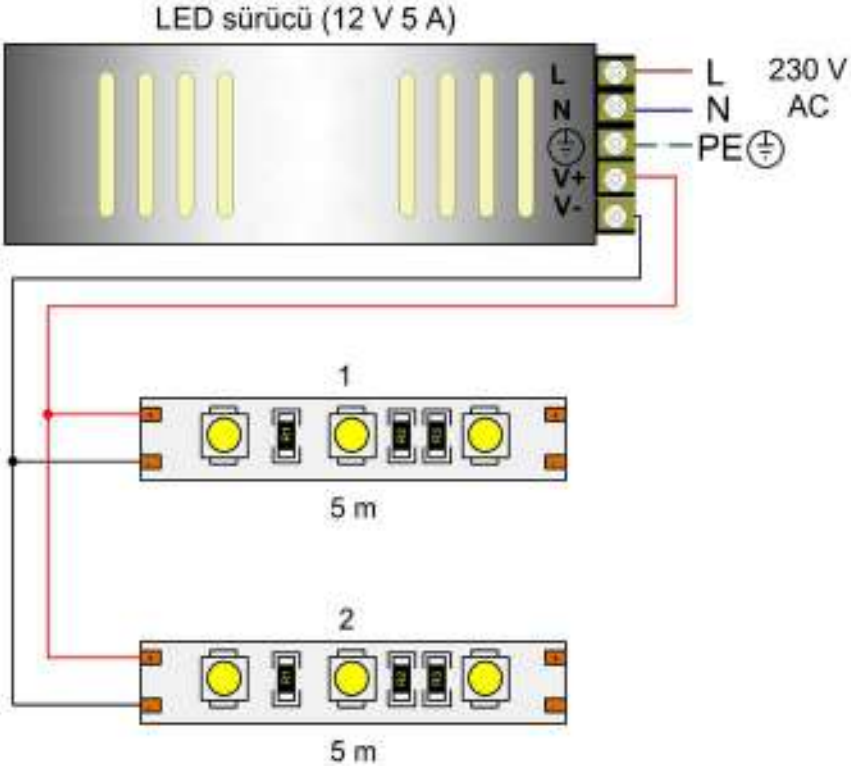


Görsel 5.91: Paralel bağlı LED modül besleme bağlantıları

SIRA SİZDE

12 V DC gerilimde 20 mA akım çeken 60 LED modülü paralel bağlıdır. LED modüllerin çektiği toplam akımı hesaplayınız. Bağlanacak uygun güç kaynağını belirleyiniz.

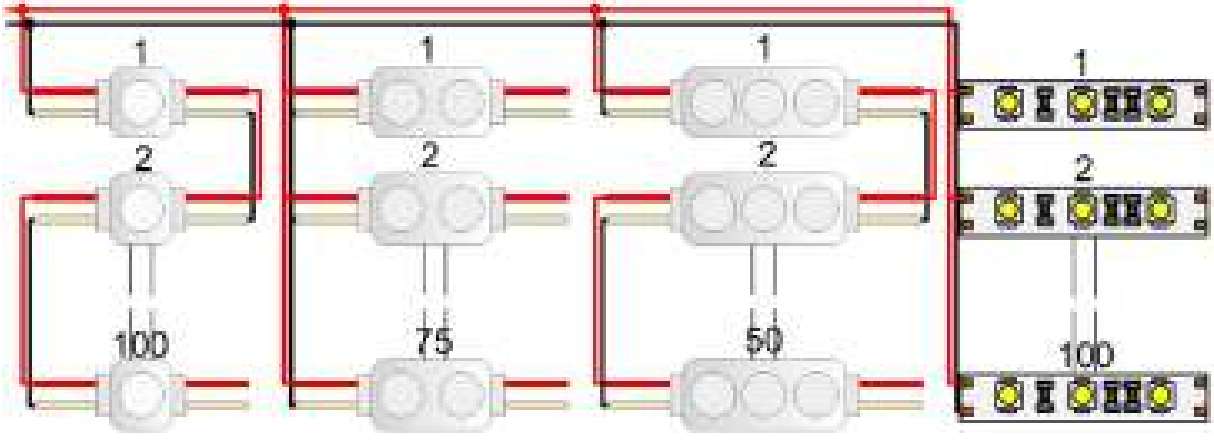
Görsel 5.92'de 5 m uzunluğunda 2 parça şerit LED'in paralel bağlantı yöntemi görülmektedir. Her şerit LED grubu 20 mA akım çeken 100 adet LED modülünden oluşturduğundan şerit LED akımı 2 A'dir. İki parça şerit LED grubunun toplam akımı 4 A'dir. Güç kaynağı akımının toplam akımın %25 fazlası olacağı şekilde bağlantıda 12 V/5 A DC güç kaynağı kullanılmaktadır.



Görsel 5.92: Paralel bağlı şerit LED besleme bağlantıları

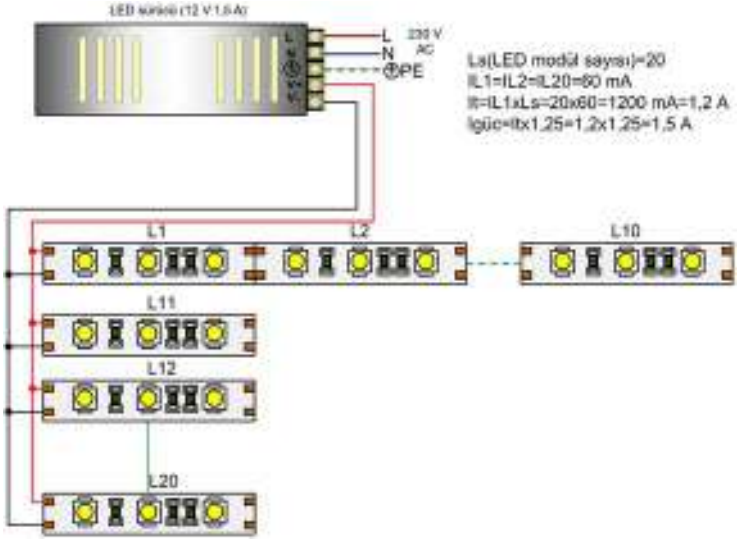
5.7.3. LED Modüllerinin Karışık Bağlantısı

LED modüllerin, besleme hattı üzerinde seri veya paralel bağlanmasıyla istenen uzunlukta ve genişlikte aydınlatma şeritleri elde edilir. Maksimum şerit uzunluğu ve genişliği bağlanacak LED modülün teknik parametrelerinde belirtilen sayı kadar olmalıdır. Görsel 5.93'te çeşitli LED modüllerin karışık bağlantısı görülmektedir. Fazladan LED modülün bağlanması ışık şiddetinin azalmasına sebep olur.



Görsel 5.93: LED modül karışık bağlantıları

LED modüllerin karışık bağlantısında toplam akım ve güç kaynağı akımı hesaplama formülleri seri bağlantıda geçerli formüllerle aynıdır. Görsel 5.94'te 12 V gerilimde her biri 60 mA akım çeken 20 LED modülünün 10'u seri, 10'u paralel bağlıdır. LED modüllerin çektiği toplam akım 1,2 A'dir. Bağlanacak uygun güç kaynağı 12 V/1,5 A (%25 fazla) olarak belirlenmiştir.

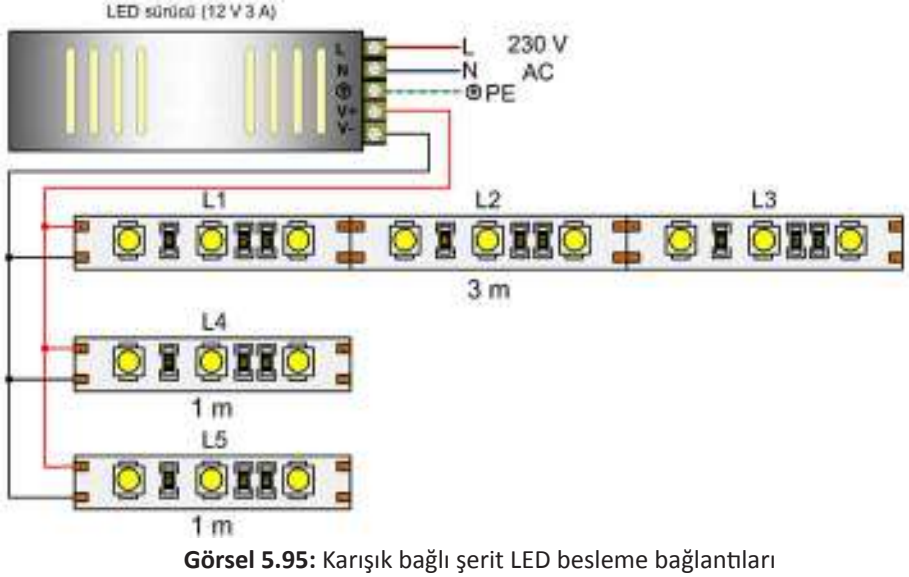


Görsel 5.94: Karışık bağlı LED modül besleme bağlantıları

SIRA SİZDE

12 V DC gerilimde 60 mA akım çeken 40 LED modülün 20'si seri, 20'si paralel bağlıdır. LED modüllerinin çektiği toplam akımı hesaplayınız. Bağlanacak uygun güç kaynağını belirleyiniz.

Görsel 5.95'te 5 m uzunluğundaki şerit LED'in 3 metresinin seri, 1'er metresinin ise paralel bağlantısı görülmektedir. Şerit LED'in her metresinde 20 mA akım çeken 20 adet LED modülü bulunduğundan her metreden 400 mA akım geçer. Seri bağlı 3 m'lik şerit LED'den 1,2 A, paralel bağlı 1'er m'lik şerit LED'in her birinden 400 mA akım geçer. Toplam uzunluk 5 m olduğundan şerit LED'den geçen toplam akım 2 A'dir. Güç kaynağı akımı toplam akımın %25 fazlası olarak düşünülürse 2,5 A olarak bulunur. Uygulamada 2,5 A güç kaynağı olmadığından en yakın değer olan 12 V/3 A DC güç kaynağı kullanılmaktadır.



Görsel 5.95: Karışık bağlı şerit LED besleme bağlantıları

5.8. LED'Lİ ARMATÜR BİLEŞENLERİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

LED modüller tek başlarına, şerit LED hâlinde veya dekoratif şekillerde aydınlatmada kullanılır. LED'li aydınlatma ürünleri alternatif akımda veya DC gerilimde çalışacak şekilde üretilir. AC akımda çalışan modeller doğrudan şehir şebekesine bağlanır. DC modeller ise LED sürücülerden veya DC güç kaynaklarından sağlanan besleme gerilimiyle çalışır. LED armatürde LED modülleri doğrudan PCB kart üzerine montajlanır veya duy üzerinden bağlantı sağlanır. LED modüller ise LED sürücüler veya DC güç kaynaklarına bağlanır (Görsel 5.96).



Görsel 5.96: LED modül kablo bağlantıları

LED modüllerin beslemesinde kullanılan bağlantı kablolarının kesit (çap) ve uzunlukları modüllerin verimli çalışmaları açısından önemlidir. LED modüllerin akımını karşılayamayan kesitteki kablo bağlantısı hattın ısınmasına ve modüllerin parlaklığının azalmasına sebep olur. Tablo 5.13'te LED modüllerde kullanılan H03VV-F ile H05VV-F TTR kablolarının taşıyacağı akım kapasiteleri ve diğer özellikleri görülmektedir.

Tablo 5.13: Kablo Özellikleri

Nominal Kesit (mm^2)	Kablo Dış Çapı (mm)	Akım Taşıma Kapasitesi (A)	İletkenin DC Direnci 20 °C (Ω/km)	Kablo Ağırlığı (kg/km)	Sevk Uzunluğu (km)
H03VV-F Kablolar					
2x0,50	5,5	8	39	48	100
H05VV-F Kablolar					
2x0,75	6,2	13	26,0	55	100
2x1,00	6,6	16	19,5	80	100
2x1,50	7,6	20	13,3	105	100
2x2,50	9,8	27	7,98	160	100

LED modüllerin beslemesinde kullanılan bağlantı kablolarının uzunlukları kesitleriyle ters orantılı olarak hat üzerinde dirence sebep olur. Hat uzadıkça direnç değeri artar ve hat üzerinde besleme kaynağına göre daha düşük gerilim seviyeleri görülür. Şehir şebekesine bağlı LED armatürlerde gerilim düşmesi çokça görülmez. Ancak LED sürücüler ve DC güç kaynaklarından beslenen LED modüllerde gerilim düşmesi büyük bir problemdir. Besleme hattına bağlı LED modüller üzerinde gerilim seviyesi düştükçe parlak azalır. LED modüllerin besleme kaynağına yakın olanları parlak yanarken uzak olanları daha az parlak yanar veya hiç yanmaz. Bu durumu önlemek için kullanılan kablo kesiti dikkate alınarak hat üzerinde gerilim düşümü hesabı yapılır. Hesaplama sonucuna göre uygun yerlere sürücüler, güç kaynakları veya sinyal yükselticiler eklenir. Gerilim düşümü yüzdelik (%) değerle veya doğrudan gerilim değeriyle hesaplanabilir.

Gerilim düşümünde kullanılan tüm formüller aşağıda verilmiştir (Tablo 5.14).

Tablo 5.14: Gerilim Düşümü Formülleri

Yüzde (%) Gerilim Düşümü Hesabı		Gerilim Düşümü Hesabı
Akım biliniyorsa	**Güç biliniyorsa**	**Gerilim cinsinden**
$\%e = \frac{(200 \cdot I \cdot L)}{(K \cdot S \cdot U)}$	$\%e = \frac{(200 \cdot P \cdot L)}{(K \cdot S \cdot U^2)}$	$V_{dDC} = \frac{2 \cdot I \cdot R_C \cdot L}{1000}$
Hat sonunda düşen gerilim	**Hattaki gerilim**	**Hattaki gerilim**
$V_{düşen} = U \cdot \%e$	$V_{ger} = U - V_{düşen}$	$V_{ger} = U - V_{dDC}$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

%e : Gerilim düşümünün yüzdelik değeri (%)
V_{dDC} : Hattaki gerilim düşümü (V) (V_{ger})
$V_{düşen}$: Mesafe sonunda gerilim düşümü (V)
I : Çekilen akım (A)
P : Güç (W)
L : İletken uzunluğu (m)
U : Hat gerilimi (V)
S : İletken kesiti (mm^2)
K : Öz iletkenlik katsayısı (bakır 56 Ω.m/mm^2, alüminyum 35 Ω.m/mm^2)
R_C : İletkenin DC'deki direnci (Ω/km)

ÖRNEK

12 V DC gerilimde 2 A akım çeken LED armatürün besleme kaynağından uzaklığı 5 m'dir. Armatür beslemesinde 2x0,5 mm^2 kesitli H03VV-F TTR bakır kablo kullanıldığına göre 5 m sonundaki gerilim düşümünü ve hattaki gerilim değerini bulunuz.

ÇÖZÜM

a) Yüzde gerilim düşümü yöntemi ile gerilim hesabı:

$$\%e = \frac{200 \cdot I \cdot L}{K \cdot S \cdot U} = \frac{200 \cdot 2 \cdot 5}{56 \cdot 0{,}5 \cdot 12} = \frac{2000}{336} = 5{,}95$$

$$V_{düşen} = U \cdot \%e = 12 \cdot 5{,}95 = 0{,}714\ V$$

$$V_{ger} = U - V_{düşen} = 12 - 0{,}714 = 11{,}286\ V$$

b) Gerilim düşümü yöntemi ile gerilim hesabı:

$$V_{dDc} = \frac{2 \cdot I \cdot R_C \cdot L}{1000} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 39 \cdot 5}{1000} = \frac{780}{1000} = 0{,}78\ V$$

$$V_{ger} = U - V_{dDC} = 12 - 0{,}78 = 11{,}22\ V$$

SIRA SİZDE

12V DC gerilimde 72 W güç harcayan seri bağlı LED modüllerin uzunluğu 6 m'dir. Besleme kaynağının 1. LED modüle uzaklığı 1 m'dir. LED modüllerin bağlantısında 2x1 mm^2 kesitli H05VV-F TTR bakır kablo kullanıldığına göre LED modülün 4. m'sindeki gerilim düşümü ($V_{düşen}$, V_{dDC}) ve hattaki gerilim (V_{ger}) kaç V'tur?

5.8.1. Sürücü ile LED Modül Arasındaki Gerilim Düşümü

LED sürücü veya DC güç kaynaklarıyla LED armatür/LED modüller arasındaki besleme bağlantısı kablolarla gerçekleştirilir. Kesit ve uzunluğuna bağlı olarak besleme hattında kullanılan kablo direnç etkisi oluşturur. Oluşan direnç LED'ler seri bağlı olduğundan LED üzerinde gerilim düşmesine sebep olur. Gerilim düşmesi LED'lerin çalışma gerilimi toleransı seviyesi üzerine çıktığında LED'ler zayıf ışık verir veya hiç ışık vermez. Bu sebeple LED armatür veya LED modüllerin verimli çalışmasını sağlamak için kullanılan besleme kablo kesiti ve uzunluğu sürücünün veri sayfasından (datasheet) bulunur. Veri sayfasında bilgi yoksa gerilim düşümü hesabıyla kablo uzunluğu bulunur. Görsel 5.97'de sabit akımlı LED sürücüye ait kablo uzunluk mesafesi görülmektedir. LED lamba veya LED modüle bağlanacak besleme kablo uzunluğu maksimum 2 m olabilir.

Capabilities	
Dimmable	No
Short-circuit protection	Automatic reversible
No-load proof	Yes
Max. cable length to lamp/LED module	2.0 m

Görsel 5.97: LED sürücü besleme kablosu maksimum uzunluğu

Görsel 5.98'de sabit gerilimli LED sürücüye ait çalışma gerilimleri görülmektedir. LED lamba veya LED modüle bağlanacak besleme kablo uzunluğu hakkında bilgi verilmemiştir. Bu sebeple çalışma gerilimi (U-OUT) veya standart ölçümlere göre nominal çıkış gerilimi dikkate alınarak kullanılan kablo kesiti ve LED akımına göre maksimum uzunluk hesaplanmalıdır.

Product description	Nominal output voltage	U-OUT (working voltage)	Nominal output power
OT FIT 60/	12.5 V	13 V	60 W

Görsel 5.98: LED sürücü gerilim değerleri

ÖRNEK

12V DC gerilimde 2A akım çeken LED armatürün beslemesinde 2x0,75 mm² kesitli H05VV-F TTR bakır kablo kullanılacaktır. LED sürücünün nominal çıkış gerilim değeri 12,5 V'dir. LED armatür üzerinde minimum 12 V gerilim olması için kullanılacak kablonun boyu maksimum kaç m olmalıdır?

ÇÖZÜM

LED sürücü çıkışında 12,5 V ve LED armatür üzerinde 12 V gerilim değeri olduğundan kablo üzerinde 0,5 V gerilim düşmesi olmalıdır. Gerilim düşümü formülü kullanılarak kablo boyu bulunur.

$$V_{dDC} = \frac{2 \cdot I \cdot R_C \cdot L}{1000} \rightarrow L = \frac{1000 \cdot V_{dDC}}{2 \cdot I \cdot Rc} = \frac{1000 \cdot 0,5}{2 \cdot 2 \cdot 55} = \frac{500}{220} = 2,27 \text{ m}$$

5.8.2. Şerit-Lineer LED Modüllerde Gerilim Düşümü

Şerit LED çok sayıda LED modüllerin birbirine eklenmesiyle elde edilir. Şerit LED standart olarak 5 m uzunluğunda ve aynı PCB üzerine bağlı olarak üretilir. Bu nedenle teorik olarak şerit LED'deki ilk modül ile son modül arasında yaklaşık 5 m kablo bağlantısı yapılmış gibi düşünülebilir.

Şerit LED'de gerilim düşüşü genellikle metre başına volt (V/m) veya LED başına mili volt (mV/LED) cinsinden ölçülür. Şerit LED'e ait veri sayfasında metre başına gerilim düşmesi belirtilmiyorsa her metrede gerilim ölçülerek toplam gerilim düşüşü hesaplanır.

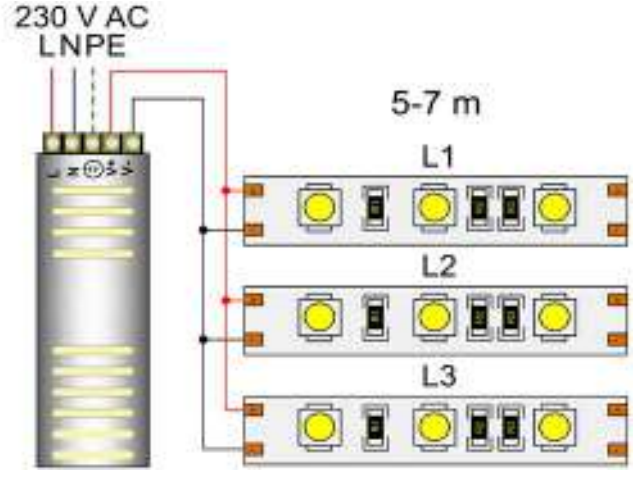
Genel olarak şerit LED'lerde gerilim düşümüne neden olan faktörler şunlardır:

- **Şerit LED Uzunluğu:** PCB'deki bakır yollardan kaynaklı direnç, şerit boyunca gerilim düşmesine sebep olur. Gerilimdeki düşüş, şerit boyunca LED'lerin farklı parlaklıkta ışık vermesine ve daha az verimli çalışmasına yol açar. Şerit LED ne kadar uzun olursa gerilim düşüşü de o kadar yüksek olur.
- **Kablo Kesiti:** Şerit LED'i güç kaynağına bağlamak için kullanılan kablo kesiti gerilim düşmesini etkileyebilir. Daha kalın kablolar voltaj düşüşünü azaltmaya yardımcı olabilir.
- **Elektrik Akımı:** Şerit LED'den geçen akımın miktarı da gerilim düşmesini etkileyebilir. Daha yüksek akım seviyeleri daha yüksek gerilim düşüşüne yol açar.
- **Sıcaklık:** Şerit LED'in çalışma sıcaklığı gerilim düşmesini etkileyebilir. Daha yüksek sıcaklıklarda devrenin elektrik direnci artar ve bu da daha yüksek gerilim düşüşüne yol açar.
- **Güç Kaynağı:** Güç kaynağının gerilimi ve akım değeri de gerilim düşmesini etkileyebilir. Şerit LED akımını karşılayamayan güç kaynağı seçimi, daha yüksek gerilim düşmesine neden olabilir.
- **Bağlantı Kalitesi:** Şerit LED ile güç kaynağı arasında kesiti düşük veya uzun kablo bağlantılarda daha yüksek gerilim düşmesine neden olabilir.
- **LED Kalitesi:** Düşük kaliteli şerit LED, LED'lerin iç direncinden dolayı daha yüksek gerilim düşüşüne neden olabilir.

Genel aydınlatma kalitesini ve kurulumun işlevini etkileyebileceğinden, şerit LED ile tasarlanan aydınlatmada gerilim düşmesini dikkate almak gerekir. Şerit LED'deki gerilim düşmesinin dikkate alınmaması zamanla LED'lerin arızalanmasına ve maksimum güç tüketmesine neden olur. Aydınlatmada malzeme ve yüksek enerji maliyetlerine yol açar.

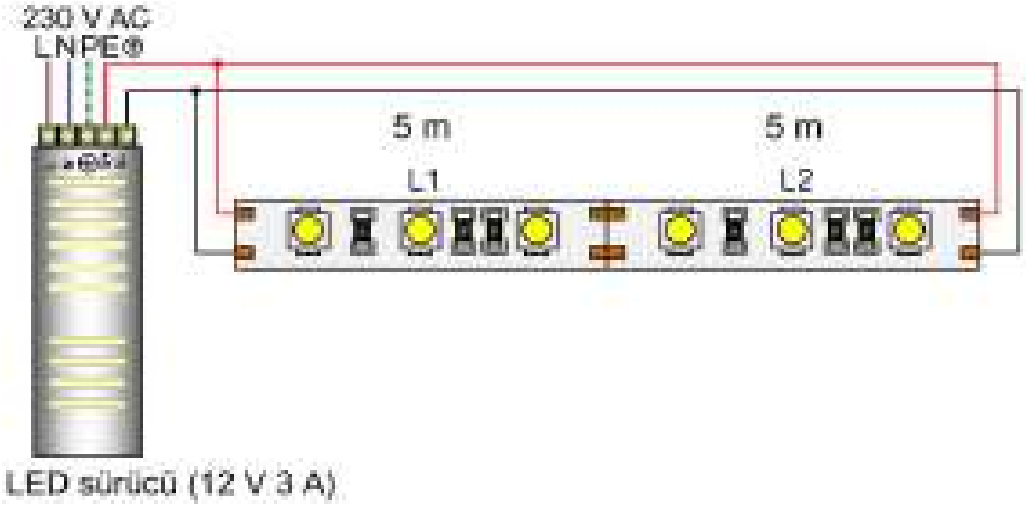
Şerit LED'lerde gerilim düşmesini azaltmada etkili faktörler şunlardır:

- **Paralel Bağlantı:** Paralel bağlantılar oluşturarak güç kaynağını şerit LED'in farklı bölümlerine bağlamak (Görsel 5.99).



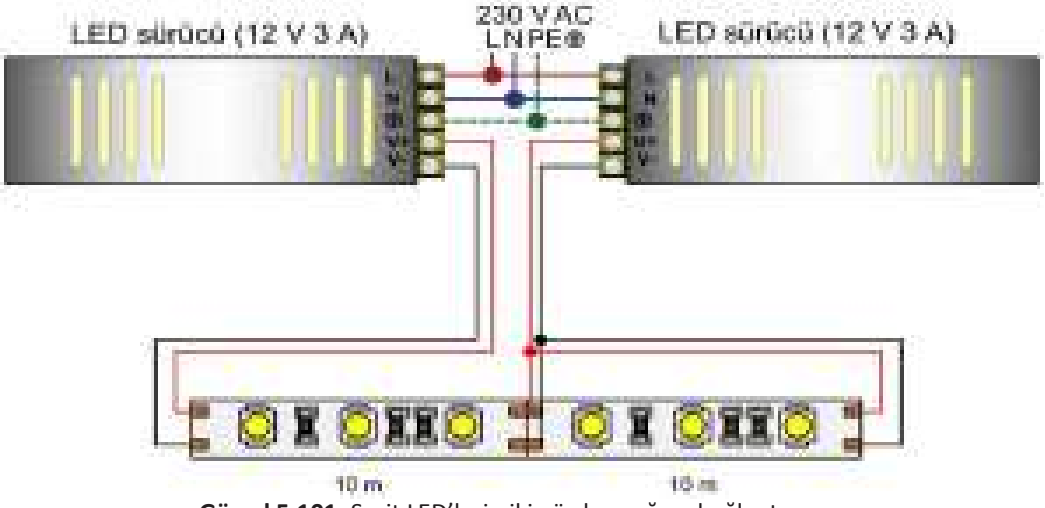
Görsel 5.99: Şerit LED'lerin güç kaynağına paralel bağlantısı

- **Şerit LED'in Her İki Ucuna Güç Kaynağı Bağlantısı:** 10 m'ye kadar uzunluğa sahip şerit LED'lerin her iki uçtan güç kaynağı bağlantısı yapılır (Görsel 5.100).



Görsel 5.100: Şerit LED'lerin güç kaynağına her iki uçtan bağlanması

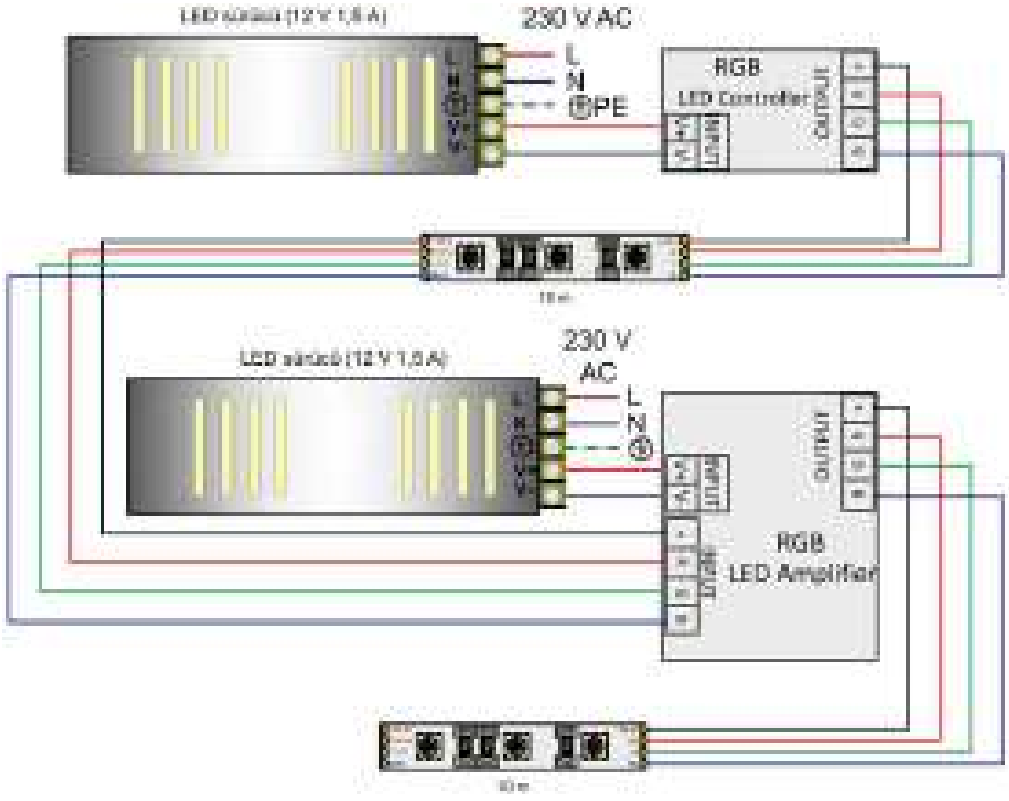
- **Bir Maksimum Güç Kaynağı Kullanımı:** 10 m'yi aşan uzunluklarda her 10 m'ye bir güç kaynağı bağlanır (Görsel 5.101).



Görsel 5.101: Şerit LED'lerin iki güç kaynağına bağlantısı

- **Uygun Kesitte Besleme Kablosu:** Şerit LED'in çektiği akımı karşılayacak kesitte ve düşük dirençli kablo kullanmak.
- **Besleme Kablo Uzunluğu:** Güç kaynağı ile şerit LED arasındaki mesafeyi kısa tutmak.
- **Uygun Bağlantı:** Besleme kablolarını şerit LED'e lehimlemek veya uygun bir konektör yardımıyla bağlantı yapmak.
- **Yüksek Kaliteli Şerit LED:** Kalın bakır yüzeye sahip kaliteli LED'lerle tasarlanan şerit LED kullanmak.
- **Yüksek Gerilimli Güç Kaynağı:** Şerit LED üzerinde düşen gerilimi karşılayacak, gerilim ayarlama özelliği bulunan güç kaynağı kullanmak. Güç kaynağından şerit sonunda düşen gerilim kadar gerilim ayarlanır.

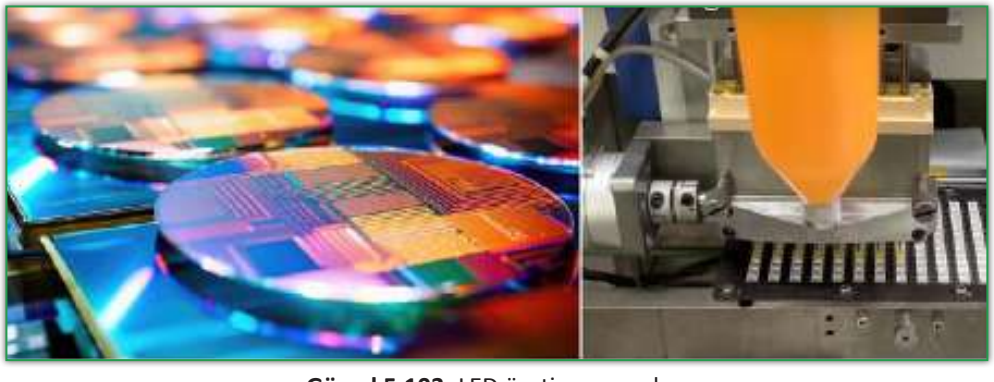
- **Sinyal Yükseltici:** Özellikle RGB, RGBW ve RGBCCT şerit LED'lerde her 10 m'de bir sinyal yükseltici kullanılır (Görsel 5.102).



Görsel 5.102: Şerit LED'lerin sinyal yükseltici bağlantısı

5.9. LED MODÜL BİLEŞENLERİNİN NİTELİK KONTROLLERİ

LED armatür, LED modül veya şerit LED'lerin yapısında çok sayıda LED bulunur. LED'ler üretilirken önce yarı iletken plakadan LED çipleri üretilir. Ardından LED çipleri kılıflanarak LED'ler üretilir. LED'ler aynı yarı iletken plakadan üretilmiş veya aynı bantta kılıflanmış olsa da her LED farklı özelliğe sahip olabilir (Görsel 5.103). Bu nedenle LED'lerin özelliklerine göre gruplandırılması gerekir. LED'leri renk, parlaklık, gerilim vb. performans özelliklerine göre sıralamaya **LED gruplaması (LED BIN)** denir. LED gruplaması sayesinde belirli standartta LED'ler bir araya toplanır. Üretilen LED ürünlerinde renk tutarlılığı, aydınlatma kalitesi verimlilik vb. faktörlerde bir standart sağlanır. LED gruplaması genel olarak renk, ışık akısı, gerilim ve sıcaklık olmak üzere dört ana başlıkta yapılır.



Görsel 5.103: LED üretim aşamaları

5.9.1. Renk Gruplama

Renk gruplama, LED'leri renk özelliklerine göre ayırma işlemidir. Bir gruptaki tüm LED'ler aynı renk çıkışına ve yoğunluğuna sahiptir. Böylece üretilen LED'li üründe LED'lerin aynı renk sıcaklığına (CCT) sahip olması sağlanır ve doğru bir renksel geri verim indeksi (CRI) elde edilir. LED renk gruplaması, **CIE 1931 Renklilik Şeması** (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) standardına dayanır. CIE standardına göre LED renk sıcaklıkları Tablo 5.15'te görülmektedir. Ayrıca renksel geri verim indeksi (CRI) ve renk kalitesi ölçeği (CQS), LED renk gruplaması için kullanılan diğer standartlardır. CRI, ışık kaynağının doğal güneş ışığında renkleri ne kadar doğru işlediğini ölçer. CQS, ışık kaynağının ince renk farklılıklarını ne kadar doğru görüntülediğini hesaplar. İyi kalitede bir LED'in CRI değeri minimum 80, CQS değeri ise minimum 70 olmalıdır. Tutarlı renk gruplaması elde etmede spektrofotometri, kolorimetre, görsel inceleme veya robotik sistemlerle ölçme yöntemleri kullanılır.

Tablo 5.15: LED Renkleri ve Renk Sıcaklıkları (CCT)

Renkler	Renk Sıcaklığı (°K)	Renkler	Renk Sıcaklığı (°K)
Sıcak beyaz	2.700-3.500	**Soğuk beyaz**	5.000-7.000
Doğal beyaz (gün ışığı)	3.500-5.000	**Çok soğuk beyaz**	7.000-10.000

5.9.2. Işık Akısı Gruplama

Işık akısı gruplama, LED'lerin ışığın parlaklığına veya çıkışına göre sınıflandırılmasıdır. Üretilen LED ürünlerin parlaklığının eşit derecede olması sağlanır. Böylece tutarlı ve düzgün bir aydınlatma sağlanır. Tutarlı ışık akısı gruplaması elde etmede istatistiksel, spektrofotometre, görsel veya korelasyona göre gruplama yöntemleri kullanılır.

5.9.3. Gerilim Gruplama

Gerilim gruplama, LED'lerin çalışma (iletime geçme) gerilimi seviyelerine göre sınıflandırılmasıdır. LED'li ürünlerde LED'lerin iletime geçme geriliminden kaynaklı arıza riskini azaltır, ürün kalitesini arttırır. LED'lerin çalışma gerilimi ne kadar yüksek olursa LED'in kalitesi ve performansı da o kadar iyi olur. Çalışma gerilimi seviyelerine göre LED'ler yüksek, düşük, standart ve çok düşük gerilim olarak dört kategoriye ayrılır (Tablo 5.16).

Tablo 5.16: LED'lerin Çalışma Gerilimi Aralıkları

Çalışma Gerilimleri	Çalışma Aralığı (V)	Çalışma Gerilimleri	Çalışma Aralığı (V)
Yüksek	3,7-4,2	**Düşük**	2,7-3,2
Standart	3,3-3,6	**Çok düşük**	<2,7

Tutarlı gerilim gruplaması elde etmede çoklu sıralama, ters eğilim, sıcaklık kontrollü veya robotik sistemle ölçme yöntemleri kullanılır.

5.9.4. Sıcaklık Gruplama

Sıcaklık gruplama, LED'lerin çalışacağı ortam sıcaklığına göre sınıflandırılmasıdır. Genellikle LED gruplama 25 °C'teki sıcaklıkta yapılır. Ancak LED'li ürünler soğuk buzlu ortamda veya yüksek sıcaklıklardaki ortamlarda da çalıştırılabilir. LED'lerin olumsuz koşullar altında kaliteli performans sağlaması için 85 °C sıcaklıkta gruplandırılması renklilik seçimi ve LED kalitesi açısından daha tutarlıdır. Sıcaklık gruplama standartları LED ürünlerin ömrünü doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen önemli bir faktördür.

LED'li ürünleri farklı ortamlardaki çalışma sıcaklığı Tablo 5.17'de görülmektedir. LED'li ürünlerde maksimum performansları sağlamak için LED'lerin çalışacağı sıcaklığa uygun gruplandırılması gerekir. Tutarlı sıcaklık gruplaması elde etmede sıcaklık sensörleriyle kalibrasyon, sıcaklık izleme yazılımı veya termal izleme yöntemleri kullanılabilir.

Tablo 5.17: LED'lerin Çalışma Sıcaklıkları

Farklı Aydınlatma Ortamları	Çalışma Sıcaklığı (°C)
Dış mekân	60-65
Soğuk-buzlu mekân	20-25
İç mekân (yalıtımlı tavan aydınlatma armatürü)	100 üzeri



SIRA SİZDE

Farklı özelliklere sahip üç farklı şerit LED (power ve RGB LED olmak üzere) temin edininiz. Bu LED'ler hakkında bilgi toplayarak aşağıda verilen boşlukları şerit LED'lerin özelliklerine göre doldurunuz.

Nitelikler	Power Şerit LED	RGB Şerit LED	……. Şerit LED
Renksel gruplama			
Işık akısal gruplama			
Gerilimsel gruplama			
Sıcaklık gruplama			



NOT

Tüm dokümanlara ve uygulama dosyalarına karekoddan ulaşabilirsiniz.

5.1. UYGULAMA FARKLI YAPIDA LEDLER İLE MODÜL OLUŞTURMA

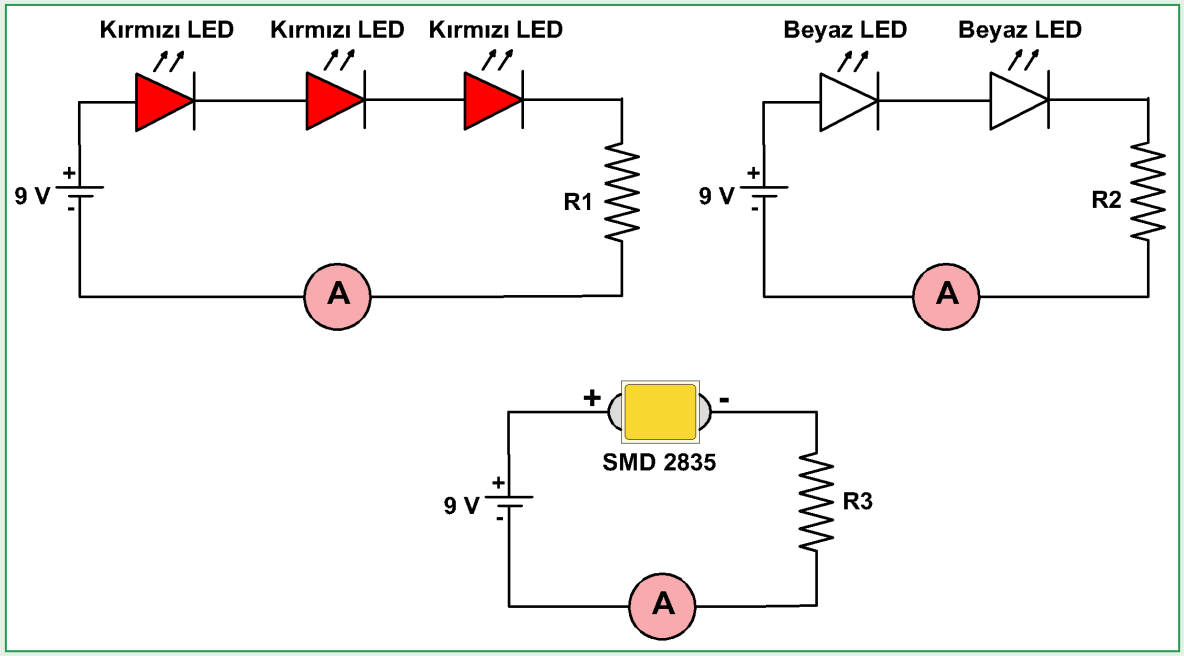
AMAÇ

Süre: 40 dk.

Farklı güç değerine sahip LED'ler ile LED modül oluşturmak.

GÖREV

Kırmızı, beyaz LED'ler ve SMD 2835 LED kullanılarak oluşturulan LED modül bağlantıları Görsel 5.104'te görülmektedir. Devreler 9 V DC gerilim ile çalışır. LED modülde kullanılacak ön direncin hesaplanmasında Tablo 5.18'de verilen akım ve gerilim değerleri dikkate alınacaktır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek kırmızı, beyaz ve SMD LED kullanılıp LED modül oluşturulacak, LED modüldeki akım ve gerilim değerleri ölçülecektir. Buna göre LED'lerin çalışma gerilimi-akımı bilgilerine göre R1, R2, R3 dirençleri hesaplayınız ve LED modül devresine bağlayınız. LED modülü çalıştırıp modülden geçen akımı ölçünüz. Dirençler SMD ya da karbon özellikli seçilebilir.



Görsel 5.104: Farklı LED modül bağlantı şemaları

Tablo 5.18: LED'lerin Çalışma Gerilimi ve Akım Değerleri

LED İsimleri	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
Kırmızı LED	2,0 V	15 mA
Beyaz LED	3,0 V	20 mA
SMD 2835	3,2 V	60 mA

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Güç kaynağı	0-24 V DC, ayarlı	1 adet
LED	Kırmızı, beyaz DIP kılıf- 5 mm	6 adet
SMD LED	2835-doğal beyaz renk	1 adet
Direnç (Karbon veya SMD)	1x100 Ω, 1x200 Ω, 1x300 Ω	3 adet
AVOmetre	Dijital	1 adet
Bağlantı kabloları	Zil teli	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Breadboard	Büyük boy-830 pin	1 adet
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. "Kırmızı LED" modülündeki R1 direncini hesaplayıp Tablo 5.19'da ilgili kısma not ediniz.
3. "Beyaz LED" modülündeki R2 direncini hesaplayıp Tablo 5.19'da ilgili kısma not ediniz.
4. "SMD 2835 LED" modülündeki R3 direncini hesaplayıp Tablo 5.19'da ilgili kısma not ediniz.
5. Görsel 5.104'te görülen "Kırmızı LED" modülü breadboarda ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde devreyi enerji vererek çalıştırınız.
6. LED modülden geçen akımı ampermetreyle ölçüp Tablo 5.19'daki ilgili kısma not ediniz.
7. "Beyaz LED" ve "SMD 2835 LED" modülü için 5 ve 6. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
8. Tablo 5.19'u öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
9. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.19: Direnç ve Akım Değerleri

LED İsimleri	Direnç Değeri (Ω)	Akım Değeri (mA)
R1		
R2		
R3		

SORULAR

1. **Beyaz LED modülünde, gerilimi 12 V'a çıkarıp LED'lere seri olarak bir adet 5 mm beyaz LED daha eklendiğinde direnç değeri nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.**
2. **SMD LED modülde SMD LED'e seri olarak bir adet 5 mm kırmızı LED eklenmesi zararlı mıdır? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** R1, R2 ve R3 dirençlerini hesapladı.	10	
Sınıfı		**2.** Kırmızı LED modülünü breadboarda kurdu.	10	
Numarası		**3.** Kırmızı LED modülünde akım ölçtü.	15	
İmza		**4.** Beyaz LED modülünü breadboarda kurdu.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Beyaz LED modülünde akım ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** SMD LED modülünü breadboarda kurdu.	10	
Tarih		**7.** SMD LED modülünde akım ölçtü.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.2. UYGULAMA SMD VE POWER LEDLERDE AKIM, GERİLİM VE GÜÇ ÖLÇÜMLERİ

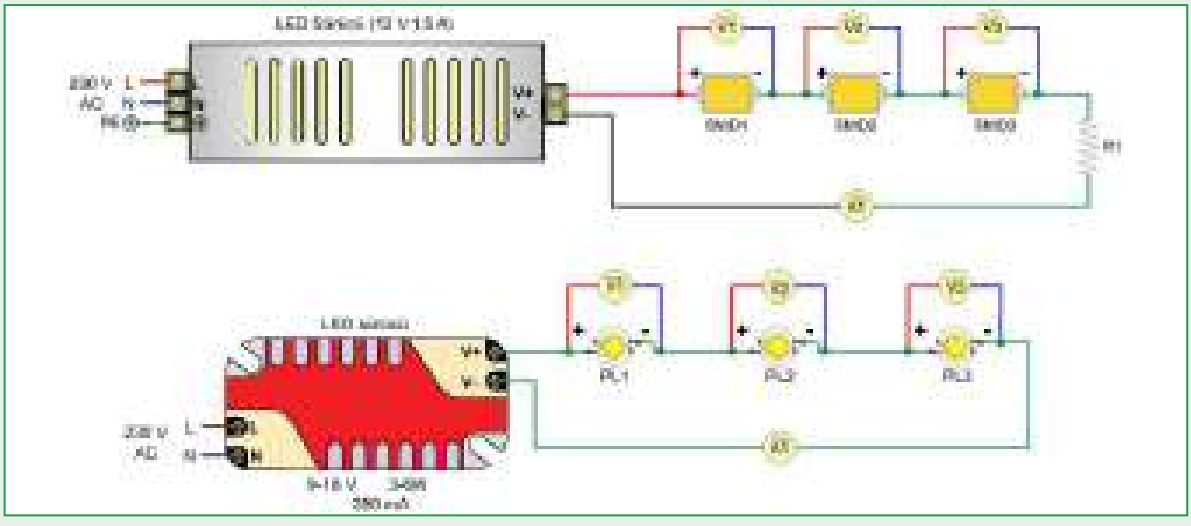
AMAÇ

Süre: 40 dk.

Orta ve yüksek güçlü SMD ve power LED'lerde akım, gerilim ve güç ölçümleri yapmak.

GÖREV

Görsel 5.105'te 3014 SMD LED ve 1 W power LED'ler ile oluşturulmuş LED modül bağlantıları görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 3014 SMD LED ve 1 W power LED kullanılıp LED modül oluşturulacak; LED modüldeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. LED modülde kullanılacak ön direncin hesaplanmasında Tablo 5.20'de verilen akım ve gerilim değerleri dikkate alınacaktır.



Görsel 5.105: SMD ve power LED bağlantı şeması

Tablo 5.20: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değerleri

LED İsimleri	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
SMD 2835	3,3 V	30 mA
1 W power LED	3-3,4 V	350 mA

NOT

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	12 V 1 A, 9-18 V 350 mA	2 adet
SMD LED	3014-doğal beyaz renk	3 adet
Power LED	1 W-doğal beyaz renk	3 adet
Direnç (Karbon veya SMD)	1x100 Ω, 1x200 Ω, 1x300 Ω	3 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	-
Bağlantı kabloları	Zil teli	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Breadboard	Büyük boy-830 pin	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. SMD LED'lerin bulunduğu devre için R1 direncini hesaplayınız.
3. Görsel 5.105'te verilen SMD LED'lerle oluşturulan devreyi breadboard ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
4. SMD LED devresinin akımını ölçüp Tablo 5.21'deki ilgili kısma not ediniz.
5. SMD LED devresinde bulunan LED'lerin gerilimini ve direnç üzerine düşen gerilimi sırasıyla ölçüp Tablo 5.21'de ilgili kısma not ediniz.
6. SMD LED üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.21'deki ilgili kısma not ediniz.
7. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
8. Görsel 5.105'te verilen, power LED'lerle oluşturulan devreyi breadboard ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
9. Power LED devresinin akımını ölçüp Tablo 5.21'deki ilgili kısma not ediniz.
10. Power LED devresinde bulunan LED'lerin gerilimini ve direnç üzerine düşen gerilimi sırasıyla ölçüp Tablo 5.21'deki ilgili kısma not ediniz.
11. Power LED üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.21'deki ilgili kısma not ediniz.
12. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
13. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.

Tablo 5.21: Devrede Ölçülen Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
SMD1			
SMD2			
SMD3			
R1 direnci			
PL1			
PL2			
PL3			

SORULAR

1. **SMD LED devresinde üç yerine iki adet SMD LED kullanılmış olsaydı gerilim, akım ve güçte nasıl bir değişim olurdu? Kısaca açıklayınız.**
2. **Power LED'ler ile kurulan devreye 3 adet daha 1 W power LED seri şekilde eklenirse gerilim, akım ve güçte nasıl bir değişim olur? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** SMD LED modülünün montajını yaptı.	15	
İmza		**4.** SMD LED'lere ait değerleri tabloya yazdı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Sabit akımlı LED sürücü montajını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Power LED modülünün montajını yaptı.	10	
Tarih		**7.** Power LED'lere ait değerleri tabloya yazdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.3. UYGULAMA RGB LED İLE FARKLI RENKLERİN OLUŞTURULMASI

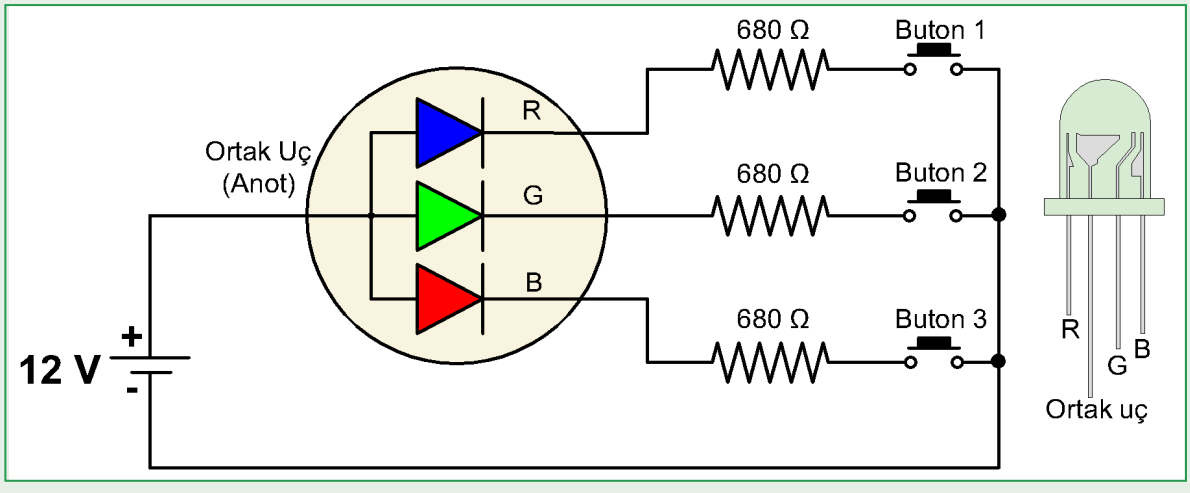
Süre: 40 dk.

AMAÇ

RGB LED ile çeşitli renkler elde etmek.

GÖREV

Görsel 5.106'da RGB LED ile oluşturulmuş devre bağlantı şeması görülmektedir. RGB LED'ler üç farklı LED çipinden oluşmuş LED'lerdir. Kırmızı, mavi ve yeşil renkteki bu LED'ler ile farklı renkler elde etmek mümkündür. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek RGB LED'lerle farklı renkler oluşturulacaktır. RGB LED'e direnç ve butonlar bağlayarak devreyi kurunuz ve işlem basamakları doğrultusunda renkler oluşturunuz.



Görsel 5.106: RGB LED bağlantı şeması

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Güç kaynağı	0-24 V DC, ayarlı	1 adet
RGB LED	Ortak anot, 5 mm	1 adet
Direnç	680 Ω	3 adet
Push buton	4 pinli	3 adet
Bağlantı kabloları	Zil teli	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Breadboard	Büyük boy-830 pin	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 5.106'da görülen devreyi breadboard ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
3. 1. butona basarak yanan rengi Tablo 5.22'de ilgili kısma not ediniz.
4. 2. butona basarak yanan rengi Tablo 5.22'de ilgili kısma not ediniz.
5. 3. butona basarak yanan rengi Tablo 5.22'de ilgili kısma not ediniz.
6. 1. ve 2. butona birlikte basarak yanan rengi Tablo 5.22'de ilgili kısma not ediniz.
7. 1. ve 3. butona birlikte basarak yanan rengi Tablo 5.22'de ilgili kısma not ediniz.
8. 2. ve 3. butona birlikte basarak yanan rengi Tablo 5.22'de ilgili kısma not ediniz.
9. 1, 2 ve 3. butona birlikte basarak yanan rengi Tablo 5.22'de ilgili kısma not ediniz.
10. Renk sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
11. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.22: RGB LED'de Oluşan Renkler Buton kombinasyonları Renk

Buton kombinasyonları	Renk
1. buton	
2. buton	
3. buton	
1. buton + 2. buton	
1. buton + 3. buton	
2. buton + 3. buton	
1. buton + 2. buton + 3. buton	

SORULAR

1. **SMD LED devresinde üç yerine iki adet SMD LED kullanılmış olsaydı gerilim, akım ve güçte nasıl bir değişim olurdu? Kısaca açıklayınız.**
2. **Power LED'ler ile kurulan devreye 3 adet daha 1 W power LED seri şekilde eklenirse gerilim, akım ve güçte nasıl bir değişim olur? Kısaca açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** RGB LED'in uçlarını doğru şekilde belirledi.	**5**	
Numarası		**3.** Devreyi doğru şekilde breadboarda kurdu.	**15**	
İmza		**4.** Tek butonlu kombinasyonlar ile LED renklerini gözledi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** İki butonlu kombinasyonlar ile LED renklerini gözledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Üç butonlu kombinasyonlar ile LED renklerini gözledi.	**15**	
Tarih		**7.** Bütün ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	**20**	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

5.4. UYGULAMA COB (CHIP ON-BOARD) LED UYGULAMASI

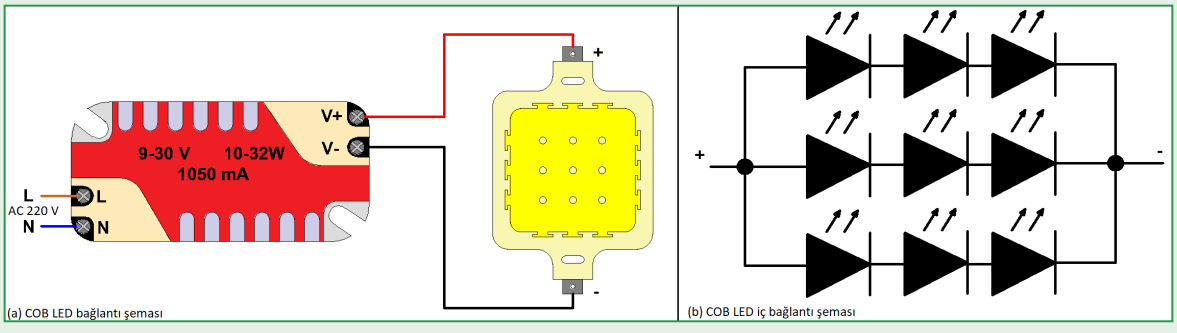
Süre: 40 dk.

AMAÇ

COB LED'i sabit akımlı güç kaynağı ile çalıştırmak.

GÖREV

COB LED güç kaynağı bağlantısı Görsel 5.107'de görülmektedir. COB LED 9 adet 1 W değerinde power LED'in seri-paralel bağlanmasıyla elde edilmiştir. COB LED'in çalıştırılırken soğutucuya bağlanması gerekir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit akımlı güç kaynağı ile COB LED, 5 saniye süreyle çalıştırılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalıştırarak ölçümleri yapınız.



Görsel 5.107: 9 W COB LED bağlantı şeması ve COB LED iç bağlantı şekli

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Güç kaynağı	9-30 V, 1050 mA sabit akımlı	1 adet
COB LED	9 W, 9-11 V, 1050 mA, doğal beyaz renk	1 adet
Bağlantı kabloları	1,5 mm² bakır kablo	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 5.107'de COB LED'lerin bulunduğu devreyi eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek 5 saniye boyunca çalıştırınız.
3. COB LED çalışmasını öğretmeninize gösteriniz.
4. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

SORULAR

1. **COB LED'in diğer LED'lere göre avantajları neler olabilir? Açıklayınız.**
2. **COB LED'in RGB LED'e göre farkını açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** COB LED'lerin sağlamlığını kontrol etti.	10	
Numarası		**3.** Sabit akımlı LED sürücü montajını yaptı.	15	
İmza		**4.** COB LED modül montajını kablolarına uygun yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Sürücü ile modül arasındaki bağlantıyı yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Devreyi 5 saniye boyunca enerji vererek çalıştırdı.	15	
Tarih		**7.** Çalışma sonucunu gözlemleyerek yorumladı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.5. UYGULAMA — SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE İKİ LED'Lİ MODÜL OLUŞTURMA

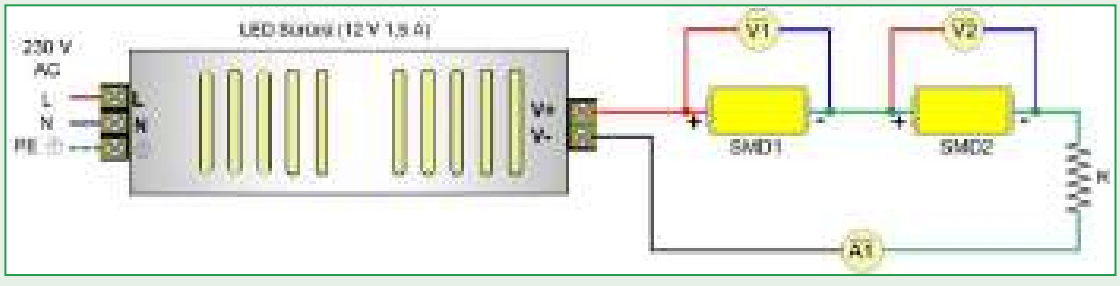
Süre: 40 dk.

AMAÇ

12 V sabit gerilimli LED sürücüyle iki LED kullanarak LED modül oluşturmak.

GÖREV

LED modül bağlantıları Görsel 5.108'de görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit gerilimli LED sürücü ve iki adet 5630 SMD LED kullanılıp LED modül oluşturulacak; LED modüldeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. LED modülde kullanılacak ön direncin hesaplanmasında Tablo 5.23'te verilen akım ve gerilim değerleri dikkate alınacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.108: İki LED'den oluşan modül ve LED sürücü bağlantısı

Tablo 5.23: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değeri

LED İsimleri	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
SMD 5630	3,2 V	170 mA

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	12 V, 1 A	1 adet
SMD LED	5630-doğal beyaz renk	2 adet
Direnç (Karbon veya SMD)	3x1 W; 1x100 Ω, 1x200 Ω, 1x300 Ω	3 adet
AVOmetre	Dijital	-
Bağlantı kabloları	Zil teli	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Breadboard	Büyük boy-830 pin	1 adet
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. LED modülün R direncini hesaplayınız.

3. Görsel 5.108'de görülen LED modül devresini breadboard ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
4. LED modülden geçen akımını ölçerek Tablo 5.24'te ilgili kısma not ediniz.
5. LED modülde bulunan LED'lerdeki ve direnç üzerine düşen gerilimi ölçerek Tablo 5.24'te ilgili kısma not ediniz.
6. SMD1, SMD2 ve R direnci üzerinde harcanan gücü hesaplayınız ve Tablo 5.24'te ilgili kısma not ediniz.
7. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
8. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.24: Devredeki Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
SMD1			
SMD2			
R direnci			

SORULAR

1. **LED modülde iki yerine bir adet SMD LED kullanılırsa gerilim, akım ve güçte nasıl bir değişim olur? Kısaca açıklayınız.**
2. **SMD LED'ler birbirine seri yerine paralel bağlanabilir mi? Kısaca açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Devreye bağlanacak R direncini hesapladı.	15	
İmza		**4.** SMD LED modülünün montajını yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Devredeki gerilim değerlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Devredeki akım değerini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Tabloda yazan güç değerlerini hesapladı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.6. UYGULAMA SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE ÜÇ LED'Lİ MODÜL OLUŞTURMA

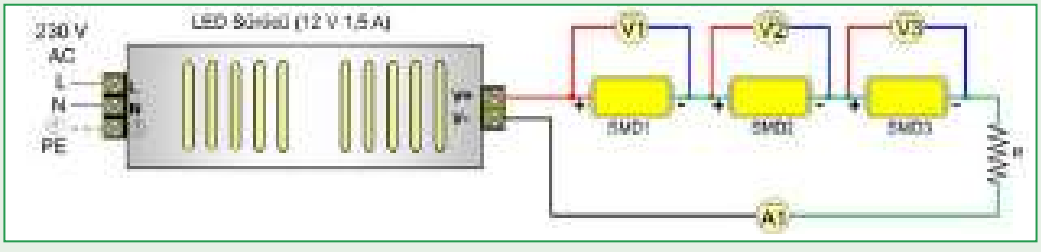
Süre: 40 dk.

AMAÇ

12 V sabit gerilimli LED sürücüyle üç LED kullanarak LED modül oluşturmak.

GÖREV

LED modül bağlantıları Görsel 5.109'da görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit gerilimli LED sürücü ve üç adet 5630 SMD LED kullanılıp LED modül oluşturulacak; LED modüldeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. LED modülde kullanılacak ön direncin hesaplanmasında Tablo 5.25'te verilen akım ve gerilim değerleri dikkate alınacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.109: Üç LED'den oluşan modül ve LED sürücü bağlantısı

Tablo 5.25: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değeri

LED İsimleri	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
SMD 5630	3,2 V	170 mA

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	12 V, 1 A	1 adet
SMD LED	5630-doğal beyaz renk	2 adet
Direnç (Karbon veya SMD)	3x1 W; 1x100 Ω, 1x200 Ω, 1x300 Ω	3 adet
AVOmetre	Dijital	-
Bağlantı kabloları	Zil teli	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Breadboard	Büyük boy-830 pin	1 adet
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. LED modülün R direncini hesaplayınız.

3. Görsel 5.109'da görülen LED modül devresini breadboard ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
4. LED modülden geçen akımını ölçerek Tablo 5.26'da ilgili kısma not ediniz.
5. LED modülde bulunan LED'lerdeki ve direnç üzerine düşen gerilimi ölçerek Tablo 5.26da ilgili kısma not ediniz.
6. SMD1, SMD2, SMD3 ve R direnci üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.26'da ilgili kısma not ediniz.
7. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
8. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.26: Devredeki Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
SMD1			
SMD2			
SMD3			
R direnci			

SORULAR

1. **Devrede üçten fazla SMD LED kullanılabilir mi? Nedeni ile birlikte kısaca açıklayınız.**
2. **5630 SMD yerine 3528 SMD LED bağlanırsa akım, gerilim ve güç değerlerinde nasıl bir farklılık olur? Kısaca açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Devreye bağlanacak R direncini hesapladı.	15	
İmza		**4.** SMD LED modülünün montajını yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Devredeki gerilim değerlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Devredeki akım değerini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Tabloda yazan güç değerlerini hesapladı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.7. UYGULAMA SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE ALTI LED'Lİ MODÜL OLUŞTURMA

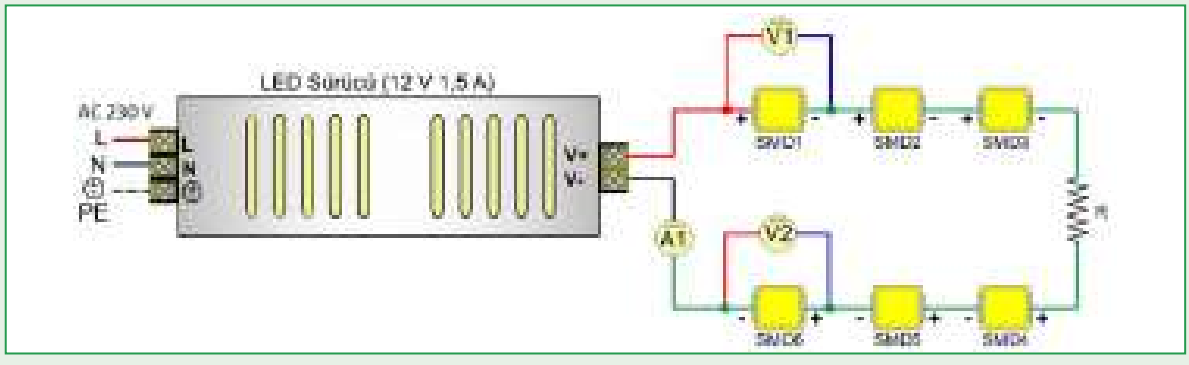
Süre: 40 dk.

AMAÇ

24 V sabit gerilimli LED sürücüyle altı LED kullanarak LED modül oluşturmak.

GÖREV

LED modül bağlantıları Görsel 5.110'da görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit gerilimli LED sürücü ve altı adet 2835 SMD LED kullanılıp LED modül oluşturulacak; LED modüldeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. LED modülde kullanılacak ön direncin hesaplanmasında Tablo 5.27'de verilen akım ve gerilim değerleri dikkate alınacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.110: Altı LED'den oluşan modül ve LED sürücü bağlantısı

Tablo 5.27: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değeri

LED İsimleri	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
SMD 2835	3,2 V	60 mA

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	24 V, 1 A	1 adet
SMD LED	2835-doğal beyaz renk	6 adet
Direnç (Karbon veya SMD)	4x1/2 W; 1x100 Ω, 1x200 Ω, 1x300 Ω, 1x470 Ω	4 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	-
Bağlantı kabloları	Zil teli	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Breadboard	Büyük boy-830 pin	1 adet
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. LED modülün R direncini hesaplayınız.
3. Görsel 5.110'da görülen LED modül devresini breadboard ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
4. LED modülden geçen akımını ölçerek Tablo 5.28'de ilgili kısma not ediniz.
5. LED modülde bulunan SMD1, SMD6 LED'lerde ve direnç üzerine düşen gerilimi ölçerek Tablo 5.28'de ilgili kısma not ediniz.
6. SMD1, SMD6 ve R direnci üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.28'de ilgili kısma not ediniz.
7. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
8. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.28: Devredeki Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
SMD1			
SMD6			
R direnci			

SORULAR

1. **Devrede 1/4 W yerine 1/2 W direnç kullanılmasının sebebi nedir? Kısaca açıklayınız.**
2. **Devrede 6 yerine 5 adet LED kullanılırsa kullanılan direncin gücü değiştirilmeli midir? Nedenini kısaca açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Devreye bağlanacak R direncini hesapladı.	15	
İmza		**4.** SMD LED modülünün montajını yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Devredeki gerilim değerlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Devredeki akım değerini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Tabloda yazan güç değerlerini hesapladı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.8. UYGULAMA — SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE YEDİ LED'Lİ MODÜL OLUŞTURMA

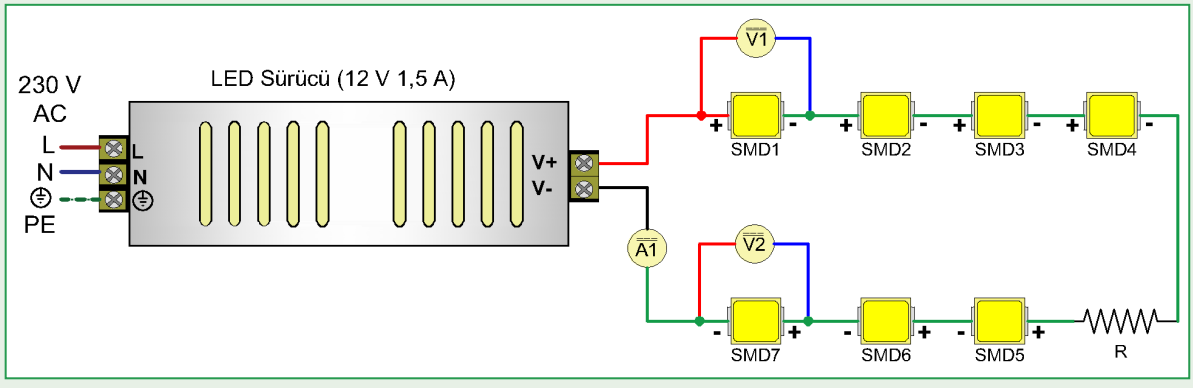
Süre: 40 dk.

AMAÇ

24 V sabit gerilimli LED sürücüyle yedi LED kullanarak LED modül oluşturmak.

GÖREV

LED modül bağlantıları Görsel 5.111'de görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit gerilimli LED sürücü ve 7 adet 2835 SMD LED kullanılıp LED modül oluşturulacak; LED modüldeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. LED modülde kullanılacak ön direncin hesaplanmasında Tablo 5.29'da verilen akım ve gerilim değerleri dikkate alınacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.111: Yedi LED'den oluşan modül ve LED sürücü bağlantısı

Tablo 5.29: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değeri

LED İsimleri	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
SMD 2835	3,2 V	60 mA

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	24 V, 1 A	1 adet
SMD LED	2835-doğal beyaz renk	7 adet
Direnç (Karbon veya SMD)	4x1/2 W; 1x100 Ω, 1x200 Ω, 1x300 Ω, 1x470 Ω	4 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	-
Bağlantı kabloları	Zil teli	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Breadboard	Büyük boy-830 pin	1 adet
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. LED modülün R direncini hesaplayınız.
3. Görsel 5.111'de görülen LED modül devresini breadboard ya da eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
4. LED modülden geçen akımını ölçerek Tablo 5.30'da ilgili kısma not ediniz.
5. LED modülde bulunan SMD1, SMD7 LED'lerdeki ve direnç üzerine düşen gerilimi ölçerek Tablo 5.30'da ilgili kısma not ediniz.
6. SMD1, SMD7 ve R direnci üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.30'da ilgili kısma not ediniz.
7. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
8. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.30: Devredeki Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
SMD1			
SMD7			
R Direnci			

SORULAR

1. **24 V gerilimle çalıştırılan LED modülde 12 V kullanılması durumunda direnç parametrelerinde ne gibi bir değişiklik olur? Kısaca açıklayınız.**
2. **Devrede 2835 SMD yerine 5630 SMD kullanılırsa devre akımı ve direnç değeri nasıl değişir? Kısaca açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Devreye bağlanacak R direncini hesapladı.	15	
İmza		**4.** SMD LED modülünün montajını yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Devredeki gerilim değerlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Devredeki akım değerini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Tabloda yazan güç değerlerini hesapladı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.9. UYGULAMA 350 mA SABİT AKIMLI LED SÜRÜCÜYLE MODÜL OLUŞTURMA

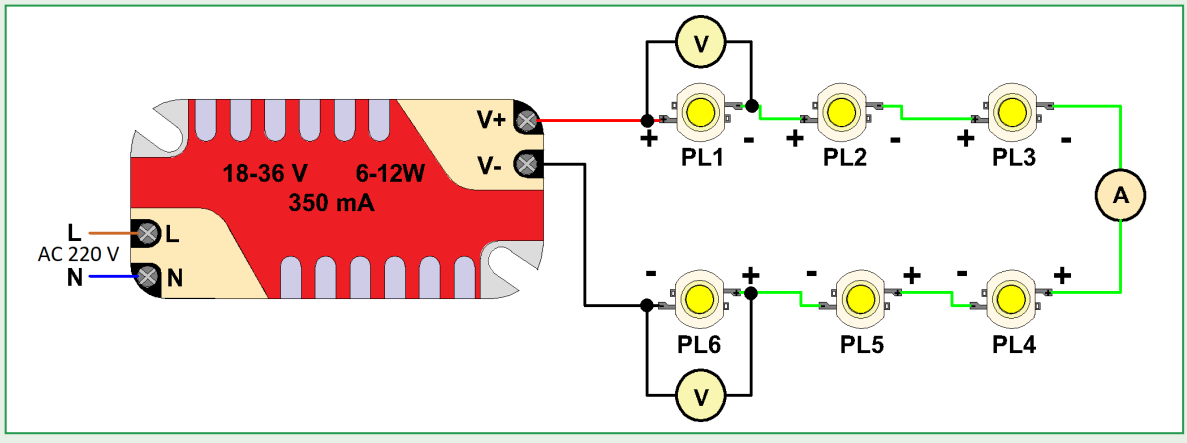
AMAÇ

Süre: 40 dk.

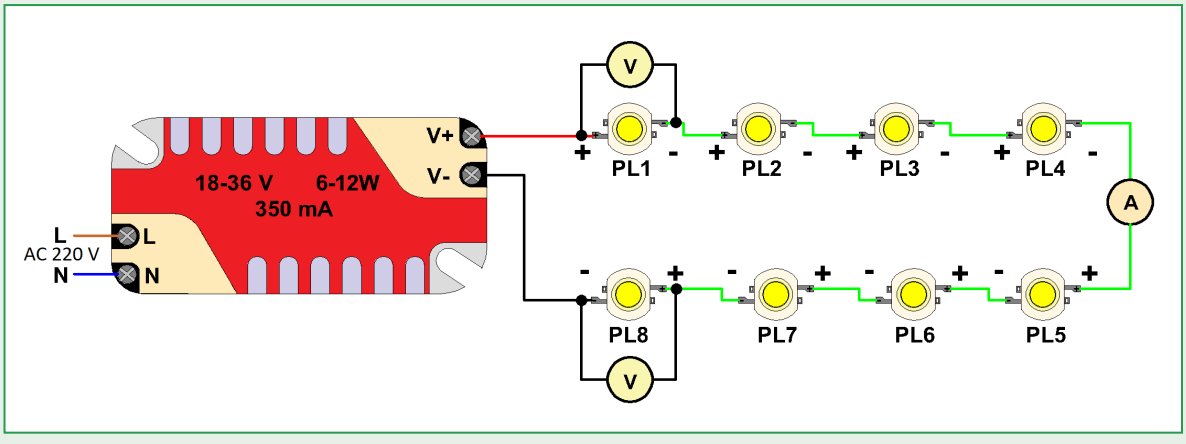
350 mA sabit akımlı LED sürücüyle 18 V ve 24 V DC gerilimde çalışan LED modüller oluşturmak.

GÖREV

Görsel 5.112'de 6 adet 1 W power LED modülü, Görsel 5.113'te 8 adet 1 W power LED modülü ve sürücü bağlantıları, Tablo 5.31'de power LED'in çalışma gerilimi ve akım bilgisi verilmiştir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit akımlı LED sürücü ve power LED'ler kullanılıp LED modüller oluşturulacak; LED modüllerdeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. LED modüllerden geçen akım ile PL1, PL6 ve PL8 LED'leri üzerindeki gerilimler ölçülecek ve LED modülde harcanan güç hesaplanacaktır. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve devreleri çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.112: LED sürücü ve 6x1 W power LED bağlantı şeması



Görsel 5.113: LED sürücü ve 8x1 W power LED bağlantı şeması

Tablo 5.31: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değeri

LED İsmi	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
1 W power LED	3-3,4 V	350 mA

NOT

Power LED bağlantısına geçilmeden önce soğutucuların power LED'e termal macun kullanarak monte edilmesi gerekmektedir.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	350 mA sabit akımlı, 18-36 V	1 adet
Power LED	1 W, 350 mA	8 adet
Power LED soğutucu	Alüminyum, 1-3-5 W için	8 adet
AVOmetre	Dijital	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 5.112'de görülen LED modül devresini eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
3. LED modül devresinin akımını ölçerek Tablo 5.32'de ilgili kısma not ediniz.
4. LED modül devresindeki PL1 ve PL6 LED'lerinin gerilimini ölçerek Tablo 5.32'ye not ediniz.
5. PL1 ve PL6 üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.32'de ilgili kısma not ediniz.
6. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
7. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
8. Görsel 5.113'te görülen LED modül devresini eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
9. LED modül devresinin akımını ölçerek Tablo 5.31'de ilgili kısma not ediniz.
10. LED modül devresindeki PL1 ve PL8 LED'lerinin gerilimini ölçerek Tablo 5.32'ye not ediniz.
11. PL1 ve PL8 üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.32'de ilgili kısma not ediniz.
12. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
13. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.32: Power LED Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
PL1 (1. modül için)			
PL6 (1. modül için)			
PL1 (2. modül için)			
PL8 (2. modül için)			

SORULAR

1. **LED modülde 6 yerine 5 adet power LED kullanılması hâlinde akım, gerilim ve güç değerlerinde nasıl bir değişiklik olur? Kısaca açıklayınız.**
2. **LED modülde sabit akımlı LED sürücüye kaç adet power LED bağlanabilir? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** 6x1 W power LED devresinin montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** 6x1 W power LED devresinde akım değerlerini ölçtü.	10	
İmza		**4.** 6x1 W power LED devresinde gerilim değerlerini ölçtü.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** 8x1 W power LED devresinin montajını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** 8x1 W power LED devresinde akım değerlerini ölçtü.	10	
Tarih		**7.** 8x1 W power LED devresinde gerilim değerlerini ölçtü.	10	
Saat		**8.** Tabloda yazan güç değerlerini hesapladı.	20	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.10. UYGULAMA 700 mA SABİT AKIMLI LED SÜRÜCÜYLE MODÜL OLUŞTURMA

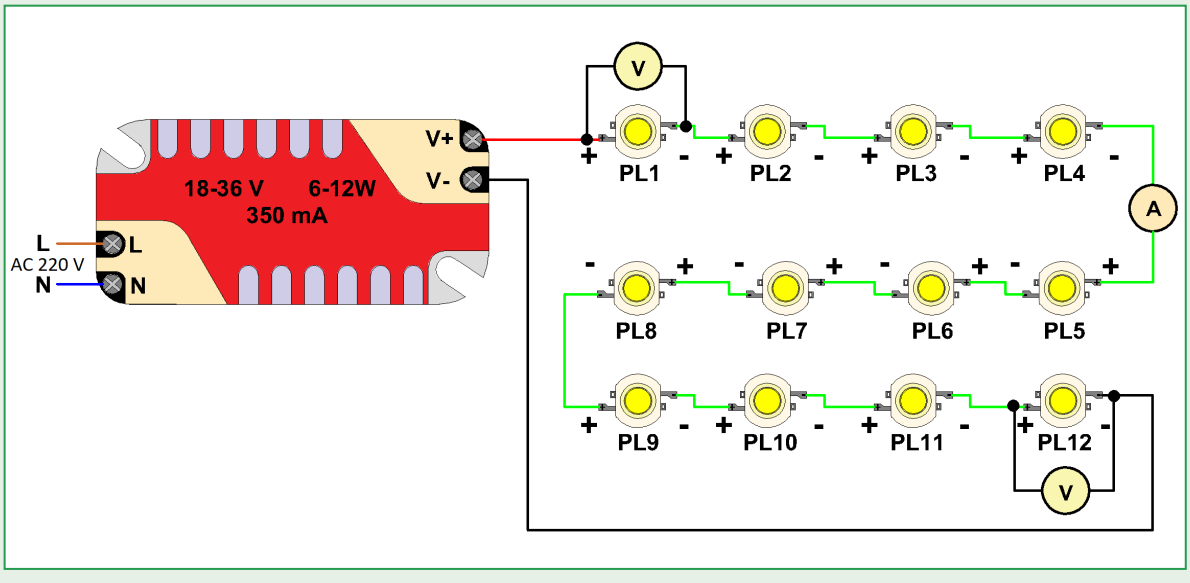
Süre: 40 dk.

AMAÇ

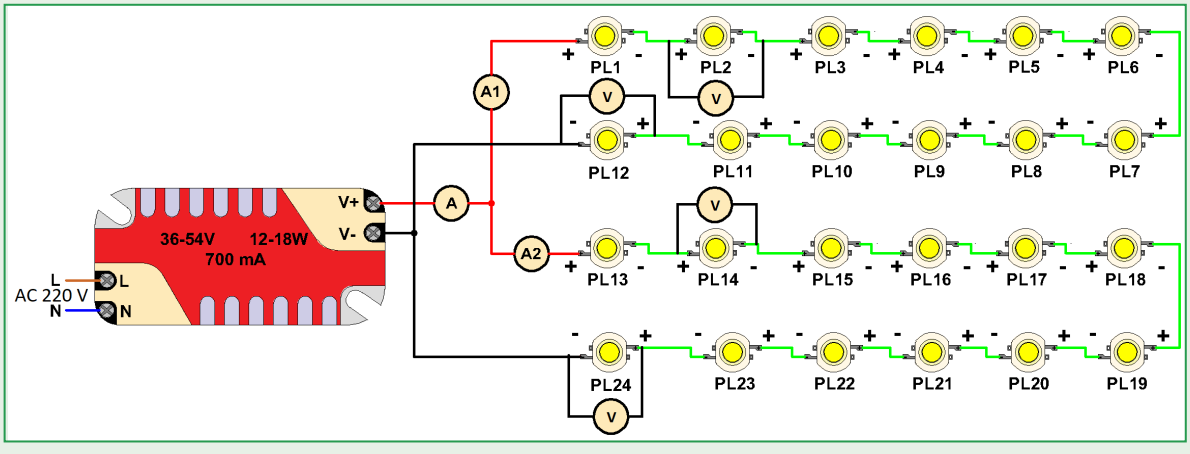
700 mA sabit akımlı LED sürücüyle 36 V DC gerilimde çalışan LED modüller oluşturmak.

GÖREV

Görsel 5.114'te 12 adet 3 W power LED kullanılarak yapılan LED modülü, Görsel 5.115'te 24 adet 1 W power LED kullanılarak yapılan LED modülü ve sürücü bağlantıları, Tablo 5.33'te power LED akım ve gerilim değerleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit akımlı LED sürücü ve power LED'ler kullanılıp LED modüller oluşturulacak; LED modüllerdeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve devreleri çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.114: LED sürücü ve 12x3 W power LED bağlantı şeması



Görsel 5.115: LED sürücü ve 24x1 W power LED bağlantı şeması

Tablo 5.33: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değerleri

LED İsmi	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
1 W power LED	3,0-3,4 V	350 mA
3 W power LED	3,2-4,0 V	700 mA

NOT

Power LED bağlantısına geçilmeden önce soğutucuların power LED'e termal macun kullanılarak monte edilmesi gerekmektedir.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	700 mA sabit akımlı, 36-54 V	1 adet
Power LED	1 W, 350 mA	12 adet
Power LED	3 W, 700 mA	24 adet
Power LED soğutucu	Alüminyum, 1-3-5 W için	36 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 5.114'te görülen LED modül devresini eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
3. LED modül devresinden geçen akımını ölçerek Tablo 5.34'te ilgili kısma not ediniz.
4. LED modül devresindeki PL1 ve PL12 LED'lerinin gerilimini ölçerek Tablo 5.34'te ilgili kısma not ediniz.
5. PL1 ve PL12 üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.34'te ilgili kısma not ediniz.
6. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
7. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
8. Görsel 5.115'te görülen LED modül devresini eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
9. LED modül devresinden geçen akımını ölçerek Tablo 5.34'te ilgili kısma not ediniz.
10. LED modül devresindeki PL1, PL12, PL13 ve PL24 LED'lerinin gerilimini ölçerek Tablo 5.34'e not ediniz.
11. PL1, PL12, PL13 ve PL24 üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.34'te ilgili kısma not ediniz.
12. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.34: Power LED Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
PL1 (1. modül için)	(A akımı)		
PL12 (1. modül için)			
PL1 (2. modül için)	(A1 akımı)		
PL12 (2. modül için)			
PL13 (2. modül için)	(A2 akımı)		
PL24 (2. modül için)			

SORULAR

1. **LED modülde power LED'ler seri yerine paralel bağlanabilir mi? Kısaca açıklayınız.**
2. **LED modülde sabit akımlı LED sürücüye 1 ve 3 W power LED'lerden kaç adet bağlanabilir? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** 12x3 W power LED devresinin montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** 12x3 W power LED devresinde akım değerlerini ölçtü.	10	
İmza		**4.** 12x3 W power LED devresinde gerilim değerlerini ölçtü.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** 24x1 W power LED devresinin montajını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** 24x1 W power LED devresinde akım değerlerini ölçtü.	10	
Tarih		**7.** 24x1 W power LED devresinde gerilim değerlerini ölçtü.	10	
Saat		**8.** Tabloda yazan güç değerlerini hesapladı.	20	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.11. UYGULAMA 1050 mA SABİT AKIMLI LED SÜRÜCÜYLE MODÜL OLUŞTURMA

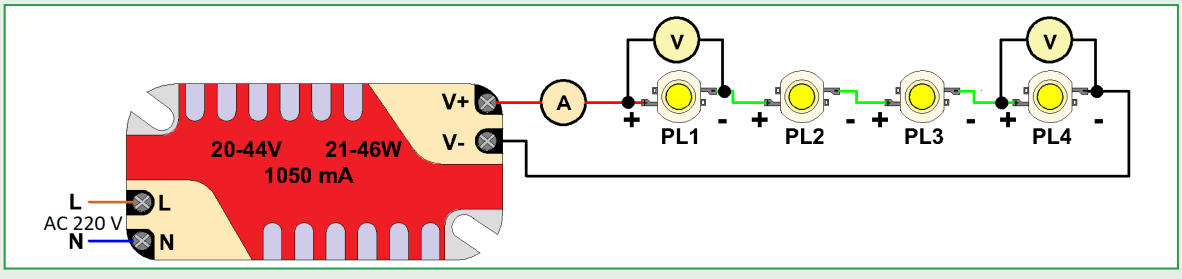
AMAÇ

Süre: 40 dk.

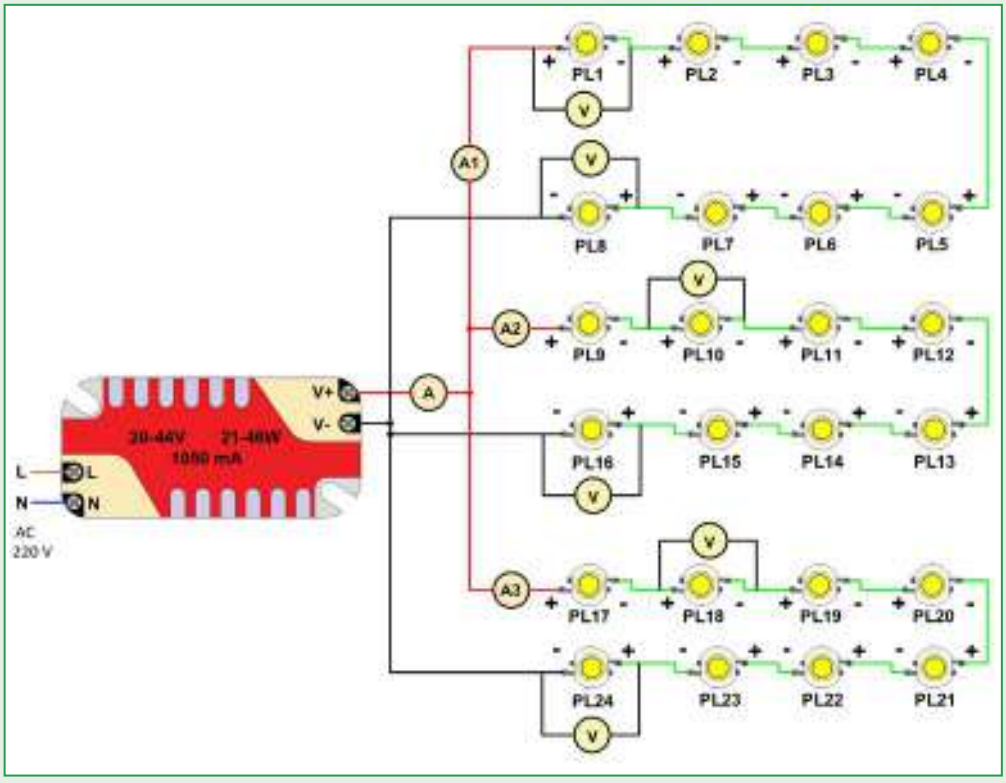
1050 mA sabit akımlı LED sürücüyle 24 V DC gerilimde çalışan LED modüller oluşturmak.

GÖREV

Görsel 5.116'da 4 adet 5 W power LED kullanılarak yapılan LED modülü, Görsel 5.117'de 24 adet 1 W power LED kullanılarak yapılan LED modülü ve sürücü bağlantıları, Tablo 5.35'te power LED akım ve gerilim değerleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek sabit akımlı LED sürücü ve power LED'ler kullanılıp LED modüller oluşturulacak; LED modüllerdeki akım, gerilim ve güç değerleri ölçülecektir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve devreleri çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.116: LED sürücü ve 4x5 W power LED bağlantı şeması



Görsel 5.117: LED sürücü ve 24x1 W power LED bağlantı şeması

Tablo 5.35: LED Çalışma Gerilimi ve Akım Değerleri

LED İsmi	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı
1 W power LED	3,0-3,4 V	350 mA
5 W power LED	6,0-7,0 V	700 mA

NOT

Power LED bağlantısına geçilmeden önce soğutucuların power LED'e termal macun kullanarak monte edilmesi gerekmektedir.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü	1050 mA sabit akımlı, 20-44 V	1 adet
Power LED	1 W, 350 mA	24 adet
Power LED	5 W, 1050 mA	4 adet
Power LED soğutucu	Alüminyum, 1-3-5 W için	28 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 5.116'da görülen LED modül devresini eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
3. LED modül devresinden geçen akımı ölçerek Tablo 5.36'da ilgili kısma not ediniz.
4. LED modül devresindeki PL1 ve PL4 LED'lerinin gerilimini ölçerek Tablo 5.36'da ilgili kısma not ediniz.
5. PL1 ve PL4 üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.36'da ilgili kısma not ediniz.
6. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
7. Görsel 5.117'de görülen LED modül devresini eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
8. LED modül devrelerinden geçen akımı ölçerek Tablo 5.36'da ilgili kısma not ediniz.
9. LED modül devresindeki PL1, PL8, PL9, PL16, PL17 ve PL24 LED'lerinin gerilimini ölçerek Tablo 5.36'ya not ediniz.
10. PL1, PL8, PL9, PL16, PL17 ve PL24 üzerinde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 5.36'da ilgili kısma not ediniz.
11. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
12. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.36: Power LED'lerin Akım, Gerilim ve Güç Değerleri

Malzeme İsimleri	Akım	Gerilim	Güç
PL1 (1. modül için)	(A akımı)		
PL12 (1. modül için)			
PL1 (2. modül için)	(A1 akımı)		
PL8 (2. modül için)			
PL9 (2. modül için)	(A2 akımı)		
PL16 (2. modül için)			
PL17 (2. modül için)	(A3 akımı)		
PL24 (2. modül için)			

SORULAR

1. **LED modülde 3 W power LED'ler kullanılabilir mi? Kısaca açıklayınız.**
2. **LED modülde sabit akımlı LED sürücüye 1 ve 5 W power LED'lerden kaç adet bağlanabilir? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** 4x5 W power LED devresinin montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** 4x5 W power LED devresinde akım değerlerini ölçtü.	10	
İmza		**4.** 4x5 W power LED devresinde gerilim değerlerini ölçtü.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** 24x1 W power LED devresinin montajını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** 24x1 W power LED devresinde akım değerlerini ölçtü.	10	
Tarih		**7.** 24x1 W power LED devresinde gerilim değerlerini ölçtü.	10	
Saat		**8.** Tabloda yazan güç değerlerini hesapladı.	20	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.12. UYGULAMA LED LAMBALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

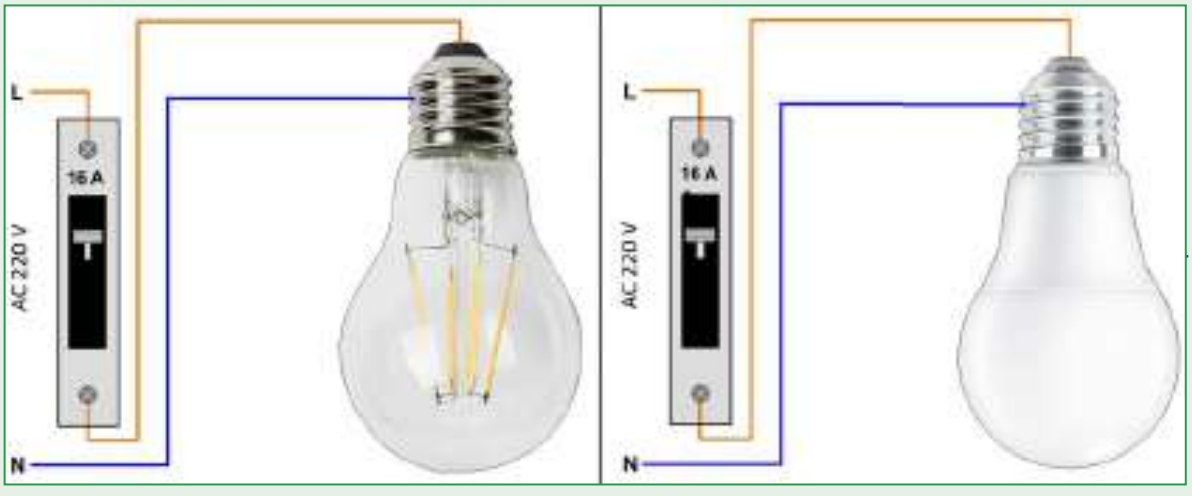
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Aynı güce sahip LED filament lamba ile LED lambanın ışık şiddetlerini ve akılarını ölçerek verimlerini karşılaştırmak.

GÖREV

Görsel 5.118'de LED filament lamba ve LED lamba bağlantı şemaları yer almaktadır. LED filament lambalar LED lambalarla aynı LED teknolojisine sahip olsalar da farklı teknikler ile üretilmişlerdir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek aynı güce sahip LED filament ve LED lambanın aydınlatma şiddetleri ile ışık akıları ölçülecek ve ölçüm sonuçlarına göre verim oranları karşılaştırılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.118: LED filament lamba ve LED lamba bağlantı şeması

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED filament lamba	10 W, E27 duy tipi	1 adet
LED lamba	10 W, E27 duy tipi	1 adet
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Lüksmetre	Dijital	1 adet
Pozometre	Dijital	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Her lambanın verimini katalog içeresinden bulunuz ve Tablo 5.37'deki ilgili alana yazınız.
3. Görsel 5.118'de bulunan LED filament lambanın bulunduğu devreyi eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
4. LED filament lambanın lüksmetre ile aydınlatma şiddetini, pozometre ile ışık akısını ölçerek Tablo 5.37'deki ilgili kısımlara not ediniz.
5. Devrenin enerjisini kesiniz ve malzemeleri sökünüz.
6. Görsel 5.118'de LED lambanın bulunduğu devreyi eğitim setine kurunuz ve öğretmen kontrolünde enerji vererek çalıştırınız.
7. LED lambanın lüksmetre ile ışık şiddetini, pozometre ile ışık akısını ölçerek Tablo 5.37'deki ilgili kısımlara not ediniz.
8. Devrenin enerjisini kesiniz ve malzemeleri sökünüz.
9. Ölçüm sonuçlarını öğretmeninize göstererek değerlendiriniz.
10. Ölçülen ışık akısı ve güç değerlerinden yola çıkarak lambaların her birinin verimini hesaplayınız ve sonuçları Tablo 5.37'deki ilgili kısımlara not ediniz.
11. Hesaplanan verim değeri ile ölçülerek bulunan verim değerlerini karşılaştırınız. Bu değerlere göre iki lambayı karşılaştırarak sonuçları yorumlayınız.
12. Çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.37: Lambaların Ölçümleri ve Verim Değerleri

LED İsimleri	Verimi (Etiket) (Lm/W)	Aydınlatma Şiddeti (Lüx)	Işık Akıları (Lm)	Verimi (Hesap) (Lm/W)
LED filament lamba				
LED lamba				

SORULAR

1. **Devre, 4x5 W LED filament lamba ve 2x10 W LED lamba ile kurulup çalıştırılsaydı elde edilen sonuçlar nasıl değişkenlik gösterirdi?**
2. **LED lamba ve LED filament lamba içerisinde LED sürücü var mıdır? Kısaca açıklayınız.**
3. **LED lamba ve LED filament lambanın aydınlatma şiddetlerinin farkı olmasının sebebi nedir? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** LED filament lambanın bağlantısını doğru yaptı.	10	
Numarası		**3.** LED filament lambada gerekli ölçümleri yaptı.	15	
İmza		**4.** LED filament lambanın verimini hesapladı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** LED lambanın bağlantısını doğru yaptı.	10	
Adı-Soyadı		**6.** LED lambada gerekli ölçümleri yaptı.	15	
Tarih		**7.** LED lambanın verimini hesapladı.	15	
Saat		**8.** Lamba verimi ile ölçülen verim değerlerini karşılaştırdı.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.13. UYGULAMA AYDINLATMA MODÜLÜNÜN SOĞUTUCUYA MONTAJI

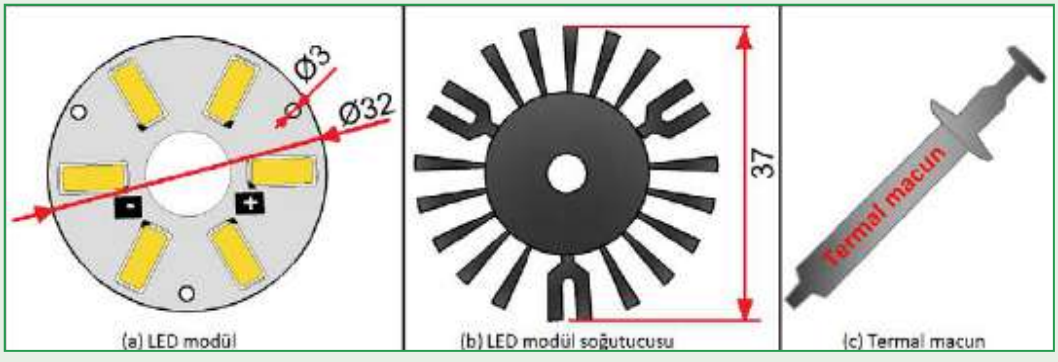
Süre: 40 dk.

AMAÇ

LED modülü, soğutucu üzerine tekniğine uygun olarak montajlamak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 32 mmΦ çapında hazır LED modül, 37 mmΦ çapında soğutucuya montajlanacaktır. Kullanılacak LED modül Görsel 5.119a'da, LED modül soğutucusu Görsel 5.119b'de ve termal macun ise Görsel 5.119c'de görülmektedir. Uygulama farklı LED modül ve soğutucu kullanılarak da yapılabilir. Buna göre LED modülüne soğutucuyu monte ediniz.



Görsel 5.119: LED modül ve soğutucusu

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED modül	32 mmΦ veya farklı modelde	1 adet
Soğutucu	LS37 veya farklı tipte	1 adet
Termal macun	120 °C üzeri sıcaklıklara dayanıklı	1 tüp
Sac vidası	3 mmΦ	3 adet
Kablo	2x0,50 H03VV-F	20 cm
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, kontrol kalemi, havya, lehim teli	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz
2. Soğutucu üzerine termal macun sürerek macunu tüm yüzeyde eşit kalınlıkta dağıtınız (Görsel 5.119).
3. LED modül vidalama deliklerini soğutucu vidalama deliklerine denk gelecek şekilde hizalayınız.
4. LED modülü soğutucuya sıkıca bastırınız. Arada boşluk kalmadığından emin olunuz.
5. LED modülü soğutucuya 3mmΦ çapında sac vidasıyla vidalayınız. Modülün soğutucuya sıkıca vidalandığından emin olunuz.

6. Soğutucu ve LED modül boşluğundan 2x0,50 mm^2 kabloyu çekiniz.
7. LED modül + ve – bağlantılarına kabloyu lehimleyiniz.
8. LED modül ve soğutucu bağlantınızı öğretmeninize kontrol ettiriniz.
9. Uygulama sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

SORULAR

1. **Termal macunun kullanılma amacı nedir? Kısaca açıklayınız.**
2. **LED modül ile soğutucu yüzey arasında boşluk bırakılmamasının sebebi nedir? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** Termal macunu kullanıma hazır hâle getirdi.	15	
Numarası		**3.** Soğutucu üzerine termal macunu eşit kalınlıkta sürdü.	15	
İmza		**4.** LED modül ile soğutucu deliklerini hizaladı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** LED modülü soğuyucuya uygun vida ile vidaladı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Kabloları uygun alanlardan geçecek şekilde çekti.	10	
Tarih		**7.** Kabloları LED modüle lehimledi.	10	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.14. UYGULAMA CEM1 PCB'DEN LED MODÜL OLUŞTURMA

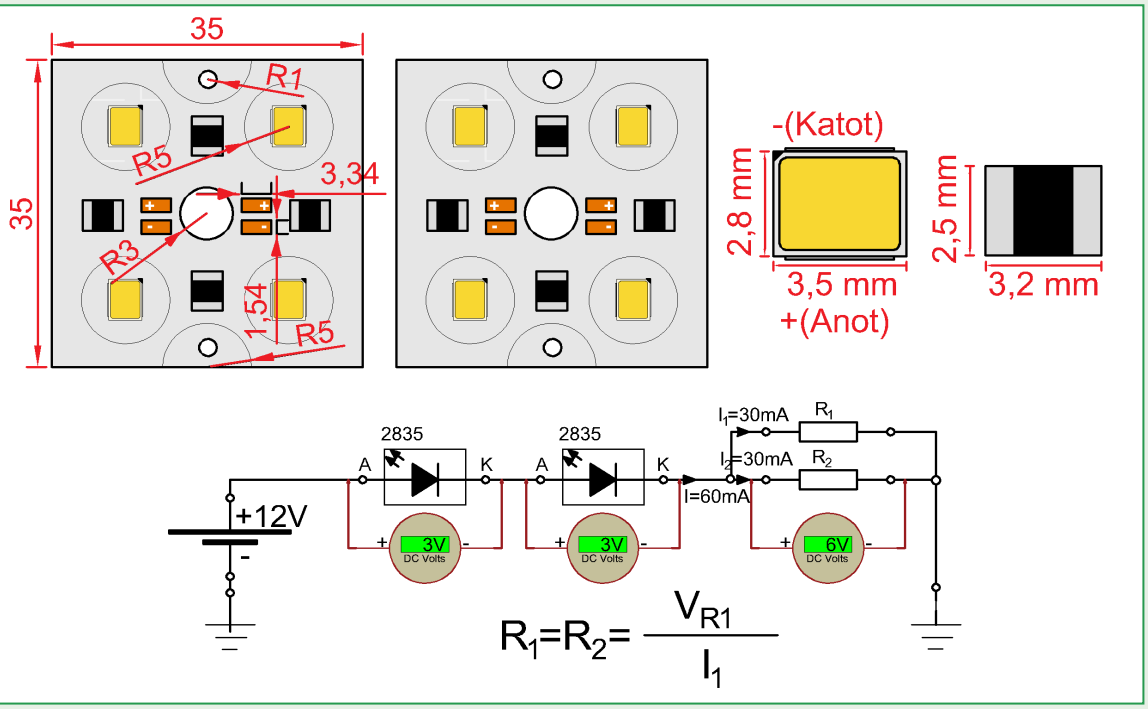
AMAÇ

Süre: 40 dk.

CEM1 PCB kullanarak dört LED'den oluşan LED modül PCB çizimi yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 35x35 mm ölçülerinde CEM1 PCB üzerine SMD2835 LED ve 1210 (3225) SMD direnç kılıfları kullanılarak LED modül PCB çizimi yapılıp direnç değerleri hesaplanacaktır. Uygulamada kullanılacak CEM1 PCB, LED ve direnç ölçüleriyle direnç hesaplama formülü Görsel 5.120'de görülmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda her hat için R1 ve R2 (R3 ve R4) direnç değerlerini hesaplayınız. CEM1 PCB üzerine tek yüzeyde olacak şekilde devrenin bakır yollarını mümkün olduğu kadar geniş çiziniz (35x35 mm ölçülerinde farklı PCB tasarımları da isteğe göre yapılıp bakır yollar çizilebilir.).



Görsel 5.120: CEM1 PCB ölçüleri ve direnç hesaplamaları

NOT

PCB çizim uygulamalarında çizimlerin kolay yapılıp anlaşılabilmesi için SMD LED ve dirençler gerçek ölçülerinin üzerinde çizilmiştir. Uygulamalar gerçek ölçüleriyle ayrıca çizdirilebilir. PCB üzerindeki + ve – bağlantı noktaları birbirlerine bağlı olup (++, --) soldakiler LED modül besleme girişleri sağdakiler besleme çıkışları içindir. Tüm PCB çizim uygulamalarında geçerlidir.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
T cetveli	30 veya 65 cm	1 adet
Ölçü cetveli	30 cm	1 adet
İletki-gönye	45 veya 60 derece	1 adet
Kalem, silgi	2B	1'er adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. R1, R2, R3 ve R4 direnç değerlerini hesaplayıp sonuçları Tablo 5.38'de ilgili kısma not ediniz.
3. CEM1 PCB üzerinde R1, R2, R3 ve R4 direnç yerleşim yerlerini belirleyiniz.
4. R1, R2, R3 ve R4 direnç değerlerini SMD direnç koduna çevirerek direnç üzerlerine yazınız (390 Ω, SMD kod 391).
5. Görsel 5.120'deki devre bağlantısına uygun olarak bakır yolları tek yüzeyde mümkün olduğu kadar geniş çiziniz.
6. Çizimlerinizi atölye öğretmeninize inceletiniz.
7. Çizim sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.38: CEM1 PCB Direnç Değerleri

Dirençler	Direnç Değeri (Ω)
R1	
R2	
R3	
R4	

SORULAR

1. **PCB üzerinde bakır yolların geniş çizilmesinin nedeni nedir? Kısaca açıklayınız.**
2. **CEM1 PCB üzerinde tek yüzeyde çizim yapılmasının nedeni nedir? Kısaca açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**10**	
Sınıfı		**2.** R1 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	**10**	
Numarası		**3.** R2 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	**10**	
İmza		**4.** R3 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	**10**	
ÖĞRETMEN		**5.** Direnç yerleşimlerini doğru yaptı.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** SMD direnç kodlarını doğru şekilde çevirdi.	**15**	
Tarih		**7.** Bakır yolların çizimlerini çift yüzeyde düzgün yaptı.	**20**	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

5.15. UYGULAMA FR-4 PCB'DEN LED MODÜL OLUŞTURMA

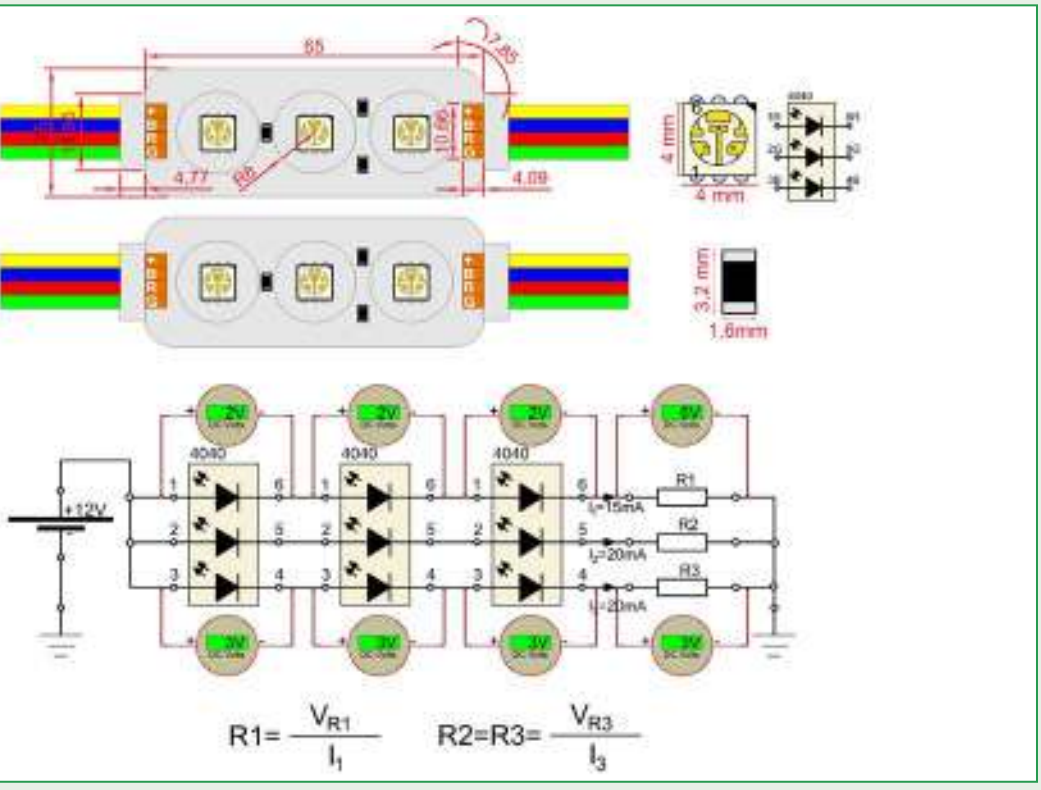
AMAÇ

Süre: 40 dk.

FR-4 PCB kullanarak üç LED'den oluşan LED modül PCB çizimi yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 65x25 mm ölçülerinde FR-4 PCB üzerine SMD4040 LED ve 1206 (3216) SMD direnç kılıfları kullanılıp LED modül PCB çizimi yapılacak, direnç değerleri hesaplanacaktır. Uygulamada kullanılacak FR-4 PCB, LED ve direnç ölçüleriyle direnç hesaplama formülü Görsel 5.121'de görülmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda her hat için R1, R2 ve R3 direnç değerlerini hesaplayınız. FR-4 PCB üzerine çift yüzeyde olacak şekilde devrenin bakır yollarını mümkün olduğu kadar geniş ve yüzeylerde farklı renkte çiziniz (65x25 mm ölçülerinde farklı PCB tasarımları da isteğe göre yapılıp bakır yollar çift yüzeyde çizilebilir.).



Görsel 5.121: FR-4 PCB ölçüleri ve devre hesaplamaları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
T cetveli	30 veya 65 cm	1 adet
Ölçü cetveli	30 cm	1 adet
İletki-gönye	45 veya 60 derece	1 adet
Kalem, silgi	2B	1'er adet

NOT

PCB üzerinde +, B, R ve G bağlantı noktaları (++, BB, RR ve GG) birbirine bağlı olup soldakiler LED modül besleme gir işleri, sağdakiler çıkışları içindir.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. R1, R2 ve R3 direnç değerlerini hesaplayıp Tablo 5.39'da ilgili kısma not ediniz.
3. FR-4 PCB üzerinde R1, R2 ve R3 direnç yerleşim yerlerini belirleyiniz.
4. R1, R2 ve R3 direnç değerlerini SMD direnç koduna çevirerek dirençlerin üzerine yazınız.
5. Görsel 5.121'deki devre bağlantısına uygun olarak bakır yolları çift yüzeyde mümkün olduğu kadar geniş çiziniz.
6. Çizimlerinizi atölye öğretmeninize inceletiniz.
7. Çizim sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.39: CEM1 PCB Direnç Değerleri

Dirençler	Ohm (Ω)
R1	
R2	
R3	

SORULAR

1. **+, B, R ve G kutuplarının birbirine bağlı olmasının nedeni nedir? Açıklayınız.**
2. **FR-4 PCB üzerinde çift yüzeyde çizim yapılmasının nedeni nedir? Açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** R1 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	10	
Numarası		**3.** R2 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	10	
İmza		**4.** R3 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Direnç yerleşimlerini doğru yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** SMD direnç kodlarını doğru şekilde çevirdi.	15	
Tarih		**7.** Bakır yolların çizimlerini çift yüzeyde düzgün yaptı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.16. UYGULAMA ALÜMİNYUM PCB'DEN LED MODÜL OLUŞTURMA

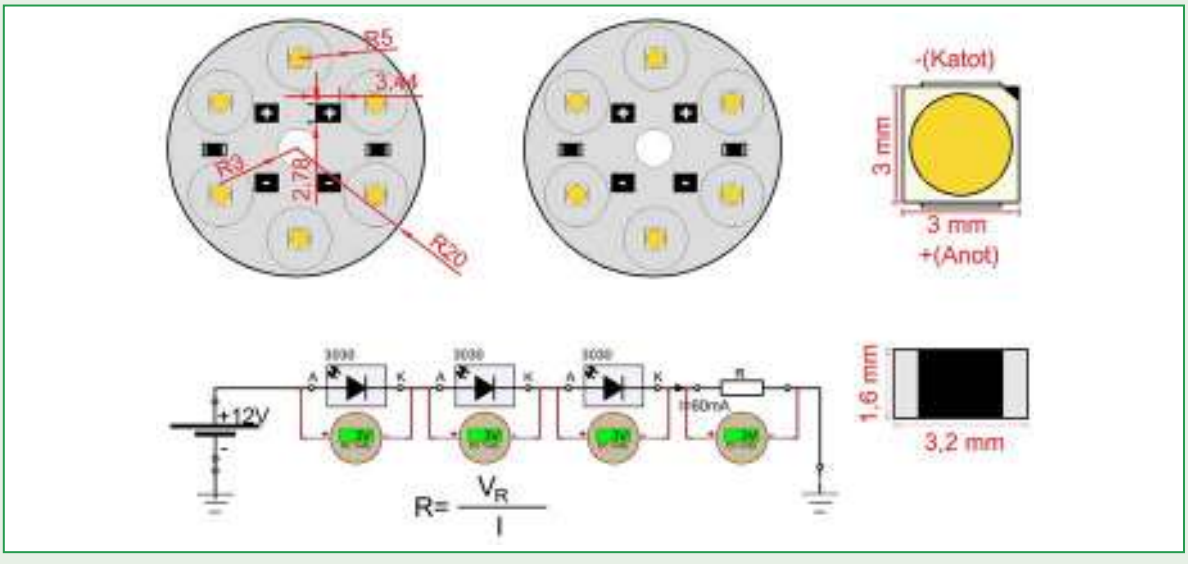
AMAÇ

Süre: 40 dk.

Alüminyum PCB kullanarak 6 LED'den oluşan LED modül PCB çizimi yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 20 mmΦ çapında alüminyum PCB üzerine SMD3030 LED ve 1206 (3216) SMD direnç kılıfları kullanılıp LED modül PCB çizimi yapılacak, direnç değerleri hesaplanacaktır. Uygulamada kullanılacak alüminyum PCB, LED ve direnç ölçüleriyle direnç hesaplama formülü Görsel 5.122'de görülmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda her hat için R1 ve R2 direnç değerlerini hesaplayınız. Alüminyum PCB üzerine tek yüzeyde olacak şekilde devrenin bakır yollarını mümkün olduğu kadar geniş çiziniz (Farklı ölçülerde PCB tasarımları da isteğe göre yapılıp bakır yollar çizilebilir.).



Görsel 5.122: Alüminyum PCB ölçüleri ve devre hesaplamaları

NOT

PCB üzerindeki + ve - bağlantı noktaları birbirlerine bağlı olup soldakiler LED modül besleme girişleri, sağdakiler çıkışları içindir.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
T cetveli	30 veya 65 cm	1 adet
Ölçü cetveli	30 cm	1 adet
İletki-gönye	45 veya 60 derece	1 adet
Kalem, silgi	2B	1'er adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. R1 ve R2 direnç değerlerini hesaplayıp ve Tablo 5.40'ta ilgili kısma not ediniz.
3. Alüminyum PCB üzerinde R1 ve R2 direnç yerleşim yerlerini belirleyiniz.
4. R1 ve R2 direnç değerlerini SMD direnç koduna çevirerek dirençlerin üzerlerine yazınız.
5. Görsel 5.122'deki devre bağlantısına uygun olarak bakır yolları tek yüzeyde mümkün olduğu kadar geniş çiziniz.
6. Çizimlerinizi atölye öğretmeninize inceletiniz.
7. Çizim sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.40: Alüminyum PCB Direnç Değerleri

Dirençler	Ohm (Ω)
R1	
R2	

SORULAR

1. **PCB tabanında alüminyum alaşım kullanılmasının nedeni nelerdir? Açıklayınız.**
2. **Alüminyum PCB üzerinde tek yüzeyde çizim yapılmasının sebebi nedir? Açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** R1 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	15	
Numarası		**3.** R2 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	15	
İmza		**4.** Direnç yerleşimlerini doğru yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** SMD direnç kodlarını doğru şekilde çevirdi.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Bakır yolların çizimlerini tek yüzeyde düzgün yaptı.	15	
Tarih		**7.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
Saat		**8.** Çizimi zamanında teslim etti.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.17. UYGULAMA ESNEK PCB'DEN LED MODÜL OLUŞTURMA

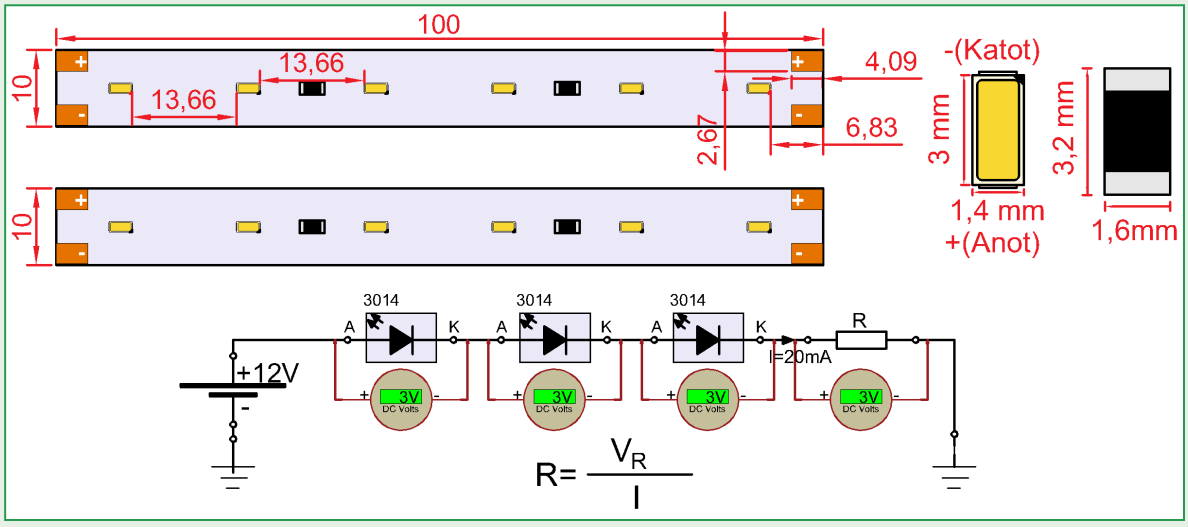
AMAÇ

Süre: 40 dk.

Esnek PCB kullanarak 6 LED'den oluşan LED modül PCB çizimi yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 100x10 mm ölçülerinde esnek PCB üzerine SMD3014 LED ve 1206 (3216) SMD direnç kılıfları kullanılıp LED modül PCB çizimi yapılacak, direnç değerleri hesaplanacaktır. Uygulamada kullanılacak esnek PCB, LED ve direnç ölçüleriyle direnç hesaplama formülü Görsel 5.123'te görülmektedir. Verilen bilgiler doğrultusunda her hat için R1 ve R2 direnç değerlerini hesaplayınız. Esnek PCB üzerine tek yüzeyde olacak şekilde devrenin bakır yollarını mümkün olduğu kadar geniş çiziniz (100x10 mm ölçülerinde farklı sayıda LED kullanılarak PCB tasarım isteğe göre değiştirilip bakır yollar çizilebilir.).



Görsel 5.123: Esnek PCB ölçüleri ve direnç hesaplamaları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
T cetveli	30 veya 65 cm	1 adet
Ölçü cetveli	30 cm	1 adet
İletki-Gönye	45 veya 60 derece	1 adet
Kalem, silgi	2B	1'er adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. R1 ve R2 direnç değerlerini hesaplayıp Tablo 5.41'de ilgili kısma not ediniz.

3. Esnek PCB üzerinde R1 ve R2 direnç yerleşim yerlerini belirleyiniz.
4. R1 ve R2 direnç değerlerini SMD direnç koduna çevirerek dirençlerin üzerine yazınız.
5. Görsel 5.123'teki devre bağlantısına uygun olarak bakır yolları tek yüzeyde mümkün olduğu kadar geniş çiziniz.
6. Çizimlerinizi atölye öğretmeninize inceletiniz.
7. Çizim sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.41: Alüminyum PCB Direnç Değerleri

Dirençler	Ohm (Ω)
R1	
R2	

SORULAR

1. **Esnek PCB tabanında polimer malzeme kullanılmasının nedeni nedir? Açıklayınız.**
2. **PCB üzerinde LED'ler arasındaki mesafe 13,66 mm iken modül girişi ve çıkışındaki LED'lerin bağlantı noktalarına uzaklığı 6,83 mm'dir (13,66/2). Giriş ve çıkış mesafesinin LED'ler arası mesafenin yarısı olmasının nedeni nedir? Açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** R1 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	15	
Numarası		**3.** R2 direnç değerini doğru şekilde hesapladı.	15	
İmza		**4.** Direnç yerleşimlerini doğru yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** R1 ve R2 direnç değerlerini SMD direnç koduna çevirdi.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Bakır yolların çizimlerini tek yüzeyde düzgün yaptı.	15	
Tarih		**7.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
Saat		**8.** Çizimi zamanında teslim etti.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.18. UYGULAMA LED MODÜLLERİN SERİ BAĞLANTISI

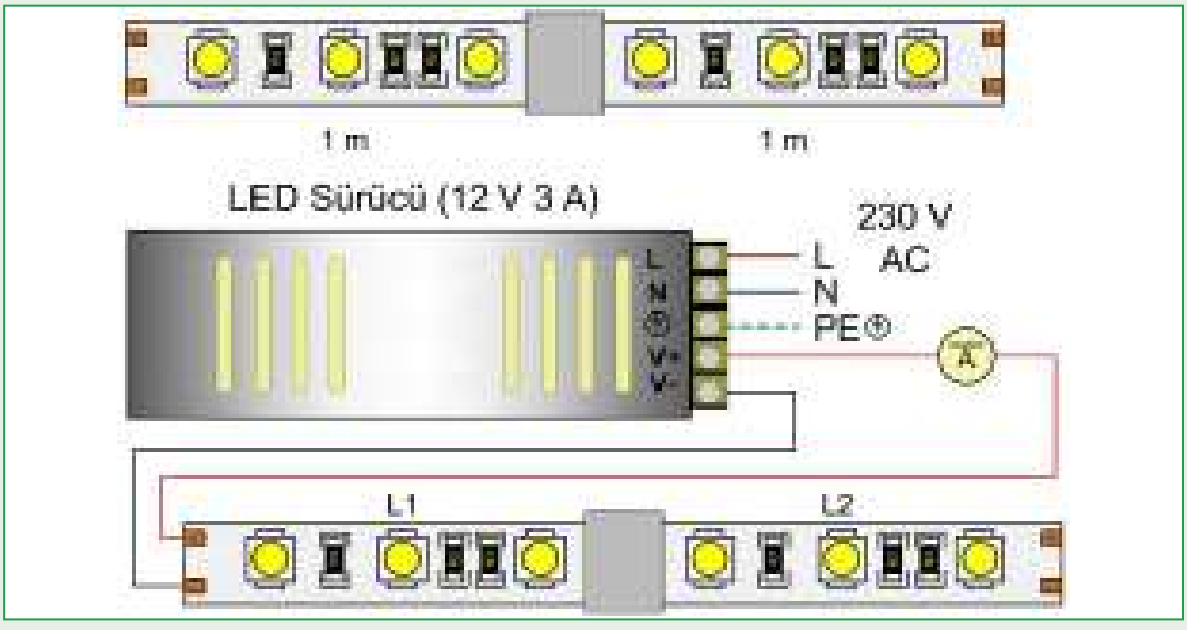
AMAÇ

Süre: 40 dk.

LED modüllerde seri bağlantıyı ve gerekli hesaplamaları yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 1 m'lik şerit LED'ler seri bağlanıp şerit LED'de bulunan LED modül sayısı, LED modülden geçen akım, LED sayısı, şerit LED'den geçen akım vb. teknik parametreler bulunacaktır. Görsel 5.124'te uygulamada kullanılacak 1 m uzunluğundaki şerit LED'lerin seri ve besleme bağlantıları görülmektedir. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.124: LED modüllerin seri ve besleme bağlantıları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Güç kaynağı	12 V SMPS	1 adet
Şerit LED	Beyaz veya RGB	2 m
Bağlantı klipsi	Seri bağlantı özellikli	1 adet
Tek damarlı kablo	1,5 mm² kırmızı ve siyah (Farklı renkler de kullanılabilir.)	2 m
AVOmetre	Dijital	1 adet
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi, havya, lehim teli	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. LED modül üzerindeki çalışma gerilimini Tablo 5.42'de ilgili kısma not ediniz.
3. Bir adet LED modülün uzunluğunu ölçüp Tablo 5.42'de ilgili kısma not ediniz.
4. 1 m'lik şeritte bulunan LED modül sayısını hesaplayıp Tablo 5.42'de ilgili kısma not ediniz.
5. Uygulamada kullanılacak toplam LED modül sayısını hesaplayıp Tablo 5.42'de ilgili kısma not ediniz.
6. Şerit LED'in teknik parametrelerini inceleyip 1 adet LED modülün çektiği akımı Tablo 5.42'de ilgili kısma not ediniz.
7. LED modüllerin çektiği toplam akımı hesaplayıp Tablo 5.42'Ye yazınız.
8. Uygulamada kullanılacak güç kaynağı akımını hesaplayıp Tablo 5.42'de ilgili kısma not ediniz.
9. 1 m'lik şerit LED'leri bağlantı klipsi kullanarak veya lehimleyerek birbirine seri bağlayınız.
10. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
11. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak bağlantılarını yapınız.
12. Görsel 5.124'te görülen devredeki şerit LED'i güç kaynağına bağlayınız.
13. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz. DC ampermetre üzerinde görülen akım değerini Tablo 5.42'de ilgili kısma not ediniz.
14. Uygulama bitiminde güç kaynağı beslemesini kesiniz.
15. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.42: Seri Bağlı LED Modüllerin Ölçüm ve Hesaplamaları

Özellikler	Ölçümler
LED modül çalışma gerilimi (V)	
1 adet LED modül uzunluğu (mm)	
1 m'de bulunan LED modül sayısı (adet)	
2 m'de bulunan LED modül sayısı (adet)	
1 adet LED modülün akımı (mA)	
LED modüllerin toplam akımı (mA)	
Güç kaynağı akımı (mA)	
Devreden geçen toplam akım (mA)	

SORULAR

1. **Şerit LED'lerde her metrede eşit sayıda LED modül olmasının amacı nedir? Açıklayınız.**
2. **Hesaplanan ve ölçülen akım değerleri arasında aşırı farklılık var mıdır? Varsa sebeplerini açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** Kabloları klemenslere sıkı şekilde montajladı.	10	
İmza		**4.** LED modüllerin seri bağlantısını yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		**5.** 12 V SMPS ve şerit LED bağlantısını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Kabloların yalıtımlı olup olmadığını kontrol etti.	10	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.19. UYGULAMA LED MODÜLLERİN PARALEL BAĞLANTISI

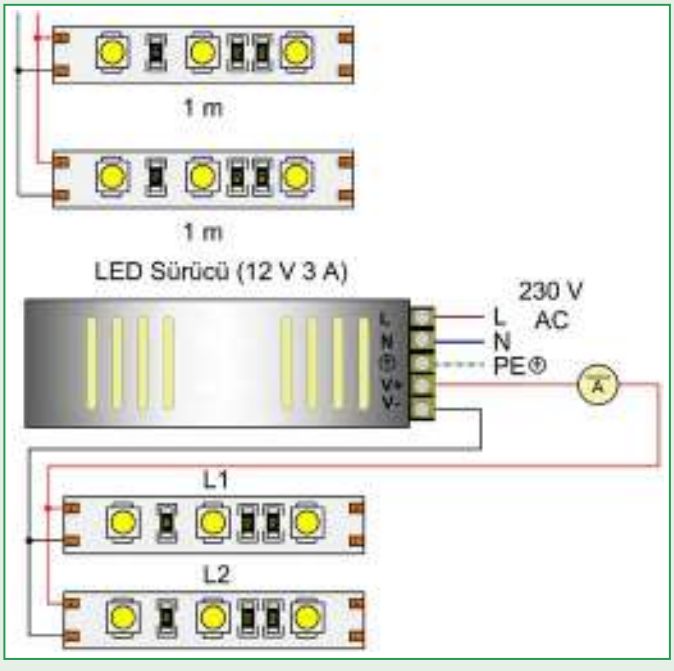
Süre: 40 dk.

AMAÇ

LED modüllerde paralel bağlantıyı ve gerekli hesaplamaları yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 1 m'lik şerit LED'ler paralel bağlanıp şerit LED'de bulunan LED modül sayısı, LED modülden geçen akım, LED sayısı, şerit LED'den geçen akım vb. teknik parametreler bulunacaktır. Görsel 5.125'te uygulamada kullanılacak 1 m uzunluğundaki şerit LED'lerin paralel ve besleme bağlantıları görülmektedir. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.125: LED modüllerin paralel ve besleme bağlantıları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Güç kaynağı	12 V SMPS	1 adet
Şerit LED	Beyaz veya RGB	2 m
Tek damarlı kablo	1,5 mm^2 kırmızı ve siyah (Farklı renkler de kullanılabilir.)	2 m
AVOmetre	Dijital	1 adet
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi, havya, lehim teli	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. LED modül üzerinde yazan çalışma gerilimini Tablo 5.43'e yazınız.
3. Bir adet LED modülün uzunluğunu ölçüp Tablo 5.43'te ilgili kısma not ediniz.
4. 1 m'lik şeritteki LED modül sayısını hesaplayıp Tablo 5.43'e yazınız.
5. Uygulamada kullanılacak toplam LED modül sayısını hesaplayıp Tablo 5.43'te ilgili kısma not ediniz.
6. Şerit LED'in teknik parametrelerini inceleyip 1 adet LED modülün çektiği akımı Tablo 5.43'te ilgili kısma not ediniz.
7. LED modüllerin çektiği toplam akımı hesaplayıp Tablo 5.43'e yazınız.
8. Uygulamada kullanılacak güç kaynağı akımını hesaplayıp Tablo 5.43'e yazınız.
9. 1 m'lik şerit LED'leri lehimleyerek birbirine paralel bağlayınız.
10. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
11. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak bağlantılarını yapınız.
12. Görsel 5.125'te görülen devredeki şerit LED'leri güç kaynağına bağlayınız.
13. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
14. DC ampermetre üzerinde görülen akım değerini Tablo 5.43'e yazınız.
15. Uygulama bitiminde güç kaynağı beslemesini kesiniz.
16. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.43: Paralel Bağlı LED Modüllerin Ölçüm ve Hesaplamaları

Özellikler	Ölçümler
LED modül çalışma gerilimi (V)	
1 adet LED modül uzunluğu (mm)	
1 m'de bulunan LED modül sayısı (adet)	
2 m'de bulunan LED modül sayısı (adet)	
1 adet LED modülün akımı (mA)	
LED modüllerin toplam akımı (mA)	
Güç kaynağı akımı (mA)	
Devreden geçen toplam akım (mA)	

SORULAR

1. **LED modüllerin paralel bağlantısıyla seri bağlantıları arasında elektriksel fark var mıdır? Açıklayınız.**
2. **LED modüller paralel veya seri bağlandığında güç kaynağından çekilen akım arasında fark var mıdır? Açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** Kabloları klemenslere sıkı şekilde montajladı.	10	
İmza		**4.** LED modüllerin paralel bağlantısını yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		**5.** 12 V SMPS ve şerit LED bağlantısını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Kabloların yalıtımlı olup olmadığını kontrol etti.	10	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında yaptı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.20. UYGULAMA LED MODÜLLERİN KARIŞIK BAĞLANTISI

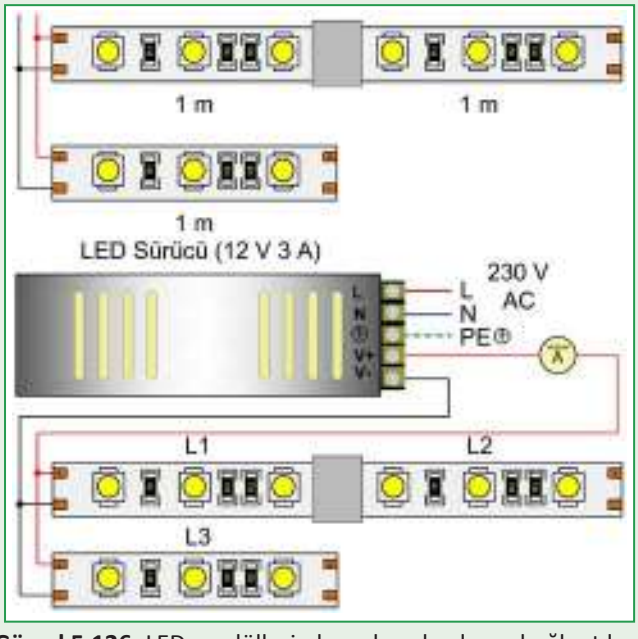
AMAÇ

Süre: 40 dk.

LED modüllerde karışık bağlantıyı ve gerekli hesaplamaları yapmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 1 m'lik şerit LED'ler karışık bağlanıp şerit LED'de bulunan LED modül sayısı, LED modülden geçen akım, LED sayısı, şerit LED'den geçen akım vb. teknik parametreler bulunacaktır. Görsel 5.126'da uygulamada kullanılacak 1 m uzunluğundaki şerit LED'lerin karışık ve besleme bağlantıları görülmektedir. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.126: LED modüllerin karışık ve besleme bağlantıları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Güç kaynağı	12 V SMPS	1 adet
Şerit LED	Beyaz veya RGB	2 m
Bağlantı klipsi	Seri bağlantı özellikli	1 adet
Tek damarlı kablo	1,5 mm^2 kırmızı ve siyah (Farklı renkler de kullanılabilir.)	2 m
AVOmetre	Dijital	1 adet
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi, havya, lehim teli	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. LED modül üzerinde yazan çalışma gerilimini Tablo 5.44'e yazınız.
3. Bir adet LED modülün uzunluğunu ölçüp Tablo 5.44'te ilgili kısma not ediniz.
4. 1 m'lik şeritte bulunan LED modül sayısını hesaplayıp Tablo 5.44'e yazınız.
5. Uygulamada kullanılacak toplam LED modül sayısını hesaplayıp Tablo 5.44'te ilgili kısma not ediniz.
6. Şerit LED'in teknik parametrelerini inceleyip 1 adet LED modülün çektiği akımı Tablo 5.44'te ilgili kısma not ediniz.
7. LED modüllerin çektiği toplam akımı hesaplayıp Tablo 5.44'ye yazınız.
8. Uygulamada kullanılacak güç kaynağı akımını hesaplayıp Tablo 5.44'e yazınız.
9. 1 m'lik şerit LED'leri bağlantı klipsi kullanarak veya lehimleyerek birbirine karışık bağlayınız.
10. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
11. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak bağlantılarını yapınız.
12. Görsel 5.126'da görülen devreye şerit LED'leri güç kaynağına bağlayınız.
13. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
14. DC ampermetre üzerinde görülen akım değerini Tablo 5.44'e yazınız.
15. Uygulama bitiminde güç kaynağı beslemesini kesiniz.
16. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.44: Karışık Bağlı LED Modüllerin Ölçüm ve Hesaplamaları

Özellikler	Ölçümler
LED modül çalışma gerilimi (V)	
1 adet LED modül uzunluğu (mm)	
1 m'de bulunan LED modül sayısı (adet)	
3 m'de bulunan LED modül sayısı (adet)	
1 adet LED modülün akımı (mA)	
LED modüllerin toplam akımı (mA)	
Güç kaynağı akımı (mA)	
Devreden geçen toplam akım (mA)	

SORULAR

1. **Karışık bağlantılı şerit LED'lerden geçen akımla seri ve paralel bağlantılardan geçen akım arasında fark var mıdır? Varsa sebebini açıklayınız.**
2. **Şerit LED'lerin karışık bağlanmasında amaç ne olabilir? Açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** Kabloları klemenslere sıkı şekilde montajladı.	10	
İmza		**4.** LED modüllerin karışık bağlantısını yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		**5.** 12 V SMPS ve şerit LED bağlantısını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Kabloların yalıtımlı olup olmadığını kontrol etti.	10	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.21. UYGULAMA FARKLI KESİT VE UZUNLUKTAKİ KABLOLARLA GÜÇ KAYNAĞINA BAĞLI LED MODÜLLERDE AYDINLATMA ŞİDDETİ VE GERİLİM ÖLÇME

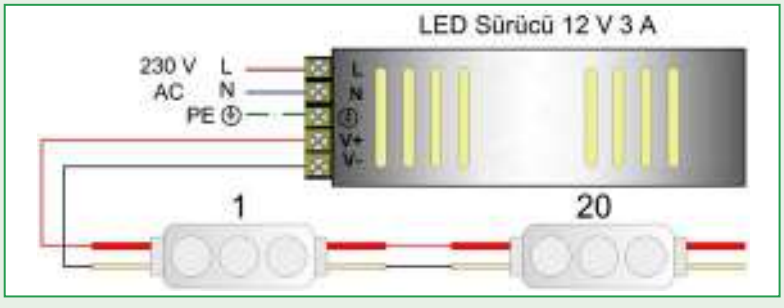
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Farklı kesit ve uzunlukta kablolarla güç kaynağına bağlı LED modüllerde aydınlatma şiddeti ve gerilimi ölçmek.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek LED modüller farklı kesit ve uzunluktaki kablolarla güç kaynağına bağlanıp LED modülün aydınlatma şiddeti ve üzerindeki gerilim değerleri ölçülecektir. Uygulamada kullanılacak LED modül ve güç kaynağı bağlantısı Görsel 5.127'de görülmektedir. Buna göre devreyi farklı kablolar ile kurunuz ve her bir devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.127: LED modül güç kaynağı bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED modül şeridi	12 V, 3 W 3'lü mercekli modül (20 adet LED modül içeren)	1 paket
DC güç kaynağı	12 V/3 A SMPS	1 adet
Lüksmetre	Dijital	1 adet
AVOmetre	Dijital	1 adet
Topraklı fiş	3x1,5 mm^2	2 m
Çok damarlı kablo	2x0,5 mm^2, 2x0,75 mm^2, 2x1 mm^2	5 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
LED modül şeridi	12 V 3 W 3'lü mercekli modül (20 adet LED modül içeren)	1 paket
El aletleri	Pense, yan keski, tornavida vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
3. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak klemenslerine topraklı fiş bağlantısını yapınız.
4. LED modül şeridini düz diziniz.

5. Görsel 5.127'de görülen devreye uygun olarak LED modül şeridi 1 m'lik 2x0,5 mm² besleme kablosuyla güç kaynağına bağlayınız.
6. Öğretmen kontrolünde güç kaynağı fişini prize takınız.
7. 1. 10. ve 20. LED modüllerdeki aydınlatma şiddetini lüksmetreyle ölçerek Tablo 5.45'te ilgili kısma not ediniz.
8. 1. 10. ve 20. LED modüllerdeki gerilimleri ölçerek Tablo 5.46'ya yazınız.
9. Güç kaynağı fişini prizden çıkartınız.
10. LED modül şeridi sırasıyla 3 m ve 5 m'lik 2x0,5 mm² besleme kablosuyla tekrar güç kaynağına bağlayıp 6. 7. 8. ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
11. LED modül şeridi sırasıyla 1 m, 3 m ve 5 m'lik 2x0.75 mm² besleme kablosuyla tekrar güç kaynağına bağlayıp 6. 7. 8. ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
12. LED modül şeridi sırasıyla 1 m, 3 m ve 5 m'lik 2x1 mm² besleme kablosuyla tekrar güç kaynağına bağlayıp 6. 7. 8. ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
13. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.45: LED Modül Aydınlatma Şiddeti Ölçümleri

Kablo Kesiti	Kablo Uzunluğu	Aydınlatma Şiddeti (Lüks)		
		1. Modül	10. Modül	20. Modül
2x0,5 mm²	1 m			
	3 m			
	5 m			
2x0,75 mm²	1 m			
	3 m			
	5 m			
2x1,0 mm²	1 m			
	3 m			
	5 m			

Tablo 5.46: LED Modül Gerilim Ölçümleri

Kablo Kesiti	Kablo Uzunluğu	Gerilim Seviyeleri (V)		
		1. Modül	10. Modül	20. Modül
2x0,5 mm²	1 m			
	3 m			
	5 m			
2x0,75 mm²	1 m			
	3 m			
	5 m			
2x1,0 mm²	1 m			
	3 m			
	5 m			

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	**15**	
Numarası		**3.** Kabloları klemenslere sıkı şekilde montajladı.	**15**	
İmza		**4.** Tesisattaki kabloların yalıtımını kontrol etti.	**10**	
ÖĞRETMEN		**5.** LED modüllerin aydınlatma şiddetini ölçtü.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** LED modüllerin gerilimlerini ölçtü.	**15**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	**15**	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında yaptı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

5.22. UYGULAMA ŞERİT LED'İN FARKLI NOKTALARINDAKİ AYDINLATMA ŞİDDETİ VE GERİLİM ÖLÇME UYGULAMASI

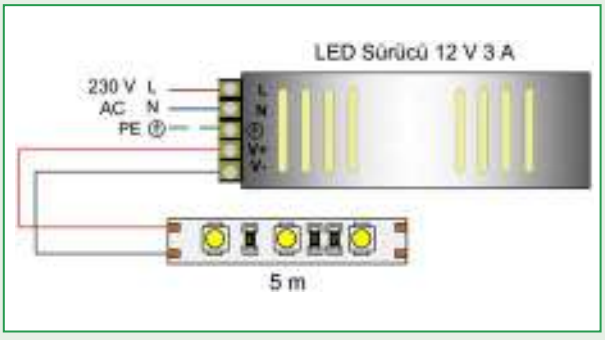
AMAÇ

Süre: 40 dk.

5 m'lik şerit LED'in farklı noktalarındaki aydınlatma şiddetini ve gerilimlerini ölçmek.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek 5 m'lik şerit LED üzerindeki farklı noktalarda ışık şiddeti ve gerilimler ölçülecektir. Uygulamada kullanılacak şerit LED ve güç kaynağı bağlantısı Görsel 5.128'de görülmektedir. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.128: Şerit LED güç kaynağı bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Şerit LED	12 V, 5 m beyaz	1 paket
DC güç kaynağı	12 V/3 A SMPS	1 adet
Lüksmetre	Dijital	1 adet
AVOmetre	Dijital	1 adet
Topraklı fiş	3x1,5 mm^2	2 m
Çok damarlı kablo	2x0,5 mm^2, 2x0,75 mm^2, 2x1 mm^2	5 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
3. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak klemenslerine topraklı fiş bağlantısını yapınız.
4. Şerit LED'i makarasından çıkartıp düz yerleştiriniz.
5. Görsel 5.128'de görülen devreye uygun olarak şerit LED'i 1 m'lik 2x0,75 mm^2 besleme kablosuyla güç kaynağına bağlayınız.
6. Öğretmen kontrolünde güç kaynağı fişini prize takınız.

7. 1. 2. 3. 4. ve 5. metrelerdeki son LED modülün aydınlatma şiddetini lüksmetre ile ölçerek Tablo 5.47'ye not ediniz.
8. 1. 2. 3. 4. ve 5. metrelerdeki son LED modülün gerilim değerini AVOmetre ile ölçerek Tablo 5.47'de ilgili kısma not ediniz.
9. Güç kaynağı fişini prizden çıkartınız.
10. Şerit LED'in besleme kablosunu söküp 5 m'lik 2x0,75 mm² besleme kablosuyla tekrar güç kaynağına bağlayınız.
11. 6. 7. 8. ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
12. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
13. Çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.47: Şerit LED Üzerinde Aydınlatma Şiddeti ve Gerilim Ölçümleri

Besleme Kablosu Uzunluğu ve Kesiti	Şerit LED Ölçüm Noktası	Aydınlatma Şiddeti (Lüks)	Gerilim (V)
1 m 2x0,75 mm²	1. metre son LED modül		
	2. metre son LED modül		
	3. metre son LED modül		
	4. metre son LED modül		
	5. metre son LED modül		
5 m 2x0,75 mm²	1. metre son LED modül		
	2. metre son LED modül		
	3. metre son LED modül		
	4. metre son LED modül		
	5. metre son LED modül		

SORULAR

1. **Şerit LED üzerinde farklı noktalarındaki aydınlatma şiddetleri ve gerilimleri arasında farklılık var mıdır? Varsa sebebini açıklayınız.**
2. **1 m ve 5 m uzunluğundaki kablolarla beslenen şerit LED'in aynı noktalardaki aydınlatma şiddetleri ve gerilimleri arasında farklılık var mıdır? Varsa sebebini açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	10	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Şerit LED bağlantısını 1 m'lik kablo ile yaptı.	10	
İmza		**4.** 1 m'lik kablolu devrede gerilim değerlerini ölçtü.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** 1 m'lik kablolu devrede aydınlatma şiddeti değerlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Şerit LED bağlantısını 5 m'lik kablo ile yaptı.	10	
Tarih		**7.** 5 m'lik kablolu devrede gerilim değerlerini ölçtü.	15	
Saat		**8.** 5 m'lik kablolu devrede aydınlatma şiddeti değerlerini ölçtü.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.23. UYGULAMA LED MODÜLDE FARKLI RENK SICAKLIKLARI OLUŞTURMA

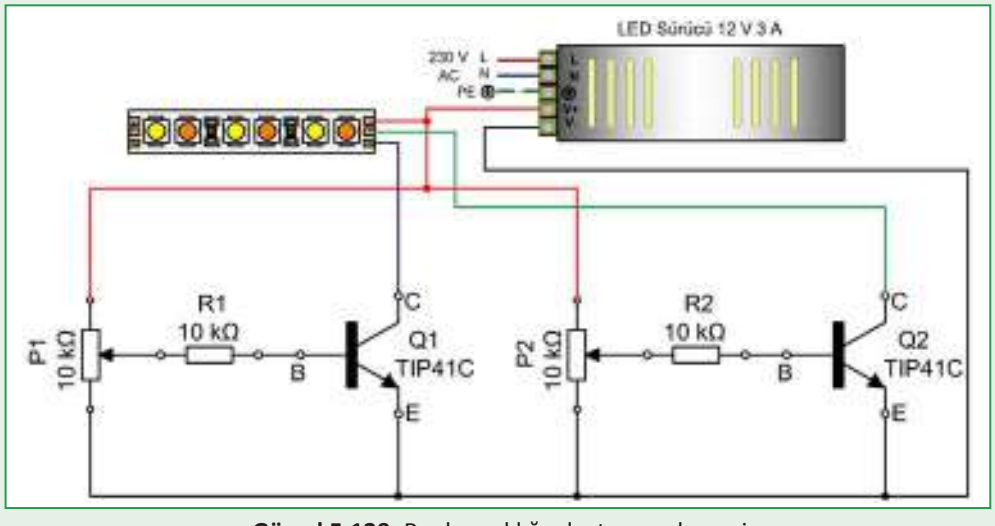
AMAÇ

Süre: 40 dk.

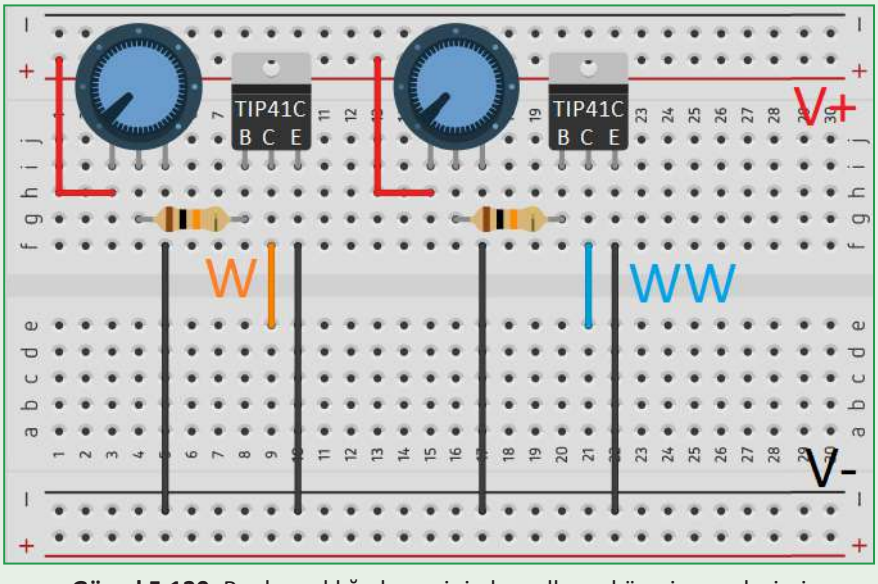
Beyaz (W) ve sıcak beyaz (WW) LED çipi bulunan LED modül kullanarak farklı renk sıcaklıkları oluşturmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek üzerinde beyaz ve sıcak beyaz LED bulunan şerit LED modülü veya RGBWW (RGB + beyaz + sıcak beyaz) şerit LED modülü kullanılarak renk sıcaklığı oluşturulacaktır. Uygulamada kullanılacak renk sıcaklığı oluşturma devresi Görsel 5.129'da, renk sıcaklığı oluşturma devresinin breadboard üzerindeki yerleşim şekli ve bağlantı noktaları Görsel 5.130'da görülmektedir. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.129: Renk sıcaklığı oluşturma devresi



Görsel 5.130: Renk sıcaklığı devresinin breadboard üzerine yerleşimi

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Şerit LED	12 V, beyaz ve sıcak beyaz LED bulunan (CCT veya RGBCCT)	1 paket
DC güç kaynağı	12 V/3 A SMPS	1 adet
Transistör	TIP41C NPN	2 adet
Potansiyometre	10 kΩ	2 adet
Direnç	10 kΩ/0,25 W	2 adet
Breadboard	Mini (170 pin) veya orta (400 pin) boy	1 adet
Topraklı fiş	3x1,5 mm^2	2 m
Kablo	2x0,50 mm^2 çeşitli renkte, zil teli	1 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
3. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak klemenslerine topraklı fiş bağlantısını yapınız.
4. 1 m'lik şerit LED'i düz şekilde masa üzerine yerleştiriniz.
5. Görsel 5.129'da görülen devreye uygun olarak breadboard üzerine (Görsel 5.130) elektronik devreyi kurunuz.
6. Şerit LED'in besleme (+12V) ve potansiyometre bağlantılarını güç kaynağının +V klemensine bağlayınız.
7. Transistörlerin emitör (E) ve potansiyometre bacak bağlantılarını güç kaynağının -V klemensine bağlayınız.
8. Şerit LED'in beyaz (W) LED çıkışını Q1 transistörün kolektörüne ve sıcak beyaz (WW) LED çıkışını Q2 transistörün kolektörüne bağlayınız.
9. Öğretmen kontrolünde güç kaynağı fişini prize takınız.
10. P1 potansiyometresini maksimuma, P2 potansiyometresini minimuma getiriniz.
11. Şerit LED'de oluşan beyaz renk sıcaklığını Tablo 5.48'de ilgili kısma not ediniz.
12. P2 potansiyometresini sırasıyla %25, %50, %75 ve maksim değere getirip oluşan beyaz renk sıcaklığını Tablo 5.48'e not ediniz.
13. P2 potansiyometresini maksimuma, P1 potansiyometresini minimuma getiriniz.
14. Şerit LED'de oluşan beyaz renk sıcaklığını Tablo 5.48'de ilgili kısma not ediniz.
15. P1 potansiyometresini sırasıyla %25, %50 ve %75 değere getirip oluşan beyaz renk sıcaklığını Tablo 5.48'e not ediniz.
16. P1 ve P2 potansiyometresini sırasıyla minimum, %25, %50 ve %75 değere getirip oluşan beyaz renk sıcaklığını Tablo 5.48'de ilgili kısma not ediniz.
17. Güç kaynağı fişini prizden çıkartınız.
18. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.48: Renk Sıcaklık Gözlem Sonuçları

Potansiyometreler		Beyaz Renk Sıcaklığı			
P1	P2	Sıcak	Doğal	Soğuk	Çok Soğuk
Maksimum	Minimum				
Maksimum	%25				
Maksimum	%50				
Maksimum	%75				
Maksimum	Maksimum				
Minimum	Maksimum				
%25	Maksimum				
%50	Maksimum				
%75	Maksimum				
Minimum	Minimum				
%25	%25				
%50	%50				
%75	%75				

SORULAR

1. **Renk sıcaklığı oluşturulurken iki farklı beyaz LED kullanılmasının nedeni nedir? Açıklayınız.**
2. **Sıcak beyaz ve beyaz LED'in yaydığı beyaz ışık arasındaki fark nedir? Açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** Kabloları klemenslere sıkıca montajladı.	10	
İmza		**4.** Tesisattaki kabloların yalıtımını kontrol etti.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** P1 potansiyometresiyle renk sıcaklığını ayarladı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** P2 potansiyometresiyle renk sıcaklığını ayarladı.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.24. UYGULAMA LED MODÜLDE FARKLI RENKLERİ OLUŞTURMA

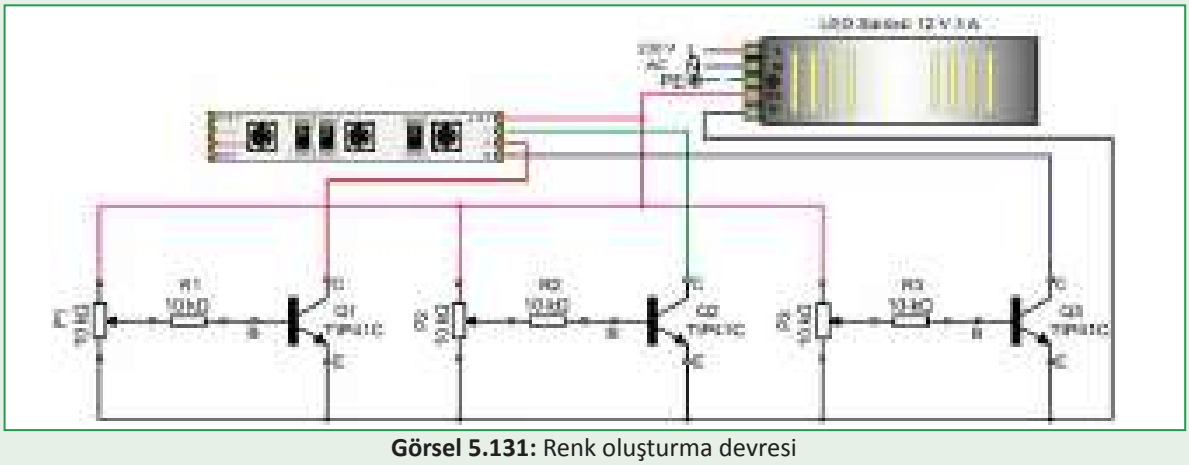
AMAÇ

Süre: 40 dk.

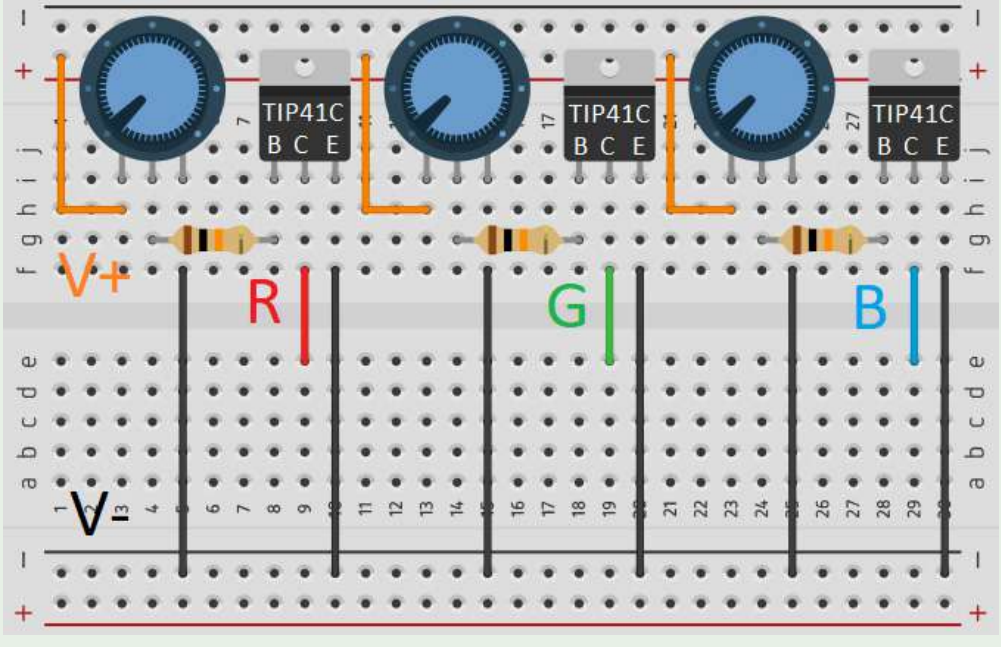
Kırmızı (R), yeşil (G) ve mavi (B) LED çipi bulunan LED modül kullanarak farklı renklerde ışık oluşturmak.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek üzerinde RGB LED çipi bulunan şerit LED kullanılıp farklı renkler oluşturulacaktır. Uygulamada kullanılacak farklı renk oluşturma devresi Görsel 5.131'de, farklı renk oluşturma devresinin breadboard üzerindeki yerleşim şekli ve bağlantı noktaları Görsel 5.132'de görülmektedir. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.131: Renk oluşturma devresi



Görsel 5.132: Renk devresinin breadboard üzerine yerleşimi

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
RGB şerit LED	12 V	1 paket
DC güç kaynağı	12 V/3 A SMPS	1 adet
Transistör	TIP41C NPN	3 adet
Potansiyometre	10 kΩ	3 adet
Direnç	10 kΩ/0,25 W	3 adet
Breadboard	Mini (170 pin) veya orta (400 pin) boy	1 adet
Topraklı fiş	3x1,5 mm^2	2 m
Kablo	2x0,50 mm^2 çeşitli renkte, zil teli	1 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
3. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak klemenslerine topraklı fiş bağlantısını yapınız.
4. 1 m'lik RGB şerit LED'i düz şekilde masanın üzerine yerleştiriniz.
5. Görsel 5.131'de görülen devreye uygun olarak breadboard (Görsel 5.132) üzerine elektronik devreyi kurunuz.
6. Şerit LED'in besleme (+12) ve potansiyometre bağlantılarını güç kaynağının +V klemensine bağlayınız.
7. Transistörlerin emitör (E) ve potansiyometre bacak bağlantılarını güç kaynağının -V klemensine bağlayınız.
8. RGB şerit LED'in kırmızı (R) LED çıkışını Q1 transistörün kolektörüne, yeşil (G) LED çıkışını Q2 transistörün kolektörüne ve mavi (B) LED çıkışını Q3 transistörün kolektörüne bağlayınız.
9. Öğretmen kontrolünde güç kaynağı fişini prize takınız.
10. P1 potansiyometresini maksimuma, P2 ve P3 potansiyometresini minimuma getiriniz.
11. RGB şerit LED'de oluşan rengi Tablo 5.49'da ilgili kısma not ediniz.
12. P2 potansiyometresini maksimuma, P1 ve P3 potansiyometresini minimuma getiriniz.
13. P2 potansiyometresini maksimuma, P1 potansiyometresini minimuma getiriniz.
14. RGB şerit LED'de oluşan rengi Tablo 5.49'da ilgili kısma not ediniz.
15. P3 potansiyometresini maksimuma, P1 ve P2 potansiyometresini minimuma getiriniz.
16. RGB şerit LED'de oluşan rengi Tablo 5.49'da ilgili kısma not ediniz.
17. Tüm potansiyometreleri sırasıyla %25, %50, %75 ve maksimuma değerlere getirip oluşan beyaz rengi Tablo 5.49'a not ediniz.
18. P1 ve P2 potansiyometresini maksimuma, P3 potansiyometresini minimuma getiriniz.
19. RGB şerit LED'de oluşan rengi Tablo 5.49'da ilgili kısma not ediniz.

20. 18. ve 19. işlem basamaklarını P1, P3 maksimum, P2 minimum, P2, P3 maksimum ve P1 minimum değerleri için tekrarlayınız.

21. Güç kaynağı fişini prizden çıkartınız.

22. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.49: Renk Sıcaklık Gözlem Sonuçları

Potansiyometreler			Renk
P1	P2	P3	
Maksimum	Minimum	Minimum	
Minimum	Maksimum	Minimum	
Minimum	Minimum	Maksimum	
%25	%25	%25	
%50	%50	%50	
%75	%75	%75	
Maksimum	Maksimum	Maksimum	
Maksimum	Maksimum	Minimum	
Maksimum	Minimum	Maksimum	
Minimum	Maksimum	Maksimum	

SORULAR

1. **Çeşitli renkler oluşturulurken RGB LED kullanılmasının nedeni nedir? Açıklayınız.**
2. **RGB LED çiplerinin üzerlerinden geçen akımın değişmesiyle renkte nasıl bir değişime neden olmaktadır? Açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** Kabloları klemenslere sıkıca montajladı.	10	
İmza		**4.** P1 potansiyometresiyle renk ayarladı.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** P2 potansiyometresiyle renk ayarladı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** P3 potansiyometresiyle renk sıcaklığını ayarladı.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.25. UYGULAMA LED MODÜLLERDE GRUPLAMA (BIN) FARKINI TESPİT ETME

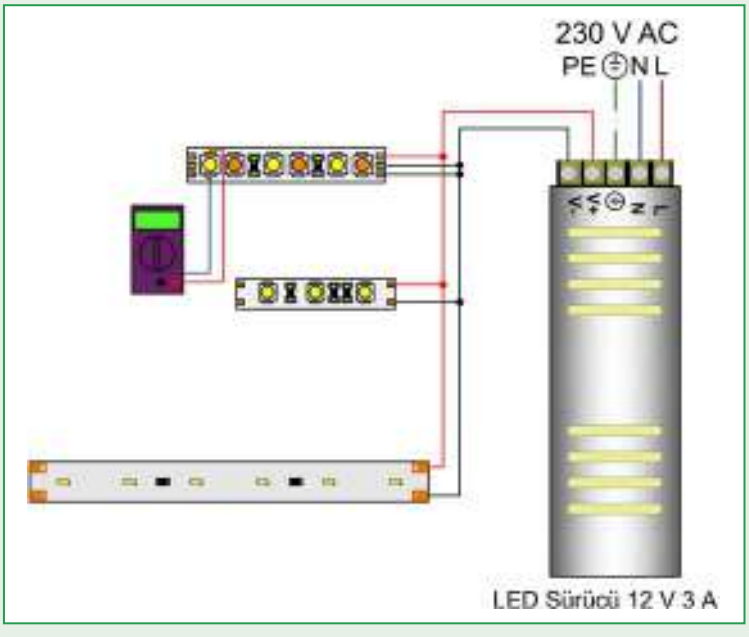
AMAÇ

Süre: 40 dk.

LED modüllerde gerilim ve aydınlatma şiddeti gruplama farkını tespit etmek.

GÖREV

Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek şerit LED üzerindeki LED'lerin anot katot arasındaki gerilimleri ölçülüp gerilim gruplama farkı, aydınlatma şiddeti ölçülerek bu değerin gruplaması farkı tespit edilecektir. Uygulamada kullanılacak şerit LED ve güç kaynağının LED gruplama ölçüm bağlantıları Görsel 5.133'te görülmektedir. Buna göre devreyi kurunuz ve devreyi çalıştırarak gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.133: LED gruplama ölçüm bağlantıları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Şerit LED	12 V, farklı modellerde beyaz LED bulunan	3 paket
DC güç kaynağı	12 V/3 A SMPS	1 adet
Topraklı fiş	3x1,5 mm^2	1 m
Çok damarlı kablo	2x0,75 mm^2 çeşitli renkte	1 m
Voltmetre	Dijital	1 adet
Lüksmetre	Dijital	1 adet
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından devrenin 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. 12 V SMPS güç kaynağını MDF plaka üzerine vidalayınız.
3. 12 V SMPS güç kaynağının faz, nötr ve toprak klemenslerine topraklı fiş bağlantısını yapınız.
4. 1 m'lik şerit LED'leri düz şekilde masanın üzerine aralarında 30 cm boşluk bırakarak alt alta yerleştiriniz.
5. Görsel 5.133'te görülen devreye uygun olarak güç kaynağını şerit LED'lere bağlayınız.
6. Öğretmen kontrolünde güç kaynağı fişini prize takınız.
7. Her şerit LED'de 3 farklı LED'in anot katot arasındaki gerilimi voltmetreyle ölçerek Tablo 5.50'ye not ediniz.
8. Her şerit LED'de 3 farklı LED'in aydınlatma şiddetini lüksmetreyle ölçerek Tablo 5.50'de ilgili kısma not ediniz.
9. Güç kaynağı fişini prizden çıkartınız.
10. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
11. Çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 5.50: Şerit LED Üzerinde Aydınlatma Şiddeti ve Gerilim Ölçümleri

Gruplama	1. LED Modül			2. LED Modül			3. LED Modül		
	1. LED	2. LED	3. LED	1. LED	2. LED	3. LED	1. LED	2. LED	3. LED
Gerilim (V)									
Aydınlatma Şiddeti (lüx)									

SORULAR

1. **Her LED modülde aynı gruplama özelliklerine sahip LED kullanılmasının sebebi nedir?Açıklayınız.**
2. **Farklı LED modüllerde gruplama özelliklerinin de farklı olmasının sebebi nedir? Açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** 12 V SMPS montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** Kabloları klemenslere sıkıca montajladı.	10	
İmza		**4.** Tesisattaki kabloların yalıtımını kontrol etti.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** LED'lerin gerilimlerini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** LED'lerin aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.	20	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

5.26. UYGULAMA GÜÇLERİ AYNI, FARKLI LED LAMBALARIN ÇALIŞMA DENEYİ

AMAÇ

Süre: 40 dk.

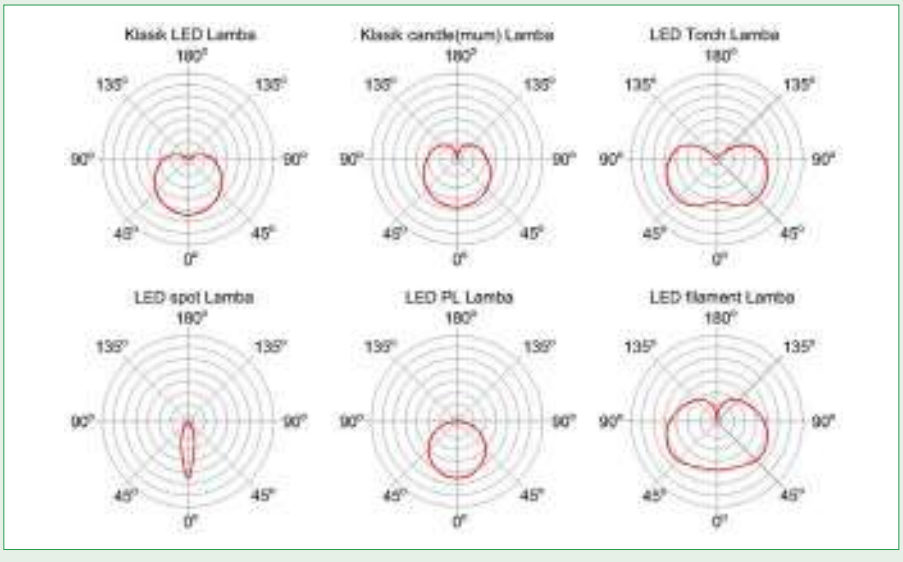
Aynı güçlere sahip altı farklı tekli LED lamba ile ilgili aydınlatma deneyleri yapmak ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak.

GÖREV

Görsel 5.134'te 10 W gücüne sahip altı farklı LED lambanın aydınlık şiddetlerinin belirli mesafelerden ölçülmesi deneyi görülmektedir. Bu deneyde her LED lamba aynı güç değerine sahiptir ancak lambaların diğer özellikleri farklıdır. Belirlenen iki farklı mesafeden aydınlatma şiddeti ölçümleri yapılarak sonuçlar değerlendirilecektir. Buna göre her bir lambayı çalıştırınız ve bu lambalardaki gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.134: Güçleri aynı özellikleri farklı LED lambaların çalışma deneyi



Görsel 5.135: Lambaların ışık dağılım eğrileri

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Klasik LED ampul	10 W, E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED candle ampul	10 W, E14 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED torch ampul	10 W, E14-E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED spot ampul	10 W, GU10 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED PL ampul	10 W, G24-E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED filament ampul	10 W, E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
Lamba duyları	Çeşitli duy tipleri (2xE14, 4xE27, 1xG24, 1xGU10)	8 adet
Lüksmetre	Aydınlatma şiddeti ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
Ampermetre	AC tipli	1 adet
Pozometre	Işık akısı ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
On-off anahtar	Sigorta da kullanılabilir.	1 adet
Kumanda kabloları	1,5 mm^2 NYA	Yeterince
AC güç kaynağı		1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 5.134'te görüldüğü gibi altı farklı LED lambanın aynı noktadan aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümleri yapılacaktır. Deney, belirlenen karanlık ortamda uygulanacaktır. Bu sebeple her bir lambanın duyunu belirli noktaya yerleştiriniz.
3. Lambanın uç noktasından itibaren 0,5 m, 1 m ve 2 m aralıklar oluşturunuz.
4. 10 W güce sahip çeşitli LED lambaları temin ediniz ve her bir lambaların teknik özelliklerini Tablo 5.51'e yazınız.
5. İlk olarak klasik LED lambayı armatüre (duya) yerleştiriniz.
6. Öğretmen kontrolünde devreye enerji vererek lambanın yanmasını gözlemleyiniz. Devreden geçen akımı Tablo 5.52'ye yazınız.
7. Lüksmetre ve pozometreyi ilk olarak 0,5 m mesafeye alarak aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümlerini yapınız. Elde edilen sonuçları Tablo 5.52'ye yazınız. Aynı işlemleri 1 m ve 2 m mesafelerden de yaparak ölçüm sonuçlarını tabloya yazınız.
8. Enerjiyi kesip lambayı sökünüz.
9. Diğer lambaları sırasıyla armatüre bağlayınız.
10. Öğretmen kontrolünde enerji vererek devreden geçen akımı, belirli mesafelerdeki lüks ve lümen değerlerini ölçüp tabloya yazınız.
11. İşlem tamamlandığında devrenin enerjisini kesip malzemeleri sökerek teslim ediniz.
12. Ölçülen lümen değerinden yola çıkarak etkinlik faktörünü hesaplayınız ve Tablo 5.52'deki ilgili bölüme yazınız.
13. Elde edilen sonuçları Görsel 5.135'te bulunan ışık dağılım eğrileriyle birlikte karşılaştırınız ve yorumlayarak farkları ortaya çıkarınız.

Tablo 5.51: Lamba Özellikleri Tablosu

Lambalar	Güç	CRI	Renk	Verimi (%)	Diğer Özellikler
Klasik LED					
LED candle					
LED torch					
LED spot					
LED PL ampul					
LED filament					

Tablo 5.52: Ölçüm Tablosu

Lambalar	Akım (mA)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ölçülen Aydınlatma Şiddeti (Lüks)			Ölçülen Işık Akısı (Lümen)		
			0,5 m	1 m	2 m	0,5 m	1 m	2 m
Klasik LED								
LED candle								
LED torch								
LED spot								
LED PL ampul								
LED filament								

SORULAR

1. **Ölçümler sonucunda en verimli LED lamba hangisi çıkmıştır? Neden?**
2. **Ölçümler sonucunda etkinlik faktörü iyi ve kötü olan LED lambaları karşılaştırınız.**
3. **Aynı güçte LED lamba kullanmanın etkilerini mesafelere göre değerlendiriniz.**
4. **Aydınlatma simülasyon yazılımında verilen lamba modellerini belirli yüksekliğe yerleştirerek analiz ediniz. Elde edilen sonuçları mevcut sonuçlar ile karşılaştırınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Her bir lambanın duy bağlantılarını belirli mesafede yaptı.	15	
Sınıfı		**2.** Başlangıç noktasında her lambanın aydınlatma şiddetini ölçtü.	10	
Numarası		**3.** Başlangıç noktasında her lambanın ışık akısını ölçtü.	10	
İmza		**4.** Başlangıç noktasında her lambadan geçen akımı ölçtü.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Belirli noktalarda her lambanın aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Belirli noktalarda her lambanın ışık akısını ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Belirli noktalarda her lambadan geçen akımı ölçtü.	15	
Saat		**8.** Ölçüm sonuçlarını eğri grafikleri ile karşılaştırdı.	10	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

5.27. UYGULAMA AYNI IŞIK AKILI FARKLI LED LAMBALARIN ÇALIŞMA DENEYİ

Süre: 40 dk.

AMAÇ

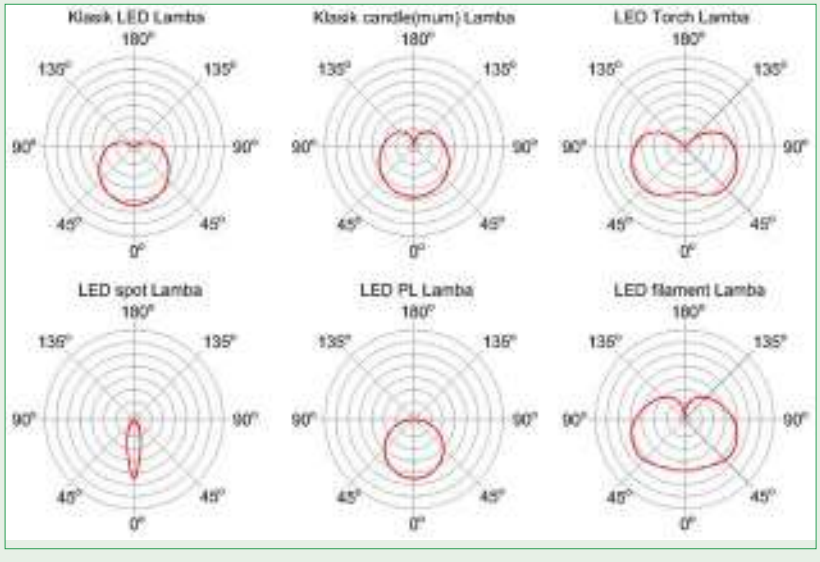
Aynı ışık akılarına sahip altı farklı LED lamba grubu ile ilgili aydınlatma deneyleri yapmak.

GÖREV

Görsel 5.136'da 1000 lümen ışık akısına sahip altı farklı LED lambanın aydınlık şiddetlerinin belirli mesafelerden ölçülmesi deneyi görülmektedir. Bu deneyde her lamba aynı güç değerine sahiptir ancak lambaların diğer özellikleri farklıdır. Belirlenen iki farklı mesafeden aydınlatma şiddeti ölçümleri yapılarak sonuçlar değerlendirilecektir. Buna göre her bir lambayı çalıştırınız ve bu lambalardaki gerekli ölçümleri yapınız.



Görsel 5.136: Aynı ışık akılı farklı LED lambaların çalışma deneyi



Görsel 5.137: Lambaların ışık dağılım eğrileri

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Klasik LED ampul	1000 lümen, E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED candle ampul	1000 lümen, E14 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED torch ampul	1000 lümen, E14-E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED spot ampul	1000 lümen, GU10 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED PL ampul	1000 lümen, G24-E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
LED filament ampul	1000 lümen, E27 duy tipi, sıcak beyaz	1 adet
Lamba duyları	Farklı duy tipleri (2xE14, 4xE27, 1xG24, 1xGU10)	8 adet
Lüksmetre	Aydınlanma şiddeti ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
Ampermetre	AC tipli	1 adet
Pozometre	Işık akısı ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
On-off anahtar	Sigorta da kullanılabilir.	1 adet
Kumanda kabloları	1,5 mm^2 NYA	Yeterince
AC güç kaynağı		1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 5.136'da görüldüğü gibi altı farklı LED lambanın aynı noktadan aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümleri yapılacaktır. Deney belirlenen karanlık ortamda uygulanacaktır. Bu sebeple her lambanın armatürünü (duyunu) belirli noktaya yerleştiriniz ve lambanın uç noktasından itibaren 0,5 m, 1 m ve 2 m aralıklar oluşturunuz.
3. 1000 lümen ışık akısına sahip çeşitli LED lambaları temin ediniz. Lambaların teknik özelliklerini Tablo 5.53'e yazınız.
4. İlk olarak klasik LED lambayı armatüre yerleştiriniz.
5. Öğretmen kontrolünde devreye enerji vererek lambanın yanmasını gözlemleyiniz. Devreden geçen akımı Tablo 5.54'e yazınız.
6. Lüksmetre ve pozometreyi ilk olarak 0,5 m mesafeye alarak aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümlerini yapınız.
7. Elde edilen sonuçları Tablo 5.54'e yazınız.
8. Aynı işlemleri 1 m ve 2 m mesafelerden de yaparak ölçüm sonuçlarını tabloya yazınız.
9. Enerjiyi kesip lambayı sökünüz.
10. Diğer lambaları sırasıyla armatüre bağlayınız.
11. Öğretmen kontrolünde enerji vererek devreden geçen akımı, belirli mesafelerdeki lüks ve lümen değerlerini ölçüp tabloya yazınız.
12. İşlem tamamlandığında devrenin enerjisini kesiniz ve malzemeleri sökerek teslim ediniz.
13. Ölçülen lümen değerinden yola çıkarak etkinlik faktörünü hesaplayınız ve sonuçları Tablo 5.54'teki ilgili bölüme yazınız.
14. Elde edilen sonuçları Görsel 5.137'de bulunan ışık dağılım eğrileriyle karşılaştırıp yorumlayarak farkları ortaya çıkarınız.

Tablo 5.53: Lamba Özellikleri Tablosu

Lambalar	Güç	CRI	Renk	Verimi (%)	Işık Şiddeti	Özellikler
Klasik LED						
LED candle						
LED torch						
LED spot						
LED PL ampul						
LED filament						

Tablo 5.54: Ölçüm Tablosu

Lambalar	Akım (mA)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ölçülen Aydınlanma Şiddeti (Lüks)			Ölçülen Işık Akısı (Lümen)		
			0,5 m	1 m	2 m	0,5 m	1 m	2 m
Klasik LED								
LED candle								
LED torch								
LED spot								
LED PL ampul								
LED filament								

SORULAR

1. **Ölçümler sonucunda en verimli LED lamba hangisi çıkmıştır? Neden?**
2. **Etkinlik faktörü iyi ve kötü olan LED lambaları karşılaştırınız.**
3. **Aynı ışık akılı LED lamba kullanmanın etkilerini değerlendiriniz.**
4. **Aydınlatma simülasyon yazılımında verilen lamba modellerini belirli yüksekliğe yerleştirerek analiz ediniz. Elde edilen sonuçları mevcut sonuçlar ile karşılaştırınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Her lambanın duy bağlantısını belirli mesafede yaptı.	15	
Sınıfı		**2.** Başlangıç noktasında her lambanın aydınlatma şiddetini ölçtü.	10	
Numarası		**3.** Başlangıç noktasında her lambanın ışık akısını ölçtü.	10	
İmza		**4.** Başlangıç noktasında her lambadan geçen akımı ölçtü.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Belirli noktalarda her lambanın aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Belirli noktalarda her lambanın ışık akısını ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Belirli noktalarda her lambadan geçen akımı ölçtü.	15	
Saat		**8.** Ölçüm sonuçlarını eğri grafikleri ile karşılaştırdı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

5.28. UYGULAMA TOPLAMDA AYNI GÜÇLÜ ÇOKLU LED LAMBALARIN ÇALIŞMA DENEYİ

AMAÇ

Süre: 40 dk.

Toplamda aynı güçlere sahip altı farklı çoklu LED lamba ile ilgili aydınlatma deneyleri yapmak ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak.

GÖREV

Tablo 5.55'te her lambanın hangi güçten kaç adet kullanılacağını gösteren bilgiler görülmektedir. Buna göre toplamda 30 W güç elde etmek için yeteri sayıda lamba grubu kullanılacaktır. Buna göre her bir lamba grubunu çalıştırınız ve bu lamba grubundaki gerekli ölçümleri yapınız.

Tablo 5.55: LED Lambaların Özellikleri

Lambalar	Güç (W)	Adet	Toplam Güç (W)	Işık Akısı (Σ) (lm)	EF (Σ) (lm/W)	Verim (%)
Klasik LED lamba						
LED candle lamba						
LED torch lamba						
LED spot lamba						
LED PL lamba						
LED filament lamba						

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Klasik LED lamba	10 W, E27 duy tipi, sıcak beyaz	3 adet
LED candle lamba	5 W, E14 duy tipi, sıcak beyaz	6 adet
LED torch lamba	15 W, E14-E27 duy tipi, sıcak beyaz	2 adet
LED spot lamba	15 W, GU10 duy tipi, sıcak beyaz	2 adet
LED PL lamba	6 W, G24-E27 duy tipi, sıcak beyaz	5 adet
LED filament lamba	15 W, E27 duy tipi, sıcak beyaz	2 adet
Lamba duyları	Farklı duy tipleri (2xE14, 4xE27, 1xG24, 1xGU10)	8 adet
Lüksmetre	Aydınlatma şiddeti ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
Ampermetre	AC tipli	1 adet
Pozometre	Işık akısı ölçüm cihazı, dijital özellikli	1 adet
On-off anahtar	Sigorta da kullanılabilir.	1 adet
Kumanda kabloları	1,5 mm^2 NYA	Yeterince
AC güç kaynağı		1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Öğretmen kontrolünde malzemelerin sağlamlık kontrollerini yapınız.
3. LED lambaların teknik özelliklerini ilgili firmanın teknik dokümanından inceleyiniz ve Tablo 5.55'teki ilgili alanlara bilgileri yazınız.
4. Altı farklı LED lamba grubunun aynı noktadan itibaren aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümleri yapılacaktır. Belirlenen karanlık ortamda deney uygulanacaktır. Bu sebeple her lamba grubunun armatürlerini (duylarını) belirli noktaya yerleştiriniz ve lambaların uç noktasından itibaren 0,5 m, 1 m ve 2 m aralıklar oluşturunuz.
5. İlk olarak klasik LED lamba grubunu ilgili armatürlere yerleştiriniz.
6. Öğretmen kontrolünde devreye enerji vererek lambaların yanmasını gözlemleyiniz. Devreden geçen akımı Tablo 5.56'ya yazınız.
7. Lüksmetre ve pozometreyi ilk olarak 0,5 m mesafeye alarak aydınlatma şiddeti ve ışık akısı ölçümlerini yapınız.
8. Elde edilen sonuçları Tablo 5.56'ya yazınız.
9. Aynı işlemleri 1 m ve 2 m mesafelerden de yaparak ölçümleri alınız ve sonuçları tabloya yazınız.
10. Enerjiyi kesip lambaları sökünüz.
11. Diğer LED lamba gruplarını sırasıyla ilgili armatürlere bağlayınız.
12. Öğretmen kontrolünde enerji vererek devreden geçen akımı ve belirli mesafelerdeki lüks ve lümen değerlerini ölçüp tabloya yazınız.
13. İşlem tamamlandığında devrenin enerjisini kesiniz ve malzemeleri sökerek teslim ediniz.
14. Ölçülen lümen değerinden yola çıkarak etkinlik faktörlerini hesaplayıp sonuçları Tablo 5.56'daki ilgili bölüme yazınız.
15. Elde edilen sonuçları yorumlayarak farkları ortaya çıkarınız.

Tablo 5.56: Ölçüm Tablosu

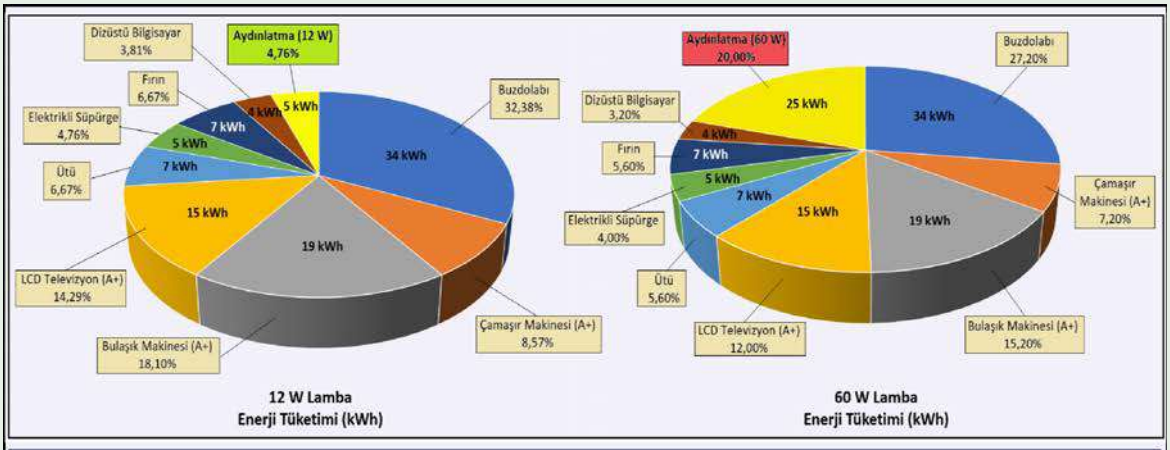
Lambalar	Akım (mA)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ölçülen Aydınlanma Şiddeti (Lüks)			Ölçülen Işık Akısı (Lümen)		
			0,5 m	1 m	2 m	0,5 m	1 m	2 m
Klasik LED lamba								
LED candle lamba								
LED torch lamba								
LED spot lamba								
LED PL lamba								
LED filament lamba								

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Her lambanın duy bağlantılarını belirli mesafede yaptı.	15	
Sınıfı		**2.** Başlangıçtaki her lamba grubunun aydınlatma şiddetini ölçtü.	10	
Numarası		**3.** Başlangıçtaki her lamba grubunun ışık akısını ölçtü.	10	
İmza		**4.** Başlangıçtaki her lamba grubundan geçen akımı ölçtü.	10	
ÖĞRETMEN		**5.** Belli noktadaki her lamba grubunun aydınlatma şiddetini ölçtü.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Belli noktadaki her lamba grubunun ışık akısını ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Belli noktadaki her lamba grubundan geçen akımı ölçtü.	15	
Saat		**8.** Ölçüm sonuçlarını eğri grafikleri ile karşılaştırdı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	



FARKLI LAMBA GÜÇLERİNİN ENERJİ TÜKETİMİNE YANSIMASI

Doğru lamba ve armatür tercihi enerji tasarrufuna önemli katkı sağlar. Lamba gücündeki değişimin enerji tüketimine etkisi yukarıdaki grafiklerde görülmektedir. Örneğin 12 W'lık bir lambanın 105 kWh'lik toplam enerji tüketimindeki payı %4,76, 60 W'lık bir lambanın 125 kWh'lik toplam enerji tüketimindeki payı ise %20 olmaktadır. Bu durumda %15'e yakın enerji tüketim artışı meydana gelmektedir.



İÇ AYDINLATMADA ENERJİ TASARRUF YÖNTEMLERİ

- Konut içeresinde bulunan lamba ve armatürler kullanım sonrası söndürülmelidir.
- **Armatür ve lambaların dış yüzeyleri düzenli aralıklarla temizlenerek ışık kaynağından alınabilecek maksimum verim alınmalıdır.**
- Oda duvarları ve tavanı açık renge boyanarak ışığın iyi derecede yansıması sağlanmalıdır.
- **İçerisinde birden fazla lamba bulunan avizeler yalnızca geniş alanlarda kullanılmalıdır. Bu nedenle küçük odalarda daha uygun özellikli armatürler tercih edilmelidir.**
- Lamba parlaklığını ayarlayabilen dimmer anahtarlar ile lambaya giden akım değeri gerektiğinde azaltılmalıdır.
- **Enerji verimliliği açısından eski tip akkor flamanlı veya tasarruflu lambalar yerine LED teknolojisi ile üretilmiş lambalar kullanılmalıdır.**
- Konutlarda görmeyi olumsuz etkileyen yüksek lümenli lambalar yerine doğru lümen değerine sahip lambalar kullanılmalıdır.
- **Doğal ışık kaynağı olan güneşten daha fazla faydalanabilmek için oda ve çatı pencereleri temiz tutulmalı, pencere önüne güneş ışığına engel olacak cisimler yerleştirilmemelidir.**

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Kızılötesi LED diyotlar gece görüşü sağlamak için kullanılır.
2. ( ) Esnek PCB tabanı alüminyum alaşımdan yapılmaktadır.
3. ( ) LED modüller seri veya paralel bağlandığında üzerlerinden hep aynı akım geçer.
4. ( ) Işık dağılım eğrisinin dış kısmındaki halka, ışık şiddetinin en düşük olduğu halkadır.
5. ( ) LED'ler 80 °C üzerinde ortam sıcaklığına maruz kaldığında akım değerleri artar.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. Yüksek güçlü LED diyot, ... LED diyot olarak da isimlendirilir.
7. Her iki yüzeyi bakırla kaplı PCB çeşidi ..... PCB'dir.
8. LED modüllerin alt alta bağlanmasına ..... bağlantı denir.
9. Ortak anotlu LED'lerin çalışmasını sağlamak için ortak uca ..... uç bağlanır.
10. Lamba ya da armatürlerin ışık dağılım eğrileri ..... sistemi ile elde edilir.

C. Aşağıdaki ilk sütunda LED'li ifadeler, diğer sütunda ise LED'li kavramlar verilmiştir. LED'li ifadelerin önündeki parantez içlerine LED'li kavramların önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

LED'Lİ İFADELER		
11.	( )	Üç LED ve bir direncin seri bağlantısıyla oluşturulan LED grubudur.
12.	( )	Yüksek güçlü LED'lerin bir kılıf içerisinde birleştirilmesiyle elde edilen LED türüdür.
13.	( )	LED'leri bir arada tutarken ısı dağıtılmasına yardımcı olan karta verilen isimdir.
14.	( )	LED modüllerin alt alta bağlanarak istenen genişlikte aydınlatma şeritleri elde edilmesine verilen addır.
15.	( )	LED'lerin çalışma gerilimlerine göre sınıflandırılması şeklidir.

LED'Lİ KAVRAMLAR	
A	PCB
B	Paralel bağlantı
C	Gerilim gruplama
Ç	COB
D	LED modül
E	RGBCCT

Ç. Aşağıdaki soruları okuyup doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Renk sıcaklığı kontrolünde kullanılan şerit LED aşağıdakilerden hangisidir?

A) RGB B) RGBW C) RGBCW D) RGBCCT E) RGBWW

17. Tek yüzeyi bakırla kaplı PCB türü aşağıdakilerden hangisidir?

A) Alüminyum B) CEM1 C) Esnek D) FR-1 E) FR-2

18. 12 V'luk bir güç kaynağı ile çalıştırılacak iki adet beyaz LED'in çalışma gerilimi 3 V, çalışma akımı ise 30 mA'dir. LED'ler birbirine seri şekilde bağlanmak istendiğinde kullanılacak ön direncin değeri kaç Ω'dur?

A) 100 B) 150 C) 200 D) 300 E) 400

19. Şerit LED'ler için kullanılacak LED sürücülerde akım değeri seçilirken şerit LED'in çekeceği toplam akımın yüzde kaç fazla olması gerekmektedir?

A) 15 B) 25 C) 35 D) 45 E) 55

20. LED etanj armatürleri diğer LED armatürlerden ayıran en önemli özellik nedir?

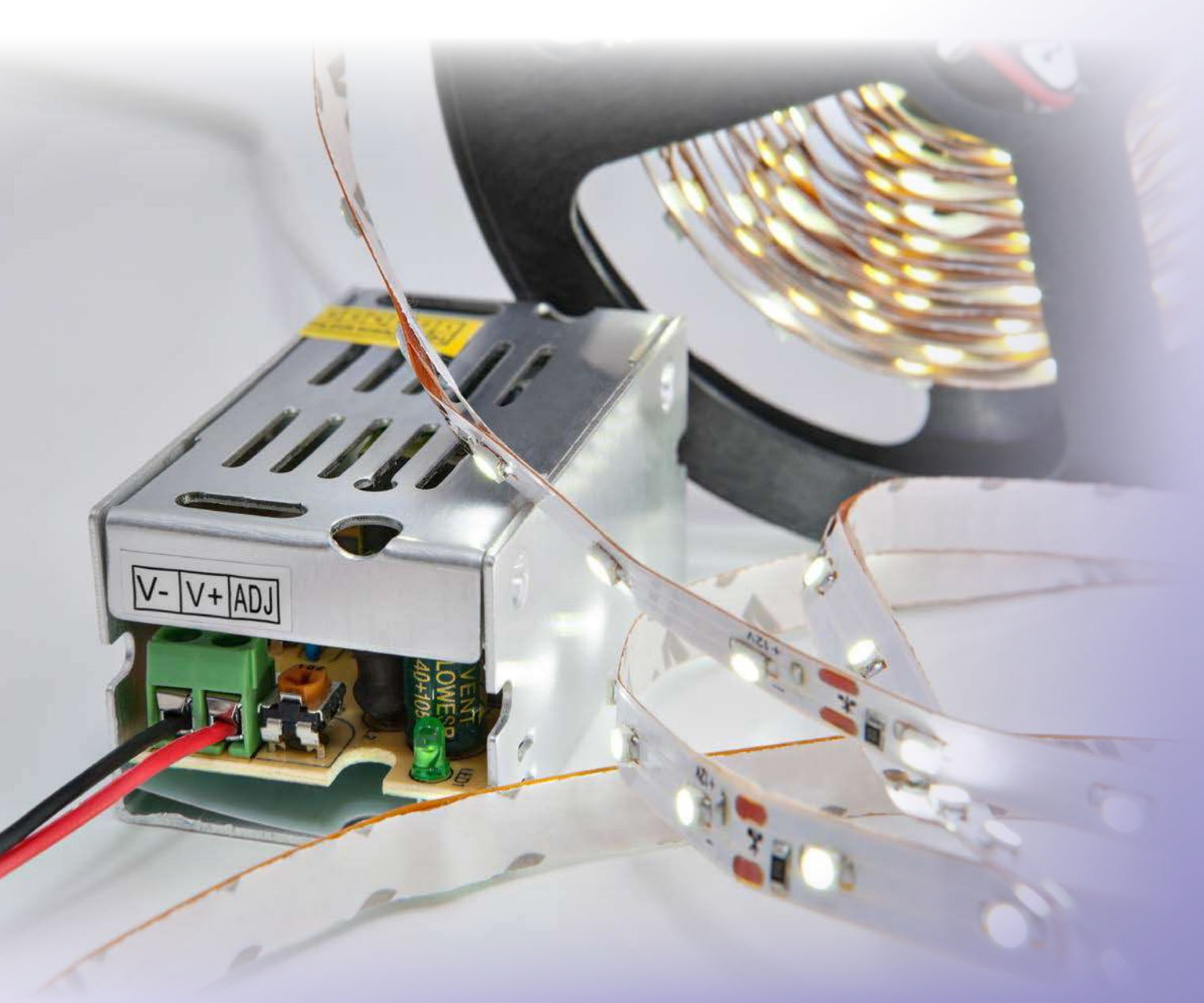
A) Isı, nem ve toza karşı korumalı olması

B) Yüksek akım çekmesi

C) Yüksek gerilim ile çalışması

D) Verimli çalışması

E) Sürücü ile kullanılması



6. LED SÜRÜCÜLER ÖĞRENME BİRİMİ

KONULAR

6.1. LED SİSTEMİNE GÖRE SÜRÜCÜ SEÇİMİ

6.2. SABİT GERİLİM SÜRÜCÜLERİ

6.3. SABİT AKIM SÜRÜCÜLERİ

TEMEL KAVRAMLAR

LED grubu, LED sürücüleri, power şerit LED, RGB şerit LED, sabit akım, sabit gerilim

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **LED sürücülerin ömrünü belirleyen etkenler sizce neler olabilir ? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**
2. **LED sürerken LED'in çalışacağı akım ve gerilim değerleri nin dışında değerler uygulamak nasıl bir etki oluşturur. Araştırınız ve elde ettiğiniz bilgileri sınıfta paylaşınız.**
3. **Bir ortamda hangi tip LED kullanacağımızı nasıl belirlememiz gerekiyor? Tartışınız.**

Çıkışına bağlanan yükü kontrol edebilen elektronik devre elemanına **sürücü** denir. Çıkışına bağlanan LED ya da LED grubuna sabit gerilim veya akım vererek bunların verimli şekilde ve uygun aralıkta çalışmasını sağlayan elektronik devreye **LED sürücü** denir. LED sürücüler, LED'lerin dalgalanmalara karşı korunmasını sağlar. Son yıllarda kapalı alan aydınlatmalarında ve farklı amaçlara yönelik kullanımlarda LED ön plana çıkmıştır. Bunun temel nedeni LED teknolojisinin verimli ve ekonomik olmasıdır. Kullanım alanı günden güne artan LED cihazlarının doğru şekilde kontrol edilmesi ve sürülmesi önemlidir.

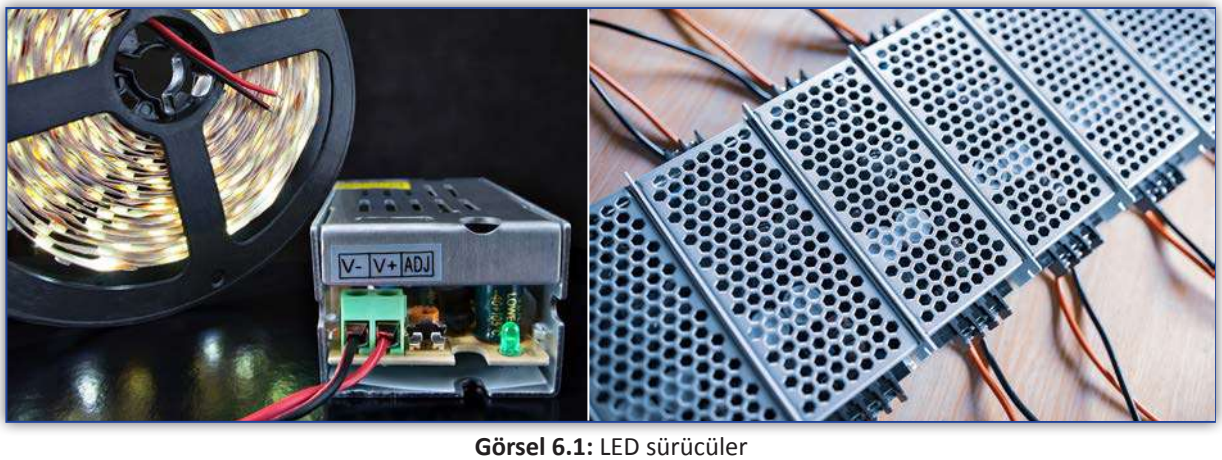
6.1. LED SİSTEMİNE GÖRE SÜRÜCÜ SEÇİMİ

İç ya da dış aydınlatmanın LED armatür olması isteniyorsa aydınlatılacak ortamda bulunan LED grubunun buna uygun sürücü ile kullanılması şarttır. LED sürücü seçilirken dikkate alınması gereken ölçütler şunlardır:

- Sürücünün maliyeti ve kullanım ömrü
- Sürücü verimliliği ve sürücünün ortam sıcaklığı
- Sürücüde akım, gerilim ve güç ilişkisi
- IP [Ingress Protection] koruma seviyeleri
- PF [Power Factor] güç faktörü
- Dim edilebilirlik
- Uzaktan kontrol edilebilirlik

6.1.1. LED Sürücü Maliyetleri ve Kullanım Ömrü

LED grubuna sürücü seçilirken maliyet açısından iki noktaya dikkat edilmesi gereklidir. Bunlardan birincisi kullanım ömrü, ikincisi ise çıkış gücü değerleridir. Günümüzde kullanılan LED sürücülerin ömrü genelde 1.000 saat ila 150.000 saat aralığındadır. Maliyetler karşılaştırıldığında 5.000 saat ömrü olan LED sürücü ile 25.000 saat ömrü olan LED sürücü arasında ciddi fiyat farkı olduğu görülür. Dolayısıyla maliyet hesabında en önemli unsur kullanım ömrüdür. Görsel 6.1'de çeşitli LED sürücüler görülmektedir.



Görsel 6.1: LED sürücüler

Maliyet açısından bir diğer husus ise sürücü çıkış gücü değerleridir. Kullanılacak LED aydınlatmanın sağlayacağı ışık şiddetine göre seçilecek her LED grubunun çalışması için belirli gerilim ve akım değerleri mevcuttur. Sabit gerilimli ve sabit akımlı sürücülerin fiyatları çıkış güçlerine göre değişir. Örneğin sabit gerilimli 12 V 5 A'lık bir sürücü ile 12 V 30 A'lık bir sürücü ya da sabit akımlı 18 W 300 mA ile 36 W 300 mA sürücünün fiyatları aynı olmaz. Dolayısıyla sürücü tipleri ve buna bağlı olarak çıkış güçleri LED sürücülerin maliyetinin farklılaşmasında önemli etkenlerdir.

6.1.2. Sürücü Verimliliği ve Sürücünün Ortam Sıcaklığı

LED aydınlatmanın diğer aydınlatma türlerine göre enerji tasarrufu bakımından daha avantajlı olduğu söylenebilir. Bu konuya bağlı olarak enerji verimliği ancak yüksek etkili sürücüler kullanıldığında işe yarar. Yüksek verimli sürücülerle elde edilecek enerji tasarrufu, sürücünün ömrü düşünüldüğünde önemlidir.

Bir LED sürücünün harcadığı güç değeri şu formülle hesaplanır:

$$P_{LED_in} = \frac{P_{LED_out}}{\eta_{LED}}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

P_{LED_in} : LED sürücüsünün harcadığı güç değeri [Watt]

P_{LED_out} : LED sürücüsünün çıkış gücü [Watt]

η_{LED} : LED sürücüsünün verimliliği [%]

ÖRNEK

Güç çıkışları 100 W olan iki farklı LED sürücünün verimliliği %80 ve %90 olduğuna göre bu sürücülerin harcadıkları güç değerleri nedir?

ÇÖZÜM

Her bir sürücünün harcadığı güç değerlerinin hesaplanması şu şekildedir:

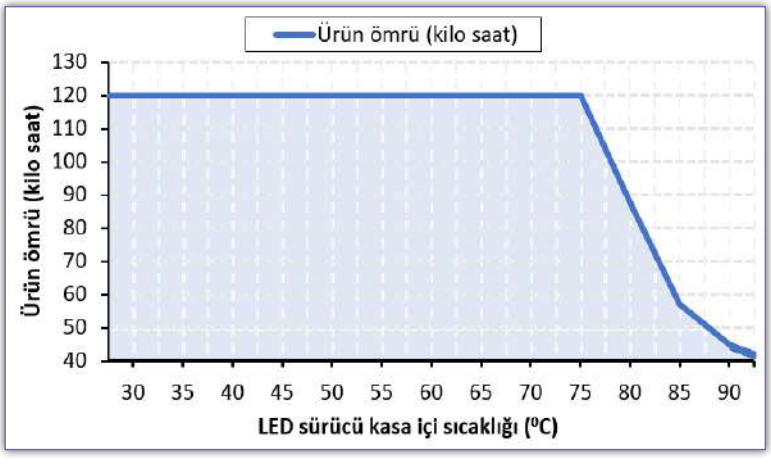
$$P_{LED_in1} = \frac{P_{LED_out1}}{\eta_{LED1}} = \frac{100}{0{,}80} = 125\ W \qquad P_{LED_in2} = \frac{P_{LED_out2}}{\eta_{LED2}} = \frac{100}{0{,}90} = 111{,}1\ W$$

DC kısımda gücü 100 W olan bir LED sürücünün şebekeden çektiği güç, ünitenin %90 verimli olması durumunda 111,1 W civarında olacaktır. Bu durumda enerji kaybı 11,1 W civarındadır. Ünitenin %80 verimle çalışması durumunda bu kayıp 25 W'a yükselecektir. Bir LED armatürün ömrü 40.000 saat olduğunda bu iki ünite arasındaki enerji tasarruf farkı 556 kW/saat'tir. Burada görüldüğü gibi %10'luk verim farklılığında dahi büyük oranda enerji tasarrufu sağlanır.

SIRA SİZDE

200 W güç harcayan LED sürücünün verimi %95 ise sürücünün çıkışı kaç W'tır?

Görsel 6.2'de LED sürücülerde sıcaklık-kullanım ömrü grafiği görülmektedir. Daha yüksek etkili sürücülere bağlı daha düşük sıcaklıklar, ürün ömrünü ve arızasız geçen ortalama süreyi (MTBF) önemli ölçüde arttırır.



Görsel 6.2: LED sürücülerde sıcaklık-kullanım ömrü grafiği

%90 etkili bir sürücüdeki güç kaybı, %80 etkili bir sürücüdeki güç kaybının yarısından daha azdır. Düşük verimli sürücüdeki kayıplar sistem sıcaklığını önemli ölçüde arttırır. Sürücüde bulunan elektrolitik kondansatörlerin ömrü, sıcaklıktaki 10 °C'lik her artış ile yaklaşık %50 oranında kısalır. Bu nedenle yüksek verimli sürücüler tahmini sürücü ömrünü kabaca 2-4 kat daha arttırabilir.

NOT

Bir elektronik devrenin ömrü, o elektronik devrede yer alan en kısa ömürlü devre elemanının ömrü kadardır. Dolayısıyla dengeli şekilde çalışan LED sürücülerde kullanım ömrünü belirleyen en önemli devre elemanı sürücü devresi içinde yer alan elektrolitik kondansatörlerdir. Çünkü elektrolitik kondansatörlerde kararlı çalışma sıcaklıklarının üzerine çıkıldığında kondansatörün içerisindeki jel sıvının kuruması sebebiyle kullanım ömrü azalır. LED grubunun sürücüye yakın olması ya da sürücü kutusu içerisindeki sıcaklık artışı direkt olarak LED sürücünün kullanım ömrünü etkiler.

6.1.3. Sürücüde Akım, Gerilim ve Güç İlişkisi

LED ile aydınlatılacak iç ya da dış mekânlar için sürücü seçilirken öncelikle bakılması gereken parametre, LED sürücünün çıkış değerleridir. Sürücü, çalıştırılacak LED grubu ya da armatürünün çalışma gerilimi ve akımına göre seçilir. Bu işlem yapılırken sabit gerilim ya da sabit akımlı sürücüler kullanılır. LED grubu ya da armatürünün giriş gerilimi, giriş akımı ve giriş gücü, LED sürücünün çıkışından büyük olmamalı özellikle sürücü çıkış gerilim aralığının geniş olmasına dikkat edilmelidir. LED'ler özellikle sabit gerilimli sürücülerle kullanıldığında zamanla ısınır ve ısınan LED'lerin gerilimi azalarak çektikleri akım artar. Böylece LED sürücünün gerilim aralığının fazla olması ve çıkış akımının kullanılacak seviye üzerinde seçilmesi fayda sağlar.

LED sürücülerin çıkışına LED grupları bağlanacağı zaman şu yöntemler kullanılır:

Seri Bağlantı: LED uygulamalarındaki en basit bağlantıdır. Yüksek voltaja rağmen yüksek enerji verimliliği sağlayan ve bağlantı hatasının az yapıldığı bağlantı şeklidir. Bu bağlantıda birinci LED'in katot ucu, ikinci LED'in anot ucuna bağlanır. Tek sabit akım kaynağı, tüm şeridi besleyebilir. Bu düzenek, şeritteki sınırlı sayıdaki LED'le gayet iyi çalışır. Şerit voltajı şeritteki LED sayısıyla orantılıdır. Bu nedenle uzun şeritler daha yüksek voltajda çalışır. Örneğin sürme gerilimi 3 V olan LED'lerden oluşan 24 LED'lik bir şerit yaklaşık 72 V'luk bir voltajla çalışır. Herhangi bir LED kısa devre olduğunda (arızalandığında), LED'ler üzerindeki gerilim toplamının LED sürücünün çıkış gerilim aralığının alt limitinden daha düşük olması durumunda armatür normal çalışmasını sürdüremez. Geniş çıkış voltaj aralıklı LED sürücünün kullanılması ve elektronik kartlar tasarlanırken bu çıkış gerilim aralıklarının göz önüne alınması durumunda böyle bir sorunla karşılaşılmayacaktır. Bununla birlikte herhangi bir LED açık devre olduğunda (arızalandığında) armatür, çalışmasını sonlandırır. LED'lerin arızalanması durumunda genellikle kısa devre olur.

Paralel Bağlantı: Çalışma voltajını en aza indirmek için şerit LED'ler paralel olarak bağlanabilir. Örneğin 24 LED'lik şeritler kullanılarak her biri altı LED'den oluşan dört ayrı şerit oluşturulup bu şeritler paralel bağlanabilir. Bu durumda toplam voltaj 18 V civarında olur fakat lamba, akımın dört katına ihtiyaç duyar. Herhangi bir LED'in açık devre olmasıyla tek bir şeridin aydınlanması sonlanır fakat diğer üç şerit yanar. Yanmaya devam eden üç şerit üzerinden geçen akımın şeritlerdeki LED'in maksimum sürme akımından büyük olması durumunda bu şeritlerdeki LED'ler de zamanla bozulacaktır. Bir şeritteki birkaç LED'in kısa devre olması durumunda şeritten geçen akım diğer şeritlere göre fazla olur. Bu durum arızalı şeritteki sağlam LED'lerin yüksek akıma maruz kalmasına sebep olur. Dolayısıyla bu LED'lerin ömürleri kısa olacaktır.

Bağımsız Bağlantı: LED'lerin kullanımındaki en yaygın metotlardan biri de çok kanallı sabit akım sürücülerini kullanmaktır. Bu sürücüde dört adet çıkış sürücü kanalı vardır. Bağımsız bağlanmış dört adet şerit LED'i çalıştırabilir. Bu sürücü LED'lere düşük akım gelmesi problemini ortadan kaldırır. Sürücüde dört adet bağımsız, doğrultulmuş sürücü kanal olduğundan diğer sürücülere göre daha pahalıdır.

6.1.4. IP (Ingress Protection) Koruma Seviyeleri

Diğer tüm elektronik ürünlerde olduğu gibi LED sürücülerde de IP koruma seviyeleri bulunur. **IP koruma seviyesi** elektronik ürünlerin katı ve sıvı dış etkenlere karşı dayanıklılık seviyesini belirten rakamlardır. IP harflerinden sonra iki rakam gelir. Sürücü üzerindeki bu iki rakamın ayrı ayrı anlamı vardır (Görsel 6.3).



Görsel 6.3: LED sürücülerde IP koruma seviyesi gösterimi

LED sürücülerde IP koruma seviyesini gösteren rakamlar ve anlamları Tablo 6.1'de görülmektedir. İç ya da dış mekân aydınlatma LED sürücülerde IP değerlerine dikkat edilmelidir. LED sürücülerin çalıştığı ortama uygun olması gerekir.

Tablo 6.1: LED Sürücülerde IP Koruma Seviyesi Rakamları ve Anlamları

Rakam Sıralama	Açıklaması	Rakam	Açıklaması
İlk rakam	Toz geçirgenliği	0	Toz ve diğer maddelere dayanıklıdır.
		1	Çapı 50 mm'den büyük maddelere dayanıklıdır.
		2	Çapı 12,5 mm'den büyük maddelere dayanıklıdır.
		3	Çapı 2,5 mm'den büyük maddelere dayanıklıdır.
		4	Çapı 1 mm'den büyük maddelere dayanıklıdır.
		5	Toza dayanıklıdır.
		6	Toz geçirmezdir.

İkinci rakam	Suya karşı dayanıklılığı	0	Suya dayanıksızdır.
		1	Dikey damlayan suya dayanıklıdır.
		2	15°lik açıyla gelen su püskürmelerine dayanıklıdır.
		3	60°lik açıyla gelen su püskürmelerine dayanıklıdır.
		4	Tüm yönlerden gelen su püskürmelerine dayanıklıdır.
		5	Düşük basınçlı su fışkırmalarına dayanıklıdır.
		6	Yüksek basınçlı su fışkırmalarına dayanıklıdır.
		7	Kısa süreli suya batmaya dayanıklıdır.
		8	Uzun süreli suya batmaya dayanıklıdır.

ÖRNEK

IP30 koruma seviyesi olan bir LED sürücünün koruma düzeyi nedir?

ÇÖZÜM

IP30 koruma seviyesi LED sürücü

- İlk rakam toz geçirgenliğini gösterir. Buna göre "3" ifadesi, çapı 2,5 mm'den büyük olan maddelere dayanıklı olduğunu göstermektedir.
- İkinci rakam suya karşı dayanıklılığı gösterir. Buna göre "0" ifadesi, suya karşı tamamen korumasız olduğunu göstermektedir.

SIRA SİZDE

IP65 sertifikasına sahip bir sürücünün koruma düzeyi nedir? Açıklayınız.

6.1.5. Power Factor (PF) Güç Faktörü

Güç faktörü, bir AC güç sistemindeki gerçek gücün görünen güce oranıdır. Görünen güç şarj akımı ve şarj voltajını gösterir, gerçek güç şarjdan çekilen asıl güçtür. Güç faktörü, 0-1 arasındaki sayılarla belirtilir. LED sürücü üzerinde güç faktörü unsuruna yer verilmemişse bu durum güç faktörünün cezai işlem sınırı olan 0,9'dan daha küçük olduğu anlamına gelir. Ev tipi aydınlatmalarda cezai işlem uygulanmaz fakat endüstriyel ortamda LED sürücüler kullanılacaksa 0,9'dan daha büyük bir değer barındıran sürücü kullanmak cezai işleme uğramamak açısından gereklidir. PFC, güç faktör düzeltmesidir. Yüksek güç faktörünü sürdürebilmek için anahtar modlu güç kaynakları (LED sürücüler de dâhil), güç faktör düzeltmesinin bazı formlarını kullanmak zorundadır. Bu önemli bir konudur çünkü düşük güç faktörlü bir şarj, aynı miktarda taşınan asıl güç için yüksek güçlü faktörlü bir şarjdan daha fazla akım çeker. Bu nedenle düşük güç faktörü, kullanım alanında daha fazla güç kaybına sebep olur. Anahtar modlu güç kaynakları veya LED sürücülerde bulunan güç faktör düzeltmesinde belli başlı seviyeler gerektiren ve yürürlükte olan bazı standartlar mevcuttur.

6.1.6. Dim Edilebilirlik

Dim edilebilirlik LED sürücüler vasıtasıyla sürücü çıkışına bağlı olan şerit LED ya da power (güç) LED'lerin maksimum parlaklığının istenen ölçüde azaltılabilmesi anlamına gelir. LED grubunu dim etmek için LED sürücüdeki sürme akımının azaltılması gerekir. Böylece daha az güç çeken şerit LED ya da power LED'lerin parlaklığı azalır. Sürücü ile dim edildiğinde daha düşük güçlerle çalışılacağından sürücü sıcaklığı önemli ölçüde azalacak ve sürücünün ömrü uzayacaktır. Aynı şekilde sürücü çıkışına bağlı şerit LED ya da power LED'lerin de düşük akım çekmesi LED sıcaklığını azaltarak LED ömrünü uzatır.

6.1.7. Uzaktan Kontrol Edilebilirlik

LED sürücülerde bulunan bir diğer özellik de uzaktan kontrol edilebilmedir. Bunu LED sürücü ile şerit LED arasına eklenebilen bir uzaktan kontrol ünitesiyle sağlamak mümkündür. Uzaktan kontrol ünitesinde kızılötesi, bluetooth, Wi-Fi (Wireless Fidelity-Kablosuz Bağlantı) bağlantı yöntemlerinden biri kullanılır. Bu yöntemler şunlardır:

IR (Infrared, Kızılötesi) ile Kontrol: Kızılötesi haberleşme olarak bilinen bu yöntemde genellikle LED sürücü ile tümleşik şekilde bulunan kızılötesinin alıcı kısmındaki elektronik devrede IR alıcı LED kumandada ise IR verici LED yer alır. Bu alıcı-verici LED'ler vasıtasıyla şerit LED'de bulunan LED'lerin parlaklık ayarı yapılır. Ayrıca **RGB** [Red (Kırmızı)-Green (Yeşil)-Blue (Mavi)] şerit LED'lerde sabit renk değişim ayarı, belli periyotlarla ışık renk değişimi ve sese göre renk değişimini de bu kumanda ile yapmak mümkündür. Kızılötesi kontrolde IR alıcı LED ile IR verici LED'in arasındaki haberleşme çok kısa mesafelerde gerçekleşebilir. Mesafe arttıkça aradaki bağlantı zayıflar. Mesafeyi artırmak için elektronik devreler bulunsa da bu devreler ayrı bir çaba ve maliyet gerektirir.

Bluetooth ile Kontrol: Bluetooth ile kontrol iki yöntemle yapılır. İlki kumanda ile kontroldür. Bu yöntemde bluetooth modülü LED sürücüyle tümleşiktir. Kumandada şerit LED ile ilgili parlaklık ya da RGB LED'de renk değişimi yapılabilir. İkinci yöntem akıllı cihaz ile kontroldür. Bu yöntemde LED sürücünün çıkışına haricî bir bluetooth modülü bağlanır. Akıllı cihaza ise sürücüye bağlanan bluetooth modülüne ait uygulama yüklenir. Böylelikle şerit LED'in kontrolü akıllı cihaz yardımıyla yapılabilir. Kızılötesinden farklı olarak bu yöntemde araya herhangi bir engel girdiğinde haberleşme bir problem yaşanmadan devam eder. Bluetooth ile kontrol yönteminde kumanda ya da akıllı cihazlar ile daha uzak mesafelerden uzaktan kontrol sağlanabilir (Görsel 6.4).



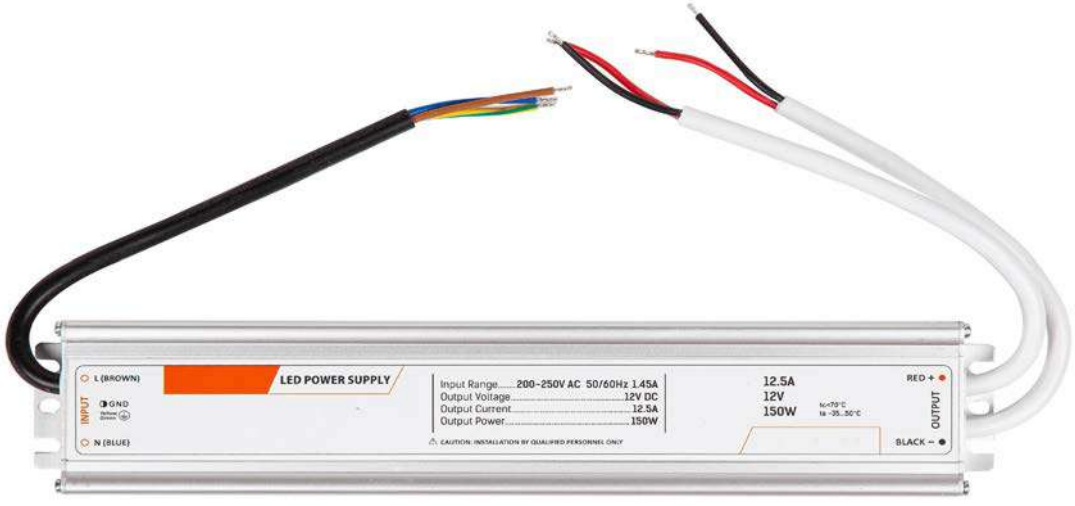
Görsel 6.4: Uzaktan kontrol edilebilen şerit RGB LED

Wi-Fi ile Kontrol: Wi-Fi ile uzaktan kontrol akıllı cihazlar kullanılarak yapılır. Wi-Fi ile çalışan ve sürücüye entegre edilen Wi-Fi modüllerinin bazılarında kablolu ve kablosuz kumanda kontrol cihazları ile erişim de mevcuttur. Wi-Fi bağlantısını kullanarak akıllı cihazlar ile kontrol sağlamak için Wi-Fi modülüne ait uygulamanın akıllı cihaza kurulması gereklidir. Kurulan uygulama ile akıllı cihazdan LED sürücüye entegre Wi-Fi modülüne bağlanılır ve şerit LED'in uzaktan kontrolü sağlanır.

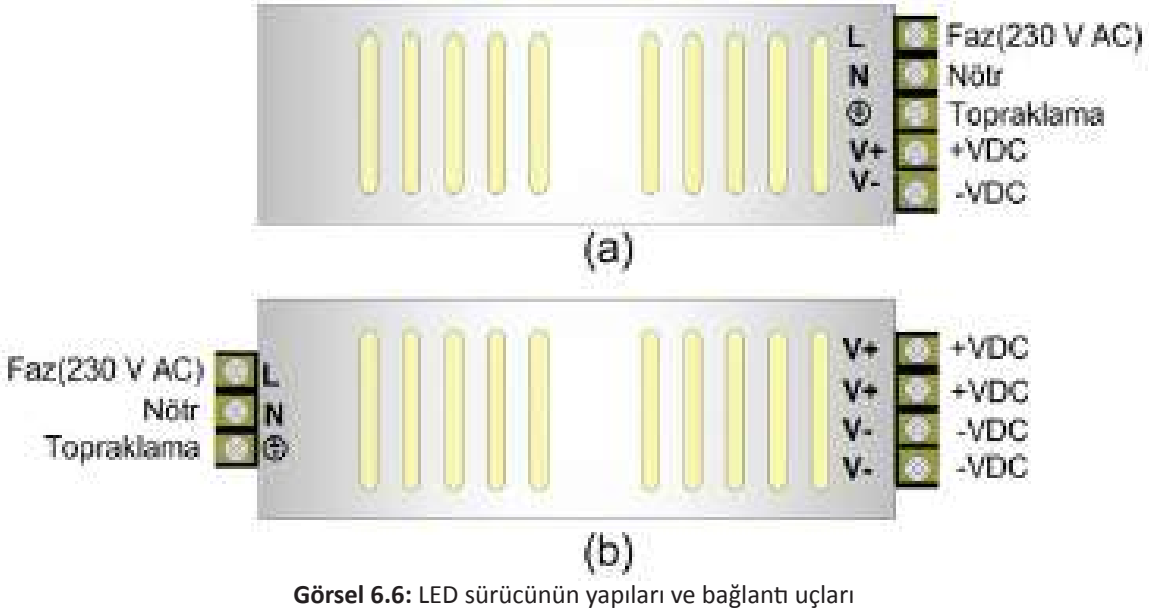
6.2. SABİT GERİLİM SÜRÜCÜLERİ

LED trafosu olarak da isimlendirilen sabit gerilimli LED sürücüler, AC gerilimi DC gerilime çeviren ve çıkışındaki LED grubuna genellikle sabit olarak 5 V, 12 V, 18 V, 24 V, 36 V ve 48 V gerilim ile birlikte belirli düzeyde akım da sağlayan elektronik devrelerdir. LED armatürlerin aydınlatma ünitesine tümleşik olanları da mevcuttur. Sabit gerilimli LED sürücüler genellikle şerit LED diye bilinen LED grubunu besler. Bu sürücüler paralel dizili LED'lerde, şerit LED'lerde, sahne aydınlatmalarında, mimari aydınlatmalarda, sokak aydınlatmalarında ve tavan arası aydınlatmalarında kullanılır.

Görsel 6.5'te sabit gerilimli bir LED sürücü, Görsel 6.6'da sabit gerilimli LED sürücülerin yapıları ve bağlantı uçları görülmektedir.



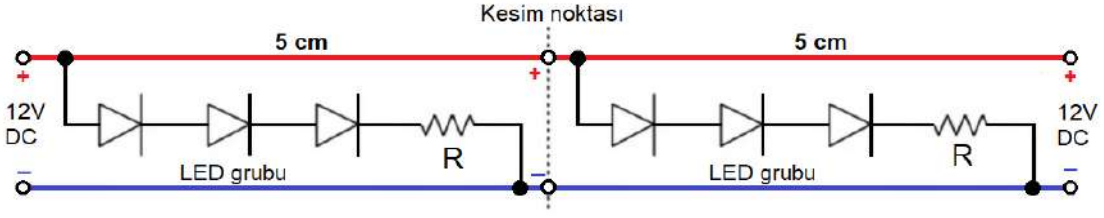
Görsel 6.5: Sabit gerilimli LED sürücü örneği



Görsel 6.6: LED sürücünün yapıları ve bağlantı uçları

Sabit gerilimli LED sürücülerin bağlantı şekilleri dikkate alındığında AC gerilimden gelen bağlantı uçları "faz", "nötr" ve "topraklama" uçlarına bağlanır. Sürücü çıkışları olan "V+" şerit LED'in "+" ucuna, "V-" ise şerit LED'in "-" ucuna bağlanır. Bunun yanında iki ya da üç çıkışlı sürücüler de vardır. Görsel 6.6'daki sabit gerilimli LED sürücülerin bağlantı şekilleri dikkate alındığında iki tür yerleşim göze çarpar.

Şerit LED'lerde metraj uzadıkça direnç artar ve bu da gerilim düşümüne sebep olur. Bundan dolayı çok uzun şerit LED'lerde sürücüye yakın LED'ler uzak ledlere oranla daha parlak ışık verir. Bu sorunu önlemek için çok çıkışlı LED sürücülerin her bir çıkışı şerit LED'lere bölünerek ayrı ayrı bağlanır. Bağlantısı ayrı ayrı yapılan şerit LED'lerin aynı parlaklığı vermesi sağlanır. Görsel 6.7'de 12 V'luk DC gerilimle çalışan ve LED sürücü ile sürülen iki parçalı şerit LED görülmektedir. Şerit LED'lerin her parçası genellikle 5 cm'den oluşur.



Görsel 6.7: Sabit gerilimli şerit LED'in iç yapısı ve yerleşimi

NOT

Şerit LED'ler 12 V'un dışında birçok gerilimle de kullanılmaktadır. Her şerit LED'in teknik özelliklerine ilgili firmanın datasheet bilgisinden ulaşabilirsiniz.

Bir şerit LED'in ihtiyaç duyduğu sürücünün akım değeri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$I_{LED_tekli} = \frac{n_{LED} \cdot P_{LED}}{U} \qquad X_{LED} = \frac{N_{LED}}{\ell_{LED}} \qquad I_{LED_total} = x_{LED} \cdot I_{LED_tekli}$$

Formüldeki kısaltmaların açılımları şunlardır:

$\mathbf{I_{LED_tekli}}$: Tek şerit LED'in çekeceği akım [A]

$\mathbf{I_{LED_total}}$: LED sürücünün ihtiyaç duyduğu minimum akım [A]

$\mathbf{P_{LED}}$: Tek şerit LED'deki tek LED'in çektiği güç [W]

U : Şerit LED'e uygulanan DC gerilim [V]

$\mathbf{n_{LED}}$: Tek şerit LED'deki LED sayısı [adet]

$\mathbf{N_{LED}}$: Toplam şerit LED'in mesafesi [cm]

$\boldsymbol{\ell_{LED}}$: Tek şerit LED'in mesafesi [cm]

$\mathbf{x_{LED}}$: Toplam şerit LED içeresindeki şerit LED sayısı [adet]

ÖRNEK

Bir firmanın ürettiği ve 12 V ile çalışan 5 cm'lik tek şerit LED'de tek çipli 0,08 W güç harcayan üç adet 3528 SMD LED kullanmıştır. Buna göre 3 m'lik şerit LED için minimum kaç A'lık LED sürücü gerekir?

ÇÖZÜM

Tek bir şerit LED'den geçen akımın hesaplanması:

$$I_{LED_tekli} = \frac{n_{LED} \cdot P_{LED}}{U} = \frac{3 \cdot 0{,}08}{12} = \frac{0{,}24}{12} = 0{,}02\ A = 20\ mA$$

3 m'lik şerit LED için kullanılacak tekli şerit LED sayısının hesaplanması:

3 m = 300 cm

$$x_{LED} = \frac{N_{LED}}{\ell_{LED}} = \frac{300}{5} = 60\ adet$$

LED sürücü için gerekli minimum akım değerinin hesaplanması:

$$I_{LED_total} = x_{LED} \cdot I_{LED_tekli} = 60 \cdot 0{,}02 = 1{,}2\ A$$

3 m'lik şerit LED için 12 V'luk ve en az 1,2 A'lık bir LED sürücüye ihtiyacı vardır.

NOT

Şerit LED'lere sürücü seçimi yapılırken tam olarak bulunan değerin sınırında sürücülerin seçilmesi kısa vadede sürücülerin bozulmasına sebep olur. Daha önce de belirtildiği gibi şerit LED'ler çalıştıkları andan itibaren ısınmaya başlar ve çektikleri akım çalıştıkları süre zarfında çok küçük oranda da olsa sürekli artmaya devam eder. Bundan dolayı şerit LED'ler uzun süreli çalıştırılacaksa hesaplanan değerin **en az %20-%25** üzerinde akım verebilen sabit gerilimli bir LED sürücünün seçilmesi sistem için sağlıklı olacaktır.

ÖRNEK

Bir firmanın ürettiği ve 24 V ile çalışan 5 cm'lik tek şerit LED'de tek çipli 0,24 W güç harcayan altı adet 5050 SMD LED kullanmıştır. Buna göre 2 m'lik şerit LED için minimum kaç A'lık bir LED sürücüsü gerekir?

ÇÖZÜM

Tek bir şerit LED'den geçen akımın hesaplanması:

$$I_{LED_tekli} = \frac{n_{LED} \cdot P_{LED}}{U} = \frac{6 \cdot 0{,}24}{24} = \frac{1{,}44}{24} = 0{,}06\ A = 60\ mA$$

2 m'lik şerit LED için kullanılacak tekli şerit LED sayısının hesaplanması:

2 m = 200 cm

$$x_{LED} = \frac{N_{LED}}{\ell_{LED}} = \frac{200}{5} = 40\ adet$$

LED sürücü için gerekli minimum akım değerinin hesaplanması:

$$I_{LED_total} = x_{LED} \cdot I_{LED_tekli} = 40 \cdot 0{,}06 = 2{,}4\ A$$

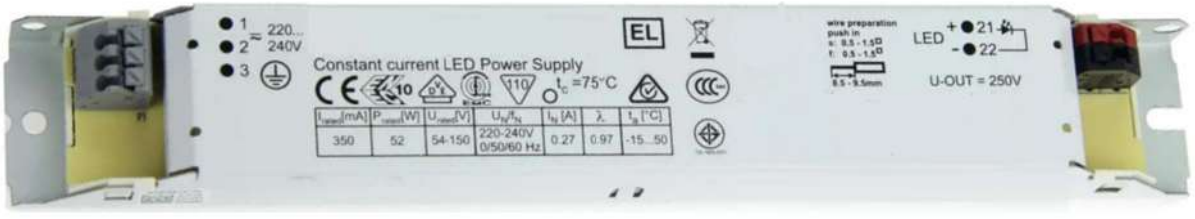
SIRA SİZDE

Bir firmanın ürettiği ve özel olarak tasarlanmış 12 V ile çalışan şerit LED'de üç çipli 0,1 W güç harcayan 2216 SMD LED'lerden kullanmıştır. Şerit LED'in 5 cm'lik kesitinde 12 adet LED bulunduğuna göre 4 m'lik şerit LED için minimum kaç A'lık bir LED sürücü gereklidir?

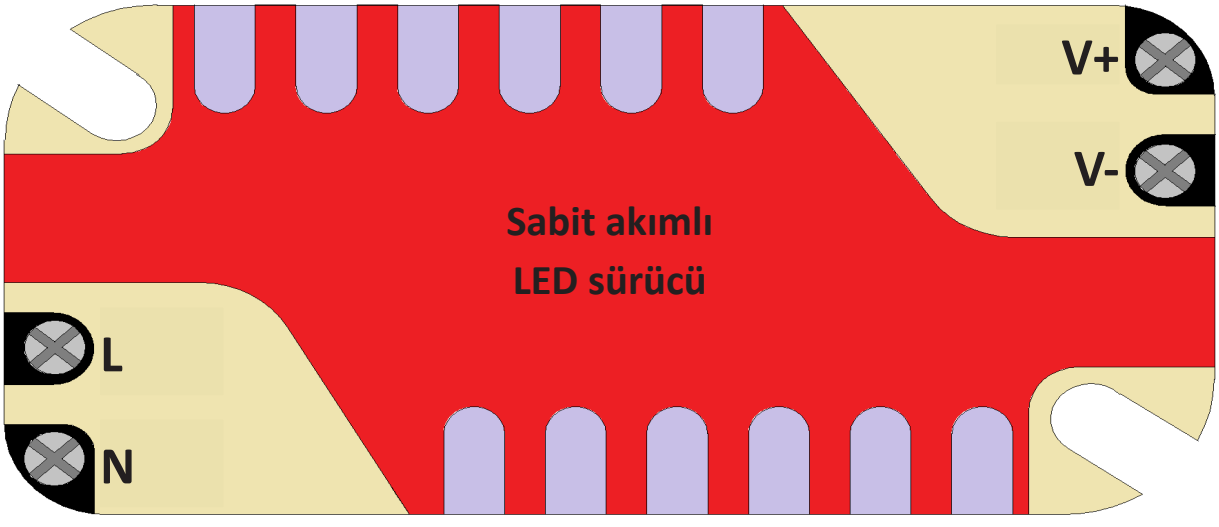
6.3. SABİT AKIM SÜRÜCÜLERİ

Sabit akımlı LED sürücüler, AC gerilimi DC gerilime çevirerek belli seviyede bir voltaj ve sabit akım ile çıkışına verir. Sektörde en fazla kullanılan sabit akım değerleri 250 mA, 350 mA, 600 mA, 700 mA ve 1050 mA'dir. Sabit gerilimli LED sürücülerden farkı, gerilimin değil akımın sabit kalarak her LED üzerine aynı akımın verilmesini sağlamasıdır. Bu sürücülerle genelde güç LED'leri ya da güç LED'lerinin içinde bulunduğu armatürler sürülerek aydınlatma sağlanır. Bu sürücülerin sürme değerleri, üretildiği kutu üzerinde yazar. LED tavan ışığı (gömme lambalarda), ofis aydınlatması, konut LED aydınlatmaları, ticari aydınlatmalar, eğlence alanı aydınlatmaları, sokak aydınlatmaları, dış aydınlatma çeşitleri ve mimari aydınlatmalarda bu sürücüler tercih edilir.

Görsel 6.8'de sabit akımlı LED sürücünün yapısı ve Görsel 6.9'da sabit akımlı LED sürücünün bağlantı uçları görülmektedir. Sabit gerilimli LED sürücülerin aksine sabit akımlı sürücülerde genelde tek tip bağlantı şekli kullanılır. Yine bu sürücülerde de AC gerilimden gelen uçlar faz, nötr ve topraklamaya bağlanırken sürücü çıkışları olan "V+", LED grubunun "+" ucuna, "V-" ise LED grubunun "-" ucuna bağlanır.



Görsel 6.8: Sabit akımlı LED sürücünün yapısı



Görsel 6.9: Sabit akımlı LED sürücünün bağlantı uçları

Sabit akımlı LED sürücülere bağlanan güç LED'lerini, sabit gerilimle çalışan şerit LED'ler gibi değerlendirmek doğru değildir. Bilindiği üzere sabit gerilimli LED sürücülere bağlanan şerit LED'lerin hesaplanan değerin üzerinde bir akım değeri olan sürücülere bağlanması gerekir. Ancak güç LED'lerini katalog değerinin üzerinde yazan daha yüksek bir akımla sürmek LED'i bozacaktır.

Sabit akım LED sürücünün seçimi, bunu kullanan LED'lere göre yapılmalıdır. Sektörde en çok kullanılan güç LED'leri 1 W, 1-3 W, 2 W, 3 W ve 5 W'lık olmakta birlikte bu LED'lerin içerisinde bulunduğu 3'lü, 5'li, 10'lu, 20'li ve 30'lu tümleşik LED yapıları da vardır. Bu LED'leri sürerken katalog değerlerine bakarak sürücü bağlamak gerekir. Tablo 6.2'de hangi sabit akım LED sürücülere hangi güç LED'leri bağlanabilir sorusuna cevap olarak düzenlenmiştir.

Tablo 6.2: Sabit Akım LED Sürücülerine Göre Güç LED'lerinin Bağlanması

Sabit Akım LED Sürücü Parametreleri	Bağlanacak Power LED Sayısı ve Özellikleri
INPUT: 100-240 V AC **OUTPUT:** 350 mA, 27-44 V DC (Sürücüde Watt belirtilmemiş.)	1 W gücünde 350 mA akım çeken 9-12 arası power LED seri şekilde bağlanabilir. 1 W power LED, çalışma gerilimi ortalama olarak 3,2 V değerinde hesaplanmıştır.
INPUT: 90-240 V AC **OUTPUT:** 350 mA, 20 W DC (Sürücüde Volt belirtilmemiş.)	1 W gücünde 350 mA akım çeken 16-20 arası power LED seri şekilde bağlanabilir. 1 W power LED, çalışma gerilimi ortalama olarak 3,2 V değerinde hesaplanmıştır.
INPUT: 90-240 V AC **OUTPUT:** 600 mA, 30 W DC (Sürücüde Volt belirtilmemiş.)	2 W gücünde 600 mA akım çeken 12-15 arası power LED seri şekilde bağlanabilir. 2 W power LED, çalışma gerilimi ortalama olarak 3,4 V değerinde hesaplanmıştır.
INPUT: 85-240 V AC **OUTPUT:** 600 mA, 35-50 V DC (Sürücüde Watt belirtilmemiş.)	2 W gücünde 600 mA akım çeken 11-15 arası power LED seri şekilde bağlanabilir. 2 W power LED, çalışma gerilimi ortalama olarak 3,4 V değerinde hesaplanmıştır.
INPUT: 90-235 V AC **OUTPUT:** 700 mA, 20 W DC (Sürücüde Volt belirtilmemiş.)	**700 mA çıkışlı sürücülerde iki alternatif vardır:** **1.** 1 W gücünde 350 mA akım çeken 16-20 arası power LED iki ayrı seri yapılıp (toplamda 32 ya da 40 LED) daha sonra bu seriler paralel bağlanabilir. 1 W power LED çalışma gerilimi ortalama 3,2 V olarak hesaplanmıştır. **2.** 3 W gücünde 700 mA akım çeken 16-20 arası power LED seri şekilde bağlanabilir. 3 W power LED çalışma gerilimi ortalama 3,6 V olarak hesaplanmıştır.
INPUT: 90-240 V AC **OUTPUT:** 1050 mA, 30-44 V DC (Sürücüde Watt belirtilmemiş.)	**1050 mA çıkışlı sürücülerde iki alternatif vardır:** **1.** 1 W gücünde 350 mA akım çeken 10-13 arası power LED üç ayrı seri yapılıp (toplamda 30 ya da 39 LED) daha sonra bu seriler paralel bağlanabilir. 1 W power LED çalışma gerilimi ortalama 3,2 V olarak hesaplanmıştır. **2.** 5 W gücünde 1050 mA akım çeken 10-11 arası power LED seri şekilde bağlanabilir. 5 W power LED çalışma gerilimi ortalama 3,8 V olarak hesaplanmıştır.

SIRA SİZDE

Bir firmanın ürettiği ve özel olarak tasarlanmış 12 V ile çalışan şerit LED'de üç çipli 0,1 W güç harcayan 2216SMD LED kullanmıştır. Şerit LED'in 5 cm'lik kesitinde 12 adet LED bulunduğuna göre 4 m'lik şerit LED için minimum kaç A'lık sabit akımlı LED sürücü gereklidir? Elde edilen sonuçları dikkate alarak sabit gerilimli ile sabit akımlı sürücüleri karşılaştırınız.

Tüm dokümanlara ve uygulama dosyalarına karekoddan ulaşabilirsiniz.

6.1. UYGULAMA LED SİSTEMLERİNDE SÜRÜCÜ ÇALIŞMA DEĞİŞİMİ

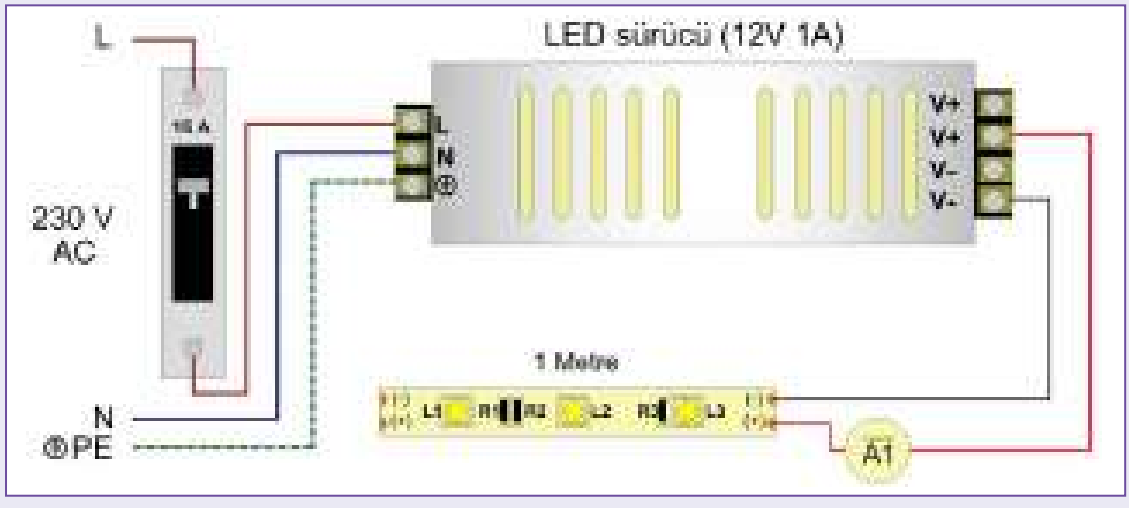
Süre: 40 dk.

AMAÇ

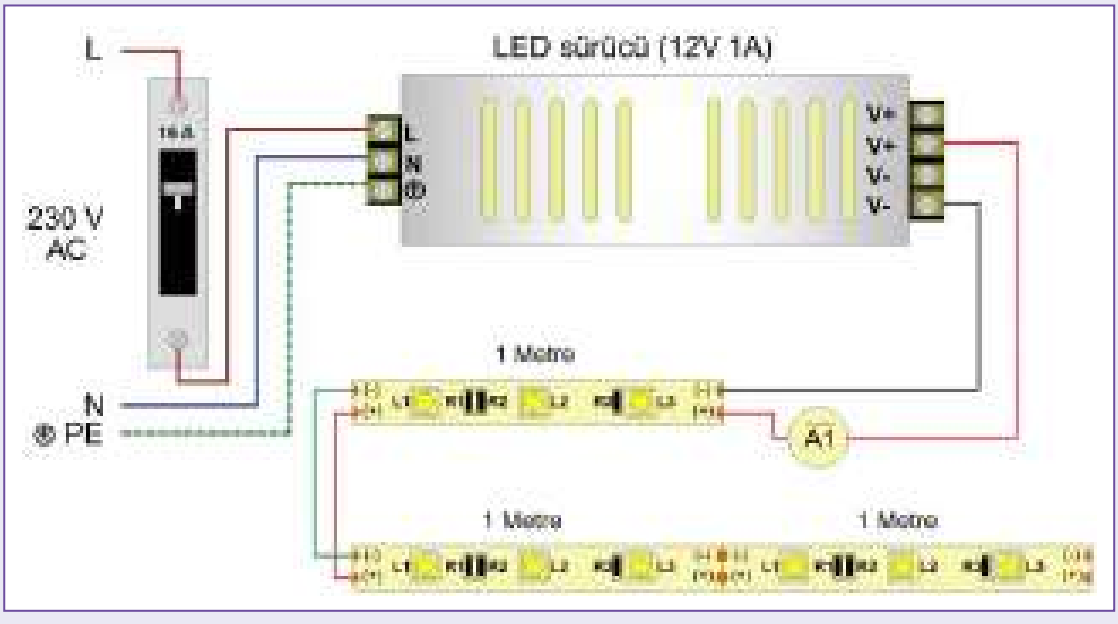
Farklı uzunluktaki şerit LED bağlantılarında LED sürücü çalışma değişimini belirlemek.

GÖREV

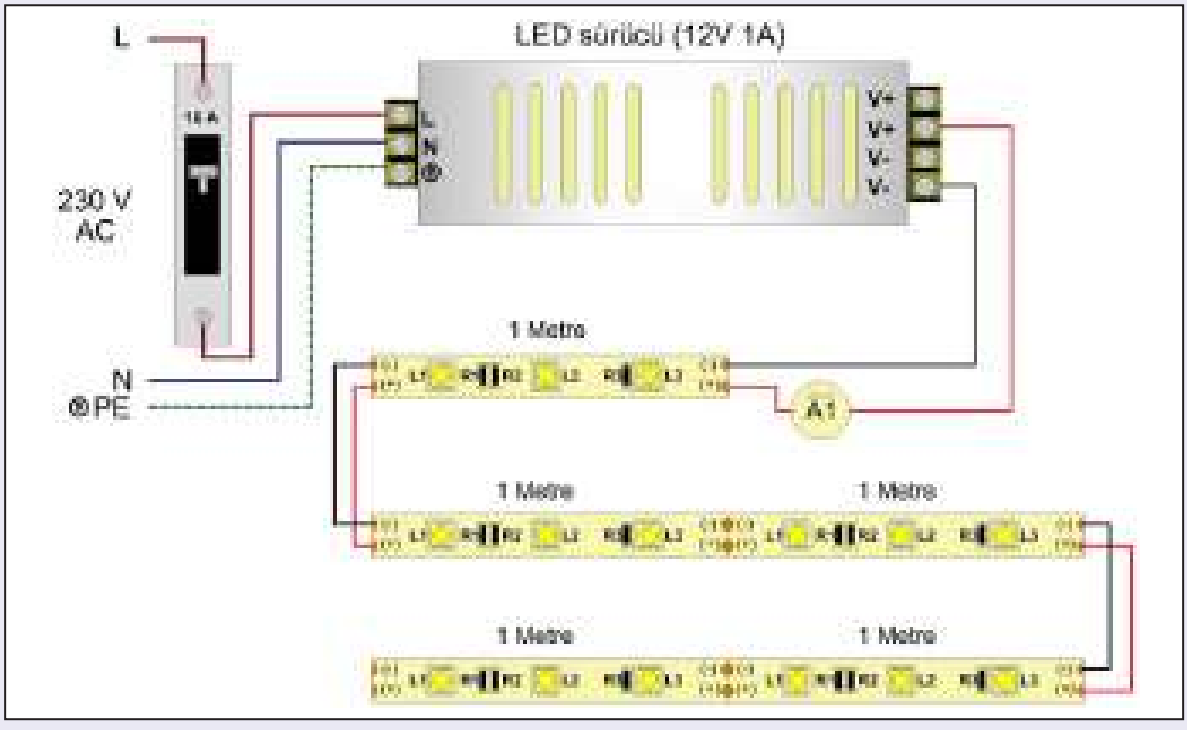
Görsel 6.10, Görsel 6.11 ve Görsel 6.12'de çeşitli uzunluktaki şerit LED ve LED sürücü bağlantıları görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek farklı uzunluktaki şerit LED bağlantılarında, çalışma süresinde LED sürücünün akım değişimleri incelenecektir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.



Görsel 6.10: 1 m'lik şerit LED ve LED sürücü bağlantısı



Görsel 6.11: 3 m'lik şerit LED ve LED sürücü bağlantısı



Görsel 6.12: 5 m'lik şerit LED ve LED sürücü bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	12 V, 1 A	1 adet
Şerit LED	SMD 4040, 3 çipli, iç mekân, beyaz	2 paket
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını ve LED sürücüyü mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine, şerit LED'i ise düz bir alana sabitleyiniz.
4. Görsel 6.10'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
5. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji veriniz.
6. Şerit LED'in çektiği akımı Tablo 6.3'te ilgili kısma not ediniz.

7. Şerit LED'in ilk anda ve 5 dakika çalıştıktan sonra çektiği akım değerlerini Tablo 6.3'e yazınız.
8. Sigortayı açınız ve devreyi sökünüz.
9. Görsel 6.11'de görülen şemaya uygun olarak kablo bağlantılarını yapınız.
10. 5, 6, 7 ve 8. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
11. Görsel 6.12'de görülen şemaya uygun olarak kablo bağlantılarını yapınız.
12. 5, 6, 7 ve 8. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
13. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
14. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 6.3: Şerit LED Uygulamalarının Ölçüm Sonuçları

Şerit LED'ler	Şerit LED'in Çektiği Akımlar	
	Enerji Verildiği Anda	5 Dakika Sonra
1 m'lik şerit LED		
3 m'lik şerit LED		
5 m'lik şerit LED		

SORULAR

1. **LED sürücü çıkışında kullanılmayan çıkışlar hangi durumlarda kullanılır? Kısaca açıklayınız.**
2. **LED sürücüsünün uzun süreli kullanımında ne gibi durumlarla karşılaşılabilir? Kısaca açıklayınız.**
3. **Devrede 1 m'lik şerit LED yerine 50 cm'lik şerit LED kullanılarak 5 m'lik şerit LED uygulaması yapıldığında devreden kaç A akım çekilir?**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** 1 m'lik şerit LED bağlantısını yaptı.	15	
İmza		**4.** 3 m'lik şerit LED bağlantısını yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** 5 m'lik şerit LED bağlantısını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Şerit LED'lerin akımlarını enerji verildiği anda ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Şerit LED'lerin akımlarını 5 dakika çalışma sonunda ölçtü.	20	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	15	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

6.2. UYGULAMA SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE ŞERİT LED UYGULAMASI

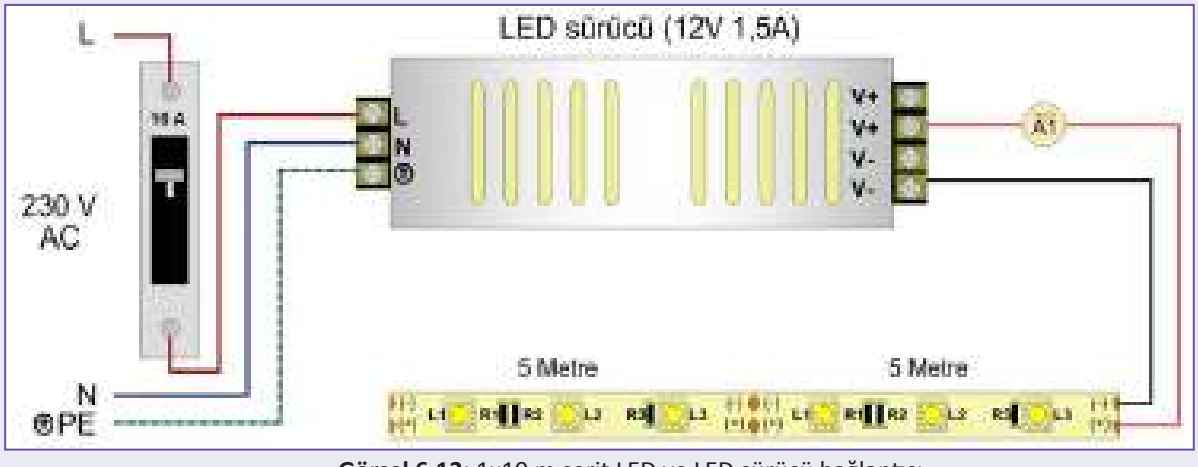
AMAÇ

Süre: 40 dk.

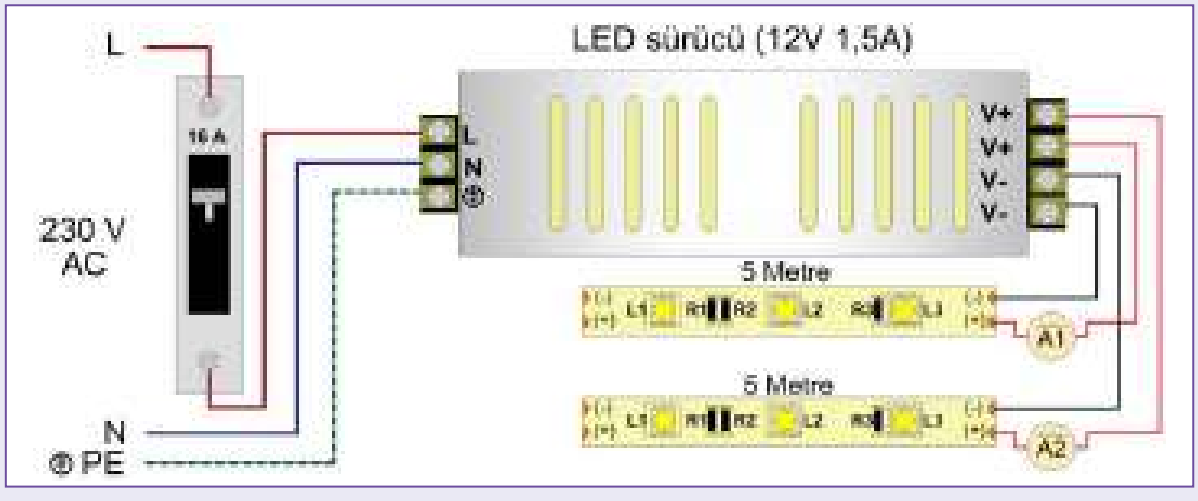
İki çıkışlı sabit gerilimli LED sürücüde 1. ve 2. çıkışı kullanarak şerit LED'deki aydınlatma şiddetini ve çekilen akımını ölçmek.

GÖREV

Görsel 6.13'te çift çıkışlı, sabit gerilimli, 1x10 m'lik şerit LED ve LED sürücü bağlantısı, Görsel 6.14'te 2x5 m'lik şerit LED ve LED sürücü bağlantısı yer almaktadır. Sabit gerilimli sürücülerde bir, iki ya da daha fazla çıkış bulunabilir. Uzun şerit LED'lerde mesafeden dolayı sonlardaki LED'lerde direnç oluşur ve parlaklık düşer. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek şerit LED önce 1. çıkışa sonra her iki çıkışa bağlanacak, sürücüden çekilen akım ve aydınlatma şiddeti ölçülecektir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.



Görsel 6.13: 1x10 m şerit LED ve LED sürücü bağlantısı



Görsel 6.14: 2x50 m şerit LED ve LED sürücü bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	12 V, 5 A, çift çıkışlı	1 adet
Şerit LED	SMD 4040, 3 çipli, iç mekân, beyaz	2 paket
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Lüksmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını ve LED sürücüyü mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. Şerit LED'i düz bir alana sabitleyiniz.
5. Görsel 6.13'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. Şerit LED'in çektiği akımı Tablo 6.4'te ilgili kısma not ediniz.
8. Şerit LED'in 1, 3, 5, 6, 8 ve 10. metrelerindeki aydınlatma şiddetini ölçerek Tablo 6.4'te ilgili kısma not ediniz.
9. Sigortayı açınız.
10. Görsel 6.14'te görülen şemaya uygun olarak kablo bağlantılarını yapınız.
11. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
12. 1. çıkışa bağlı 5 m'lik şerit LED'in çektiği akımı Tablo 6.4'te ilgili kısma not ediniz.
13. 2. çıkışa bağlı 5 m'lik şerit LED'in çektiği akımı Tablo 6.4'te ilgili kısma not ediniz.
14. LED sürücünün 1. çıkışına bağlı şerit LED'in 1, 3 ve 5. metrelerindeki aydınlatma şiddetini ölçerek Tablo 6.4'te ilgili kısma not ediniz.
15. LED sürücünün 2. çıkışına bağlı şerit LED'in 1, 3 ve 5. metrelerindeki aydınlatma şiddetini ölçerek Tablo 6.4'te ilgili kısma not ediniz.
16. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
17. Malzemeleri söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 6.4: Şerit LED Uygulamalarının Ölçüm Sonuçları

Mesafeler	Akım Değeri (A)	Lümen Değerleri					
		1. metre	3. metre	5. metre	6. metre	8. metre	10. metre
10 m için							
1. çıkıştaki 5 m için					X	X	X
2. çıkıştaki 5 m için					X	X	X

SORULAR

1. **Çok çıkışlı LED sürücülerde akımlar tüm çıkışlarda eşit midir? Araştırınız ve kısaca açıklayınız.**
2. **LED sürücülerin çalışmaya başladığı andaki kutu içi sıcaklığı ile 2 saat çalıştıktan sonraki kutu içi sıcaklığı arasında fark olur mu? Araştırınız ve kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	15	
Numarası		**3.** LED sürücünün tek çıkışlı bağlantısını yaptı.	10	
İmza		**4.** Tek çıkışlı devrede akım değerlerini ölçtü.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** LED sürücünün çift çıkışlı bağlantısını yaptı.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Çift çıkışlı devrede akım değerlerini ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Devrelerde belirli noktalardan aydınlatma şiddetlerini ölçtü.	20	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

6.3. UYGULAMA SABİT AKIMLI LED SÜRÜCÜYLE POWER LED UYGULAMASI

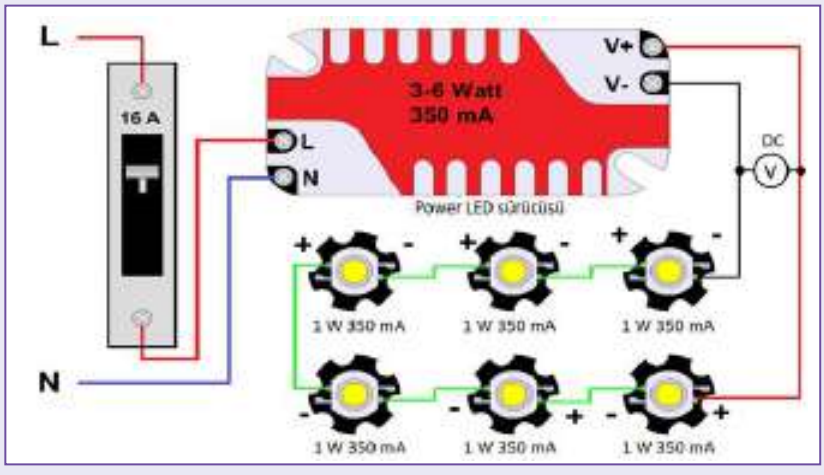
Süre: 40 dk.

AMAÇ

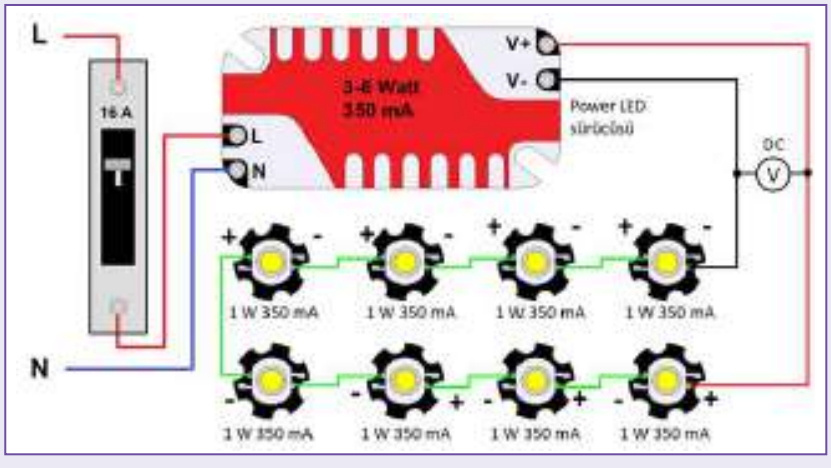
Sabit akımlı LED sürücü ile şerit LED uygulamasını yapmak ve çalıştırmak.

GÖREV

Görsel 6.15'te sabit akımlı LED sürücülü 6 adet power LED bağlantısı, Görsel 6.16'da sabit akımlı LED sürücülü 8 adet power LED bağlantısı görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek LED sürücünün çıkış gerilimi ve power LED'lerin aydınlatma şiddeti ölçülecektir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.



Görsel 6.15: 6 adet 1 W 350 mA power LED ve LED sürücü bağlantısı



Görsel 6.16: 8 adet 1 W 350 mA power LED ve LED sürücü bağlantısı

NOT

8 adet power LED ve LED sürücü bağlantısı oluşturulup gerekli ölçümler yapıldıktan sonra çok uzun süreli çalıştırılmamalıdır.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	350 mA sabit akımlı, 3-6 W	1 adet
Power LED	1 W, 350 mA	8 adet
Power LED soğutucu	Alüminyum, 1-3-5 W için	8 adet
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Lüksmetre	Dijital özellikli	1 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Power LED'leri soğutucuya lehimleyiniz.
3. W otomat rayını, LED sürücüyü ve power LED'leri mdf plaka üzerine vidalayınız.
4. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
5. Görsel 6.15'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. LED sürücünün çıkış gerilimi Tablo 6.5'te ilgili kısma not ediniz.
8. Power LED'lerin aydınlatma şiddetini ölçüp Tablo 6.5'te ilgili kısma not ediniz.
9. Sigortayı açınız.
10. Görsel 6.16'da görülen şemaya uygun olarak kablo bağlantılarını yapınız.
11. 6, 7, 8 ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
12. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
13. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 6.5: Power LED Uygulama Sonuçları

Power LED	LED Sürücü Çıkış Gerilimi (Volt)	Lüks Değeri
6 adet		
8 adet		

SORULAR

1. **Uygulamalarda LED sürücü çıkışında gerilim düşmesi oldu mu? Olduysa sebebinikısaca açıklayınız.**
2. **Uygulamalarda lüx değerlerinde bir değişiklik oldu mu? Olduysa sebebini kısaca açıklayınız.**

3. Sürücüye en fazla kaç adet power LED bağlanabilir? Hesaplayınız.
4. Devrede 120 adet 1 W 350 mA'lik power LED bağlanabilmesi için minimum LED sürücünün özelliği ne olmalıdır? Hesaplayınız.
5. Her iki devrede toplam aydınlatma şiddeti değişimini hesaplayınız.
6. Devredeki power LED'lerin biri 3 W olarak bağlansaydı devrenin çalışmasına ve ölçülen değere yansıması nasıl değişebilirdi? Yorumlayınız.

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Sabit akımlı LED sürücü montajını yaptı.	5	
Numarası		**3.** Power LED'leri soğutucuya lehimledi.	10	
İmza		**4.** 6 adet power LED bağlantısını yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** 8 adet power LED bağlantısını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Her iki devrede LED'lerin gerilimlerini ölçtü.	20	
Tarih		**7.** Her iki devrede LED'lerin aydınlatma şiddetlerini ölçtü.	20	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

6.4. UYGULAMA SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE RGB ŞERİT LED RENK KONTROLÜ

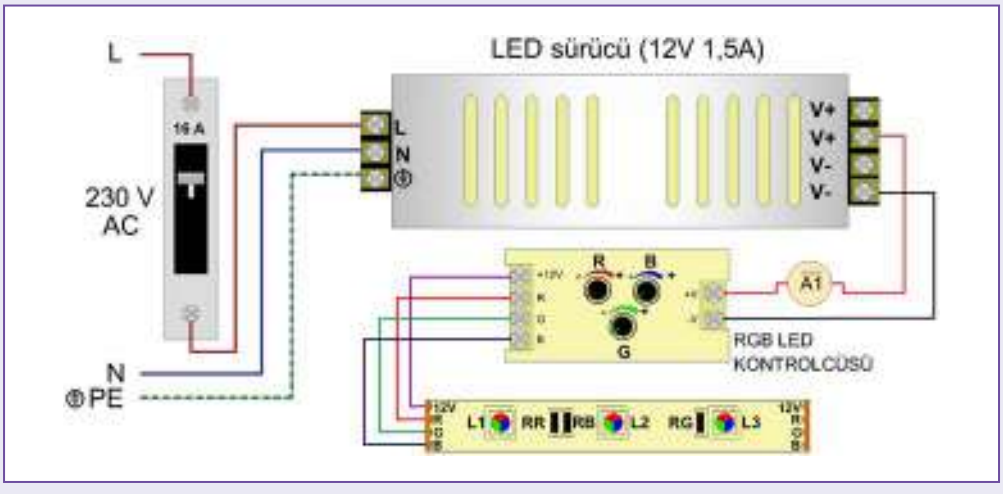
AMAÇ

Süre: 40 dk.

LED sürücü ve RGB şerit LED kontrolcüsü kullanarak RGB şerit LED renk ayarı yapmak.

GÖREV

Görsel 6.17'de LED sürücü, RGB LED kontrolcüsü ve RGB şerit LED bağlantıları görülmektedir. RGB şerit LED'ler ile birlikte kullanılan RGB kontrolcüsü üzerindeki potansiyometreler ile **üç ana renk** [kırmızı (R), yeşil (G), mavi (B)] LED'i kullanarak farklı renk ışıklandırma yapılabilir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek RGB şerit LED renk ayarı yapılacaktır. Devreyi kurunuz ve gerekli ölçümleri yapınız. Buna göre devreyi kurunuz ve ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.



Görsel 6.17: RGB LED kontrolcülü ve LED sürücülü RGB şerit LED bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	12 V, 5 A, çift çıkışlı	1 adet
RGB kontrolcüsü	3 kanal manuel	1 adet
RGB Şerit LED	SMD 4040, 3 çipli, iç mekân, RGB	1 paket
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Lüksmetre	Dijital özellikli	1 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka üzeri	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayı, LED sürücüyü ve RGB kontrolcüyü mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. RGB şerit LED'i düz bir alana sabitleyiniz.
5. Görsel 6.17'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. RGB kontrolcüsü üzerindeki potansiyometreleri farklı konumlara alarak 10 farklı renk ediniz ve her potansiyometre konumunu Tablo 6.6'ya yazınız.
8. Farklı renklere göre sürücüden çekilen akımları ve LED'ler üzerindeki aydınlatma şiddetlerini ampermetre ve lüksmetre ile ölçerek Tablo 6.6'ya yazınız.
9. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
10. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 6.6: RGB LED Uygulama Sonuçları

RGB Kontrolcüsü Potansiyometreleri			Çekilen Akım (A)	Aydınlatma Şiddeti (Lüks)
R	G	B		

SORU

Devreye kaç adet şerit RGB LED bağlanabilir? Hesaplayınız.

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

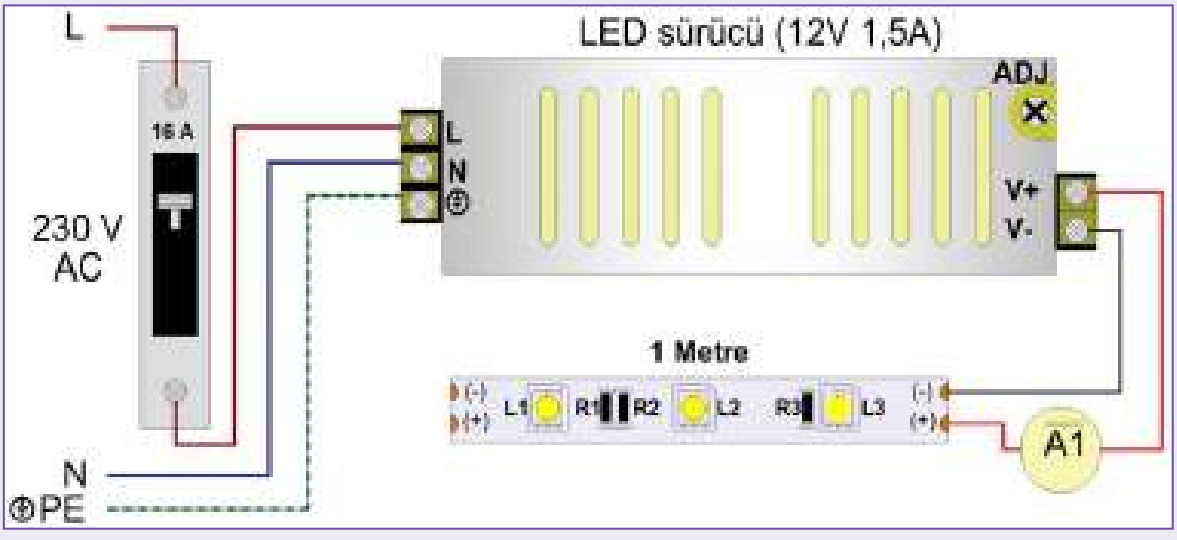
ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		1. Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		2. Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	10	
Numarası		3. RGB LED kontrolcüsü montajını yaptı.	10	
İmza		4. Şerit LED bağlantısını yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		5. RGB kontrolcüsünün 10 farklı pot ayarını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		6. Her pot konumundaki akım değerini ölçtü.	20	
Tarih		7. Her pot konumundaki aydınlatma şiddetini ölçtü.	20	
Saat		8. Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

6.5. UYGULAMA SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE ŞERİT LED'İN PARLAKLIK KONTROLÜ

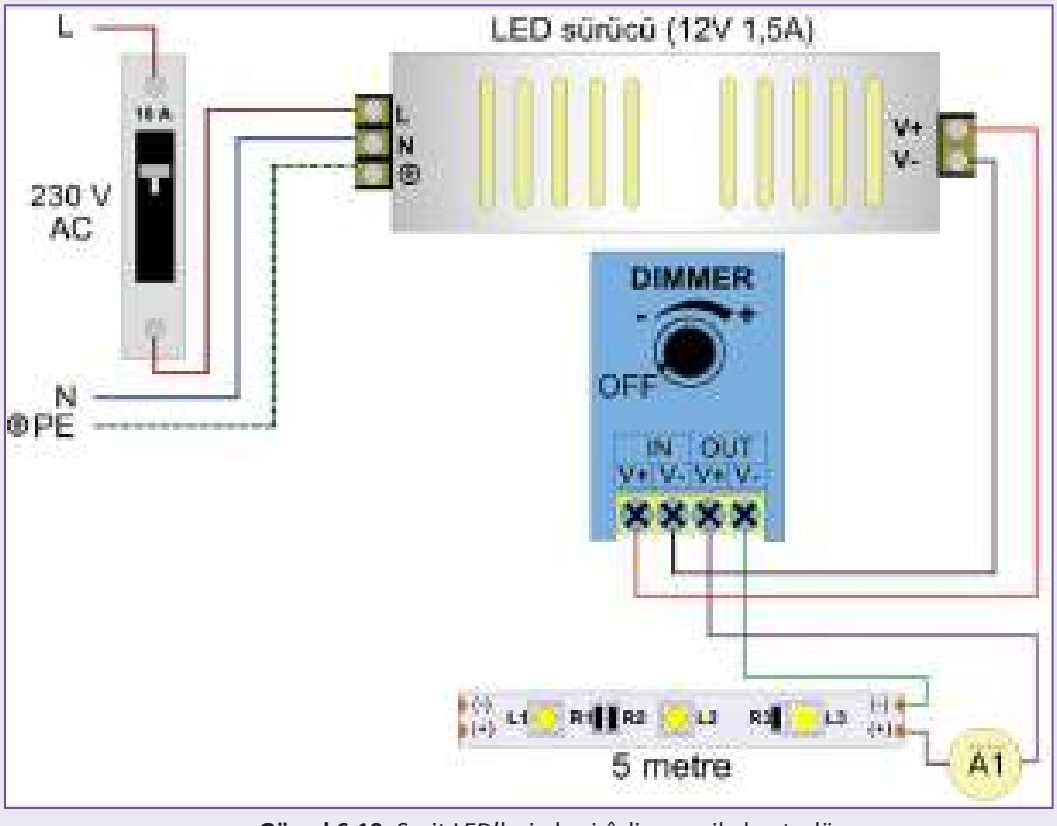
AMAÇ

Süre: 40 dk.

Manuel kontrolör olarak da bilinen dimmer ve sürücü ile birlikte şerit LED'lerin parlaklığını kontrol etmek.



Görsel 6.18: Şerit LED'lerin dâhilî dimmer ile kontrolü



Görsel 6.19: Şerit LED'lerin haricî dimmer ile kontrolü

GÖREV

Görsel 6.18'de dâhilî dimmer bulunan ve potansiyometre (ADJ) ile parlaklığı ayarlanan sürücünün şerit LED'ler ile kontrolü ve Görsel 6.19'da şerit LED'lerin haricî dimmer ile kontrolü görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek şerit LED'in parlaklık kontrolü farklı iki noktadan yapılarak dimmer çıkış akımları ve LED'lerin aydınlık şiddetleri ölçülecektir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	12 V ,10 A, sabit gerilimli (çıkışı ayarlanabilir)	1 adet
Şerit LED	SMD 4040 3 çipli iç mekân beyaz	5 m
Dimmer	12-24 V, 8 A	1 adet
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Lüksmetre	Dijital özellikli	1 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, LED sürücüyü ve dimmeri mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 5 m'lik şerit LED'i düz bir alana sabitleyiniz.
5. Görsel 6.18'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Öğretmen kontrolünde devreye sigorta üzerinden enerji veriniz.
7. Dâhilî dimmer üzerindeki potansiyometreyi farklı konumlara alarak farklı renkler elde etmeye çalışınız.
8. Farklı seviyelere göre çekilen akım miktarlarını ve lüksmetre ile ölçtüğünüz lüks değerlerini Tablo 6.7'ye yazınız.
9. Sigortayı açıp devreyi sökünüz.
10. Görsel 6.18'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
11. Öğretmen kontrolünde devreye sigorta üzerinden enerji veriniz.
12. Haricî dimmer üzerindeki potansiyometreyi %25, %50, %75 ve %100 konumlarına alarak şerit LED parlaklığını kontrol ediniz.
13. Her konumda dimmerden çekilen akım miktarlarını ve lüksmetre ile ölçtüğünüz lüks değerlerini Tablo 6.7'ye yazınız.
14. Sigortayı açıp devreyi sökünüz ve elde edilen sonuçları değerlendiriniz.

Tablo 6.7: Ölçüm Sonuçları

DİMMER POZİSYONU	DAHİLİ DİMMER DEVRESİ		HARİCİ DİMMER DEVRESİ	
	Ölçülen Akım (A)	Aydınlatma Şiddeti (Lüx)	Ölçülen Akım (A)	Aydınlatma Şiddeti (Lüx)
%0				
%25				
%50				
%75				
%100				

SORULAR

1. **AC dimmer ile DC dimmer arasında ne gibi farklılık vardır? Yorumlayınız.**
2. **Sürücü içindeki dimmer ile haricî bağlanan dimmer arasında ne gibi farklar vardır? Ölçüm sonuçlarını dikkate alarak yorumlayınız.**
3. **Devrede verilen sürücü ve şerit LED'ler, kaç adet şerit LED dimmer ile kontrol edilebilir? Hesaplayınız.**
4. **20x5 m'lik bir şerit LED için hangi özelliklere sahip dimmer kontrol cihazı gerekir? Hesaplayınız.**
5. **Bir önceki uygulama dikkate alındığında RGB kontrolcüsü yerine dimmer kontrolcüsü ile RGB şerit LED sürülürse LED'ler üzerinde renk kontrolü yapılabilir mi? Yorumlayınız.**
6. **Bir dimmer kontrolcüsü power LED'lerin ışık ayarını yapabilir mi? Neden?**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Dâhilî dimmerli LED sürücü montajını yaptı.	5	
Sınıfı		**2.** Dâhilî dimmerli sürücü ile şerit LED bağlantısını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Dimmer pozisyonlara göre akım ve lüks değerlerini ölçtü.	20	
İmza		**4.** Haricî dimmerli LED sürücü montajını yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Haricî dimmerli sürücü ile şerit LED bağlantısını yaptı.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Haricî dimmer pozisyonlara göre dimmer akımları ölçtü.	15	
Tarih		**7.** Haricî dimmere göre aydınlanma şiddetlerini ölçtü.	15	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		**TOPLAM PUAN**	... / 100	

6.6. UYGULAMA SABİT GERİLİMLİ LED SÜRÜCÜYLE RGB ŞERİT LED'İN UZAKTAN RENK KONTROLÜ

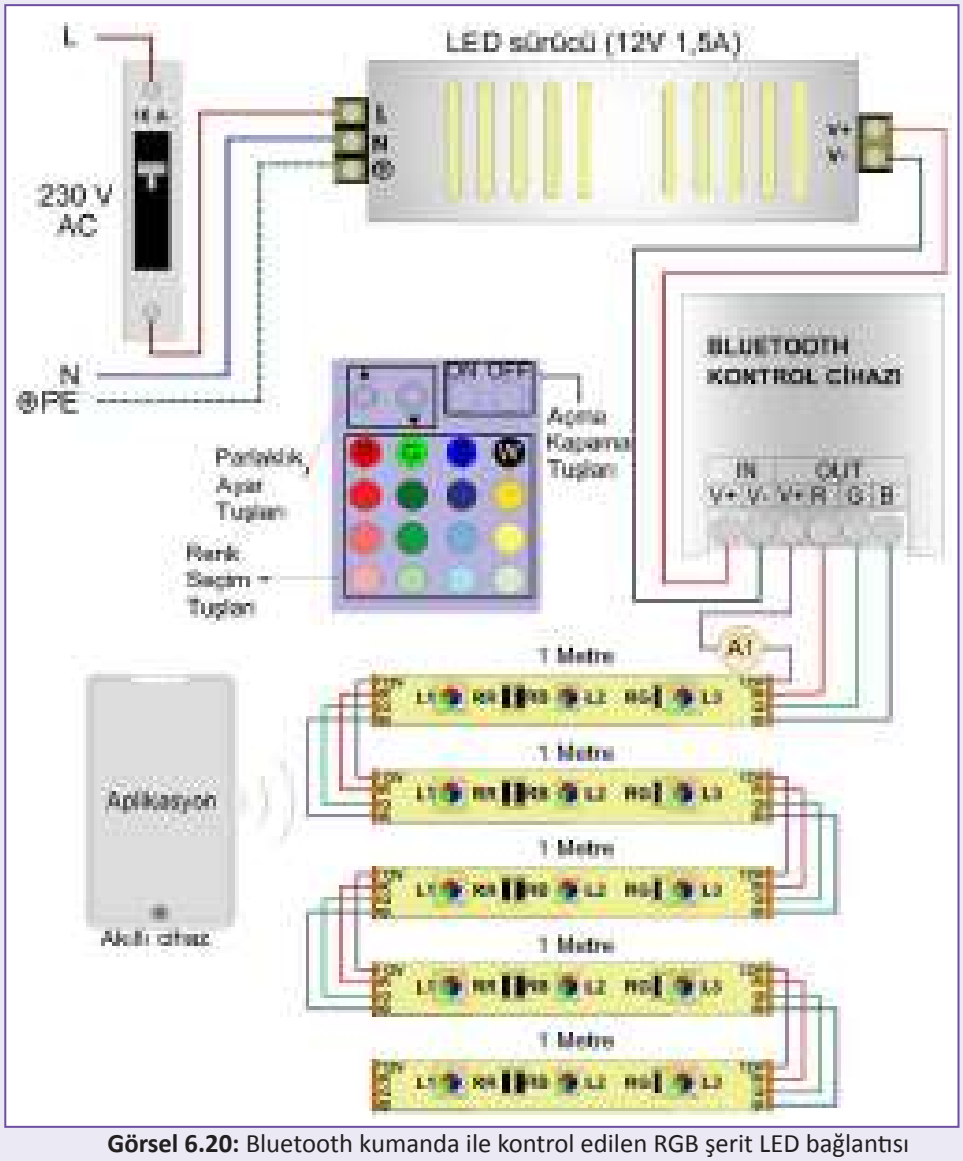
Süre: 40 dk.

AMAÇ

RF RGB (bluetooth) modülüyle RGB şerit LED renk kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Şerit LED'leri uzaktan kontrol yöntemiyle çalıştırmak mümkündür. Bluetooth özellikli kumanda ya da akıllı cihazlar ile bluetooth kontrol cihazı bağlanmış LED sürücü çalıştırılır. Görsel 6.20'de LED sürücü, RF RGB modülü, cep telefon aplikasyonu, kumanda ve RGB şerit LED bağlantıları görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek RF RGB modülüyle RGB şerit LED renk kontrolü yapılıp aydınlatma şiddeti ölçülecektir. Buna göre devreyi kurunuz ve ölçme işlemlerini gerçekleştiriniz.



Görsel 6.20: Bluetooth kumanda ile kontrol edilen RGB şerit LED bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	12 V, 10 A, sabit gerilimli	1 adet
RF kontrol cihazı	RF RGB (bluetooth), şerit LED kontrollü	1 adet
Uzaktan kumanda	Bluetooth özellikli RF kumanda	1 adet
Şerit RGB LED	SMD 4040 3 çipli, iç mekân RGB	1 paket
Cep telefonu	Bluetooth özellikli, uygun aplikasyona sahip	1 adet
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Lüksmetre	Dijital özellikli	1 adet
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, LED sürücüyü ve RF RGB kontrol cihazını mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. RGB şerit LED'i düz bir alana sabitleyiniz.
5. Görsel 6.20'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Öğretmen kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. Bluetooth kontrol cihazı ile uyumlu çalışacak uygulamayı akıllı cihaza yüklemek için bluetooth kontrol cihazı üzerinde bulunan QR karekodu akıllı cihaza taratınız.
8. QR karekod okuyucu olmayan akıllı cihazların ise yine bluetooth kontrol cihazı üzerinde bulunan ilgili WEB adresi yazılarak uygulama indirme sayfasına yönlenmesini sağlayınız.
9. İlgili adrese gidildikten sonra uygulamayı indir ve kur sekmesine tıklayınız.
10. Uygulama akıllı cihaza yüklendikten sonra cihazın ayarlar bölümünden bluetooth özelliğini açınız.
11. Bluetooth sekmesinden aygıt ara kısmını seçerek bluetooth kontrol cihazının üzerinde yazan ismi bularak eşleşme işlemini tanımlayınız.
12. Eşleşme işleminin gerçekleşeceği sırada parola ya da şifre istenmesi hâlinde bluetooth kontrol cihazı üzerinde şifre ya da parola mevcut olacaktır.
13. Eşleşmeyi gerçekleştirdikten sonra akıllı cihaza indirilen uygulamayı açınız.
14. Uygulamada renkler üzerine tıklayıp eş güdümlü olarak şerit LED'lerde de renk değişiminin gerçekleştiğini görünüz.
15. RF kumandayla RF RGB kontrol cihazını eşleştiriniz.

16. Uzaktan kumandayla 6 farklı renk elde ediniz.

17. Farklı renklere göre RGB şerit LED'in çektiği akımları ve aydınlatma şiddetlerini ölçerek Tablo 6.8'e yazınız.

18. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.

19. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 6.8: RGB Şerit LED Ölçüm Sonuçları

Ölçülen Renkler	Akıllı Cihaz		Ölçülen Renkler	Uzaktan Kumanda	
	Akım (A)	Lüx		Akım (A)	Lüx

SORULAR

1. **Bluetooth kontrol cihazı ile RGB LED haricinde şerit LED kontrolü sağlanabilir mi? Açıklayınız.**
2. **Şerit LED'ler arasındaki bağlantılarda R, G ve B uçları rastgele bağlanırsa sonuç ne olur? Açıklayınız.**
3. **Cep telefonu aplikasyonu ile RGB LED kontrolün uzaktan kumandaya göre avantajlarını ve dezavantajlarını yorumlayınız.**
4. **Bu uygulama hangi mesafe aralıkları arasında uygulanabilir? Araştırınız ve elde edilen sonuçları tartışınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Sabit gerilimli LED sürücü montajını yaptı.	5	
Sınıfı		**2.** Bluetooth kontrol cihazı montajını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Şerit LED bağlantısını yaptı.	10	
İmza		**4.** Uzaktan kumandayla cihazı eşleştirdi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Cep telefon aplikasyon ile cihaz eşleştirmesi yaptı.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Uzaktan kontrollerle şerit LED'den geçen akımları ölçtü.	20	
Tarih		**7.** Uzaktan kontrollerle LED'lerdeki aydınlatma şiddetleri ölçtü.	20	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

6.1. PROJE LED SÜRÜCÜ UYGULAMA PROJESİ

Süre	2 hafta
Grup	1-6 kişi
Amaç	LED sürücü uygulama projesini yapmak ve çalıştırmak.
Görev	**Belirlenen bir alana şerit LED yerleştirilmek isteniyor. Buna göre verilenler ışığında gerekli analiz ve hesaplamaları yapıp örnek ortam üzerinde uygulamayı gerçekleştiriniz.** **1** Belirlenen alanın en ve boy ölçülerini alınız (A=a.b [m^2]). **2.** 5 farklı özellikte, birim uzunlukları farklı şerit LED belirleyiniz ve teknik özellikleri ilgili siteden alarak Tablo 6.9'a not alınız. **3.** Alanın iç kenarlarını dikkate alarak şerit LED yerleşimini mimari plan üzerinde yapınız ve koordinatlarını belirleyiniz. **4.** Malzeme listesini oluşturunuz ve malzemeleri temin ediniz. **5.** Belirlenen uzunluklara göre şerit LED'i belirlenen alana yerleştiriniz. **6.** Uygun tipli sürücüyü hesaplayınız ve sürücünün şerit LED ile bağlantısını yapınız. **7.** Ölçüm sonuçlarını (akım, gerilim, aydınlatma şiddeti, ışık akısı vb.) değerlendiriniz, bu sonuçlara göre güç ve verim değerlerini hesaplayarak ilgili tabloya yazınız. **8.** Elde edilen sonuçlara göre en uygun şerit LED'i belirleyiniz. **9.** Proje konusu ve çalışması hakkında kapsamlı dosya oluşturunuz ve konu ile ilgili literatür taraması yapınız. **10.** Projeyi raporlaştırıp öğretmene sonuçlarıyla birlikte teslim ediniz. **11.** Yapılan çalışmaları özetleyen 10 dakikalık bir sunum hazırlayınız ve öğretmeninizin belirlediği bir zaman diliminde sunumu yapınız.

Tablo 6.9: Şerit LED Özellikleri ve Ölçüm Tablosu

LED'ler	Toplam Uzunluğu (m)	Akım Değeri (mA)	Gerilim Değeri (V)	Aydınlatma Şiddeti (lüx)	Işık Akısı (lümen)	Güç Değeri (W)	Şerit LED Verimi (%)
Şerit LED1							
Şerit LED2							
Şerit LED3							
Şerit LED4							
Şerit LED5							

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Konu ile ilgili literatür taramasını yaptı.					
2. Proje dosya tasarımını yaptı.					
3. Proje sayfalarını istenenler doğrultusunda hazırladı.					
4. Proje kapak sayfasını oluşturdu.					
5. Proje sonuçlarını özetledi.					
6. Projede resim, tablo, görsel vb. çeşitli materyaller kullandı.					
7. Proje dosyası sonunda kaynakçaya yer verdi.					
8. Proje dosyasının temizliğine ve düzenine dikkat etti.					
9. Proje dosyasını uygun dosya içeresine yerleştirdi.					
10. Şerit LED özelliklerini doğru belirledi.					
11. Şerit LED yerleşimini mimari plan üzerinde yaptı.					
12. Malzeme listesini oluşturup malzemeyi temin etti.					
13. Şerit LED'i belirlenen alana yerleştirdi.					
14. Uygun sürücünün şerit LED ile bağlantısını yaptı.					
15. İstenen ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.					
16. En uygun şerit LED'i belirledi.					
17. Projeyi raporlaştırıp öğretmene sonuçlarıyla birlikte teslim etti.					
18. Proje sunumunu uygun yazılım ortamında hazırladı.					
19. Proje sunumunu belirlenen zamanda yaptı.					
20. Proje sunumunda uygun beden dilini kullandı.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

6.2. PROJE BLUETOOTH KONTROLLÜ IŞILDAK UYGULAMA PROJESİ

Süre	3 hafta
Amaç	Bluetooth kontrollü ışıldak projesini yapmak ve çalıştırmak.
Görev	**Bluetooth ile kontrol edilen ışıldak proje uygulaması yapılacaktır. Buna göre aşağıda verilen işlemleri yapınız ve montaj sonunda devreyi çalıştırarak gerekli kontrolleri sağlayınız.** **1.** Işıldak projesinde şerit LED'ler kullanılacaktır. Şerit LED'ler normal, RGB veya power LED olabilir. **2.** Işıldak için uygun bir kutu oluşturulacak ve şerit LED'leri korumak için şeffaf plastik levha kullanılacaktır. **3.** Uygun sayıda şerit LED kullanılacaktır. Bunun sayısı kullanıcıya aittir. **4.** Şerit LED'lere uygun özellikte sürücü cihazı kullanılacaktır. **5.** Bluetooth ile kontrol etmek için bluetooth kontrol cihazı ve bunu kontrol eden uzaktan kumanda kullanılacaktır. Bu cihaz kutu içine monte edilecektir. **6.** Cihaz yan alanında cihazı açıp kapamak için anahtar olacaktır. **7.** Cihaza 220 V verebilmek için uygun soket pinleri kullanılacaktır. **8.** Cihaz içine hava girişi olabilmesi için yeteri kadar havalandırma bölüm oluşturulacaktır.



Görsel 6.21: Bluetooth kontrollü ışıldak projesinde kullanılan malzemeler

NOT

İstenirse kutu içine uygun sayıda akü (batarya) yerleştirilebilir. Ancak LED sürücü yerine elektronik devre kurulumu yapılmamalıdır.

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Konu ile ilgili literatür taramasını yaptı.					
2. Proje dosya tasarımını yaptı.					
3. Proje sayfalarını istenenler doğrultusunda hazırladı.					
4. Proje kapak sayfasını oluşturdu.					
5. Proje sonuçlarını özetledi.					
6. Projede resim, tablo, görsel vb. çeşitli materyaller kullandı.					
7. Proje dosyası sonunda kaynakçaya yer verdi.					
8. Proje dosyasının temizliğine ve düzenine dikkat etti.					
9. Proje dosyasını belirlenen süre sonunda öğretmenine teslim etti.					
10. Şerit LED özelliklerini belirledi.					
11. Malzeme listesini oluşturup malzemeyi temin etti.					
12. Proje devresinin ve kutusunun çizimlerini yaptı.					
13. Işıldak kutusu parçalarının kesimlerini yaptı.					
14. Parçaları birleştirerek kutuyu oluşturdu.					
15. İstenen ölçüm sonuçlarını tabloya yazdı.					
16. Şerit LED'i belirlenen alana yerleştirdi.					
17. Uzaktan kumandayla Bluetooth sürücüyü eşleştirdi.					
18. Bluetooth sürücünün şerit LED ile bağlantısını yaptı.					
19. Şebeke gerilimiyle ışıldağı test etti.					
20. Proje uygulamasını belirlenen sürede teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Sabit gerilimli sürücülerin çıkışına bağlanan şerit LED'lerin yapısı birbirine paralel olacak şekildedir.

2. ( ) LED sürücülerde kutu içi sıcaklık özellikle 75-80 °C üzerine çıktığında ürünün kullanım ömrü azalır.

3. ( ) LED sürücü ömürleri 1.000 ila 2.000 saattir.

4. ( ) Sürücü verimliliği girişin çıkışa oranı olarak hesaplanır.

5. ( ) LED sürücü çıkışına LED'ler yalnızca seri olarak bağlanır.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. Sürücü içinde ısıdan en fazla etkilenen ..... devre elemanıdır.

7. Endüstriyel uygulamalarda kullanılan LED sürücülerde güç faktörü kısmının ..... sayısından büyük olması gerekir.

8. Şerit LED'lerde ışık şiddetinin LED sürücülerde el ile ayarlanabilmesi durumuna ..... denir.

9. LED sürücüleri kontrol ederken internet ile yapılacak olanı ..... ile kontroldür.

10. Power LED'ler .... LED sürücüler ile çalıştırılır.

C. Aşağıdaki ilk sütunda LED sürücülerde kullanılan ifadeler, diğer sütunda LED sürücü kavramları verilmiştir. LED sürücülerde kullanılan ifadeleri önündeki parantez içlerine LED sürücü kavramlarının önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak eşleştirmeyi tamamlayınız.

LED SÜRÜCÜLERDE KULLANILAN İFADELER		
11.	( )	Power LED'lerin sürücüye bağlantı metodudur.
12.	( )	Gerçek gücün görünür güce oranıdır.
13.	( )	Sürücü çıkışını kontrol edebilmektir.
14.	( )	Kısa mesafede kullanılan kablosuz kontrol yöntemidir.
15.	( )	Şerit LED'ler genel olarak bu yöntemle çalıştırılır.

LED SÜRÜCÜ KAVRAMLARI	
A	Güç faktörü
B	Paralel
C	Seri
Ç	IR
D	Sabit gerilim
E	Dim etme

Ç. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

16. LED sürücü üzerinde koruma sınıfı olarak IP30 yazması ne anlama gelir?

A) Çapı 50 mm'den büyük maddelere ve 15°lik dik açıyla gelen su püskürmelerine dayanıklıdır.

B) Çapı 1 mm'den büyük maddelere ve tüm yönlerden gelen su püskürmelerine dayananıklı, suya karşı tamamen korumasızdır.

C) Çapı 2,5 mm'den büyük maddelere dayanıklı, suya karşı tamamen korumasızdır.

D) Tamamen toz geçirmez ve uzun süreli suya batmaya dayanıklıdır.

E) Toza ve tüm yönlerden gelen yüksek basınçlı su fışkırmalarına dayanıklıdır.

17. Bir firmanın ürettiği, 12 V ile çalışan şerit LED'de tek çipli 0,08 W güç harcayan 3528SMD LED kullanmıştır. Şerit LED'in 5 cm'lik kesitinde 3 adet LED bulunduğuna göre 5 m'lik şerit LED için 12 V ve kaç A'lık bir LED sürücü gerekir?

A)1 A B) 2 A C) 3 A D) 4 A E) 5 A

18. Çıkışı 350 mA 20 W olan sabit akımlı bir LED sürücüye 350 mA 1 W ile çalışan power LED'ler den seri olarak bağlanma miktarı aşağıda verilen aralıklardan hangisinde olabilir?

A)3-6 B) 8-12 C) 12-15 D) 16-20 E) 22-26

19. Güç çıkışı 20 W olan LED sürücünün verimliliği %80 ise bu sürücünün harcadığı güç değeri nedir?

A) 16 B) 20 C) 25 D) 40 E) 50

20. LED sürücü seçiminde aşağıdakilerden hangisi dikkate alınmaz?

A) Sürücüdeki akım, gerilim ve güç değerleri

B) Sürücünün verimliliği

C) Sürücünün maliyeti ve kullanım ömrü

D) Sürücüdeki devre elemanlarının kasa içi yerleşimi

E) Sürücünün IP koruma seviyesi



7. ÖĞRENME BİRİMİ

LED'LERDE VERİMLİLİK

KONULAR

7.1. LED ÇİPİNDE VERİMLİLİK

7.2. LED MODÜLÜNDE VERİMLİLİK

7.3. LED SÜRÜCÜLERİNDE VERİMLİLİK

7.4. LED LAMBA VE ARMATÜRLERDE VERİMLİLİK

TEMEL KAVRAMLAR

aktif güç, cosφ, etkinlik faktörü, görünür güç, güç faktörü, LED lamba, lümen/watt, power LED, reaktif güç, SMD LED, sürücü verimliliği, verimlilik, üç çipli LED

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Power LED ve SMD LED arasında verimlilik açısından benzerlik ve farklılıklar neler olabilir? Düşüncelerinizi sınıfla paylaşınız.**
2. **Elektronik devre uygulamalarında kullanılan ayarlı güç kaynaklarının sabit gerilimli LED sürücülerden verimlilik açısından ne gibi farklar olabilir? Düşüncelerinizi sınıfla paylaşınız.**

Aydınlatma teknolojileri, enerji tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşır. LED'ler, bu alanda dikkat çeken bir teknoloji olarak öne çıkar. Geleneksel aydınlatma kaynaklarına göre daha yüksek verimlilik, daha uzun ömür ve daha az enerji tüketimi sunarak aydınlatma endüstrisinde devrim yaratmıştır. Bu teknolojinin başarısının temelinde ise LED çiplerinin verimliliği yatar.

7.1. LED ÇİPİNDE VERİMLİLİK

LED çiplerinin verimliliği, ışığı enerjiye dönüştürme oranı açısından kritik bir öneme sahiptir. LED'lerde verimlilik, elektrik enerjisinin ne kadarının ışığa dönüştürüldüğünü belirler. LED'lerin yüksek verimliliği, daha az enerji tüketimiyle daha fazla ışık üretebilmesi demektir. Çip verimliliği; malzeme kalitesi, iç yapı, sürücüler, ısı yönetimi ve tasarım gibi birçok faktörden etkilenir. Örneğin yüksek kaliteli yarı iletken malzemeler ve amacına uygun seçilmiş lensler, çipin verimliliğini arttırır. İyi bir ısı yönetim sistemi, çipin sıcaklığını kontrol altında tutarak verimliliği olumlu yönde etkiler. LED sürücülerin verimli kullanımı, doğru akım ve gerilim değerlerinin belirlenmesi de çip verimliliğini artırabilir. Bu faktörlerin dikkate alınması, daha verimli ve uzun ömürlü LED çiplerinin tasarlanması ve kullanılması açısından önemlidir.

Aydınlatma teknolojisinde iki tip LED çipi vardır. Bu çipler şunlardır:

- SMD (Surface Mount Device-Yüzey Montaj Elemanlı) LED
- Power (güç) LED

7.1.1. SMD LED'ler

SMD LED çiplerinin piyasada çok çeşidi bulunur. Bu LED çipleri tek olarak ya da şerit LED'ler ile tümleşik şekilde üretilir. Piyasada büyük bir kullanım alanı olmasa da 8 ve 10 çipli LED'lerde üretilmektedir.

SMD LED'ler genellikle tek çipli, üç çipli ve dört çipli olarak üç başlıkta gruplandırılır.

BİLGİ KUTUSU

"SMD LED çipleri" başlığı altında en çok kullanılan LED çipleri değerlendirilecektir.

NOT

LED çiplerinin yanı sıra COB [Chip on-Board (Karta Yerleşik Çip)] LED adı altında, tek bir yonga içerisinde çok sayıda SMD LED çipinin birleşimiyle oluşmuş LED teknolojisi de mevcuttur. Bu teknolojinin SMD LED'lerden tek farkı, çok sayıda SMD LED'in bir araya gelmesiyle oluşturulmuş olmasıdır. İçerisinde kaç adet SMD LED kullanılmışsa ışık akısı da o oranda artar.

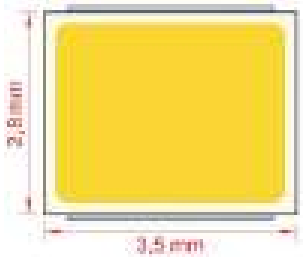
7.1.1.1. Tek Çipli SMD LED'ler

2110, 2835, 3528, 3014, 3030 ve 4014 SMD özellikli, çipli LED'ler tek çipli olarak ele alınır.

2110 Çipli SMD LED: SMD LED çipleri isimlerini üretim boyutlarından alır. Bu led türünün isimlendirilmesinde "21" çip boyunun 2,1 mm olduğunu, "10" ise çip eninin 1 mm olduğunu gösterir. Tek olarak kullanımlarda 3-3,4 V ile çalışmakta olup 0,1 W güç harcar. Yine tek bir çip 10-12 lm'lik ışık akısı üretir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 240 ya da 360 adet LED vardır ve 24 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 100-120 lm/W'tır (Görsel 7.1).



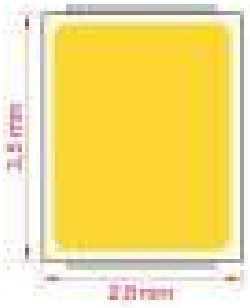
Görsel 7.1: 2110 SMD LED çipi



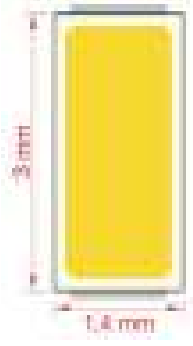
Görsel 7.2: 2835 SMD LED çipi

2835 Çipli SMD LED: Yüksekliği 2,8 mm, eni ise 3,5 mm'dir. Tek olarak kullanımlarda 3-3,4 V ile çalışmakta olup 0,2 W güç harcar. Yine tek bir çip 24-26 lm'lik ışık akısı üretir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 30, 60 ya da 120 adet LED vardır ve 12 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 120-130 lm/W'tır (Görsel 7.2).

3528 Çipli SMD LED: Yüksekliği 3,5 mm, eni ise 2,8 mm'dir. Tek olarak kullanımlarda 3-3,4 V ile çalışmakta olup 0,08 W güç harcar. Tek bir çip 7-8 lm'lik ışık akısı üretir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 30, 60, 120 ya da 240 adet LED vardır ve 12 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 90-100 lm/W'tır (Görsel 7.3).



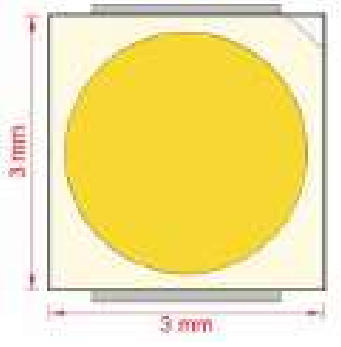
Görsel 7.3: 3528 SMD LED çipi



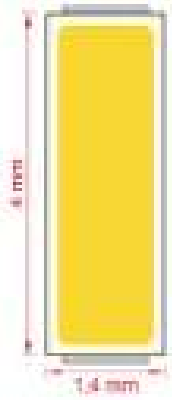
Görsel 7.4: 3014 SMD LED çipi

3014 Çipli SMD LED: Yüksekliği 3 mm ve eni 1,4 mm'dir. Tek olarak kullanımlarda 3-3,4 V ile çalışmakta olup 0,1 W güç harcar. Tek bir çip 10-12 lm'lik ışık akısı üretmektedir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 120-156 adet LED vardır ve 12 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 100-120 lm/W'tır (Görsel 7.4).

3030 Çipli SMD LED: Yüksekliği ve eni 3 mm'dir. Tek olarak kullanımlarda 2,8-3,4 V ile çalışmakta olup 0,2 W güç harcar. Tek bir çip 20-24 lm'lik ışık akısı üretir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 30 ya da 60 adet LED vardır ve 12 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 100-120 lm/W'tır (Görsel 7.5).



Görsel 7.5: 3030 SMD LED çipi



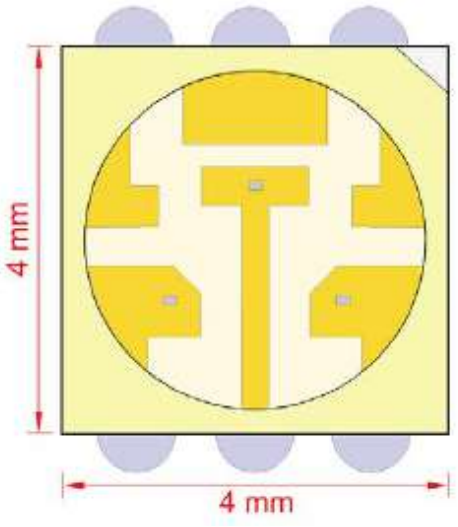
Görsel 7.6: 4014 SMD LED çipi

4014 Çipli SMD LED: Yüksekliği 4 mm ve eni 1,4 mm'dir. Tek olarak kullanımlarda 2,8-3,4 V ile çalışmakta olup 0,1 W güç harcar. Tek bir çip 8-10 lm'lik ışık akısı üretir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 204 adet LED vardır ve 12 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 80-100 lm/W'tır (Görsel 7.6).

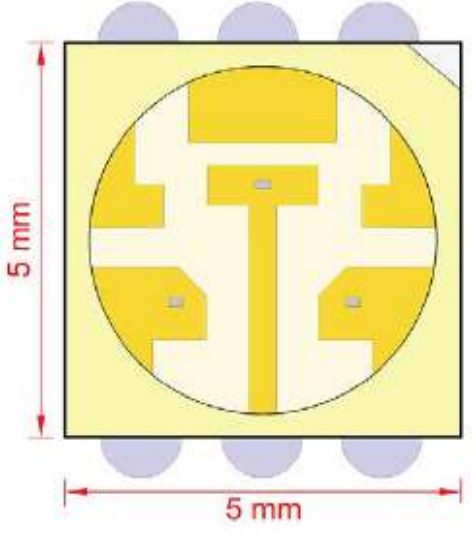
7.1.1.2. Üç Çipli SMD LED'ler

Üç çipli SMD LED'ler, tek bir LED gövdesi içerisinde üç diyot barındıran SMD LED türüdür. İçerisindeki üç diyot aynı renkte ya da RGB (kırmızı, yeşil ve mavi) olmak üzere farklı iki çeşidi vardır. RGB LED'lerde her LED belirli bir renkte ışık üretir ve bu üç renk kanalının karışımıyla geniş bir renk yelpazesi elde edilir. 4040 ve 5050 SMD özellikli çipli LED'ler üç çipli olarak ele alınır.

4040 Çipli SMD LED: Yüksekliği ve eni 4 mm'dir. Tek olarak kullanımında 3-3,4 V ile çalışmakta olup 0,2 W güç harcar. Tek bir çip 24-26 lm'lik ışık akısı üretir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 60 ya da 120 adet LED vardır ve 24 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 120-130 lm/W'tır (Görsel 7.7).



Görsel 7.7: 4040 SMD LED çipi

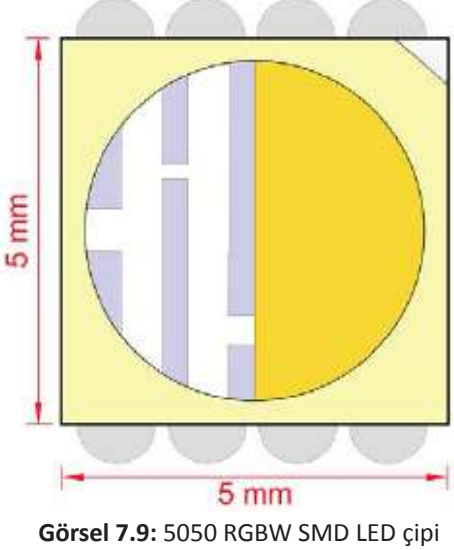


Görsel 7.8: 5050 SMD LED çipi

5050 Çipli SMD LED: Yüksekliği ve eni 5 mm'dir. Tek olarak kullanımında 3-3,4 V ile çalışmakta olup 0,24 W güç harcar. Tek bir çip 24-26 lm'lik ışık akısı üretir. Şerit LED şeklindeki kullanımında 1 m'de 30, 60 ya da 120 adet LED vardır ve 24 V ile beslenir. Etkinlik faktörü 100-110 lm/W'tır (Görsel 7.8).

7.1.1.3. Dört Çipli SMD LED'ler

Dört çipli SMD LED'ler, tek bir LED kılıfı içerisinde dört farklı renk kanalını (kırmızı, yeşil, mavi ve beyaz veya beyaz yerine başka bir renk) barındıran SMD LED çeşididir. Bu LED'ler her bir çipin ürettiği farklı renklerin karışımıyla geniş renk paleti ve renk tonları elde etmek için kullanılır. Üç çipli LED'lerde olduğu gibi burada da farklı renk kombinasyonları kullanılarak istenilen renk elde edilebilir (Görsel 7.9).



Görsel 7.9: 5050 RGBW SMD LED çipi

7.1.2. Power LED'ler

Power LED'ler, yüksek güç ile parlaklık sunan özel olarak tasarlanmış LED'lerdir. Geleneksel LED'lerin aksine daha yüksek voltaj ve akım ile çalışabilir ve bu da daha yoğun ışık çıkışı sağlar. 0,5 W'tan başlayarak daha yüksek wattlara kadar güç tüketebilir. Bu özellikleri, geniş bir ışık spektrumu ve genellikle daha yüksek çalışma sıcaklıklarına dayanma kapasitesi ile birleşerek endüstriyel aydınlatma, otomotiv, aydınlatma armatürleri ve projektörler gibi yüksek ışık çıkışı gerektiren birçok uygulama için kullanılır.

Power LED'ler daha yüksek verimlilik, uzun ömür ve yüksek renk doygunluğu gibi avantajları ile her alanda kullanıma uygundur. Power LED'ler çalışırken soğutucuya ihtiyaç duyar. LED'lerin aşırı ısınmasını önlemek ve performanslarını korumak için soğutucular kullanılabilir (Görsel 7.10). Bu soğutucular genellikle alüminyum veya bakır gibi ısıyı iletmeye yarayan malzemelerden yapılır ve power LED'ler bu soğutucu üzerine monte edilir (Görsel 7.11).



(a) Power LED yapısı (b) Power LED'in soğutucuya montajı

Görsel 7.10: Power LED'in yapısı ve soğutucuya montajı



Görsel 7.11: Power LED'in soğutucuya montajı

Power LED'ler ölçü itibarıyla birbirlerine yakın yarıçaplarda üretilir. Soğutucular da bu ölçülere uygun üretilir. En çok kullanılan soğutucu yarıçapları 6, 7, 8 ve 10 mm'dir.

Güçlerine göre power LED çeşitleri şunlardır:

- **0,5 W Power LED:** 3-3,4 V'luk gerilim ile beslenir ve 150 mA akım çeker. 140 derecelik aydınlatma açısına sahiptir. 50-70 lümen ışık akısı üretir. Etkinlik faktörü ise 100-140 lm/W'tır.
- **1 W Power LED:** 3-3,4 V'luk gerilim ile beslenir ve 350 mA akım çeker. 140 derecelik aydınlatma açısına sahiptir. 120-140 lümen ışık akısı üretir. Etkinlik faktörü 120-140 lm/W'tır.
- **1-3 W Power LED:** 1-3 W arasında çalışma gücüne sahiptir. Çalışma gücüne bağlı olarak ışık akısı artar ya da azalır. Bu power LED, 3-3,6 V'luk gerilim ile beslenir ve 350-700 mA arasında akım çeker. 140 derecelik aydınlatma açısına sahiptir. 140-160 lm ile 240-280 lm arasında ışık akısı üretir. Etkinlik faktörü 80-140 lm/W'tır.
- **2 W Power LED:** 2 W'lık power LED 6-6,8 V'luk gerilim ile beslenir ve 300 mA akım çeker. 140 derecelik aydınlatma açısına sahiptir. 180-200 lümen ışık akısı üretir. Etkinlik faktörü 90-100 lm/W'tır.
- **3 W Power LED:** 3,2-3,8 V'luk gerilim ile beslenir ve 1 A akım çeker. 140 derecelik aydınlatma açısına sahiptir. 350-400 lümen ışık akısı üretir. Etkinlik faktörü 85-100 lm/W'tır.
- **5 W Power LED:** 3,2-3,6 V'luk gerilim ile beslenir ve 1,4 A akım çeker. 140 derecelik aydınlatma açısına sahiptir. 500-550 lümen ışık akısı üretir. Etkinlik faktörü 100-110 lm/W'tır. LED çiplerinde verimliliği hesaplamak için aşağıdaki formül uygulanır.

Formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:

μ_{LED} : LED çipi verimliliği [lm/W]

lm_{LED} : LED çiplerinin toplam ışık akısı [lm]

P_{LED} : LED çiplerinin harcadığı toplam güç [W]

$$\mu_{LED} = \frac{lm_{LED}}{P_{LED}}$$

ÖRNEK

Akvaryum aydınlatması yapılan bir alanda seri bağlanan power LED'lerin harcadığı güç 5 W'tır. Yapılan ölçümler sonucu ışık akısı 400 lm olarak ölçüldüğüne göre power LED'e ait verimliliği (EF) hesaplayınız.

ÇÖZÜM

$$\mu_{LED} = \frac{lm_{LED}}{P_{LED}} = \frac{400}{5} = 80\ lm/W$$

SIRA SİZDE

Alan aydınlatması yapılan bir yerde birbirine PCB kart üzerinde bağlı bulunan SMD4014 LED'lerin harcadığı güç 3 W olarak ölçülmüştür. SMD LED'lerin paketi üzerindeki etikette verimlilik (EF) 85 lm/W yazdığına göre toplam ışık akısının kaç lümen olması beklenir? Hesaplayınız.

LED çipleri ile yapılacak aydınlatmada verimli bir sistem kurmak için Tablo 7.1'deki veriler kullanılır.

Tablo 7.1: Farklı Özelliklere Sahip LED'lerin Teknik Olarak Karşılaştırması

LED Tipi	LED Özelliği	Çalışma Gücü	Işık Akısı	Etkinlik Faktörü
Tek çipli SMD LED	SMD2110	0,10 W	10-12 lm	100-120 lm/W
	SMD2835	0,20 W	24-26 lm	120-130 lm/W
	SMD3528	0,08 W	7-8 lm	90-100 lm/W
	SMD3014	0,10 W	10-12 lm	100-120 lm/W
	SMD3030	0,20 W	20-24 lm	100-120 lm/W
	SMD4014	0,10 W	8-10 lm	80-100 lm/W
Üç çipli SMD LED	SMD4040	0,20 W	24-26 lm	120-130 lm/W
	SMD5050	0,24 W	24-26 lm	100-110 lm/W
Dört çipli SMD LED	RGBW LED	0,32 W	14-16 lm	50 lm/W
Power LED	0,5 W	0,50 W	50-70 lm	100-140 lm/W
	1 W	1 W	120-140 lm	120-140 lm/W
	1-3 W	1-3 W	140-160 lm/ 240-280 lm	80-140 lm/W
	2 W	2 W	180-200 lm	90-100 lm/W
	3 W	3 W	350-400 lm	85-100 lm/W
	5 W	5 W	500-550 lm	100-110 lm/W

7.2. LED MODÜLÜNDE VERİMLİLİK

LED modüller geleneksel aydınlatma yöntemlerine kıyasla daha düşük enerji tüketimi ve uzun ömür gibi avantajlar sunar. LED modüllerinin verimliliği, iç ve dış aydınlatma sektöründe büyük önem taşır. Verimlilik, LED modülünün elektrik enerjisini ışığa dönüştürme kapasitesini ve bu süreçteki kayıpları belirler. Çeşitli faktörler LED modülünün verimliliğini etkiler. Bu faktörler arasında LED çipin kalitesi, sürücü verimliliği, ısı yönetimi ve optik tasarım gibi unsurlar bulunur. Bu unsurların sağlıklı şekilde ele alınması, daha verimli ve uzun ömürlü LED modüllerinin tasarlanıp kullanılmasını sağlar.

7.2.1. LED Modüllerinde Verimliliği Etkileyen Faktörler

LED modülündeki verimliliğin değerlendirilmesi, sistemi oluşturan şerit LED'lerin içerisindeki LED çipleri ile birlikte yapılmasından geçer. Bunun yanında şerit LED'in verimliliğini değerlendirirken başka unsurlarda bulunur.

LED modül verimliliğini etkileyen faktörler şunlardır:

- **LED Çip Verimliliği:** Bir LED çipinin elektrik enerjisini ışığa dönüştürme kabiliyetini ifade eder Bu verimlilik, çipin watt üretebildiği ışık ile ölçülür. Yüksek verimli LED çip, daha az enerji kullanarak daha fazla ışık üretebilen çip demektir. Genellikle bu ölçüm, lümen başına W (lm/W) cinsinden ifade edilir. Ne kadar yüksek lm/W değeri varsa LED çipi o kadar verimli olarak kabul edilir. Bu durum enerji tasarrufunun yanı sıra daha parlak ve etkili aydınlatma potansiyeline sahip olmak anlamına gelir.
- **Renk ve CRI Değeri:** Renk seçimi ve renksel geri verim indeksi (CRI), şerit LED'in kullanımında önemlidir. Bazı renkler diğerlerinden daha fazla enerji sarfiyatı gerektirebilir ve CRI değeri, ışığın renk kalitesini belirleyerek verimliliği etkileyebilir.
- **Sürücü Verimliliği:** LED modüllerinde verimliliği değerlendirirken bunu LED sürücü ile birlikte düşünmek gerekir. Çünkü LED modülüne enerji sağlayan elektronik devreler sürücülerdir. Sürücüden yeterli akım-gerilimi alamayan LED sistemi, verebileceği maksimum ışık akısını oluşturamaz. LED sistemi etiket değerleri dikkate alınarak sürücü seçilmelidir. Böylelikle yüksek değerlerde ışık şiddeti ve düşük tüketim ile verimli bir LED sistemi kurulmuş olur.
- **Isı Etkisi:** Yüksek ısı LED'lerin performansını olumsuz etkiler. LED'lerin ısısı arttıkça gerilim azalmaya, akım ise artmaya başlar. Isıya maruz kalan LED'lerin kullanım süreleri azalır. Aynı zamanda yüksek ısı şerit LED'lerin renk doğruluğunu da etkiler. İstenmeyen renk değişiklikleri oluşabilir.
- **Tasarım:** Işığın istenen yöne etkin şekilde yönlendirilmesi ve kullanılacak alanda homojen bir aydınlatma elde edilmesi için doğru tasarım oluşturulmalıdır. Doğru bir tasarım aynı zamanda ışığın dağılmasını ve gereksiz yönlere gitmesini engelleyerek ışık kaybını minimuma indirir.
- **PCB [Printed Circuit Board (Baskılı Devre Kartı)]:** Şerit LED'lerde kullanılan iletken malzemenin kaliteli olması, LED çiplerinin soğutma işlemini sağlar ve şerit LED boyunca geçen akımın PCB'yi yüksek sıcaklıktan dolayı etkilemesini engeller. PCB kartının olması gerekenden ince olması, üzerinden geçen akımı taşıma noktasında eksik kalarak ısınmasına neden olur. Kartın gerekenden kalın olması ise köşe dönüşlerinde zor bükülme nedeniyle kırılmaya da çatlamalara sebebiyet verir. Bundan dolayı optimum kalınlık ve kaliteli iletken malzeme bu sorunları aşmada önemli bir etkendir.
- **Çevresel Koşullar:** Yüksek nem, toz ve kir LED modülünün sağlıklı çalışmasını engeller. Yüksek nem elektriksel bağlantılarda kısa devre yaparak LED modülün bozulmasına sebep olur. Toz ve kir ise LED yüzeylerini kaplayarak ışığın dağılmasını ve yayılmasını engeller. Bu da verimi düşürür.

7.2.2. LED Modüllerinde Verimlilik Hesabı

LED modülü olarak en çok kullanılanı şerit LED sistemidir. Şerit LED'ler farklı uzunluklarda üretilir. Farklı uzunlukların ışık akısını ölçmek sağlıklı sonuç vermeyeceğinden belirli bir ölçüyü baz almak standart hesaplama için kolaylık sağlar. Bunun yanında şerit LED'i oluşturan devre elemanlarının tümünün harcadıkları gücün hesaba katılması gerekir. İdealde şerit LED üzerinde bulunan sadece LED çiplerinin hesabı yapılırken pratikte akımı sınırlayan dirençler de yer alır. Aynı zamanda şerit LED'i oluşturan iletken malzeme de bir öz direnci olduğundan güç harcar. Tüm bu ayrıntılar verimlilik hesabında sağlıklı sonuçlar alınmasını sağlar.

Verimlilik hesaplanırken öncelikle şerit LED'e ait ışık akısının bulunması gerekir. Burada ölçümler lüksmetre ile yapılır. Şerit LED'in 1 m'lik bölümü alınır ve ışık akısı ölçülerek kaydedilir. Işık akısının ölçülmesinin ardından aynı 1 m'lik şerit LED'in harcadığı gücün bulunması gerekir. Bunun için akım ve gerilim değerleri ölçülmelidir. Öncelikle LED sürücü çıkış uçları arasındaki gerilim voltmetre ile ölçülür. Daha sonra LED sürücünün şerit LED'e sağladığı akım ampermetre ile ölçülür. Bulunan akım ve gerilim değeri çarpılarak harcanan güç değeri bulunmuş olur.

LED modüllerde verimlilik hesabı şu formülle hesaplanır:

$$\eta_{LED\,(1m)} = \frac{lm_{LED\,(1m)}}{P_{LED\,(1m)}}$$

Formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:

$\eta_{LED(1m)}$: 1 m'lik şerit LED'in verimliliği [lm/W]

$lm_{LED(1m)}$: 1 m'lik şerit LED'in ışık akısı [lm]

$P_{LED(1m)}$: 1 m'lik şerit LED'in harcadığı güç [W]

ÖRNEK

İç aydınlatma için bir firmanın ürettiği, 3 çipli 5050 SMD LED'lerden oluşan ve soğuk beyaz renk sıcaklığına sahip şerit LED, 12 V'luk sabit gerilimli LED sürücü ile enerjilendirilmiştir. Şerit LED'in 3 m şeklinde montajı yapılmış ve çektiği toplam akım 3,5 A olarak ölçülmüştür. 1 m'lik kısmının ışık akısı ise 840 lümen olarak bulunmuştur. Bu şerit LED'e ait verimliliği hesaplayınız.

ÇÖZÜM

3 m'lik şerit LED'den 3,5 A akım geçmiş ve bu şerit LED'e 12 V gerilim uygulanmışsa şerit LED'in harcadığı toplam güç değeri:

$$P_{LED\ (3m)} = lm_{LED\,(3m)} \cdot V_{sürücü} = 3{,}5 \cdot 12 = 42\ W$$

3 m'lik şerit LED'in 1 m'sinin harcadığı toplam güç değeri:

$$P_{LED\ (1m)} = \frac{P_{LED\ (3m)}}{3} = \frac{42}{3} = 14\ W$$

1 m'lik şerit LED'in verimliliği:

$$\eta_{LED\ (1m)} = \frac{lm_{LED\,(1m)}}{P_{LED\,(1m)}} = \frac{840}{14} = 60\ lm/W$$

ÖRNEK

İç ve dış aydınlatmada kullanılmak üzere üretilen silikon kaplamalı ve 1 W'lık power LED'lerden oluşan LED modülünü çalıştırmak için 350 mA, 24-36 W özellikli sabit akımlı LED sürücü kullanılmıştır. Power LED'lerden oluşan LED modülünün 5 m'lik montajı yapılmış ve gerilimi 100 V olarak ölçülmüştür. LED modülünün 1 m'lik parçasında ise 630 lm'lik bir ışık akısı değeri gözlenmiştir. Bu şerit LED'e ait verimliliği hesaplayınız.

ÇÖZÜM

5 m'lik şerit LED'den 350 mA = 0,35 A akım geçmiş ve bu şerit LED'e 100 V gerilim uygulanmışsa bu şerit LED'in harcadığı toplam güç değeri:

$$P_{LED\ (5m)} = lm_{LED\ (5m)} \cdot V_{sürücü} = 0{,}35 \cdot 100 = 35\ W$$

5 m'lik şerit LED'in 1 m'sinin harcadığı toplam güç değeri:

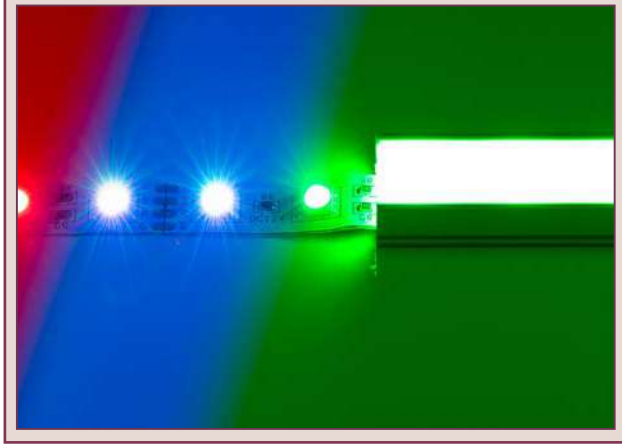
$$P_{LED\ (5m)} = \frac{P_{LED\ (5m)}}{5} = \frac{35}{5} = 7\ W$$

1 m'lik şerit LED'in verimliliği şöyledir:

$$\eta_{LED\ (1m)} = \frac{lm_{LED\ (1m)}}{P_{LED\ (1m)}} = \frac{630}{7} = 90\ lm/W$$

SIRA SİZDE

3 çipli 4040 SMD LED'lerden oluşan, sıcak beyaz renk sıcaklığına sahip şerit LED, 12 V'luk sabit gerilimli LED sürücü ile enerjilendirilmiştir. Şerit LED'in 5 m şeklinde montajı yapılmış ve çektiği toplam akım 5 A olarak ölçülmüştür. 1 m'lik kısmının ışık akısı ise 840 lm olarak bulunmuştur. Şerit LED'e ait verimliliği hesaplayınız.



TARTIŞMA?

Elinizde birer metrelik üç çipli, dört çipli (RGB) ve power LED bulunmaktadır. Buna göre aşağıdaki soruları yanıtlayınız. Yanıtlarınızı sınıfla-paylaşınız.

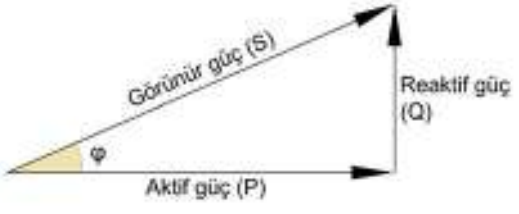
1. Üç şerit LED birleştirilerek bir armatür lambası oluşturulabilir mi?
2. Bu lambayı kontrol edecek güç kaynağı ne olmalıdır?
3. Bu lamba dimmerlenebilir mi? Nasıl?

7.3. LED SÜRÜCÜLERİNDE VERİMLİLİK

LED sürücülerin daha stabil ve verimli çalışmasını sağlayan bazı unsurlar bulunur. Buna göre LED sürücü verimliliğini etkileyen belli başlı faktörler şunlardır:

- **Giriş-Çıkış Değerleri:** LED sürücülerin iki çeşit olduğundan önceki ünitelerde bahsedilmişti (sabit gerilimli ve sabit akımlı LED sürücüler). İki tip sürücüde de giriş voltaj aralığı için gereken değerler sağlanmazsa bu sürücülerde düzgün çalışmama hatta bozulma gibi problemler yaşanabilir. Bundan dolayı giriş değerlerine dikkat edilerek sürücülere gerilim sağlanmalıdır. Çıkışında ise iki ayrı değerlendirme gerekliliği vardır. İlk olarak sabit gerilimli sürücülerde çıkış belirli bir voltaj şeklindedir ve akım ise sürücüye bağlanan LED modülüne göre değişir. Çıkışa bağlanan LED modülünün çekeceği toplam akım sürücünün vereceği akımdan daha yüksek olursa LED modülündeki ışık akısı yeterli olmayacak ve LED, maksimum parlaklığa ulaşamayacaktır. Bunun yanında uzun süre bu şekilde çalışmaya devam ederse bir süre sonra yüksek akımdan dolayı bozulacaktır. Sabit akımlı sürücülerde ise akım belli bir şekilde stabil olarak LED modülüne uygulanır. Gerilim ise sürücüye bağlanan LED ölçüsünde artar. LED'lere verilmesi gereken gerilim sürücünün vereceği değerden fazla olursa LED'lerin vereceği ışık akısı azalır ve bu şekilde çalışmaya devam ederse sürücü bir süre sonra bozulur. Bu sebeplerden dolayı sürücünün verimli çalışması için giriş-çıkış değerleri dikkate alınmalıdır.
- **Isı Etkisi:** Sürücü içerisindeki elektronik kartta yer alan devre elemanlarının verimli çalışması sıcaklıkla ters orantılıdır. Devre elemanlarının soğutulması sürücü verimliliğini olumlu etkiler. Özellikle kart tasarlanırken sıcaklıktan daha fazla etkilenebilen devre elemanlarının çabuk ısınan ve etrafına bu ısıyı yayan devre elemanları ile yan yana konulmaması sürücünün verimliliği ve ömrü için önemlidir. Sürücü kutusu içindeki sıcaklığın yüksek olmaması tüm devre elemanları için sağlıklı olur.
- **Güç faktörü:** Güç faktörü, AC güç sistemindeki gerçek gücün görünen güce oranıdır. Sürücü üzerinde yer alan güç faktörü kısmında 0 ile 1 arasında değer yer alır. Bu gerçek gücün görünür güce oranıdır. Değer, "1" sayısına ne kadar yakın olursa LED sürücü şebekeden reaktif (kör-kullanılmayan) gücü o kadar az çekiyor demektir. Değerin "0" sayısına yakın olması ise şebekeden çekilen görünür güç içerisinde reaktif gücün fazla olmasını ifade eder. LED sürücüleri seçerken kullanılacak LED modülüne uygun verimli bir sürücü bulmak öncelikli konudur. Sürücü kutusu üzerindeki etikette bulunan bazı kavramlar verimliliğe etki eden kısımları gösterir. LED sürücüler bir anlamda AC-DC dönüşümde yapar. Bu tür dönüşüm işlemlerinde "Güç Faktörü-PF (Power Factor)" unsuru dikkat edilmesi gereken bir durumdur. LED sürücü şebekeden belirli bir güç çeker, bu güce görünür **güç (S)** denir. Çekilen gücün sürücü tarafından kullanılan kısmına **aktif güç (P)** denir. LED sürücü tarafından kullanılamayan güce **reaktif güç (Q)** denir. Bu güçler, güç üçgeninde Görsel 7.12'deki gibi gösterilir.

Endüktif ve kapasitif malzemeler, sürücü içerisinde reaktif (kör) güç harcanmasına sebep olur. Bu nedenle reaktif gücün minimum seviyede yani sıfıra yakın olması, minimize edildiği anlamına gelir ve bu en ideal durumdur. Bununla ilgili LED sürücülerde bazı özel güç faktörü düzeltme devreleri (PFC) kullanılır.



Görsel 7.12: Güç üçgeni

Görsel 7.12'de verilen güç üçgeninden şu formüller elde edilir:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi = S \cdot \cos\phi \text{ [W]}$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\phi = S \cdot \sin\phi \text{ [VAR]}$$

$$S = U \cdot I \text{ [VA]} \qquad S^2 = P^2 + Q^2 \text{ [VA]}$$

$$PF = \cos\phi = \frac{P}{S} \qquad \phi = \cos^{(-1)}\left(\frac{P}{S}\right)$$

ÖRNEK

Bir LED sürücü 230 V ve 1 A'lik giriş değerine sahiptir. Bu sürücü üzerindeki etiket değerinde güç faktörü 0,9 yazdığına göre aktif ve reaktif güç değerlerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Sürücüde harcanan görünür güç değeri:

$S = U \cdot I = 230 \cdot 1 = 230\ VA$

Sürücünün güç faktörü cos = 0,9 olduğuna göre sürücünün harcadığı aktif güç değeri:

$\cos\phi = \frac{P}{S} \rightarrow 0,9 = \frac{P}{230} \rightarrow P = 230 \cdot 0,9 = 207\ W$

Sürücüde harcanan reaktif güç değeri:

$S^2 = P^2+Q^2 \rightarrow Q^2 = S^2- P^2 \rightarrow Q = \sqrt{(S^2- P^2)} = \sqrt{(230^2- 207^2)}$

$\rightarrow Q = \sqrt{(52900- 42849)} = \sqrt{10051} = 100,25\ VAR$

SIRA SİZDE

Bir LED sürücü 230 V 0,5 A'lik giriş değerine sahiptir. Sürücü üzerindeki etiket değerinde güç faktörü 0,8 ise sürücünün harcadığı güçleri hesaplayınız.

Verimlilik açısından LED sürücülerde de diğer elektronik devrelerde olduğu gibi güç faktörü önemlidir. Mesken tipi yerleşimlerde sayaçtan sadece aktif gücün ücreti alınmaktadır. Fakat sanayi elektriğinde görünen güç üzerinden hesaplamalar yapıldığı için yüksek güç faktörü olan sürücü kullanımı önemli bir yer tutar. Bunun için bazı sürücülerde dâhilî güç faktörü düzeltme devreleri bulunur. Sanayi tipi LED sürücülerin kullanıldığı yerlerde toplam enerji tüketimi içinde buna dikkat edilmesi gerekir.

LED sürücülerde güç faktörünün yanında sürücünün tam verimle çalışması da önemlidir. Verim, sürücünün çıkışına verdiği gücün kendi harcadığı güce oranı olarak ifade edilir. Çıkışındaki LED modülüne güç sağlarken az kayıp yaşaması, sürücünün verimli olduğu anlamına gelir. Bunu yaparken aynı zamanda kutu içi sıcaklığının da az olması, sürücü ömrünün uzun olmasını sağlar.

Verimlilik genel olarak aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$\eta_{LED} = \frac{P_{çıkış}}{P_{harcanan}} \cdot 100$$

Formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:

η_{LED} : LED sürücü verimi [%]

$P_{çıkış}$: LED sürücünün çıkış güç değeri [W]

$P_{harcanan}$: LED sürücünün harcadığı güç değeri [W]

ÖRNEK

Etiketinde verimlilik bilgisine yer verilmeyen ve çıkış gücü olarak 36 W'lık değere sahip olan sabit akımlı bir LED sürücüde 60 W'lık bir güç harcamıştır. Buna göre LED sürücünün verimliliğini hesaplayınız?

ÇÖZÜM

$$\eta_{LED} = \frac{P_{çıkış}}{P_{harcanan}} \cdot 100 = \frac{36}{60} \cdot 100 = \%60$$

SIRA SİZDE

Etiketinin üzerindeki çıkış değeri yazısı silinmiş bir LED sürücünün verimlilik oranı %60'tır. Sürücünün harcadığı güç 80 W olduğuna göre LED sürücünün çıkış değeri kaç W olmalıdır? Hesaplayınız.

LED sürücü çıkış değeri: ..... W

ÖRNEK

Etiketinde verimlilik bilgisi %80, çıkış gücü 56 W yazan sabit gerilimli bir LED sürücünün harcadığı gücü hesaplayınız.

ÇÖZÜM

$$\eta_{LED} = \frac{P_{çıkış}}{P_{harcanan}} \cdot 100 \rightarrow 80 = \frac{56}{P_{harcanan}} \cdot 100 \rightarrow P_{harcanan} = \frac{56 \,.\, 100}{80} = 70 \text{ W}$$

SIRA SİZDE

2 m'lik bir LED'i besleyen sürücü %75 verimlilikle çalışmaktadır. Toplamda LED'lerin harcadığı güç değeri 240 W olduğuna göre 1 m'lik LED'in çıkış güç değeri nedir? Bu sürücünün verimliliğini %90'a çıkarmak için ne kadar güç tüketmesi gerekir?

1 m'lik LED'in çıkış güç değeri: ..... W

Sürücünün verimliliğini %90'a çıkarmak için tükettiği güç: ..... W



ENERJİDE TASARRUFLU OL!

- Eski tip lambalardan uzak dur.
- LED lamba modellerine yönel.
- Aydınlatmada tasarrufa git, ülke ekonomisine katkıda bulun.
- Yenilenebilir enerji kaynakları ile aydınlatmayı destekle.
- Gereksiz yanan lambaları söndür.
- Küçük güçlü çok sayıda LED lamba kullan.
- Uygun renkli ışığı, uygun ortamlarda tercih et.

7.4. LED LAMBA VE ARMATÜRLERDE VERİMLİLİK

LED lamba ve armatürler, iç ve dış aydınlatma sektöründe önemli bir yer tutar. Enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sunar. Verimlilikleri çeşitli faktörlere bağlıdır. Doğru tasarım, kaliteli bileşenler ve uygun kullanım ile artırılabilir. İçerisinde kullanılan LED'lerin kalitesi, sürücü verimliliği, ısı yönetimi, renk sıcaklığı ve kullanım şekli gibi etmenler, bir LED lamba veya armatürün enerji verimliliği üzerinde belirleyici rol oynar. Bu faktörlerin dikkate alınması, daha uzun ömürlü, düşük enerji tüketimli ve çevre dostu aydınlatma çözümleri sağlayabilir. Bu nedenle, LED lambaların ve armatürlerin verimliliği, modern aydınlatma tasarımlarında önemli bir odak noktası hâline gelmiştir.

LED aydınlatmada normal LED lamba, Torch LED lamba, LED filament lamba şeklinde lambalar ve LED avize ile LED panel armatürler kullanılır (Görsel 7.13).



Görsel 7.13: LED avize ve LED panel armatürler

Yeni nesil LED çiplerinin tasarruflu ve verimli olması sayesinde piyasada yeni tasarımlar görülmektedir. Ortamın aydınlatılma şekli (noktasal, homojen, güçlü, loş), sıcaklık rengi vb. etkenler aydınlatmanın yönünü belirler. LED armatürün verim hesabı, lamba verim hesabıyla aynı şekilde yapılır.

ÖRNEK

60x60 cm ebatında 54 W güç harcadığı bilinen sıva üstü LED panel armatürün ışık akısı 2700 lümendir. Bu armatürün verimliliğini hesaplayınız?

ÇÖZÜM

$$\eta_{LED} = \frac{lm_{LED}}{P_{LED}} = \frac{2700}{54} = 80\ lm/W$$

SIRA SİZDE

80x80 cm ebatında 72 W güç harcadığı bilinen sıva üstü LED panel armatürün verimliliği 80 lm/W olduğuna göre bu armatür kaç lm ışık akısı yaymaktadır? Hesaplayınız.

Armatürün yaydığı ışık akı değeri: ..... lümen

Tüm dokümanlara ve uygulama dosyalarına karekoddan ulaşabilirsiniz.

7.1. UYGULAMA TEK ÇİPLİ SMD LED UYGULAMASI

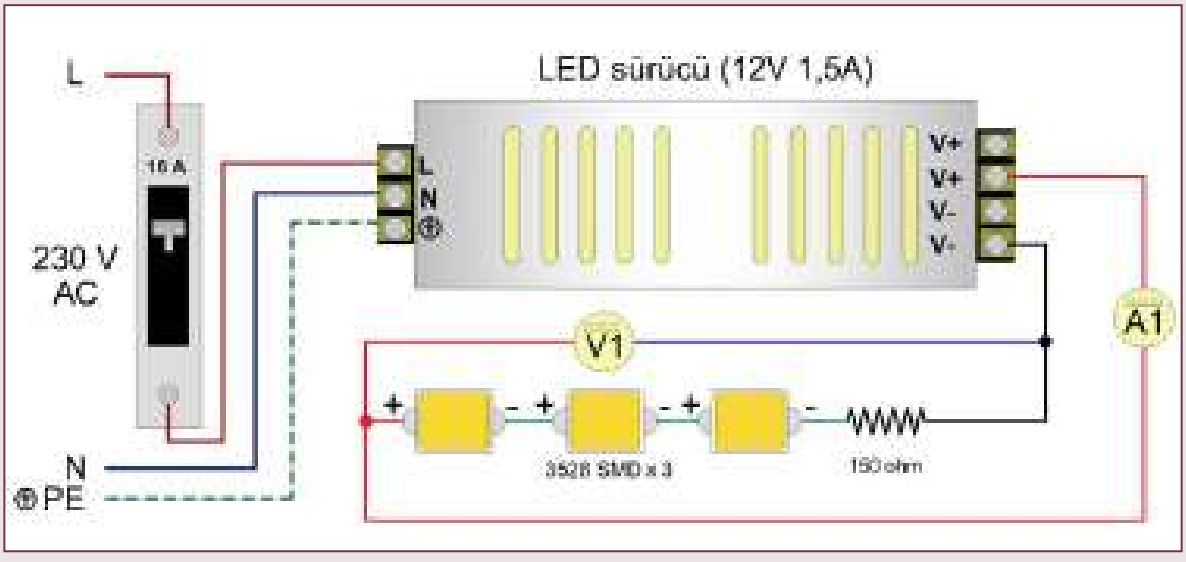
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Seri bağlantılı tek çipli SMD LED'leri çalıştırmak.

GÖREV

Görsel 7.14'te tek çipli 3528 SMD LED'ler ve LED sürücü bağlantıları görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek üç adet tek çipli SMD LED ve direnç birbirlerine seri bağlayınız, SMD LED'ler üzerindeki gerilim, akım, ışık akısı ölçülüp güç ve verim hesaplayınız.



Görsel 7.14: 3 x SMD 3528 LED çipi ve LED sürücü bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	12 V, 5 A, sabit gerilimli	1 adet
SMD LED	3528 tek çipli	1 adet
SMD LED	İç mekân ve farklı modelde SMD LED'ler	2 adet
Direnç	150 Ω	1 adet
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Lümen ölçer	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını ve LED sürücüyü MDF plaka üzerine sabitleyiniz.
3. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 3528 SMD LED çiplerini ve direnci birbirlerine seri olacak şekilde lehimleyiniz.
5. Görsel 7.14'te görülen şemaya uygun şekilde devreyi kurunuz.
6. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. SMD LED çiplerinin çektiği akımı ölçerek Tablo 7.2'ye yazınız.
8. Direnç ve SMD LED çipleri üzerindeki gerilimi ölçerek Tablo 7.2'ye yazınız.
9. SMD LED'lerin ışık akılarını ölçerek Tablo 7.2'ye yazınız.
10. Sigortayı açınız.
11. SMD LED'lerde harcanan gücü hesaplayıp Tablo 7.2'ye yazınız.
12. Verimliliği hesaplayıp Tablo 7.2'ye yazınız.
13. SMD 3528 LED'ler yerine farklı özellikteki SMD LED'leri sırayla bağlayarak 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
14. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
15. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 7.2: Tek Çipli SMD LED Ölçüm Sonuçları

SMD LED Çipi	Ölçülen Akım (A)	Ölçülen Gerilim (V)	Ölçülen Işık Akısı (lümen)	Hesaplanan Güç (W)	Verimlilik (lm/W)
3528 SMD					
.....					
.....					

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** LED sürücü montajını ve kablo bağlantılarını yaptı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Belirlenen SMD LED bağlantılarını yaptı.	**10**	
Numarası		**3.** Belirlenen SMD devresinde çeşitli ölçümler yaptı.	**20**	
İmza		**4.** İkinci SMD LED bağlantılarını yaptı.	**10**	
ÖĞRETMEN		**5.** İkinci SMD devresinde çeşitli ölçümler yaptı.	**20**	
Adı-Soyadı		**6.** Üçüncü SMD LED bağlantılarını yaptı.	**10**	
Tarih		**7.** Üçüncü SMD devresinde çeşitli ölçümler yaptı.	**20**	
Saat		**8.** Her devrenin harcanan güçlerini ve verimliliğini hesapladı.	**5**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

7.2. UYGULAMA TEK VE ÜÇ ÇİPLİ SMD ŞERİT LED UYGULAMALARI

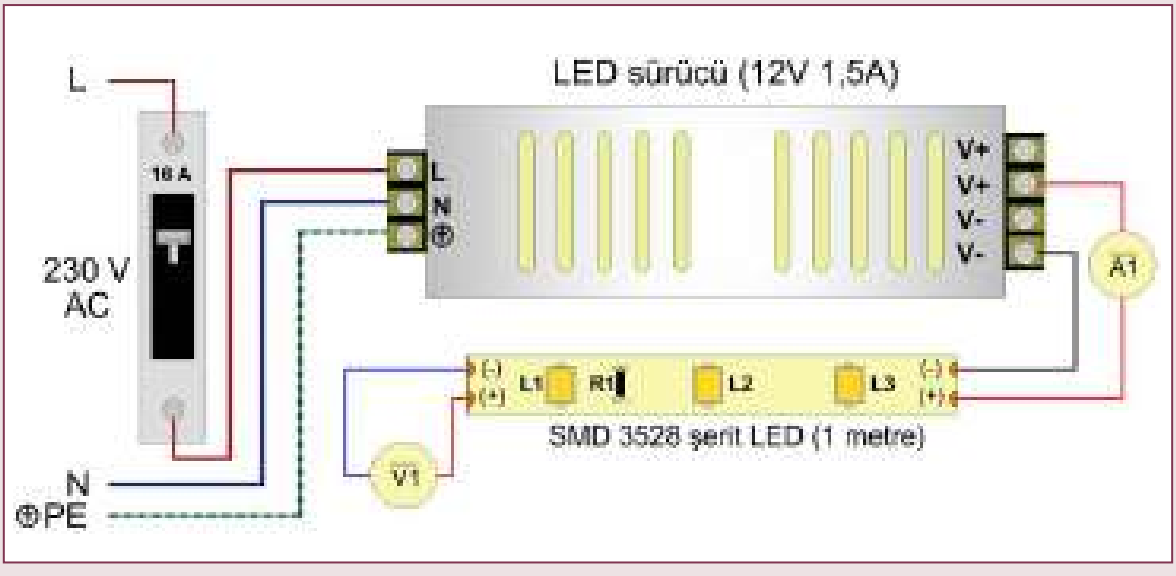
Süre: 40 dk.

AMAÇ

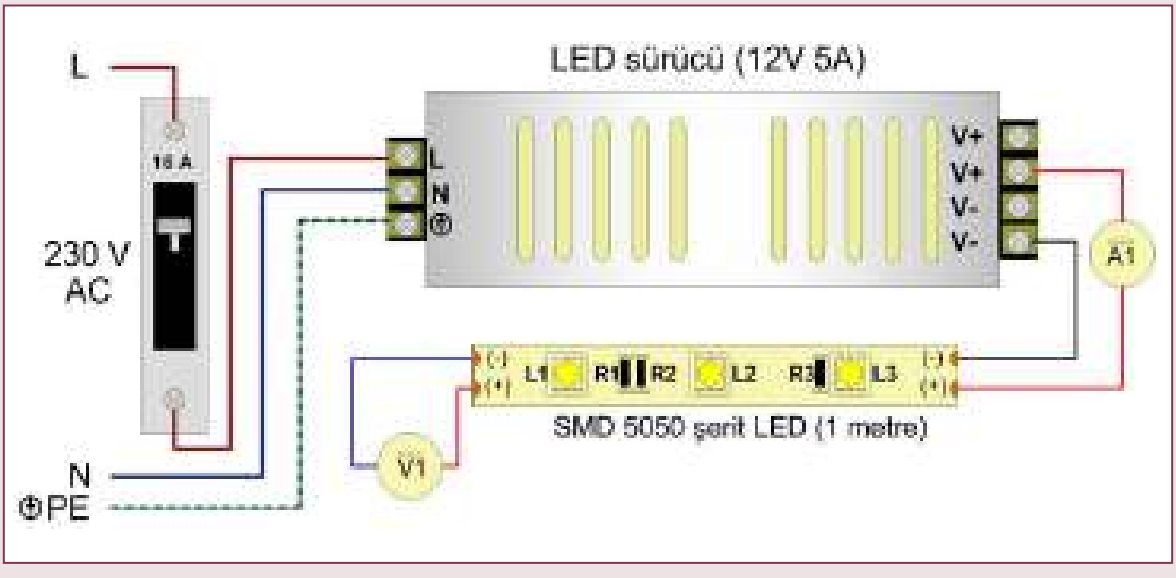
1 m'lik tek ve çift çipli SMD şerit LED uygulamaları yapmak.

GÖREV

Görsel 7.15'te 1 m'lik SMD3528 şerit LED'li LED sürücülü bağlantı şeması, Görsel 7.16'da 1 m'lik SMD5050 şerit LED'li LED sürücülü bağlantı şeması verilmiştir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek tek ve üç çipli SMD LED'ler üzerindeki gerilim, akım, ışık akısı ölçülüp güç ve verim hesaplanacaktır. Buna göre her SMD LED şeridi sürücüye bağlayarak çalıştırınız ve elde edilen ölçümleri yorumlayınız.



Görsel 7.15: 1 m'lik tek çipli SMD şerit LED ve LED sürücü bağlantısı



Görsel 7.16: 1 m'lik üç çipli SMD şerit LED ve LED sürücü bağlantısı

Tablo 7.3: Tek ve Üç Çipli SMD Şerit LED Ölçüm Sonuçları

Şerit LED Tipleri	Ölçülen Akım (A)	Ölçülen Gerilim (V)	Ölçülen Işık Akısı (lümen)	Hesaplanan Güç(W)	Verimlilik (lm/W)
SMD3528 (1 m)					
SMD5050 (1 m)					

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücüsü	12 V, 5 A, sabit gerilimli	1 adet
SMD LED	3528 tek çipli	1 adet
SMD LED	İç mekân ve farklı modelde SMD LED'ler	2 adet
Direnç	150 Ω	1 adet
Otomatik sigorta	W otomat, 16 A, tek faz	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
AVOmetre	Dijital özellikli	1 adet
Lümen ölçer	Dijital özellikli	1 adet
Aydınlatma seti	Aydınlatma eğitim seti ya da 50x50 cm MDF plaka	1 adet
Kablo	1,5 ve 2,5 mm^2 tek damarlı kablolar	Yeterince
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant vb.	-
Lehim aletleri	Kalem havya, lehim teli vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını ve LED sürücüyü MDF plaka üzerine sabitleyiniz.
3. 16 A tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. LED sürücüyü ve tek çipli SMD şerit LED'i eğitim seti üzerine sabitleyiniz.
5. Görsel 7.15'te görülen şemaya uygun şekilde devreyi kurunuz.
6. Öğretmeniniz kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
7. SMD LED şeridin çektiği akımı ölçerek Tablo 7.3'e yazınız.
8. Direnç ve SMD LED şerit üzerindeki gerilimi ölçerek Tablo 7.3'e yazınız.
9. SMD LED şeridin ışık akısını ölçerek Tablo 7.3'e yazınız.
10. Sigortayı açınız ve malzemeleri sökünüz.
11. SMD LED şeritte harcanan gücü hesaplayıp Tablo 7.3'e yazınız.
12. Verimliliği hesaplayıp Tablo 7.3'e yazınız.
13. Görsel 7.16'da görülen şemaya uygun şekilde devreyi kurunuz.
14. Öğretmeniniz kontrolünde sigortayı kapatıp devreye enerji veriniz.
15. SMD LED şeridin çektiği akımı ölçerek Tablo 7.3'e yazınız.

16. Direnç ve SMD LED şerit üzerindeki gerilimi ölçerek Tablo 7.3'e yazınız.

17. SMD LED şeridin ışık akısını ölçüp ölçüm sonucunu Tablo 7.3'e yazınız.

18. Sigortayı açınız ve malzemeleri sökünüz.

19. SMD LED şeritte harcanan gücü hesaplayıp Tablo 7.3'e yazınız.

20. Verimliliği hesaplayıp Tablo 7.3'e yazınız.

21. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.

22. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

SORULAR

1. **SMD3528 yerine SMD4014 kullanılsaydı verimlilikte nasıl bir değişim olması beklenirdi? Kısaca yorumlayınız.**
2. **LED çiplerinin ayrı ayrı kullanılmasıyla SMD3528 şerit LED içerisinde kullanılmasının verimliliğe ne gibi bir etkisi olabilir? Yorumlayınız.**
3. **Kullanılan SMD5050 LED modülünde 1m yerine 2m şerit LED kullanılsaydı verimlilikte herhangi bir değişiklik olur muydu? Sebebini açıklayınız.**
4. **Üç çip SMD5050 yerine tek çipli bir şerit LED modülü kullanılsaydı verimlilikte nasıl bir değişim olurdu? Açıklayınız.**

NOT

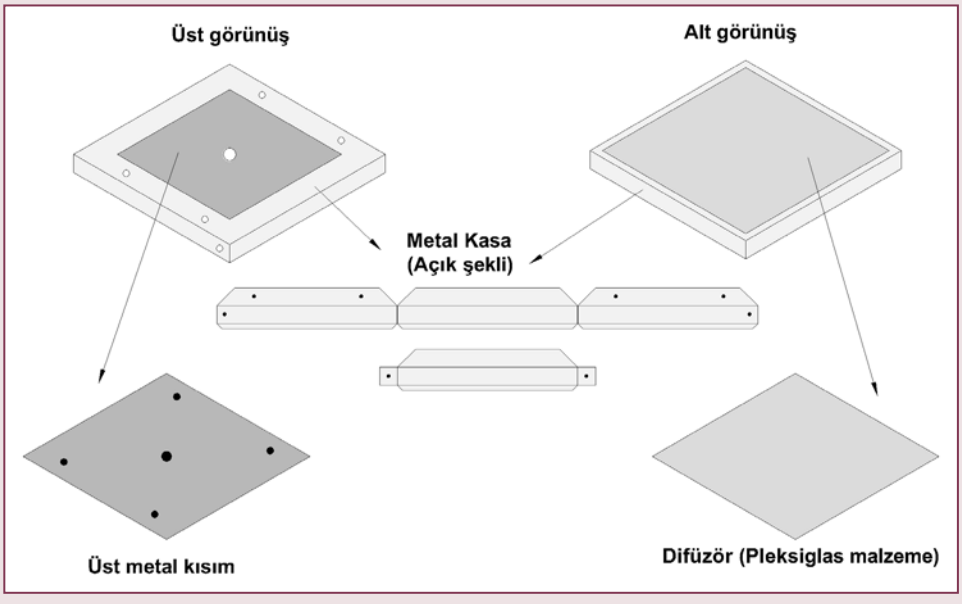
DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

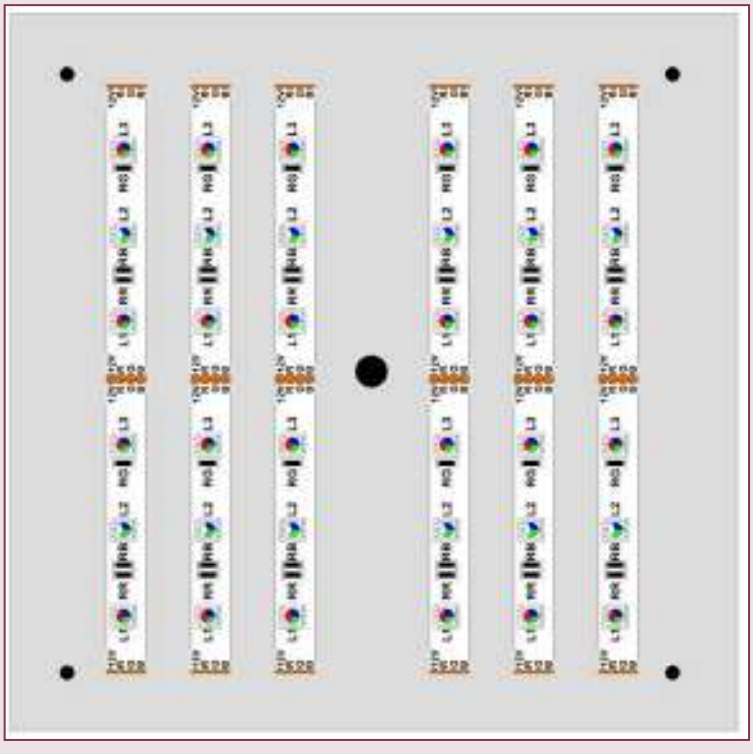
ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** LED sürücü bağlantısını ve montajını yaptı.	5	
Sınıfı		**2.** Tek çipli SMD3528 şerit LED bağlantısını yaptı.	10	
Numarası		**3.** Tek çipli devrede akım, gerilim ve lümen değerleri ölçtü.	20	
İmza		**4.** Tek çipli devrenin güç ve verim hesaplamalarını yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Üç çipli SMD5050 şerit LED bağlantısını yaptı.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Üç çipli devrede akım, gerilim ve lümen değerleri ölçtü.	20	
Tarih		**7.** Üç çipli devrenin güç ve verim hesaplamalarını yaptı.	15	
Saat		**8.** Uygulamayı zamanında tamamladı.	5	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

7.1. PROJE — RGB LED'Lİ, UZAKTAN KONTROLLÜ LED PANEL ARMATÜR PROJESİ

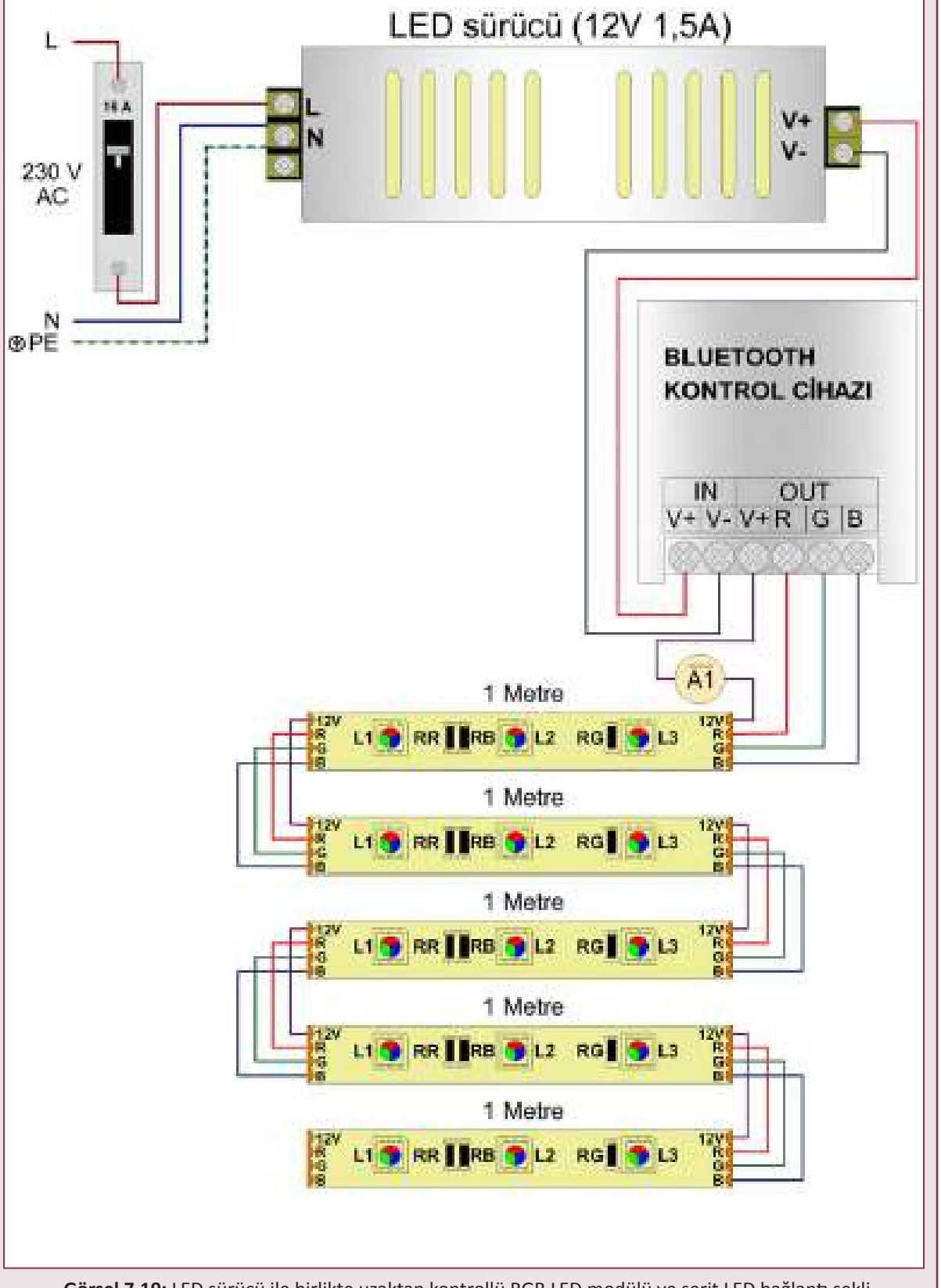
Süre	3 hafta
Amaç	RGB LED'li, uzaktan kontrollü, sıva üstü LED panel armatür uygulamasını yapmak.
Grup sayısı	2-5 kişi
Görseller	Uygulama ile ilgili görseller aşağıda verilmiştir (Görsel 7.17-7.19).



Görsel 7.17: LED panel armatürün dış kasa şekli



Görsel 7.18: Armatürün üst metal kısmına RGB LED şeritlerin yerleşimi



Görsel 7.19: LED sürücü ile birlikte uzaktan kontrollü RGB LED modülü ve şerit LED bağlantı şekli

Görev	**Aydınlatma yapılacak alana LED panel armatür yerleştirilmek isteniyor. Görsellerde verilenlere uygun olarak gerekli hesaplamaları yapınız ve ortama uygun LED panel armatür uygulamasını gerçekleştiriniz.** **1.** Aydınlatılacak ortamın en ve boy ölçülerini alınız (A=a.b [m^2]). **2.** Aydınlatılacak ortamın alanını bulduktan sonra aydınlatmayı sağlayacak ışık şiddetini hesaplayınız. **3.** Görsel 7.17-7.19'da verilen şemalara göre malzeme listelerini çıkarınız. **4.** Görsel 7.19'daki görsele göre hesaplanan ışık şiddetini oluşturabilecek şekilde, şerit LED verimlilik oranlarına bakarak LED sürücü, şerit LED ve RGB bluetooth kontrol cihazı seçimi yapınız. **5.** Armatürün gövdesini uygun ölçülerde hazırlayınız ve delik yerlerini belirleyiniz. **6.** Malzemeyi temin ettikten sonra metal kasa ölçülendirmesine göre gerekli delme ve kesme işlemlerini gerçekleştiriniz. **7.** Görsel 7.17'de gösterilen üst metal kısmı alarak gerekli ışık şiddetine sahip şerit LED'i kesim yerlerinden ayırıp Görsel 7.18'deki gibi düzenleyiniz. **8.** Ayrılmış şerit LED'lerin uçlarını iletken tel ile birleştirip lehimleyerek sıcak silikon ile üst metal kısma sabitleyiniz. **9.** Üst metal kısmı ve metal kasayı perçinleyerek matkap vasıtasıyla gerekli iş lemleri yaptıktan sonra metal kasanın dördüncü kenarı hariç olmak üzere tavana sabitleyiniz. **10.** Şerit LED'lerin önünü kapatmayacak şekilde LED sürücü, RGB bluetooth modülü ve şerit LED besleme gerilimini bağlantıları Görsel 7.19'daki gibi yaparak metal kasanın iç yan tarafına yerleştiriniz. **11.** Fleksiglas malzemeden oluşan difüzörü metal kasaya sürerek yerleştiriniz. **12.** Metal kasanın dördüncü kenarı olan parçayı yan taraftaki kulakçık yerlerinden vidalayarak sabitleyiniz. **13.** Armatürü önüne uygun anahtar koyarak öğretmen kontrolünde çalış tırınız. **14.** Bluetooth kontrollü RGB LED programını akıllı cihaza indirerek çalıştırınız. Her çalışma durumunu tabloya yazınız. **15.** Çalışmayı raporlayarak öğretmeninize uygulama ve sonuçlarıyla birlikte tes-lim ediniz.

NOT

DEĞERLENDİRME

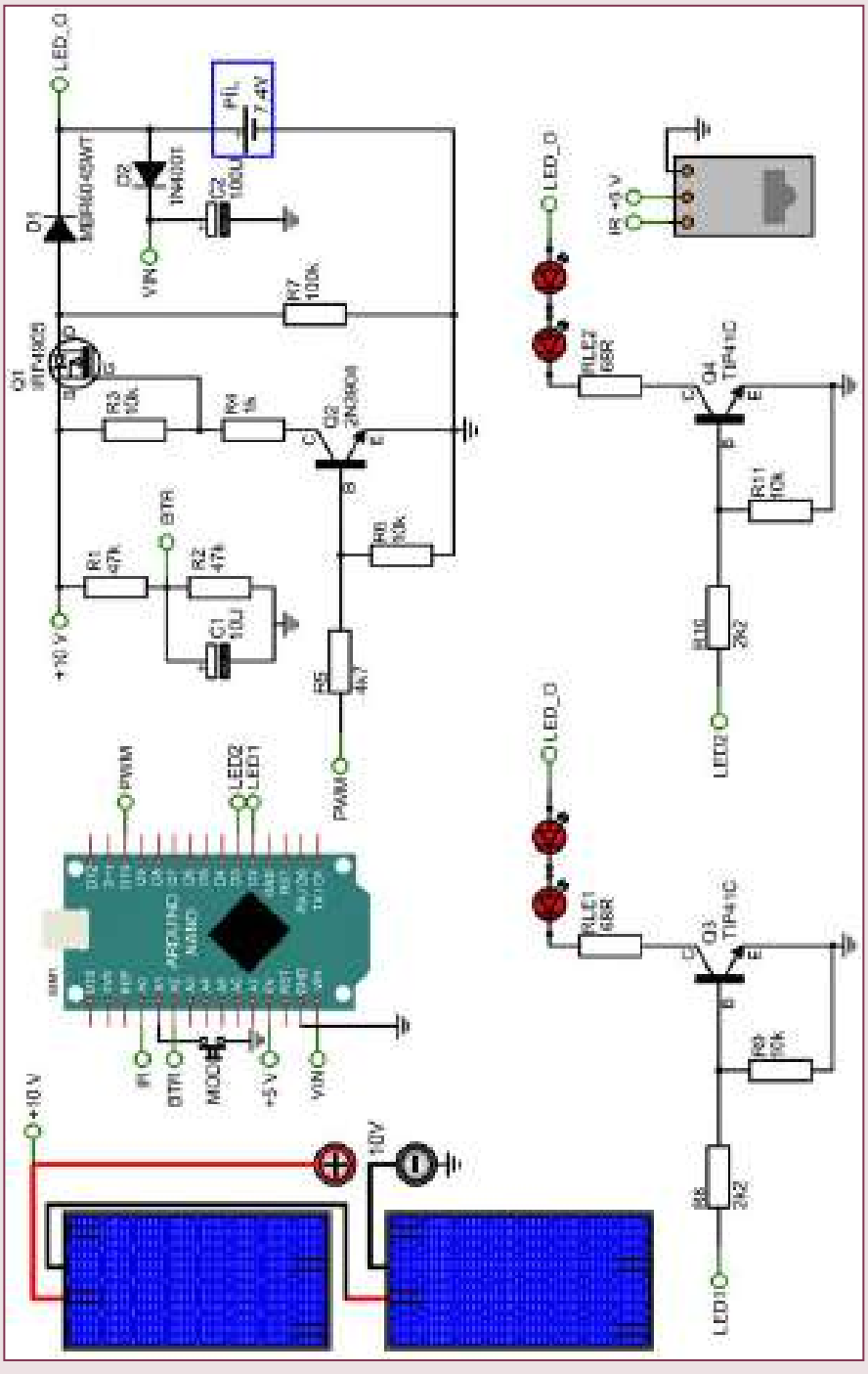
Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Konu ile ilgili literatür taramalarını yaptı.					
2. Proje dosya tasarımını yaptı.					
3. Proje sayfalarını istenenler doğrultusunda hazırladı.					
4. Proje kapak sayfasını oluşturdu.					
5. Proje sonuçlarını özetledi.					
6. Projede resim, tablo, görsel vb. çeşitli materyaller kullandı.					
7. Proje dosyası sonunda kaynakçaya yer verdi.					
8. Proje dosyasının temizliğine ve düzenine dikkat etti.					
9. Proje dosyasını belirlenen süre sonunda öğretmenine teslim etti.					
10. Aydınlatılacak ortamın ölçülerini alarak alanını hesapladı.					
11. Görsellerde verilen devrelerin malzeme listesini oluşturdu.					
12. LED panel armatürün dış kasasını oluşturdu.					
13. Armatüre yerleştirilecek RGB LED şeritleri belirledi.					
14. RGB LED şeritleri armatür kasasına uygun şekilde yerleştirdi.					
15. LED sürücüyü ve LED kontrolcüsünü kasa içine monte etti.					
16. Kasa içi tüm kablo bağlantılarını yaptı.					
17. Fleksiglas difüzörü metal kasa üzerine monte etti.					
18. Anahtar ile armatürün çalışmasını kontrol etti.					
19. Bluetooth ile armatürün yanıp sönmesini kontrol etti.					
20. Proje uygulamasını belirlenen sürede teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

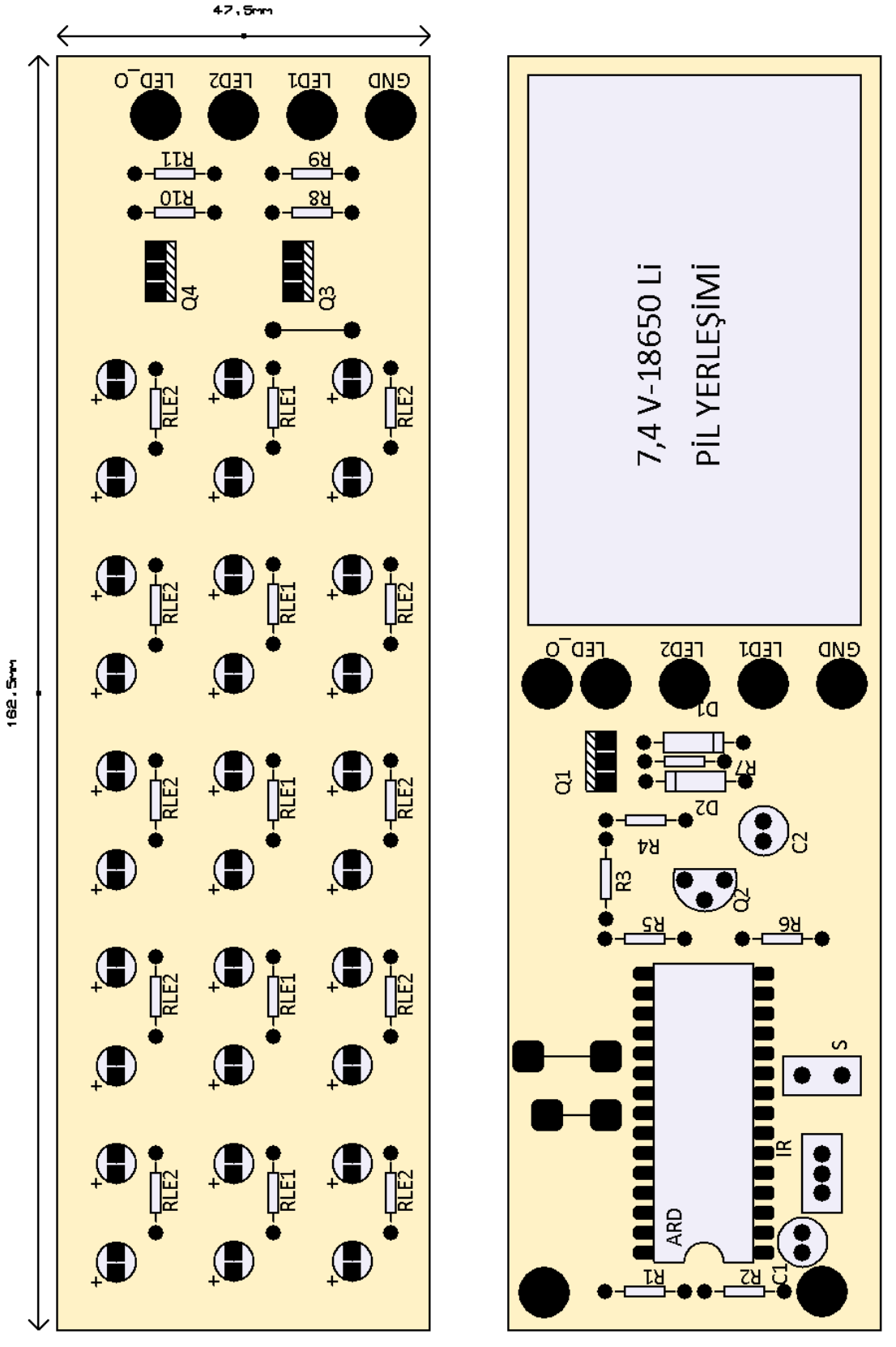
ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

7.2. PROJE PV PANELLİ VE UZAKTAN KUMANDALI IŞILDAK PROJESİ

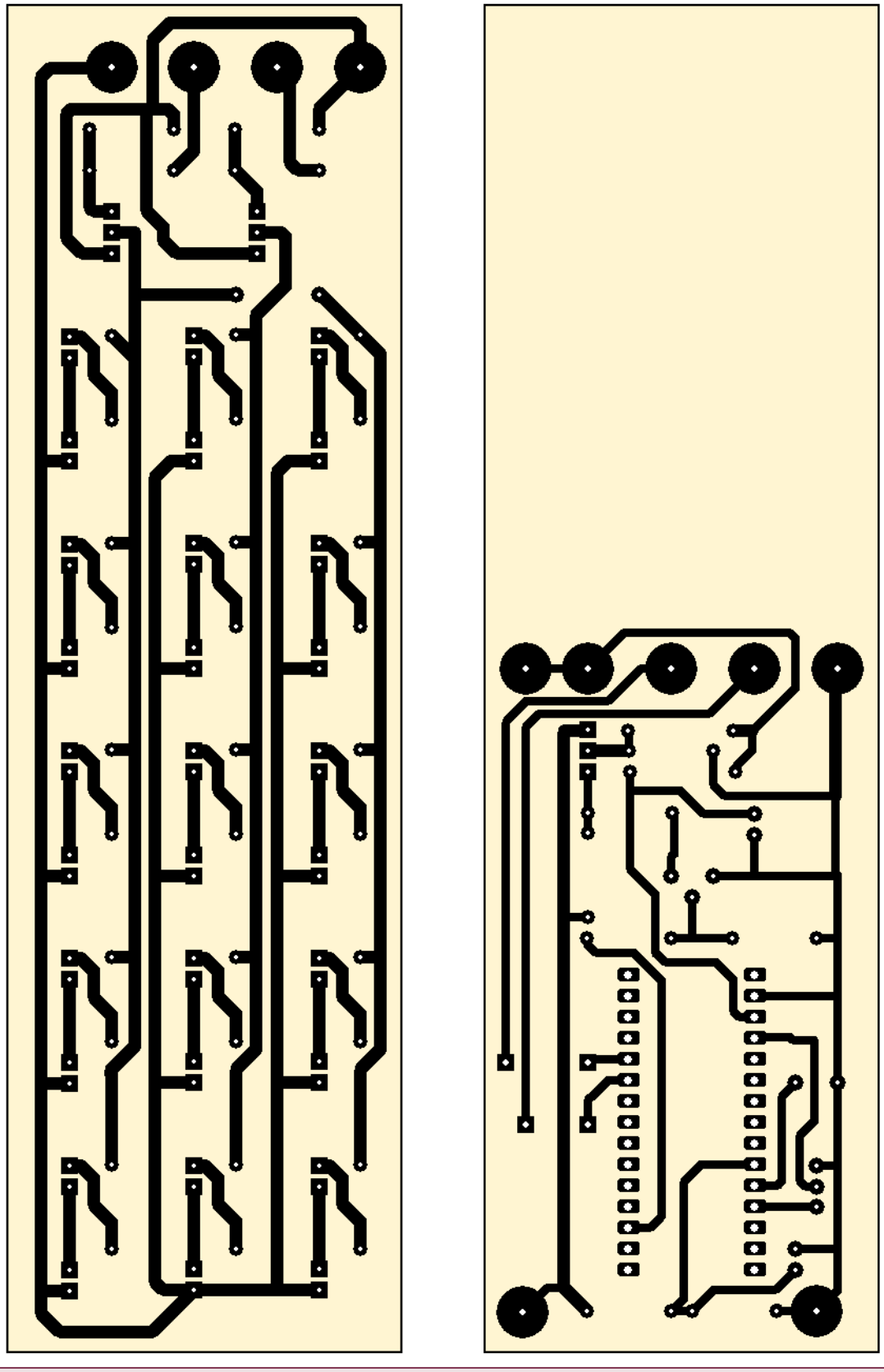
Süre	3 hafta
Amaç	2-6 kişi
Grup sayısı	Şarj edilebilen, PV panel destekli ve uzaktan kumandalı ışıldak uygulama projesini yapmak.
Görseller	Uygulama ile ilgili görseller aşağıda verilmiştir (Görsel 7.20-7.23).



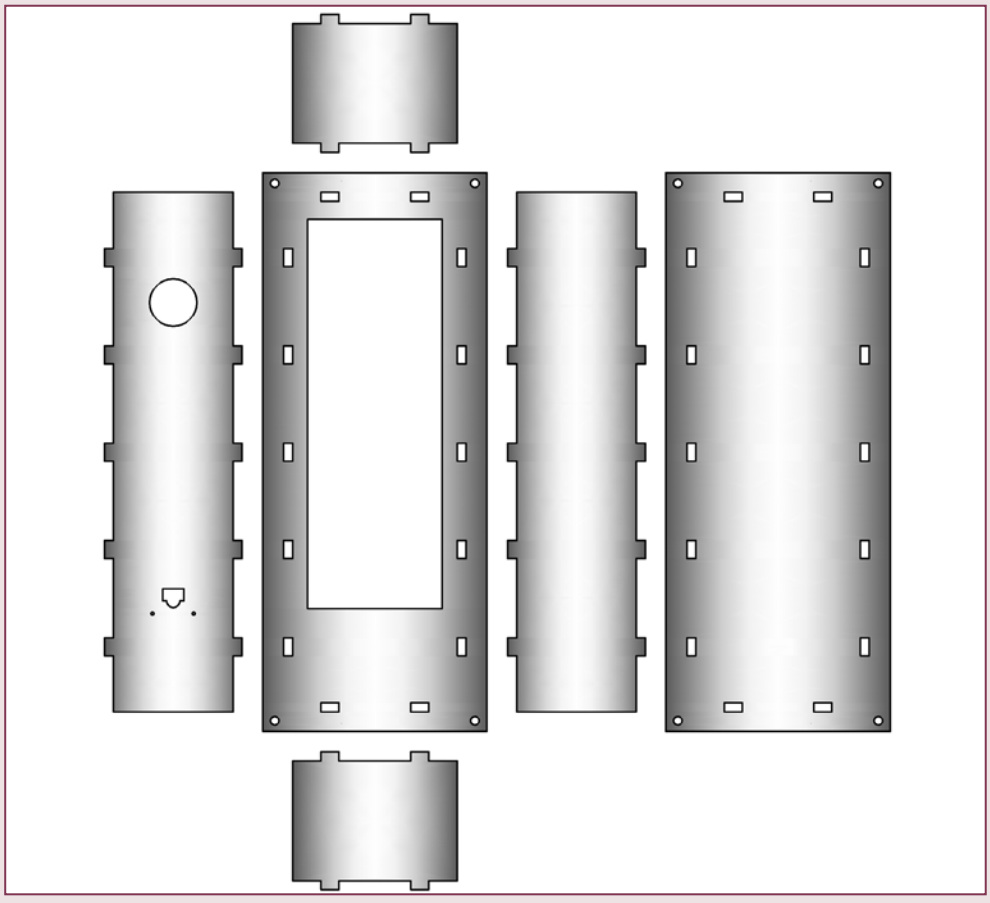
Görsel 7.20: Işıldak şarj ve kontrol devresi



Görsel 7.21: Işıldak proje devresinin elemanlarının yerleşimi



Görsel 7.22: Işıldak proje devresinin bakır yüzeyleri



Görsel 7.23: Işıldak kutusu parçaları

Kodlar (1)	ARDUINO NANO kartının kod yazılımı (1) Tablo 7.4'te görülmektedir.

Tablo 7.4: ARDUINO NANO Kartının Kod Yazılımı (IR_isildak.ino)

Satır	Kodlar
1	#define DECODE_NEC //NEC kodlaması dosyası eklendi.
2	#include <Arduino.h> //Arduino.h dosyası eklendi.
3	#include "PinDefinitionsAndMore.h" //PinDefinitionsAndMore.h dosyası eklendi.
4	#include <IRremote.hpp> //IRremote.hpp dosyası eklendi.
5	#define led1 2 // led1 2 nolu pin olarak tanımlandı.
6	#define led2 3 // led2 3 nolu pin olarak tanımlandı.
7	#define sarj 10 // sarj 10 nolu pin olarak tanımlandı.
8	#define aku_kont A2 // aku_kont A2 nolu pin olarak tanımlandı.
9	#define aku_kont A2 // aku_kont A2 nolu pin olarak tanımlandı.
10	int aku=0; // aku integer olarak tanımlandı.
11	byte sayi=0; // sayi byte olarak tanımlandı.
12	long int IR_gelen; // IR_gelen long integer olarak tanımlandı.
13	long int data[4]={0xE916FF,0xE619FF,0xF20DFF,0xBF40FF}; // data dizisi 4 değişkenli long integer olarak tanımlandı.
14	
15	void led_yak(){ // led_yak alt programı // button A1 nolu pin olarak tanımlandı
16	switch(IR_gelen){
17	case 0xE916FF: //Uzaktan kumandadan 1 tuşuna basıldığında 1.grup LED'leri yakar. 2.grup LED'leri söndürür.

```
18              digitalWrite(led1, HIGH);
19              digitalWrite(led2, LOW);
20              sayi=0;
21              break;
22             case 0xE619FF:         //Uzaktan kumandadan 2 tuşuna basıldığında 2.grup LED'leri yakar.
    1.grup LED'leri söndürür.
23              digitalWrite(led1, LOW);
24              digitalWrite(led2, HIGH);
25              sayi=1;
26              break;
27
28              case 0xF20DFF: //Uzaktan kumandada 3 tuşuna basılınca 1. ve 2.grup LED'leri yakar.
29              digitalWrite(led1, HIGH);
30              digitalWrite(led2, HIGH);
31              sayi=2;
32              break;
33
34              case 0xBF40FF:  //Uzaktan kumandada OK tuşa basılınca 1. ve 2.grup LED'leri söndürür.
35              digitaWrite(led1, LOW);
36              digitalWrite(led2, LOW);
37              sayi=3;
38              break;
39
40             default:            //Uzaktan kumandadan gelen bilgi farklıysa IR gelen 0 olarak geri döner.
41             break;
42             IR_gelen=0;
43   }
44  }
45
46  void setup() {                                  //ayarlar
47     Serial.begin(9600);                          //seri iletişim 9600 baud olarak ayarlandı.
48     pinMode(led1, OUTPUT);                       //led1 pini çıkış olarak ayarlandı.
49     pinMode(led2, OUTPUT);                       //led2 pini çıkış olarak ayarlandı.
50     pinMode(sarj, OUTPUT);                       //sarj pini çıkış olarak ayarlandı.
51     pinMode(button, INPUT_PULLUP);    //button pini lojik giriş olarak ayarlandı.
52     IrReceiver.setReceivePin(A0);           //A0 pini IR giriş olarak ayarlandı.
53     IrReceiver.begin(A0);                        //A0 pininden IR giriş aktif edildi.
54  }
55
56  void loop() {                                   //Ana program.
57     if (IrReceiver.decode()) {                   // IR girişinden bilgi alınıp alınmadığına bakılıyor.
58        IR_gelen = (IrReceiver.decodedIRData.decodedRawData>>8);  // Gelen veri okunuyor.
59        Serial.println(IR_gelen, HEX);       // Gelen veri seri porttan bilgisayara gönderiliyor.
60        led_yak();                          // Gelen veri led_yak alt programına gönderilip LED'lerin ya-
    kılmasına veya söndürülmesine karar veriliyor.
61        IrReceiver.resume();}                // A0 pininden IR bilgi alınmaya devam ediliyor.
62      if (!digitalRead(button)) {            // Butona basılıp basılmadığına bakılıyor.
63         sayi++;                             // Butona basıldıysa sayi değeri bir artırılıyor.
64         IR_gelen=data[(sayi%4)];            // sayi değerine göre diziden veri seçiliyor.
65         led_yak();                          // Seçilen veri led_yak alt programına gönderilip LED'lerin
    yakılmasına veya söndürülmesine karar veriliyor.
66        while (!digitalRead(button));    // Buton bırakılana kadar program bu satırda bekliyor.
67        delay(250);}                        // 250 mili saniye program bekliyor.
68        aku=analogRead(aku_kont);    // Güneş panelinden gelen gerilim değeri okunuyor.
69        aku=map(aku,0,1023,0,255); // Güneş panelinden okunan değer 0-255 arası sayıya dönüş-
    türülüyor.
70        if (aku>200){       // Güneş panelinden gelen gerilim değeri pili şarj edecek seviyede ise;
71          Serial.println(aku);
72          analogWrite (sarj,200);}                    // Pil şarj ediliyor
73          else{          // Güneş panelinden gelen gerilim değeri pili şarj edecek seviyede değil ise;
```

```
74          Serial.println(aku);
75          analogWrite (sarj,0);}          // Pil şarj edilmiyor.
76  }
```

Kodlar (2) ARDUINO NANO kartının IR kod bulma yazılımı (2) Tablo 7.5'te görülmektedir.

Tablo 7.5: ARDUINO NANO Kartının IR Kod Bulma Yazılımı (2) (IR_kod_bulma.ino)

Satır	Kodlar
1	#define DECODE_NEC
2	#include <Arduino.h>
3	#include "PinDefinitionsAndMore.h"
4	#include <IRremote.hpp>
5	
6	void setup() {
7	Serial.begin(9600);
8	IrReceiver.setReceivePin(A0);
9	IrReceiver.begin(A0);
10	}
11	
12	void loop() {
13	
14	if (IrReceiver.decode()) {
15	long int IR_gelen = (IrReceiver.decodedIRData.decodedRawData>>8);
16	Serial.println(IR_gelen, HEX);
17	delay(1);
18	IrReceiver.resume();
19	
20	}
21	}

Malzeme Listesi

1. 5 V/1,5 W, 100x70 mm, mini güneş paneli (2 adet)
2. 7, V 18650 tip batarya (1 adet)
3. ARDUINO Nano mikrodenetleyici (1 adet)
4. 38 kHz IR alıcı modülü ve uzaktan kumandası (1 adet)
5. 4,8 mm beyaz mantar LED diyot (30 adet)
6. 12 mm vidalı mantar buton (1 adet)
7. Direnç (2x68 Ω, 1x1 kΩ, 2x2,2 kΩ, 1x4,7 kΩ, 4x10 kΩ, 2x47 kΩ, 1x100 kΩ) (13 adet)
8. Elektrolitik kondansatör (1x10 µF, 1x100 µF) (2 adet)
9. Diyot (1x1N4001, 1xMBR6045WT, 4x kırmızı LED) (6 adet)
10. Transistör (2xTIP41C, 1x2N3904, 1x IRF4905) (4 adet)
11. Diğer montaj malzemeleri ve baskı devre elemanları
12. Beyaz fleksiglas
13. 0,5 mm bağlantı kabloları
14. Breadboard
15. Multimetre
16. El aletleri (yan keski, pense, tornavida, izole bant, yapıştırıcı vb.)
17. Yazılımlar (elektronik devre çizimi, CAD çizimi)

Devrenin Çalışması	**1.** Güneş paneli gerilimi yeterli olduğu sürece batarya şarj edilecek. **2.** Güneş paneli gerilimi yeterli değilse batarya şarjı kesilecek. **3.** Uzaktan kumandadan 1 no.lu tuşa basıldığında 1. LED grubu yanacak. **4.** Uzaktan kumandadan 2 no.lu tuşa basıldığında 2. LED grubu yanacak. **5.** Uzaktan kumandadan 3 no.lu tuşa basıldığında tüm LED grupları yanacak. **6.** Uzaktan kumandadan OK tuşuna basıldığında tüm LED grupları sönecek. **7.** Işıldak üzerindeki butona 1. kez basıldığında butona 1. LED grubu yanacak. **8.** Işıldak üzerindeki butona 2. kez basıldığında butona 2. LED grubu yanacak. **9.** Işıldak üzerindeki butona 3. kez basıldığında butona tüm LED grupları yanacak. **10.** Işıldak üzerindeki butona 4. kez basıldığında butona tüm LED grupları sönecek. **11.** Uzaktan kumandadan gelen LED grubu yakma komutuna göre buton çalışma sıralamasının değişmemesi için yazılım sırasında buton sıralaması uzaktan kumandadan gelen komuta göre güncellenecek.
Görev	**1.** Yazılımın web sitesinden IRremote dosyasını indiriniz ve bu dosya klasörünü ARDUINO kütüphanesine kopyalayınız. İsterseniz karekod ile dosyayı indirebilirsiniz. **2.** Tablo 7.5'te verilen ARDUINO NANO yazılım kodunu (IR_kod_bulma.ino) ARDUINO IDE yazılımında açınız ve yazılımı derleyerek (IR_ kod_bulma.hex) ARDUINO NANO kart içeresine yükleyiniz. Uzaktan kuman-dadan gelen tuş kodlarını tespit ediniz (Böylece farklı uzaktan kuman-dalarla ışıldak çalıştırabilir.). **3.** Tablo 7.4'te verilen ARDUINO NANO yazılım kodunu (IR_isildak.ino) ARDUI NO IDE yazılımında açınız. Uzaktan kumandadan gelen kodlarla kendi uzaktan kumandanızdan gelen kodlar arasında farklılık varsa kodları yeniden düzenleyiniz ve yazılımı derleyerek (IR_isildak.hex) ARDUINO NANO kart içeresine yükleyiniz. **4.** Görsel 7.20'de verilen devreyi elektronik devre çizim ve simülasyon programında kurarak ve devrenin çalışmasını verilen kodlarla birlikte test ediniz. **5.** Görsel 7.20'de verilen devreyi breadboard üzerinde kurarak devrenin çalışmasını verilen kodlarla birlikte test ediniz. **6.** Görsel 7.21 ve Görsel 7.22'de verilen baskı devre tasarımlarını baskı devre çizim ve tasarım programında oluşturunuz ve yazıcıdan çıktılarını alarak baskı devre plaketleri için patern işlemini yapınız. **7.** Elektronik kartların baskı devrelerini çıkartınız ve kartların üzerine devre elemanlarını lehimleyiniz. **8.** Görsel 7.23'te verilen kutu tasarımını CAD ortamında yapınız ve bunun çizimleri doğrultusunda lazer kesimle fleksiglasdan kestirip kutu parçalarını oluşturunuz. **9.** Yazılım dosyalarını bilgisayar ortamında kaydediniz ve ilgili klasör içeresinde saklayınız. **10.** Güneş paneli, elektronik kartlar, buton ve diğer parçaları kutu içerisine yerleştiriniz. Kutuya gerekli etiketleme işlemlerini yapınız. **11.** Kutu içi kablo bağlantılarını yapınız ve kabloları uygun şekilde yerleştiriniz. **12.** Kutulu olarak ışıldağı çalıştırıp test ediniz. **13.** Proje ile ilgili proje dosyası oluşturunuz ve görsel, yazı vb. detayları dosya içeresine yerleştiriniz. **14.** Işıldak program doğrultusunda çalışıyorsa projeyi ve proje dosyasını öğretmeninize teslim ediniz.

DEĞERLENDİRME

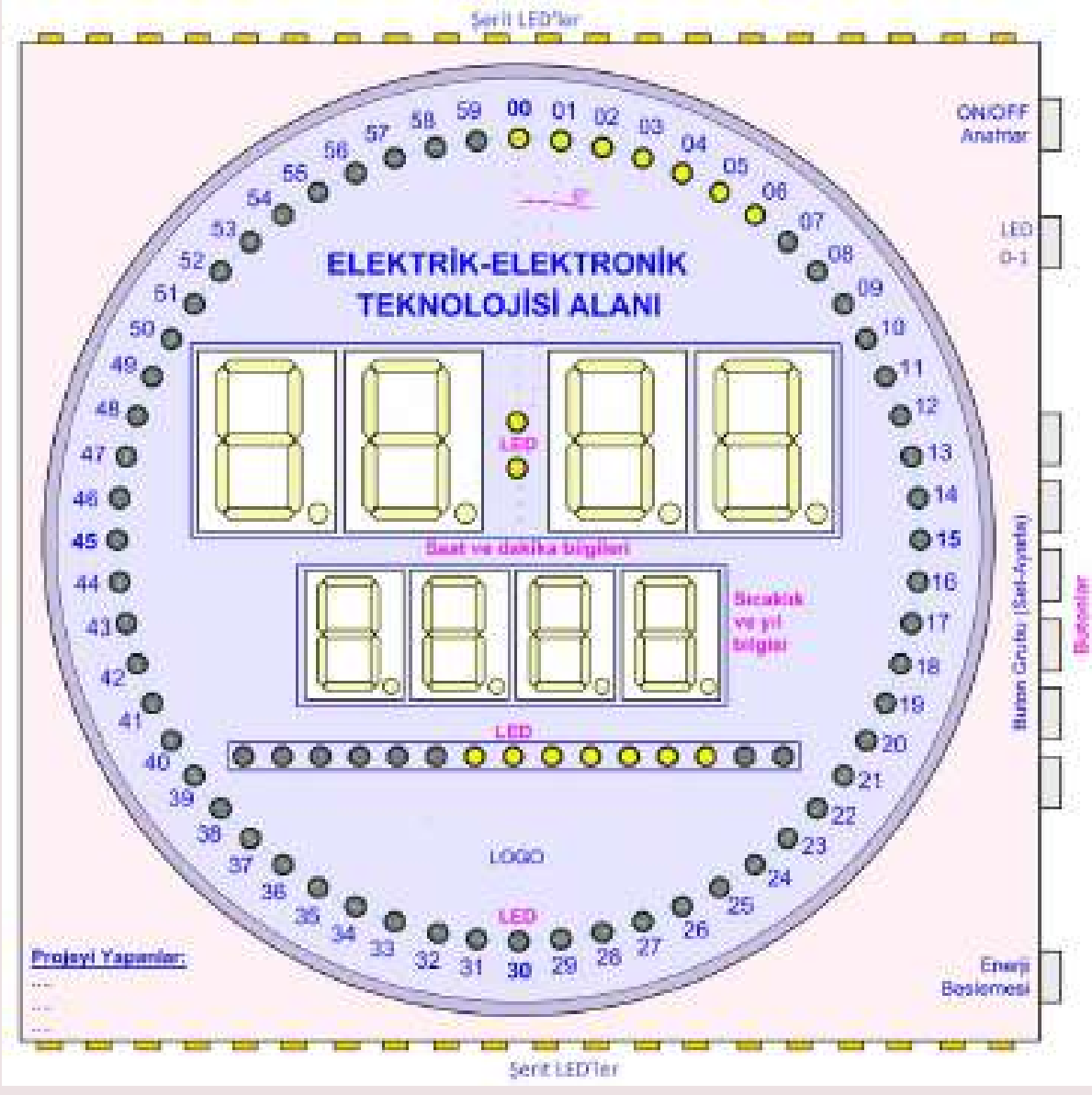
Yapacağınız proje çalışması aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Kod yazılımlarını program editöründe derledi.					
2. Işıldak yazılımını elektronik çizim programında test etti.					
3. ARDUINO Nano'ya ışıldak yazılımlarını yükledi.					
4. Işıldak yazılımını devre üzerinde test etti.					
5. Işıldak kontrol kartı PCB'sini hazırladı.					
6. Işıldak kontrol kartı PCB'si devre elemanlarını lehimledi.					
7. Işıldak LED kartı PCB'sini hazırladı.					
8. Işıldak LED kartı PCB'si devre elemanlarını lehimledi.					
9. Işıldak kontrol ve LED kartları arası kablo bağlantılarını yaptı.					
10. 2D çizim programında ışıldak kutu çizimlerini düzenledi.					
11. Işıldak kutu parçalarını fleksiglastan keserek hazırladı.					
12. Kontrol kartını ışıldak kutusuna yerleştirdi.					
13. LED kartını ışıldak kutusuna yerleştirdi.					
14. Bataryayı ışıldak kutusuna yerleştirdi.					
15. Güneş panelini ışıldak kutusuna yerleştirdi.					
16. Butonu ışıldak kutusuna yerleştirdi.					
17. Kutu parçalarını birleştirerek ışıldak gövdesini oluşturdu.					
18. Işıldağı çalıştırarak test etti.					
19. Proje dosyasını verilen sürede hazırladı.					
20. Proje dosyasını eksiksiz olacak şekilde öğretmenine teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**..... puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

7.3. PROJE AYDINLATMA UYGULAMA PROJESİ

Süre	3 hafta
Grup sayısı	2-6 kişi
Amaç	Verilen konuyu araştırarak aydınlatma uygulamasını yapmak.
Görseller	Görsel 8.161'de LED'li aydınlatmalı dijital saat projesi görülmektedir.



Görsel 8.161: LED'li aydınlatmalı dijital saat projesi

Proje Yönergeleri : Aşağıda proje konu detayları verilmiştir.

- Projede 4 dijitli dijital saat, 4 dijitli sıcaklık ve yıl bilgi ekranı, 60 şerit LED'li (RGB) zaman kronometresi ve efekt bölümü, 2x20 adet power LED'li üst ve alttan aydınlatma bölümleri bulunmaktadır.
- 4 dijitli dijital saat paneli, dairenin tam ortasına denk gelecek şekilde yerleştirilecektir.

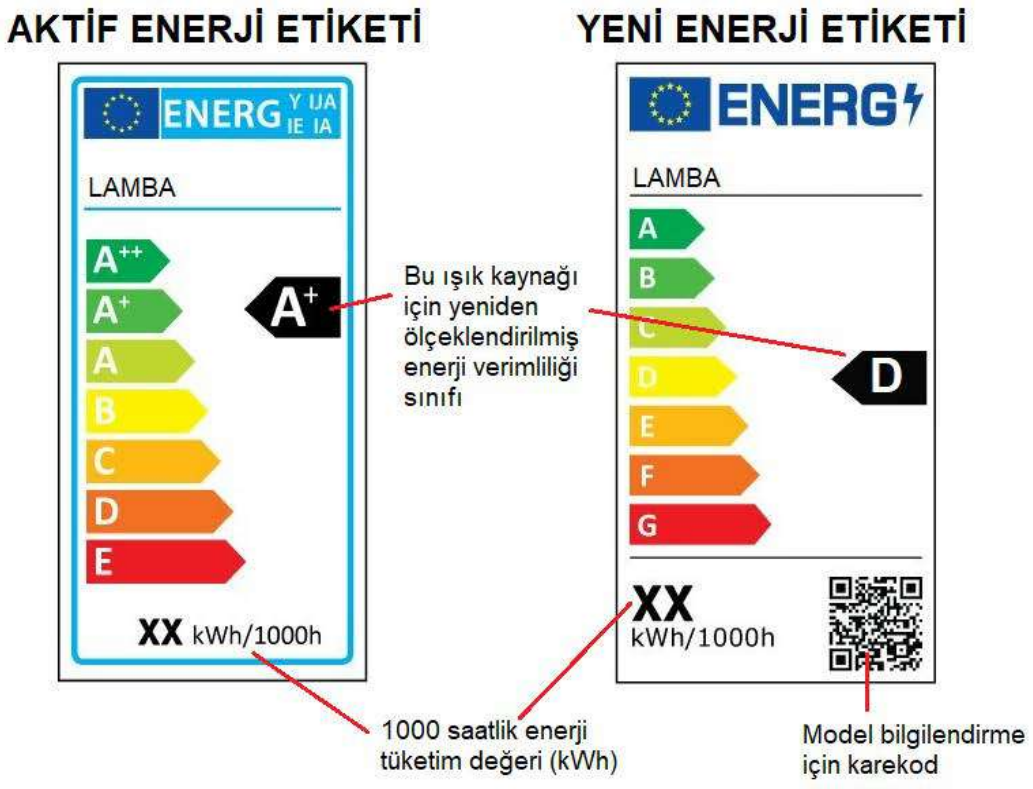
- 60 adet RGB'li şerit LED, daire levhanın kenarlarına belirli açılarda gelecek şekilde yerleştirilecektir. Bu LED'ler hem saniyeyi göstermek hem de efektleri renkli olarak yansıtmak amacıyla kullanılacaktır. Saniyeyi gösteren 60 LED, üstten başlayacak şekilde saat yönünde sıralı olarak yanacak ve son LED de yandıktan sonra sıfırlanarak baştan yanmaya başlayacaktır.
- Ortadaki diğer küçük 4 dijitli display yıl ve sıcaklık gösterimlerini sıra ile yapacaktır. İlk olarak ekrana tarih (yıl) bilgisi ve ardından sıcaklık değeri yansıyacaktır.
- Saati, yılı, sıcaklığı ve animasyonu ayarlamak ve bunları kontrol etmek amacıyla kutunun sağ bölümüne gerekli sayıda buton ve anahtar alt alta gelecek şekilde (etiketli olarak) yerleştirilecektir. Sistemi açmak ve kapamak için açma/kapama (ON-OFF) anahtarı kullanılacaktır.
- Cihaz beslemesindeki DC/AC girişler için pin yuvası, soket, klemens vb. giriş malzemeleri panelin sağ kenarına, uygun konumda gelecek yerleştirilecektir.
- Büyük displayin ortasına iki adet power veya çipli şerit LED bağlanacak ve LED'lerin yanıp sönme işlemi birer saniye sürecektir.
- Displayin altına efekt (animasyon) için 15 adet çipli LED yerleştirilecektir. Bu LED'ler ileri-geri yanıp sönecek şekilde otomatik efekt gösterimi yapacaktır. İstenirse aydınlatma etkisi olarak kullanılabilecektir.
- Enerji kesildiğinde saat bilgilerinin kaybolmaması için kutu içeresinde haricî pil kullanılacaktır.
- Panelin üst ve alt kenarlarına 20'şer adet power şerit LED yerleştirilecektir. Bu LED'ler belirlenen bölge için aydınlatma etkisi oluşturacaktır. LED'ler panel kenarına gömülebilecek veya panel üzerine açılı ya da dik olarak yerleştirilebilecektir (ayarlanma etkisi oluşturma adına).
- Panelin sağ üst kenarına power LED'leri açma-kapama için "LED 0-1" anahtarı koyulacaktır.
- Uygun bir pano veya kapağın içine yerleştirilecek LED'lerin üzeri saydam cam, plastik vb. malzeme ile kapatılacaktır. Cam veya plastik üzerine dijital saat için gerekli etiketler yapıştırılacak veya uygun kalem ile yazılar yazılacaktır.
- Duvara asmak için kutu arkasına uygun delik açılacak veya askı aparatı yerleştirilecektir.
- Kutunun sol alt kısmına projeyi yapan grup üyelerinin adları alt alta gelecek şekilde yazılacaktır.
- Zeminin orta üst bölgesine "Elektrik-Elektronik Teknolojisi Alanı", alt bölgesine logo eklenecektir. Logo yerine proje adı yazılabilir.
- 60 LED'in bulunduğu zemin kenarlarına saniyeleri gösteren uygun etiketler yerleştirilecektir.
- Zeminin dış kutu alanına butonların özelliklerini gösteren etiketler uygun şekilde (ön panel kısmına ya da kutunun yan kısmına) yerleştirilecektir.
- Kullanılan etiketin yazı tipi ve rengi, kutu tasarımına uygun belirlenmelidir. Burada Arial veya Calibri yazı tipi tercih edilebilir.
- Kullanılacak LED'lerin renkleri, ön camdan görünecek şekilde seçilmelidir. Kullanılacak camların saydamlığı, yazı ve renklerin okunmasına engel olmamalıdır.
- Kutunun ilgili bölümlerinden havalandırma boşlukları açılacaktır.
- Her saat başında kısa aralıklı ses efekti çalabilir. Olması zorunlu değildir.
- Belirlenen buton/anahtar grubunun haricinde buton ve/veya anahtarlar kullanılabilir. Her anahtar ve buton grubu için etiketler tanımlanacaktır.
- Çalışmaya haricî uygulamalar/fonksiyonlar da ilave edilebilir.
- Zemin panel rengi, tasarım ile uyumlu olmalıdır.
- Projede her bir devreyi kontrol edecek bir mikrodenetleyici kart kullanılacak ve bu kart içeresine uygun yazılım kodları yüklenecektir.
- Kullanılacak LED'ler için uygun sürücü belirlenip kutu içeresine yerleştirilecektir.

Projede İstenenler : Aşağıda projede istenenler verilmiştir.

- Proje ile ilgili çizimi CAD çizim yazılımında oluşturunuz ve uygun boyutta çıktısını renkli olarak alınız.
- Proje malzeme listesini kapsamlı olarak oluşturunuz.
- Proje çıktısına uygun şekilde proje zeminini uygun malzemeden keserek tasarlayınız ve kutu şeklinde montaj işlemlerini yapınız.
- Proje zeminine renkli çıktıyı yapıştırınız ve panel üzerinde ölçülere uygun kesim işlemlerini gerçekleştiriniz.
- Panel üzerine matkap ile uygun ölçülerde delikler açınız (LED'ler için).
- Panel üzerine yerleştirilecek malzemeler için uygun alanları kesici aletler ile açınız ve bu alanlara bu elemanları uygun şekilde yerleştiriniz.
- Proje devre tasarımlarını uygun yazılımda oluşturunuz ve baskı devre tasarımlarını yapınız.
- Projede kullanılacak mikrodenetleyici kart için uygun yazılımları oluşturunuz ve bu kodları derleyerek kart içeresine yükleyiniz.
- LED'ler için kablo bağlantılarını panel içeresinden yapınız ve bu LED'leri zemin alanına monte ediniz.
- Display ekranlar için baskı devre tasarımlarını oluşturunuz ve bu ekranları zemin alanına monte ediniz.
- Power LED'leri üst ve alt zemine yerleşecek şekilde doğru açılarda yerleştiriniz ve zemine monte ediniz.
- LED'ler için uygun sürücüyü panel içeresine yerleştiriniz. İlk olarak giriş enerji beslemesini yapınız ve sonrasında çıkış bölümünden enerji dağılımlarını LED'ler alanına gerçekleştiriniz.
- Tüm malzemeler arası kablo bağlantılarını yapınız.
- Panelin arka ve yan bölümlerinde soğutma işlemi olması için ilgili boyutlarda delikler açınız.
- Panel içi bağlantıları tamamlayınız ve panel kapağını kapatınız.
- Panele enerji vererek çalışma testlerini gerçekleştiriniz. Power LED'lerin ışık değişimlerini lüksmetre ve lümen metre ile ölçerek etkilerini yorumlayınız.
- Proje ile ilgili dosya oluşturunuz ve her çalışma dokümanını dosyaya ekleyiniz. Proje dosyası en az 50 sayfa, en çok 200 sayfa olmalı ve proje dosya hazırlama kurallarına uygun oluşturulmalıdır.
- Proje ile ilgili 50 sayfalık (min.) bir sunum hazırlayınız ve sınıf ortamında sunum işlemini yapınız.
- Tüm yazılım ve uygulama dokümanlarını uygulama ile birlikte zamanında teslim ediniz.

ÖLÇÜTLER	PUANLAR
A. Projenin Tasarlanması ve Çizimi	**10**
A.1. Projenin CAD ortamında çizilmesi	5
A.2. Projenin CAD çiziminin çıktısının alınması	5
B. Proje Kutusunun Oluşturulması ve Düzenlenmesi	**20**
B.1. Proje zemin alanın uygun ölçülerde kesilmesi	3
B.2. Proje kutusunun uygun ölçülerde kesilmesi	3
B.3. Proje zeminine CAD çıktısının renkli olarak yapıştırılması	3
B.4. Proje zemininde çeşitli deliklerin ve alanların açılması	3
B.5. Proje zeminine buton, anahtar ve LED'lerin yerleştirilmesi	3
B.6. Zemin üzerine saydam levhanın yerleştirilmesi	5
C. Proje Devrelerin Tasarlanması, Baskı Devreleri ve Montaj İşlemleri	**30**
C.1. Saat displayleri için baskı devrelerin tasarlanması ve montajı	5
C.2. Tarih ve sıcaklık displayi için baskı devrelerin tasarlanması ve montajı	5
C.3. Mikrodenetleyici kart için baskı devresinin tasarlanması ve montajı	10
C.4. LED besleme devresi için baskı devresinin tasarlanması ve montajı	5
C.5. Buton ve anahtarlar için baskı devresinin tasarlanması ve montajı	5
Ç. Panel Üzeri İşlemler	**10**
Ç.1. Panel üzerine LED'lerin montajı	3
Ç.2. Panel üzerine displaylerin montajı	3
Ç.3. Panel üzerine buton ve anahtarların montajı	2
Ç.4. Panel üzerine şeffaf panelin ve etiketlerin yerleşimi	2
D. Proje Dosyası ve Sunum İşlemi	**10**
D.1. Proje literatür taraması ve kaynakça bölümü	2
D.2. Proje şekilleri, çizimleri ve fotoğrafları	2
D.3. Proje dosya tasarımı ve düzeni	2
D.4. Proje sunum dosyası hazırlığı	2
D.5. Proje sunum işlemi	2
E. Proje Çalıştırma ve Testler	**20**
E.1. Proje yazılım kodlarının oluşturulması	2
E.2. Proje kodlarının derlenmesi	2
E.3. Proje kodlarının mikrodenetleyici kartına yüklenmesi	2
E.4. Projenin enerji verilerek çalıştırılması	2
E.5. Proje saatinin düzgün olarak çalışması	2
E.6. Proje tarih ve sıcaklığın düzgün olarak çalışması	2
E.7. Efekt LED'lerin uygun efekt ile çalışması	2
E.8. Şerit LED'lerin saniye veya efekt şekilde çalışması	2
E.9. Power LED'lerin uygun aydınlatma değerlerini gösterecek şekilde yanması	2
E.10. Butonlar ile gerekli ayarlamaların yapılması	2
TOPLAM PUAN	**... / 100**

Aydınlatmada LED ürünler kullanarak enerji tasarrufu sağlayabilir ve CO_2 salınımını azaltabilirsiniz.



Verim Aralığı (lm/W)	Enerji Verimliliği Sınıfları	
210 ≤ η	A	En yüksek verime sahip enerji sınıfı.
185 ≤ η < 210	B	Verimi yüksek enerji sınıfı.
186 ≤ η < 185	C	Orta düzeye sahip verimli enerji sınıfı.
187 ≤ η < 160	D	Ortalama altı enerji verimliliğine sahip enerji sınıfı.
188 ≤ η < 135	E	Düşük enerji verimliliği sağlayan enerji sınıfı.
189 ≤ η < 110	F	Orta düşük düzeyli enerji verimliliğe sahip enerji sınıfı.
η < 85	G	En kötü düzeyli enerji verimliliğe sahip enerji sınıfı.

* Yeni kurallara göre, **210 lm/W eşit ve daha düşük** enerji verimliliğine sahip aydınlatma ürünleri en yüksek puanı alabilmektedir.
* Ultra enerji verimli LED lambalar, 50 bin saat kullanım ömrüne sahiptir.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Verimi yüksek LED'lerde ışık üretimi fazladır.

2. ( ) 2835 SMD LED üç çiplidir.

3. ( ) Üç çipli LED'lerde RGB LED çipi bulunur.

4. ( ) 4014 SMD LED'in genişliği 1,4 mm'dir.

5. ( ) Düşük güçlü LED'lere power LED denir.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. Üç çipli SMD LED'ler kırmızı, yeşil ve ..... renkten oluşur.

7. Dört çipli SMD LED'ler kısaca ..... LED olarak isimlendirilir.

8. LED'lerin verimliliği sıcaklıkla ..... orantılıdır.

9. Güç faktörü, AC güç sistemindeki gerçek gücün ..... güce oranıdır.

10. LED sürücülerde kullanılamayan güce ..... denir.

C. Aşağıdaki ilk sütunda LED verimliliğinde kullanılan ifadeler, diğer sütunda ise LED verimlilik kavramları verilmiştir. İfadelerin önündeki parantez içlerine kavramların önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

LED VERİMLİLİĞİNDE KULLANILAN İFADELER		
11.	( )	LED sürücülerde kullanılan gerçek güç.
12.	( )	Yüksek güçlü LED olarak bilinir.
13.	( )	Yüzey montajlı LED'e verilen isim.
14.	( )	Beyaz renk çipi olan LED çeşididir.
15.	( )	Tek çipli LED çeşididir.

LED VERİMLİLİK KAVRAMLARI	
A	SMD LED
B	2835 SMD LED
C	Aktif
Ç	RGBW LED
D	Power LED
E	3014 SMD LED

Ç. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

16. LED modülün uzunluğu 5 m ve gücü 50 W'tır. LED modülünün 1 m'lik kısmında 700 lm'lik bir ışık akısı ölçüldüğüne göre LED modülün verimliliği (lümen/W) aşağıdakilerden hangisidir?

A) 50 B) 60 C) 70 D) 80 E) 90

17. LED sürücü 230 V ve 1,5 A giriş değerlerine sahiptir. Bu sürücünün etiketindeki güç faktörü 0,8 ise LED sürücünün reaktif gücü (VAr) değeri aşağıdakilerden hangisidir?

A) 182 B) 191 C) 201 D) 207 E) 220

18. Etiketinde 64 W yazan sabit akımlı bir LED sürücünün yapılan ölçümlerinde çıkış gücü 48 W olarak ölçüldüğüne göre LED sürücünün verimliliği aşağıdakilerden hangisidir?

A) 75 B) 80 C) 85 D) 100 E) 133

19. Aşağıda verilen faktörlerden hangisi LED modül verimliliğini <u>etkilemez</u>?

A) Çip verimliliği B) Sürücü verimliliği C) Işık akı değişimi

D) Tasarımı E) CRI değeri

20. Bir yonga içerisinde çok sayıda SMD LED çipinin birleşimiyle oluşan yüksek güçlü LED aşağıdakilerden hangisidir?

A) COB B) Dört çipli C) Power D) RGB E) Tek çipli



8. ÖĞRENME BİRİMİ

AYDINLATMADA KONTROL

KONULAR

8.1. AYDINLATMADA KULLANILAN SENSÖRLER
8.2. DİMMERLER (IŞIK KISICILAR)
8.3. AYDINLATMA KONTROL CİHAZLARI
8.4. MİKRO KONTROLÖRLER
8.5. AKILLI AYDINLATMA KONTROL CİHAZLARI

TEMEL KAVRAMLAR

aydınlatma kontrolü, bluetooth, DALI, dimmer, DMX, doğal aydınlatma, IR, ışık kirliliği, ışık rengi, ışık titreşimi, iç aydınlatma, kandela, KNX, lüks, piksel, repeater, RF, RGB LED, sensör, şerit LED, ton kontrol, Wi-Fi

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

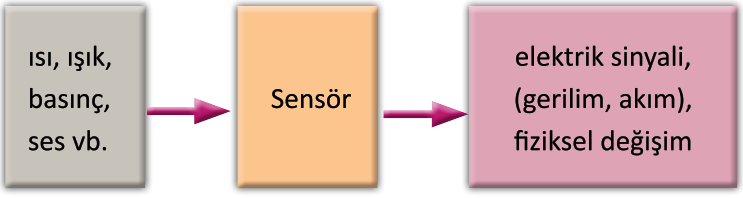
1. **Kendiliğinden yanan sokak aydınlatma lambaları gece ve gündüzü nasıl ayırt eder? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.**
2. **Otomatik yanan aydınlatma lambalarının kullanılabilecekleri yerler hakkındaki düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.**
3. **LED'lerle yapılan aydınlatmanın avantajları neler olabilir? Düşüncelerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.**



İç ve dış mekânların aydınlatılmasında çeşitli lambalar kullanılır. Lambalar elektrik (mekanik) veya elektronik anahtar kullanılarak kontrol edilir. Mekanik anahtar kullanıcı tarafından manuel, elektronik anahtar ise sensör yardımıyla otomatik olarak açılıp kapatılır. Özellikle dış mekânlarda ve ortak kullanım alanlarında sensörlü aydınlatma kontrolü sıkça kullanılır.

8.1. AYDINLATMADA KULLANILAN SENSÖRLER

Fiziki ortamdaki ısı, ışık, nem, basınç, ses vb. unsurların değişimlerini algılayan ve algıladığı değişimleri farklı enerji biçimlerine dönüştüren devre elemanına **sensör** denir (Görsel 8.1). Sensörün algıladığı değişiklik cıvalı termometrede olduğu gibi ölçülebilir veya mikrofonda olduğu gibi elektrik sinyali yükseltilerek belirli bir ses seviyesine dönüştürülebilir.

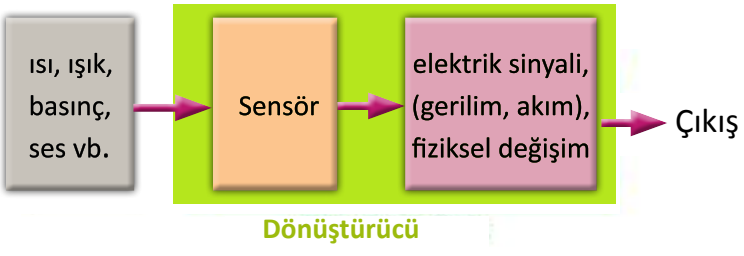


Görsel 8.1: Sensörün çalışma prensibi

Sensörlerin başlıca özellikleri şunlardır:

- Doğal kaynaklardan elde edilir veya üretilir.
- Belirli fiziksel değişiklikleri veya enerji değişikliklerini algılar.
- Algılanan değişikliğe göre fiziki yapısı değişir veya algılanan değişiklik elektrik sinyaline çevrilir.

Sensörden elde edilen elektrik sinyalinin seviyesi düşüktür. Sistem kontrolünün sağlanması için sinyal işleme devresine ihtiyaç duyulur. Sinyal işleme devresi sensörden elde edilen elektrik sinyalini uygun seviyeye getirip anahtarlama elemanını çalıştırır veya durdurur. Sensör ve sinyal işleme devresinin bir arada bulunduğu yapıya **dönüştürücü (transdüser)** denir (Görsel 8.2).



Görsel 8.2: Dönüştürücünün yapısı

Dönüştürücülerin başlıca özellikleri şunlardır:

- Farklı enerji biçimlerini birbirine dönüştürür. Örneğin sesi elektrik enerjisine veya elektrik enerjisini sese dönüştürür.
- Sensör ve sinyal işleme devresinden oluşur.
- Anahtarlama elemanıyla farklı bir elektrik sisteminin kontrolünü sağlar.
- Dijital iletişim özellikli dönüştürücüler, kablolu veya kablosuz olarak diğer dönüştürücüler veya bilgisayar sistemleriyle iletişim kurabilir.

Aydınlatma sistemlerinin kontrolünde genellikle fotosel sensör, hareket sensörü, zaman rölesi, renk sensörü, ses sensörü ve dokunmatik sensör kullanılır.

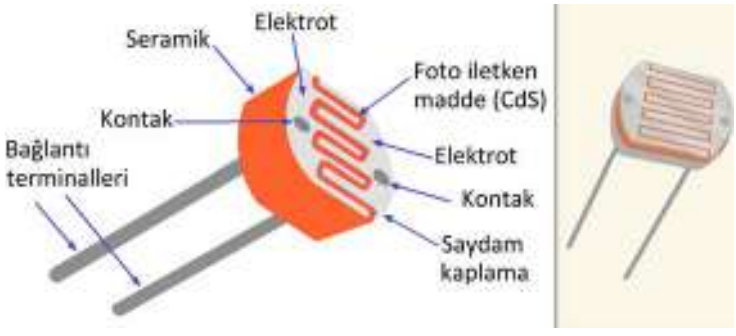
NOT

Sensör fiziki ortamdaki fiziksel değişimleri veya enerji değişimlerini algılar. Sistem kontrolünü dönüştürücü (transdüser) yapar. Ancak uygulamada ve elektrik malzemesi satıcılarında dönüştürücü terimi pek kullanılmaz. Dönüştürücü de **sensör** olarak adlandırılır. Fotosel, fotosel sensör, hareket sensörü vb.

8.1.1. Fotoseller (Foto Dirençli Sensörler)

Üzerine düşen ışığın şiddetiyle orantılı olarak direnci değişen ışık sensörüne **fotosel (foto direnç)** denir. Fotosel yüzeyine gelen yüksek yoğunluktaki ışık fotosel direncinin düşmesine, düşük yoğunluktaki ışık ise yükselmesine neden olur. Fotosel silikon, germanyum gibi yüksek dirençli yarı iletkenler, kadmiyum sülfür (CdS), kadmiyum selenit (CdSe) gibi bileşikler ve potasyum, lityum gibi alkali metal kullanılarak imal edilir.

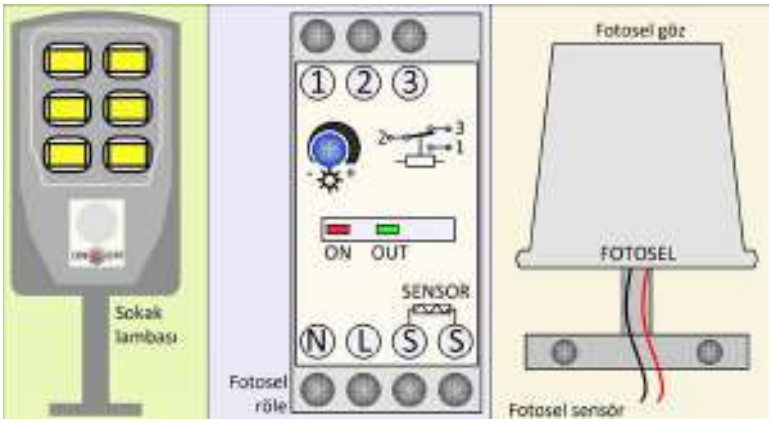
Görsel 8.3'te fotoselin yapısı ve parça görüntüsü görülmektedir.



Görsel 8.3: Fotoselin yapısı ve parça görüntüsü

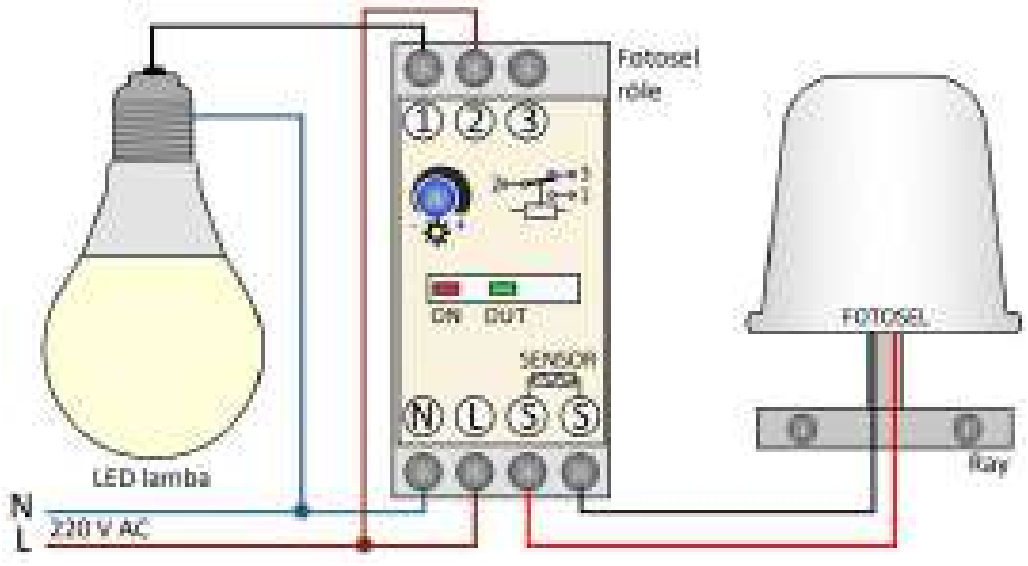
Fotosel sensörler; aydınlatma, otomotiv, otomatik kapı sistemleri, konveyör bant, güneş enerji santrali vb. alanlarda sıkça kullanılır. Endüstriyel sistemlerde kullanılan fotosel sensörler genel olarak; karşılıklı, cisimlerden yansımalı ve reflektörlü fotosel olmak üzere üç farklı tipte imal edilir. Aydınlatma kontrolünde ise fotosel, dönüştürücü devreyle birlikte kullanılır. Fotosel direnci, ayarlanan ışık şiddeti seviyesinin üstünde ise aydınlatma sistemi çalışır, altındaysa durur. Kullanım alanlarına göre sıva üstü, pano ve direk tipi aydınlatma kontrolüne uygun montaj modelleri vardır.

Görsel 8.4'te fotosel sensörlü aydınlatma elemanları görülmektedir.



Görsel 8.4: Fotosel sensörlü aydınlatma elemanları

Görsel 8.5'te aydınlatma kontrolünde kullanılan pano (ray) tipi fotosel sensör (fotosel röle) bağlantısı görülmektedir. Işık şiddeti seviyesi ayarıyla gün içinde lambanın çalıştırılacağı aydınlık derecesi belirlenir.

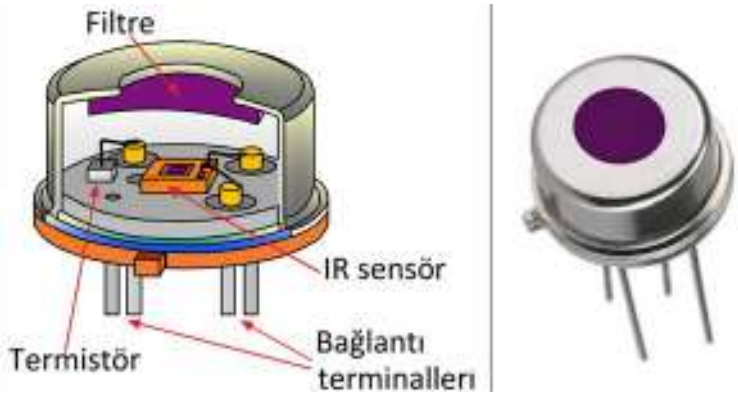


Görsel 8.5: Ray tipi fotosel sensör bağlantısı

8.1.2. Hareket Sensörleri (PIR Dedektörleri)

Görüş açısı içinde bulunan cisimlerden yayılan kızılötesi ışığı (IR) algılayan ısı sensörüne **hareket sensörü (PIR dedektörü)** denir. Sıfırın üzerinde sıcaklığa sahip cisimler elektromanyetik radyasyon biçiminde ısı enerjisi yayar. Yayılım, kızılötesi dalga boylarındadır. Özellikle hareket eden nesnelerden yayılan ısı, ortamdaki IR yayılımını arttırır. Hareket sensörünün yapısında bulunan termo pil, ortamda artan IR yayılımı algılar.

Görsel 8.6'da termo pilin yapısı ve parça görüntüsü görülmektedir.



Görsel 8.6: Termo pilin yapısı ve parça görüntüsü

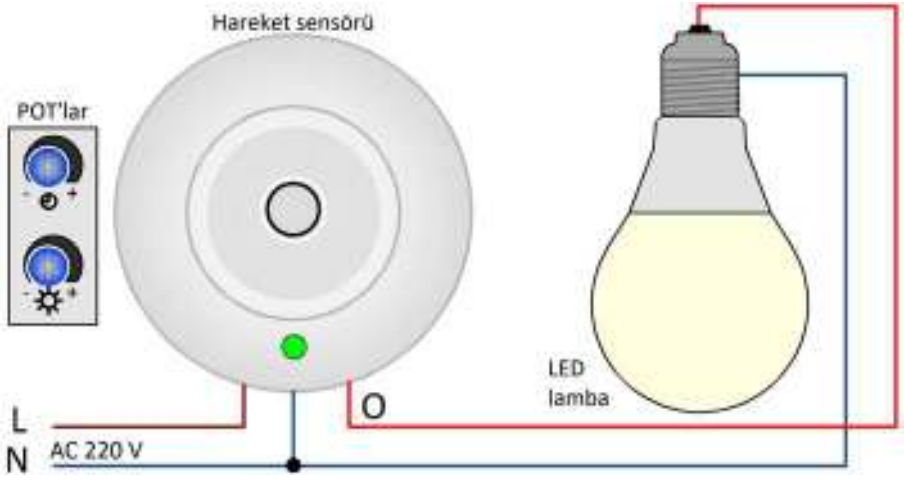
Hareket sensörleri; aydınlatma, güvenlik, akıllı telefon, drone, sanal gerçeklik, oyun konsolu vb. alanlarda sıkça kullanılır. Analog veya dijital olarak üretilen hareket sensörleri, aydınlatma kontrolünde 10 m - 30 m mesafe ve 180°- 360° görüş açısıyla kullanılır. Hareket sensörleri, sıva üstü montaja uygun olarak üretilir. Kullanımda, izlenecek alana göre uygun açıyı ve mesafeyi görecek modeller seçilir.

Görsel 8.7'de çeşitli hareket sensörleri görülmektedir.



Görsel 8.7: Hareket sensörleri

Görsel 8.8'de aydınlatma kontrolünde kullanılan sıva üstü hareket sensörü bağlantısı görülmektedir. Işık şiddeti seviyesi ayarıyla gün içinde lambanın çalıştırılacağı aydınlık derecesi, zaman ayarıyla da çalışacağı süre belirlenir.



Görsel 8.8: Hareket sensörü bağlantısı

8.1.3. Zaman Röleleri

Belirlenen süre aralığında veya sürenin sonunda kontakların konumunu değiştiren otomatik kumanda devre elemanına **zaman rölesi** denir. Görsel 8.9'da çeşitli zaman röleleri görülmektedir.



Görsel 8.9: Çeşitli zaman röleleri

Aydınlatma, endüstriyel kontrol devreleri, tarımsal faaliyetler, güvenlik, ısıtma ve soğutma cihazları vb. sistemlerin kumandasında kullanılır. Analog ve dijital çalışan modelleri vardır. Çıkış elemanı olarak elektromanyetik röle veya yarı iletken devre elemanları kullanılır. Zaman rölelerinde A1 ve A2, besleme gerilim bağlantılarını; B1 veya 4, 5 ve 6, tetikleme bağlantılarını ifade eder. Çift kontaklı zaman rölelerinde C1 birinci röleyi, C2 ikinci röleyi, 1 (COM), 2 (NO), 3 (NC) rakamları kontak bağlantılarını; A, B ve GND, data aktarma (RS485) bağlantılarını gösterir.

Zaman röleleri, üretim modeline göre standart zaman rölesi, çok fonksiyonlu zaman rölesi ve astronomik zaman rölesi olarak üretilir.

8.1.3.1. Standart Zaman Röleleri

Zaman rölesi çalışma fonksiyonuna göre şu şekilde sınıflandırılır:

Çekmede Gecikmeli Zaman Rölesi (Düz Zaman Rölesi): Röleye enerji uygulandığında röle kontağı çekilmez (OFF). Sayıcı saymaya başlar (Görsel 8.10). Ayarlanan t süresi bitiminde röle kontağı çekilir (ON).



Görsel 8.10: Düz zaman rölesi

Düşmede Gecikmeli Zaman Rölesi (Ters Zaman Rölesi): Röleye enerji uygulandığında röle kontağı çekilir ve enerji kesilmediği sürece bu konum korunur. Rölenin enerjisi kesildiğinde sayıcı saymaya başlar. Ayarlanan t süresi bitiminde röle kontağı bırakılır.

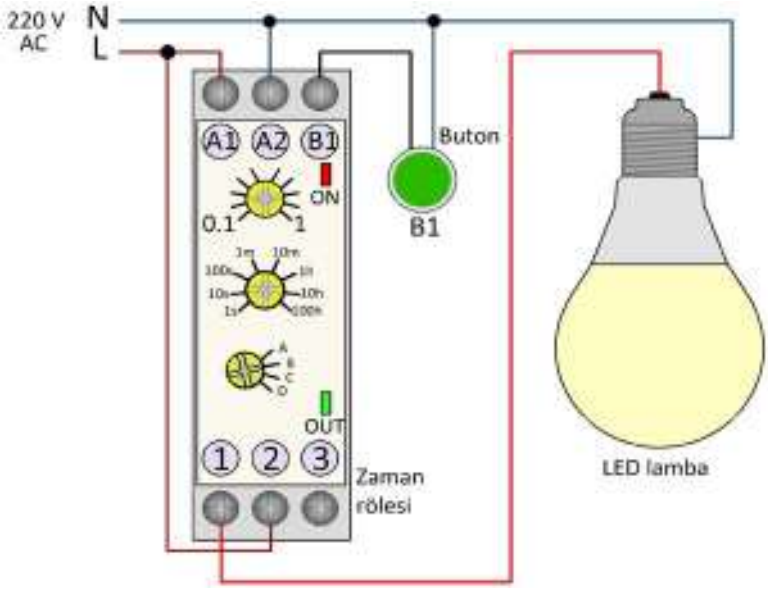
Bırakmada Gecikmeli Zaman Rölesi: Röleye enerji uygulandığında röle kontağı çekilir. Sayıcı saymaya başlar. Ayarlanan t süresi bitiminde röle kontağı bırakılır.

Yıldız-Üçgen (λ/Δ) Zaman Rölesi: Yüksek güçlü motorlara yıldız-üçgen yol verme devrelerinde kullanılır. Röleye enerji uygulandığında röle kontakları yıldız bağlantıyı sağlar. Sayıcı saymaya başlar. Ayarlanan t süresi bitiminde röle kontakları yer değiştirerek motora üçgen bağlantı sağlar. Röle kontak geçişlerinde motor bağlantılarının kısa devre olmasını önlemek için motora kısa süreli enerji verilmemelidir.

Simetrik Flaşör Zaman Rölesi: Röleye enerji uygulandığında sayıcı, ayarlanan t süresini saymaya başlar. Süre bitiminde röle kontağı çekilir. Sayıcı, ayarlanan süreyi tekrar saymaya başlar. Süre sonunda röle kontağı bırakılır. Röleye enerji uygulandığı sürece röle kontaklarının açılıp kapanma süreleri eşit olacak şekilde döngü devam eder.

Asimetrik Zaman Rölesi: İki farklı sayıcı vardır. Röleye enerji uygulandığında röle kontağı çekilir. Birinci sayıcı saymaya başlar. Ayarlanan t süresi (t_{ON}) bitiminde röle, kontağı bırakılır. İkinci sayıcı çalışmaya başlar. Ayarlanan sürenin bitiminde röle kontağı tekrar çekilir. Röleye enerji uygulandığı sürece röle kontaklarının açılıp kapanma süreleri eşit veya farklı olacak şekilde döngü devam eder.

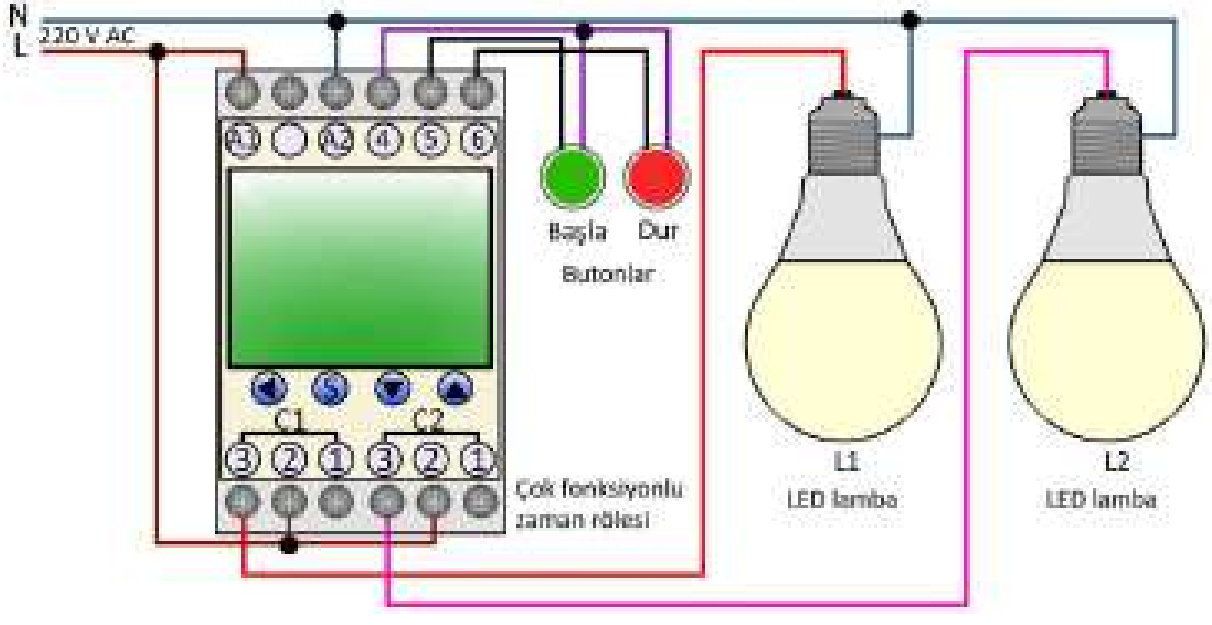
Görsel 8.11'de B1 butonu tetiklemesiyle çalışacak şekilde, bırakmada gecikmeli (seçici anahtar B konumundayken) fonksiyonunaayarlanan zaman rölesinin lamba ile kablo bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.11: Zaman rölesinin lamba ile kablo bağlantıları

8.1.3.2. Çok Fonksiyonlu Zaman Röleleri

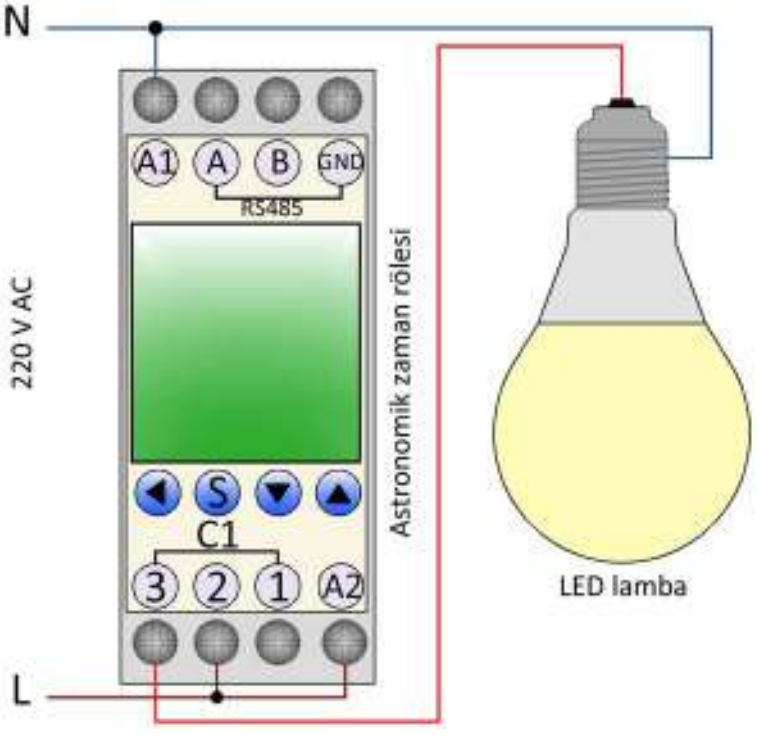
Dijital özellikli zaman rölesidir. Zaman rölesi fonksiyonlarına ek farklı fonksiyonlar da eklenmiştir (start-stop, sağ-sol kontrolü, impuls, puls sayıcı, aşağı sayıcı vb.). Fonksiyonlar çalışma esnasında tetikleme sinyali ile de kontrol edilebilir. Yapısında dâhilî pil bulunan modeller besleme gerilimine ihtiyaç duymadan uzun süre çalışır. Görsel 8.12'de başla butonu tetiklemesiyle çalışacak şekilde, çekmede gecikmeli fonksiyonuna programlanan çok fonksiyonlu zaman rölesinin lambalar ile kablo bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.12: Çok fonksiyonlu zaman rölesinin lambalar ile kablo bağlantıları

8.1.3.3. Astronomik Zaman Röleleri

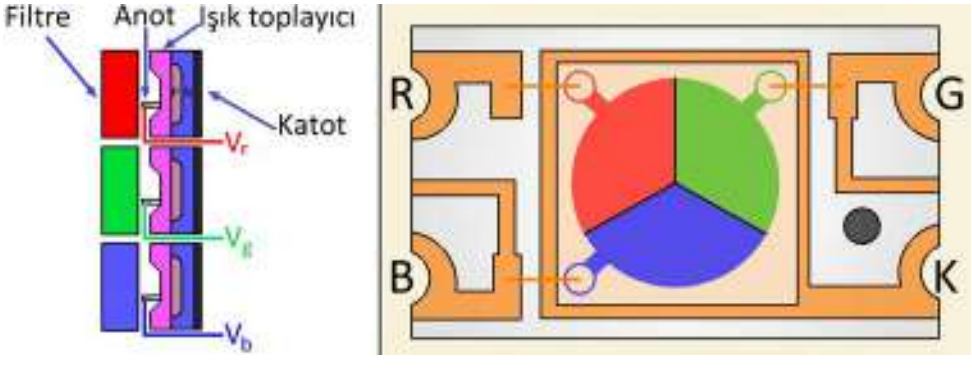
Dijital özellikli zaman rölesidir. Gün doğumu ve gün batımı saatlerini, şehrin adını veya enlem/boylam, yaz kış saat uygulama bilgilerini kullanarak güncel tarih ve saate göre otomatik hesaplar. Astronomik zaman rölesi, hiçbir sensöre ihtiyaç duymadan gün doğumu, gün batımı zamanlarında veya ayarlanan zaman dilimlerinde cihazların ve sistemlerin otomatik kontrol edilmesini sağlar. Haftanın her günü için ayrı ayrı programlanabilir. Data aktarım özellikli olanlar, RS 485, IR (kızılötesi) veya hafıza kartı üzerinden programlanabilir. Yapısında dâhilî pil bulunan modeller besleme gerilimine ihtiyaç duymadan uzun süre çalışır. Görsel 8.13'te lambayı gün batımında yakıp gün doğumunda söndürecek şekilde programlanmış astronomik zaman rölesinin lamba ile kablo bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.13: Astronomik zaman rölesinin lamba ile kablo bağlantısı

8.1.4. Renk Sensörleri

Cisimlerden yansıyan veya üzerine gönderilen ışığın rengini tespit eden foto elektrik sensörüne **renk sensörü** denir. Görsel 8.14'te renk sensörünün yapısı ve SMD parça görüntüsü görülmektedir.



Görsel 8.14: Renk sensörünün yapısı ve parça görüntüsü

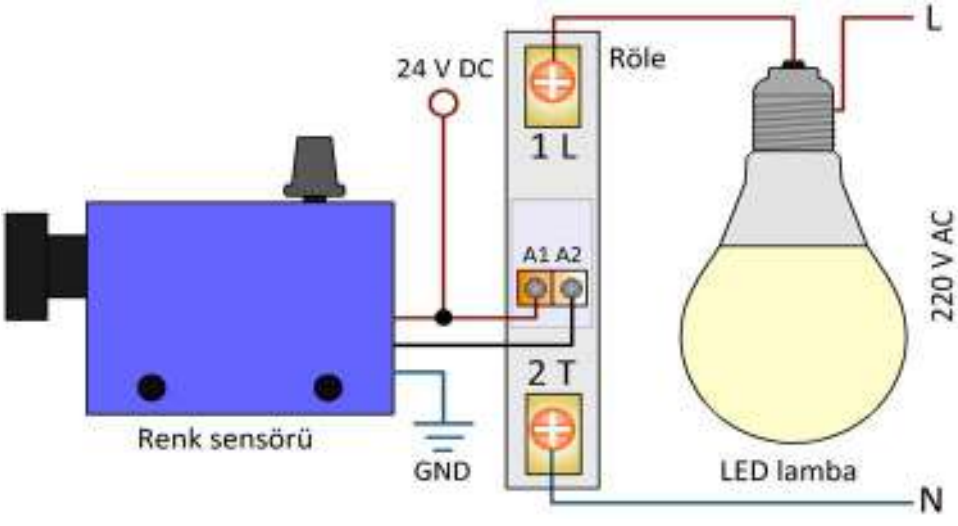
Renk sensörünün yapısında temel olarak kırmızı (R), yeşil (G) ve mavi (B) renkleri süzecek renk filtreleri ve filtrelenen rengi algılayacak birer adet foto diyot bulunur. Sensör üzerine gelen ışık, renk filtrelerinden süzülerek foto diyotlar üzerine düşürülür. Renk yoğunluğuna göre foto diyotlardan çeşitli gerilim seviyeleri elde edilerek renk tespit edilir. Ayrıca foto diyotlar seçicilerle kontrol edilerek yalnızca kırmızı, yeşil, mavi veya belirli bir rengin tespiti sağlanır.

Renk sensörü; elektronik sanayi, paketleme, otomotiv, kâğıt, baskı sektörü vb. alanlarda kullanılır. Genellikle 10-30 V DC gerilim altında çalışır. NPN, PNP, RS232, USB, akım veya dijital (5 V) çıkışlı modeller olarak üretilir. Renk, yük sürme süresi vb. kullanıcı ayarları, modeline göre sensör üzerinden veya bilgisayar programı aracılığıyla yapılır.

Görsel 8.15'te renk sensörü rölesinin kullanımı, Görsel 8.16'da renk sensörüne bağlı katı hâl rölesiyle (SSR) lamba kontrolünün bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.15: Renk sensörünün kullanımı



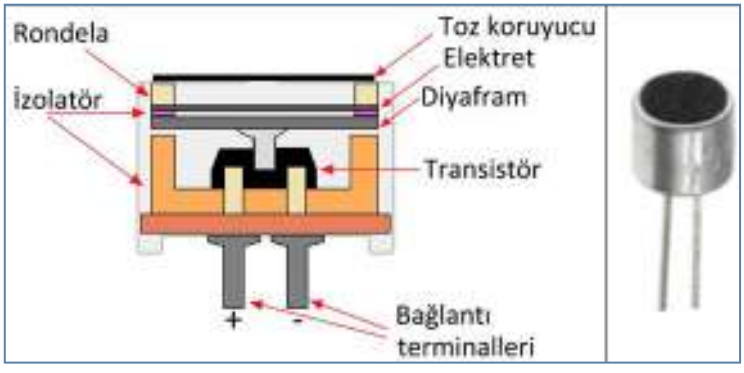
Görsel 8.16: Renk sensörü röle bağlantıları

8.1.5. Ses Sensörleri

Fiziki ortamda yayılan ses dalgalarını elektrik sinyaline dönüştüren sensöre **ses sensörü** denir. Ses dalgası mekanik dalga olup frekansına göre dört türe ayrılır. Bu türler şunlardır:

- Ses altı (infrasonik) dalga (20 Hz'den küçük ses dalgaları)
- Duyulabilen (sonik) dalga (20 Hz-20 kHz arası ses dalgaları)
- Ses üstü (ultrasonik) dalga (20 kHz-15 MHz arası ses dalgaları)
- Hiperses (hipersonik) dalga (15 MHz'den büyük ses dalgaları)

Duyulabilir ses dalgaları ses sensörüyle (mikrofon sensörü) algılanırken ultra ses dalgaları ultrasonik sensörlerle algılanır. Ses sensörlerinde genellikle elektret mikrofon kullanılır. Elektret mikrofonun yapısında elektrostatik yöntemle yüzeyleri pozitif (+) ve negatif (-) yükle yüklenmiş elektret adı verilen yarı iletken plaka vardır. Bu plaka diyaframa bağlıdır, elektret ses dalgasının basıncıyla hareket ederek yüzeyleri arasında alçak frekanslı AC gerilim üretir. Üretilen AC gerilim, ses frekans yükselticisiyle yükseltilir ve ses dalgası elektrik sinyaline dönüştürülmüş olur (Görsel 8.17).



Görsel 8.17: Elektret mikrofonun iç yapısı ve parça görüntüsü

Ses sensörü; aydınlatma, güvenlik ve sesle kontrol edilen cihazlar, cisim algılama, mesafe ölçümü, robotik vb. uygulamalarda kullanılır. Görsel 8.18'de aydınlatmada kullanılan ses sensörlü lambalar, Görsel 8.19'da ses sensörlü lamba bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.18: Ses sensörlü lambalar



Görsel 8.19: Ses sensörlü lamba bağlantıları

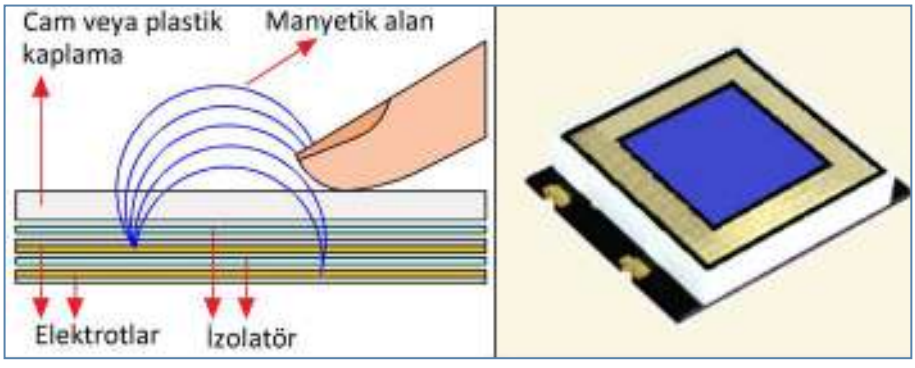
8.1.6. Dokunmatik Sensörler

Fiziksel dokunuşu, yaklaşmayı veya üzerindeki hareket değişimini (yönünü) algılayan sensöre **dokunmatik sensör** denir. Bu sensörler aydınlatma, otomotiv, güvenlik, akıllı cihazlar, monitör ekranları, kontrol panelleri vb. alanlarda kullanılır. Kapasitif dokunmatik sensör ve dirençli dokunmatik sensör olmak üzere iki çeşittir.

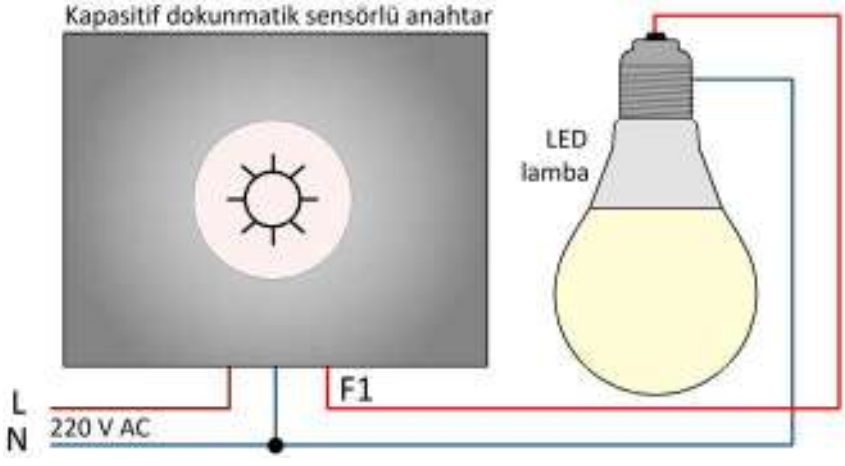
8.1.6.1. Kapasitif Dokunmatik Sensörler

Sensör üzerinde bulunan dokunmatik yüzeydeki kapasite değişimini algılayan sensörlerdir. Genellikle birbirine paralel yerleştirilmiş iki elektrottan oluşur. Elektrotlara kapasitif bir nesne yaklaştığında veya temas ettiğinde elektrotlar arasındaki manyetik alan değişir böylece elektrotların kapasitesi değişir. Kapasite değişikliği elektronik devreyle algılanarak bir gerilim elde edilir. Gerilim seviyesi genellikle lojiktir (0 V, 3,3 V veya 5 V). Kapasitif dokunmatik sensörün hassasiyeti yüksek, maliyeti düşük olduğundan kullanım alanı yaygındır.

Görsel 8.20'de kapasitif dokunmatik sensörün yapısı ve parça görüntüsü, Görsel 8.21'de kapasitif dokunmatik sensörlü duvar anahtarının bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.20: Kapasitif dokunmatik sensörün yapısı ve parça görüntüsü



Görsel 8.21: Kapasitif dokunmatik sensörlü duvar anahtarı bağlantısı

8.1.6.2. Dirençli Dokunmatik Sensörler

Sensör üzerine bulunan dokunmatik yüzeydeki direnç değişimini algılayan sensörlerdir. Dirençli dokunmatik sensör, arasında boşluk bulunan dirençli (indiyum kalay oksit ITO kaplı) iki şeffaf tabakadan oluşur. Üstteki şeffaf tabaka, üzerine belirli bir basınç uygulandığında alttaki tabakaya temas eder. Temas eden yüzeylerden akım geçişi sağlanır. Böylece sensör, üzerinde dokunulan bölge algılanır. Sensör küçük dokunma veya temastan etkilenmez.

Görsel 8.22'de dirençli dokunmatik sensörün yapısı ve parça görüntüsü görülmektedir.



Görsel 8.22: Dirençli dokunmatik sensörün yapısı ve parça görüntüsü

8.2. DİMMERLER (IŞIK KISICILAR, LOŞLAŞTIRICILAR)

Dimmer, yük üzerinden geçen akımın şiddetini ayarlayan güç kontrol devresidir. Şehir şebeke voltajı veya 12-24 V DC voltajda çalışacak şekilde tasarlanır. Dimmerlerin anahtar, RF, IR, bluetooth ve Wi-Fi kontrollü modelleri vardır. AC akımda çalışan modeller dimmerli LED, CFL, akkor flamanlı ve halojen lambaların parlaklığını ayarlamada ve MLV ve ELV sürücülerde kullanılır. DC gerilimde çalışanlar ise şerit LED'lerin parlaklığını ayarlamada kullanılır.

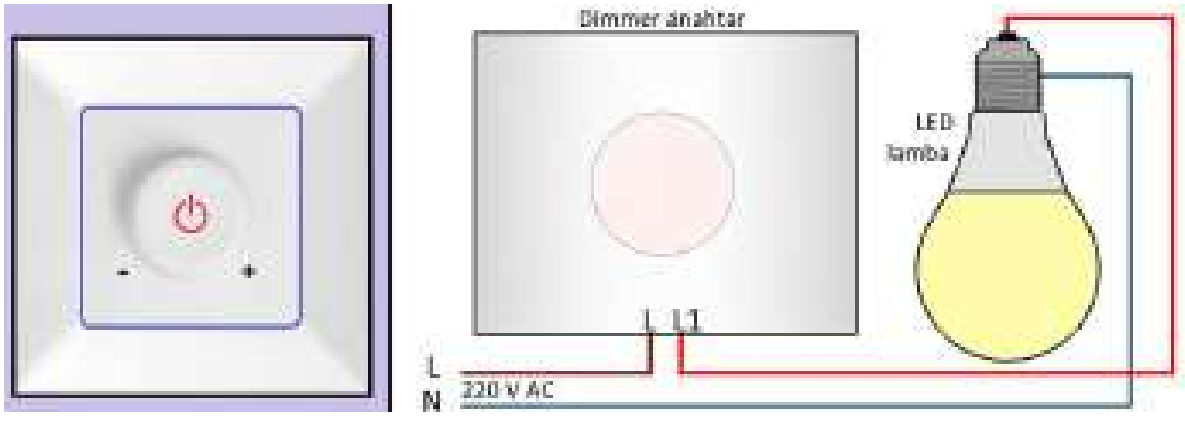
NOT

Dimmer anahtarla LED lambalar ve CFL lambalar doğrudan kontrol edilemez. Dimmer anahtarın lamba bağlantılarına LED dimmer sürücü veya CFL dimmer balastı bağlanmalıdır.

8.2.1. Manuel Dimmerler (Dimmer Anahtarlar)

Dimmer anahtar, AC akımda çalışan güç kontrol devresidir. Yapısında bulunan potansiyometre ve kondansatör ile yük kontrolünde kullanılan triyakın tetikleme gerilimi 0-220 V arasında değiştirilir. Böylece lambanın parlaklığı ayarlanır. Dimmerli LED, CFL, akkor flamanlı ve halojen lambaların parlaklığını ayarlamada ve MLV ile ELV sürücülerde kullanılır. Aydınlatma manuel olarak kontrol edilir.

Görsel 8.23'te dimmer anahtar ve lamba bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.23: Dimmer anahtar ve lamba bağlantısı

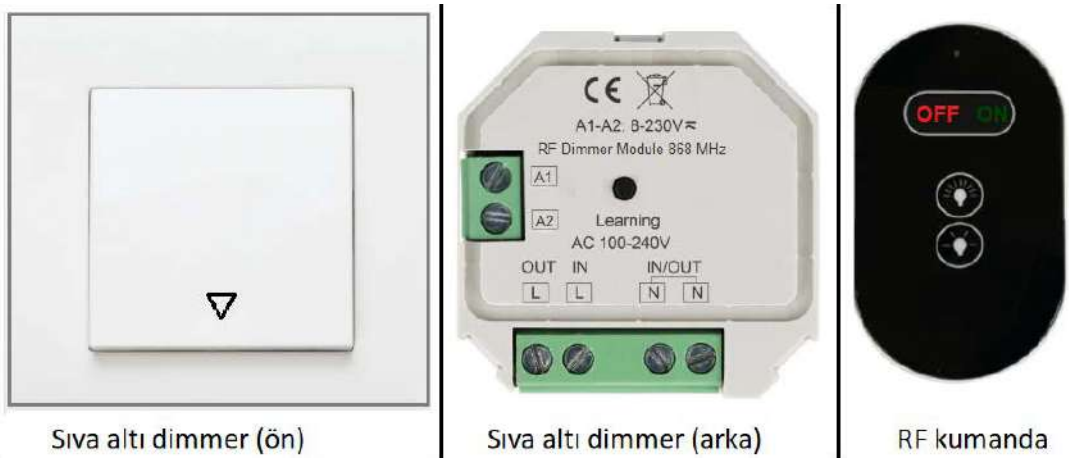
SIRA SİZDE

Dimmer anahtara floresan veya halojen lamba bağlanırsa devre nasıl çalışır? Araştırma sonuçlarını sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

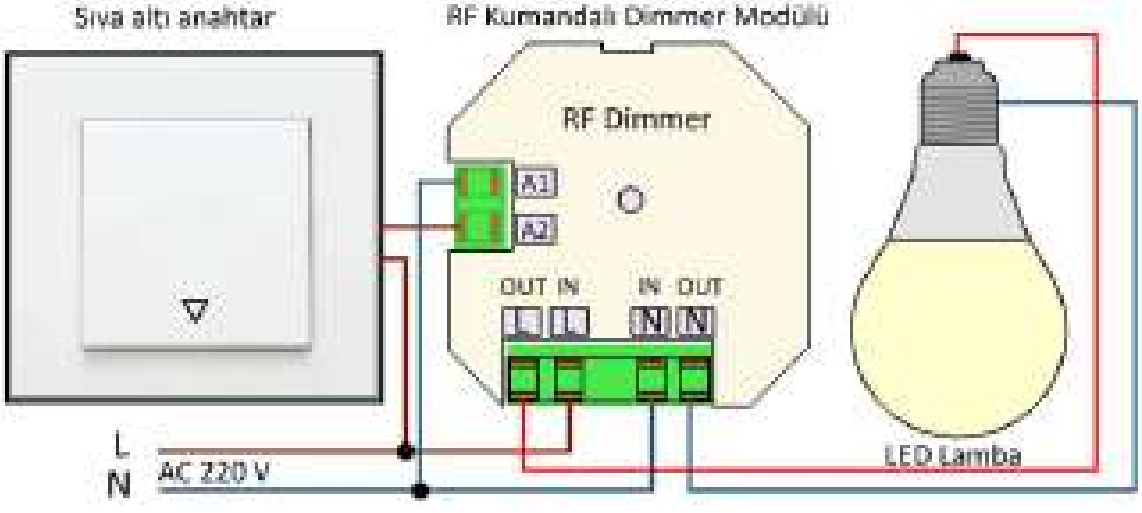
8.2.2. RF Kumandalı Dimmerler

RF kumandalı dimmerler, AC akımda veya DC gerilim altında çalışan RF güç kontrol devreleridir. Genel olarak çalışma frekansları 434 MHz, 868 MHz, 869,5 MHz, 916,5 MHz veya 2,4 GHz olacak şekilde üretilir. Bu dimmerler sıva altı, sıva üstü ve pano tipi montaja uygun olarak üretilir. Sıva altı ve sıva üstü RF kumandalı dimmer modelleri; buton (push buton), sonsuz düğme (sonsuz pot) veya RF uzaktan kumandayla 10 ila 30 m mesafeden kontrol edilebilir.

Görsel 8.24'te sıva altı butonlu RF kumandalı dimmer, Görsel 8.25'te butonlu RF kumandalı dimmerin şebeke ve lamba bağlantıları, Görsel 8.26'da ise 12-24 V DC gerilimde çalışan RF kumandalı dimmer görülmektedir.



Görsel 8.24: Sıva altı RF kumandalı dimmer

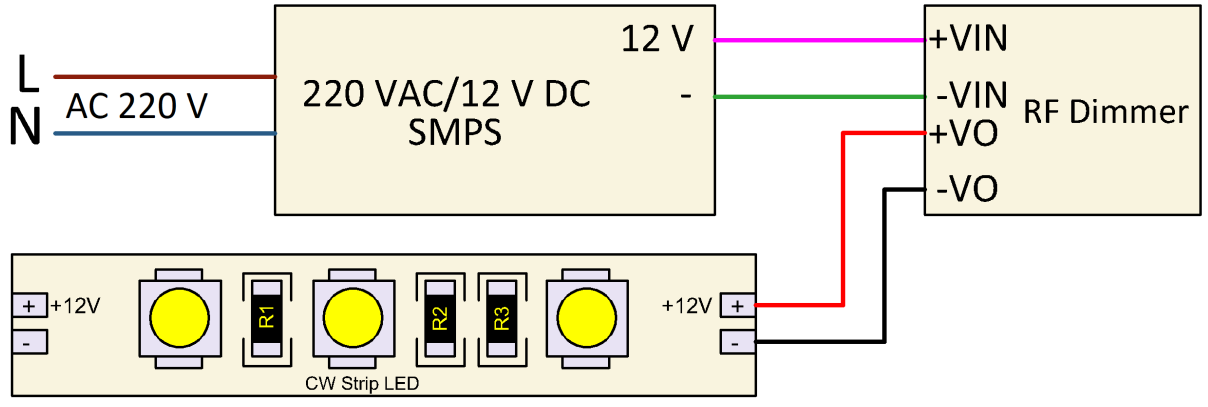


Görsel 8.25: RF kumandalı dimmer bağlantısı



Görsel 8.26: 12 V DC RF kumandalı dimmer

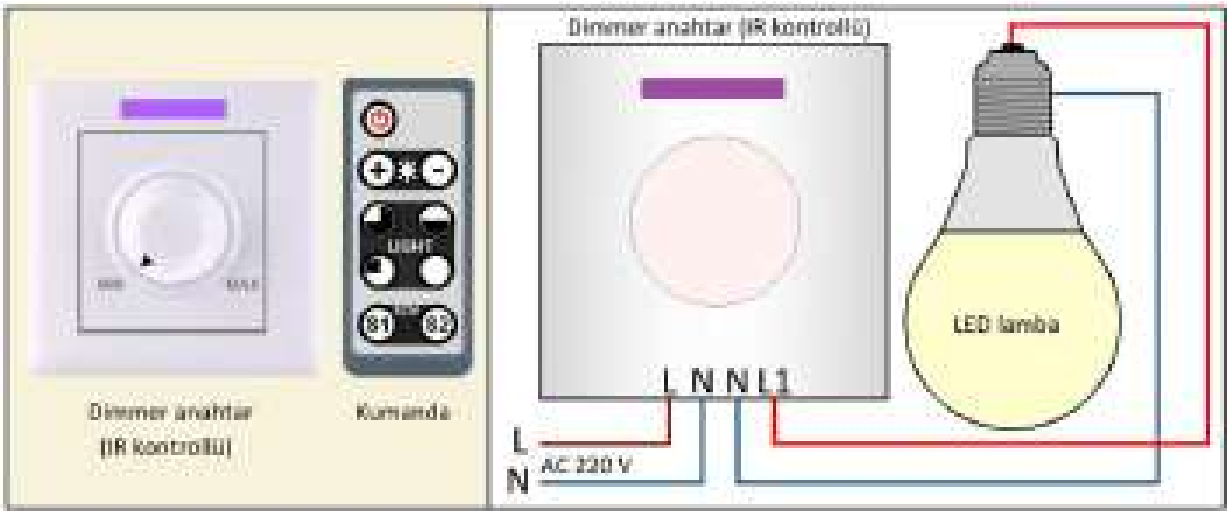
Görsel 8.27'de 12 V DC gerilimde çalışan RF kumandalı dimmerin şebeke ve şerit LED bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.27: 12 V RF kumandalı dimmer bağlantısı

8.2.3. IR Kumandalı Dimmerler

IR kumandalı dimmerler, AC akımda veya 12-24 V DC gerilim altında çalışan IR güç kontrol devreleridir. Genel olarak çalışma frekansları 36-40 kHz olacak şekilde üretilir. IR kumandalı dimmerlerin sıva altı ve sıva üstü montaja uygun modelleri vardır. Sıva altı ve sıva üstü IR kumandalı dimmer modelleri sonsuz düğmeyle veya IR uzaktan kumandayla 5-10 m mesafeden kontrol edilebilir. Görsel 8.28'de sıva üstü IR kumandalı dimmerin şebeke ve lamba bağlantıları görülmektedir.

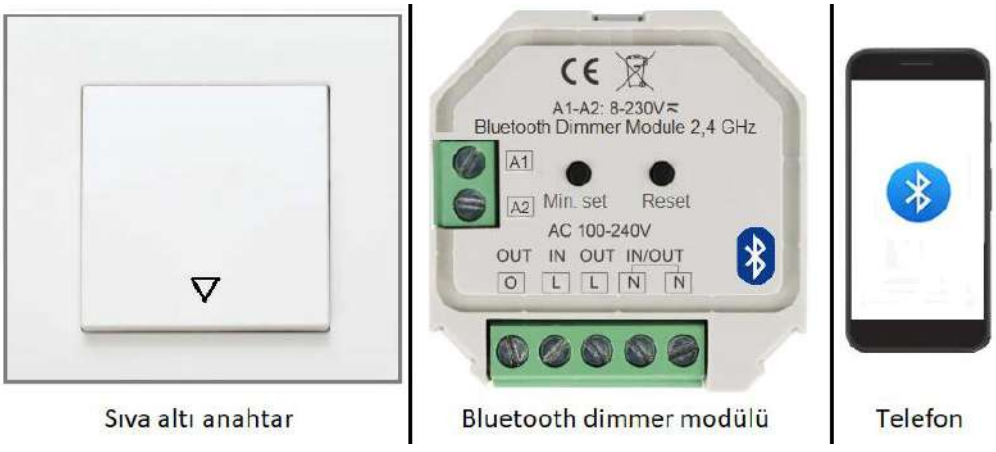


Görsel 8.28: Sıva üstü IR kumandalı dimmerin bağlantıları

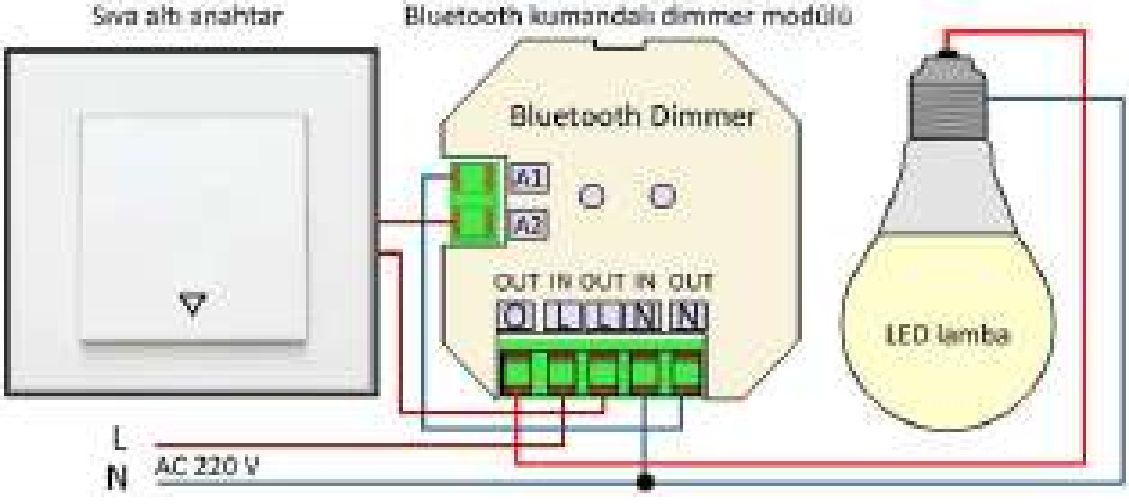
8.2.4. Bluetooth Dimmerler

Bluetooth dimmerler, AC akımda veya 5-24 V DC gerilim altında çalışan bluetooth güç kontrol devreleridir. Çalışma frekansları 2,4-2,48 GHz olacak şekilde üretilir. 24 saat zaman ayarlı aydınlatma kontrolü sağlayan modelleri vardır. Bluetooth dimmerler sıva altı ve sıva üstü montaja uygun modelleri vardır. Sıva altı ve sıva üstü bluetooth dimmerler buton, ON/OFF anahtar, ayarlanabilir düğme veya akıllı telefona yüklenen uygulamayla kontrol edilir.

Görsel 8.29'da sıva altı butonlu bluetooth kumandalı dimmer, Görsel 8.30'da butonlu bluetooth kumandalı dimmerin şebeke ve lamba bağlantıları, Görsel 8.31'de 5-24 V DC gerilimde çalışan bluetooth kumandalı dimmer görülmektedir. Besleme ve şerit LED bağlantıları RF dimmerle aynıdır.



Görsel 8.29: Sıva altı bluetooth kumandalı dimmer



Görsel 8.30: Bluetooth kumandalı dimmer bağlantısı

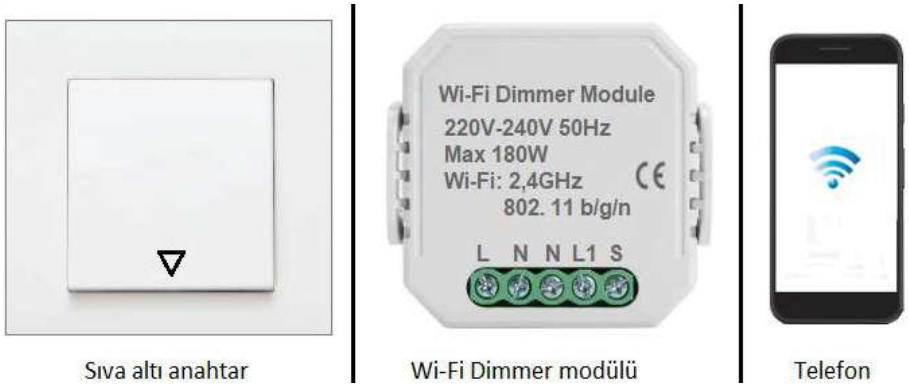


Görsel 8.31: 5-24 V DC bluetooth kumandalı dimmer

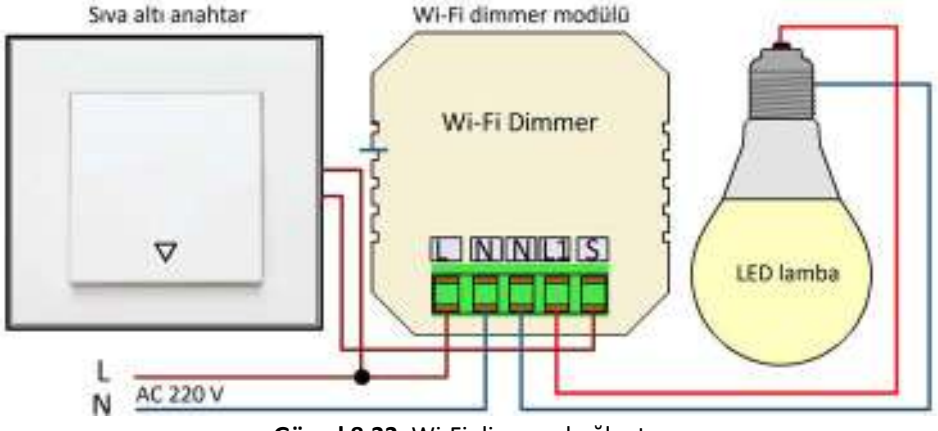
8.2.5. Wi-Fi Dimmerler

Wi-Fi dimmerler, AC akımda veya 5-24 V DC gerilim altında çalışan Wi-Fi güç kontrol devreleridir. Çalışma frekansları 2,4-2,4835 GHz olacak şekilde üretilir. Wi-Fi ağına bağlanabilir, şifreli olarak uzaktan erişime uygundur. Aydınlatma yapılan bölümler için ayrı ayrı ışık şiddeti veya çalışma zamanı ayarı yapılabilir. Wi-Fi dimmerler sıva altı, sıva üstü ve pano tipi montaja uygun olarak üretilir. Sıva altı ve sıva üstü Wi-Fi dimmerler buton, ON/OFF anahtar, dokunmatik anahtar, akıllı telefona yüklenen uygulama, web komutu veya sesli komutla kontrol edilebilir.

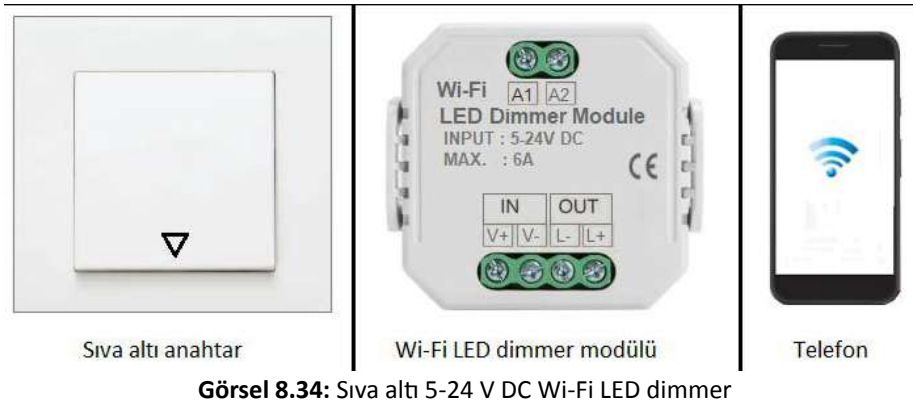
Görsel 8.32'de sıva altı butonlu Wi-Fi dimmer, Görsel 8.33'te butonlu Wi-Fi dimmerin şebeke ve lamba bağlantıları, Görsel 8.34'te ise 5-24 V DC gerilimde çalışan Wi-Fi dimmer görülmektedir. Besleme ve şerit LED bağlantıları RF ve bluetooth kumandalı dimmerle aynıdır.



Görsel 8.32: Sıva altı Wi-Fi dimmer



Görsel 8.33: Wi-Fi dimmer bağlantısı



Görsel 8.34: Sıva altı 5-24 V DC Wi-Fi LED dimmer

8.2.6. Sinyal Yükselticiler (Repeaterler)

Dimmer modüllerde zayıflayan gerilimleri veya RF sinyallerini yükseltmek için kullanılan elektronik devreye **sinyal yükseltici (repeater)** denir. Sinyal yükselticiler aydınlatma kontrolünde kablolu veya kablosuz (RF, Wi-Fi) olarak kullanılır.

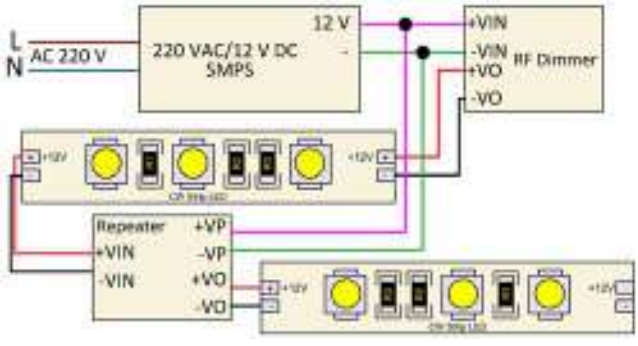
8.2.6.1. Kablolu Sinyal Yükselticiler

Şerit LED'lerin seri veya paralel bağlantılarından kaynaklanan gerilim düşümlerini engellemek amacıyla kullanılan sinyal yükseltici çeşididir. Şerit LED'ler genellikle beş metre uzunluğunda (1 paket) üretilir. Dimmer modüller genellikle 1 paket şerit LED sürmede kullanılır. Dimmer modüllere seri veya paralel bağlanan şerit LED'ler güç kaybına neden olur. Bu durum şerit LED'lerin farklı parlaklıkta ışık vermesine veya hiç ışık vermemesine neden olur.

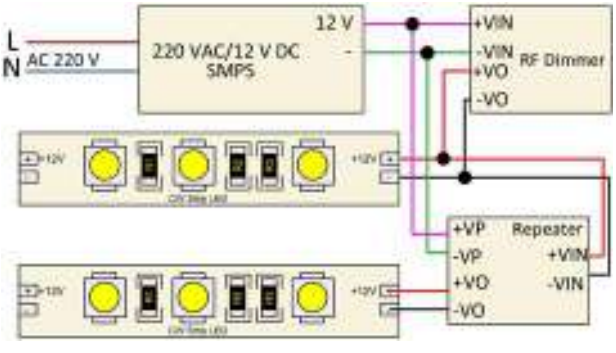
İlk 5 m'den sonra sinyal yükseltici kullanılması önemlidir. Bir sonraki sinyal yükseltici bağlantısı sinyal yükseltici gücüne bağlı olarak 5-10 m arasında değişebilir. Görsel 8.35'te kablolu sinyal yükseltici, Görsel 8.36'da kablolu sinyal yükselticinin RF dimmere seri bağlantısı ve Görsel 8.37'de kablolu sinyal yükselticinin RF dimmere paralel bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.35: Tek kanal sinyal yükseltici



Görsel 8.36: Seri bağlı sinyal yükseltici



Görsel 8.37: Paralel bağlı sinyal yükseltici

NOT

Görsel 8.36 ve 8.37'de her şerit LED grubu 5 m'yi ifade etmektedir.

SIRA SİZDE

Kablolu sinyal yükselticinin üç adet şerit LED grubuna seri ve paralel bağlantısını çiziniz.

8.2.6.2. RF Sinyal Yükselticiler

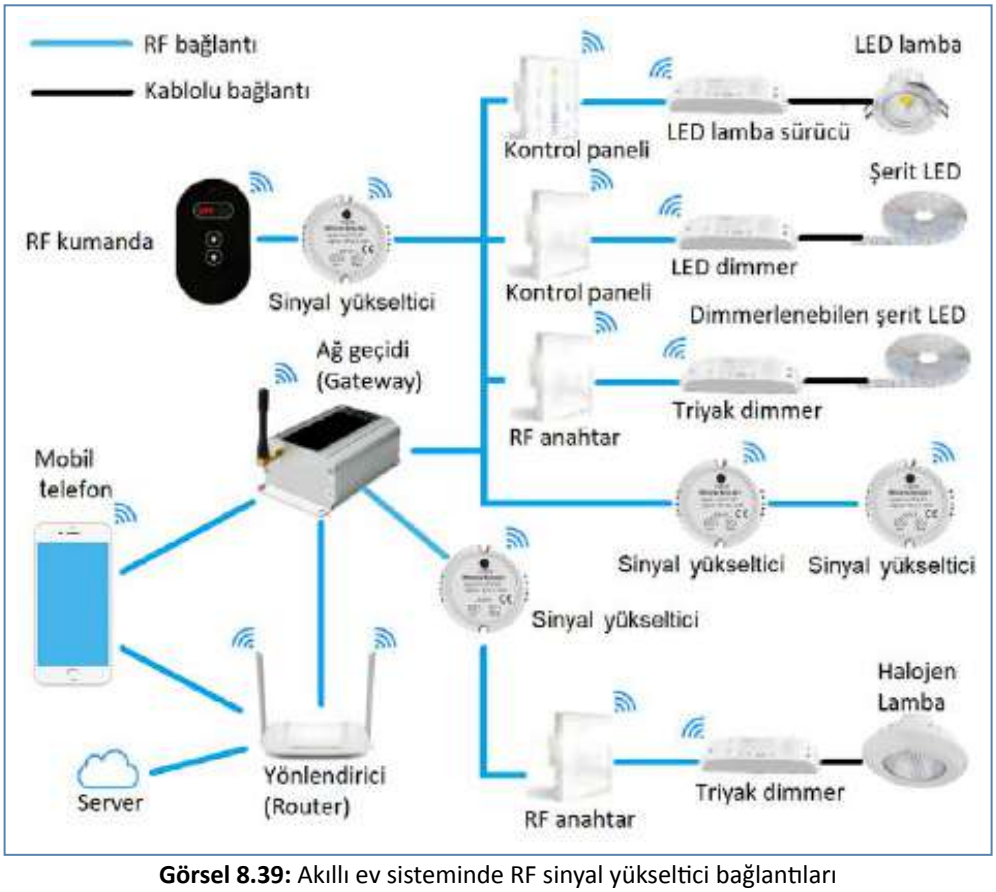
RF kontrol panelleri, RF lamba sürücüleri, RF sinyal yükseltici, ağ geçitleri (gateway) ve yönlendiricilerle (router) kablosuz iletişim protokolüyle haberleşme sağlayan sinyal yükseltici çeşidine **RF sinyal yükselticiler** denir. Kablosuz iletişimde LT-BUS, DMX-512, DALI, Zigbee, bluetooth mesh, bluetooth, Wi-Fi, CAN ve BACnet vb. iletişim protokolleri kullanılır. RF sinyal yükseltici açık alanda 30 m'ye kadar iletişimi sağlar. Kapalı alanlarda her 18 m'de bir yerleştirilen RF sinyal yükselticilerle geniş alanların aydınlatma kontrolü sağlanır.

Görsel 8.38'de sıva altı RF sinyal yükseltici çeşitleri görülmektedir.



Görsel 8.38: Sıva altı RF sinyal yükseltici

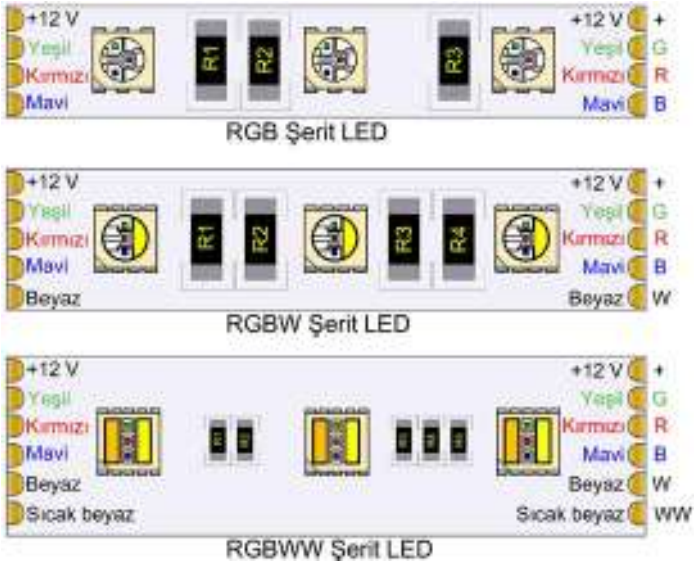
Görsel 8.39'da akıllı ev sistemi aydınlatma kontrolünde kullanılan RF sinyal yükselticilerin sistemle ve birbirleriyle olan bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.39: Akıllı ev sisteminde RF sinyal yükseltici bağlantıları

8.3. AYDINLATMA KONTROL CİHAZLARI

RGB LED lamba, RGB, RGBW veya RGBWW/RGBCW (RGBCCT) şerit LED'lerde kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz renklerin seviyesi ile parlaklığı, RGB/RGBW/RGBWW kontrol cihazlarıyla ayarlanır. Aydınlatma kontrolü; manuel olarak veya IR, RF, bluetooth, Wi-Fi kontrol cihazlarından biri kullanılarak yapılır. Görsel 8.40'ta renkli şerit LED çeşitleri görülmektedir.



Görsel 8.40: Renkli şerit LED çeşitleri

NOT

RGB şerit LED üzerine beyaz ışık veren LED eklenirse beyaz rengin sıcaklığına göre şerit LED yeniden adlandırılır. RGBW (RGB+beyaz), RGBCW (RGB+soğuk beyaz+sıcak beyaz) ve RGBWW (RGB+beyaz+sıcak beyaz) bu adlandırmalardır. RGB kontrol cihazları; RGB, RGBW ve RGBWW kontrol cihazlarının genel adıdır. Kullanılacak RGB şerit LED çeşidine göre RGB, RGBW veya RGBWW kontrol cihazı seçilir. RGBWW kontrol cihazıyla RGB ve RGBW şerit LED'ler de kontrol edilir.

8.3.1. RGB Kontrol Cihazları

RGB LED lamba, RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED'lerde kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz renk seviyesi ve parlaklığı RGB kontrol cihazlarıyla ayarlanır. RGB LED lambalar E27 duy bağlantısı yapıldıktan sonra kontrol edilebilirken RBG, RGBW ve RGBWW şerit LED'ler, kontrol cihazına bağlandıktan sonra kontrol edilir. RGB LED lamba ve RGB, RGBW, RGBWW şerit LED kontrolünde; duvar kontrol paneli, IR, RF, bluetooth ve Wi-Fi yöntemlerinden biri kullanılır (Görsel 8.41).



Görsel 8.41: RGB lamba ve şerit LED kontrol cihazları

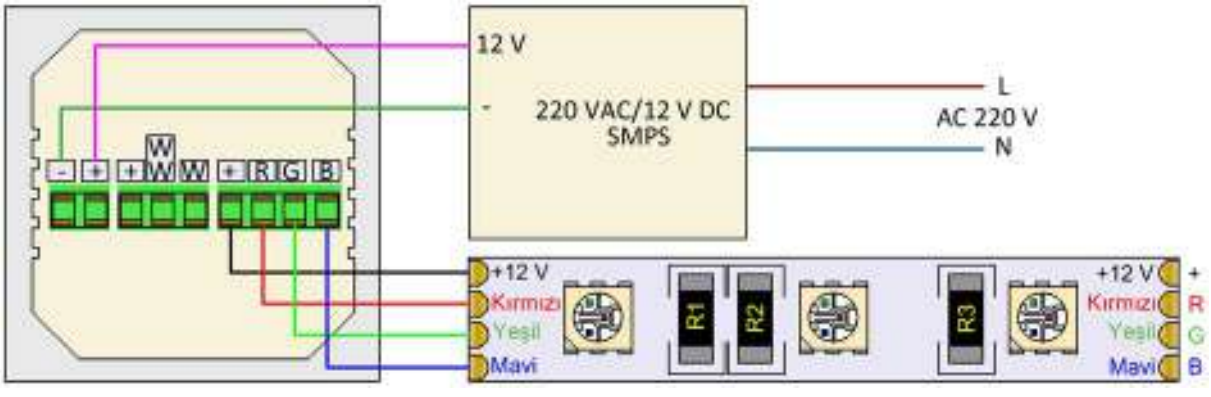
8.3.1.1. Duvar Tipi RGB Kontrol Paneli

12-24 V DC voltajda çalışan güç kontrol devresine **duvar tipi RGB kontrol paneli** denir. Bu devre; RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED'lerin renk ve parlaklık ayarını kontrol eder. Kontrol paneli üzerinde bulunan dokunmatik anahtarlar veya sonsuz düğme kullanılarak renk ve parlaklık ayarı yapılır. Anahtarın beslemesi için haricî 12-24 V DC güç kaynağına ihtiyaç vardır. Odaların manuel olarak aydınlatılmasında kullanılır.

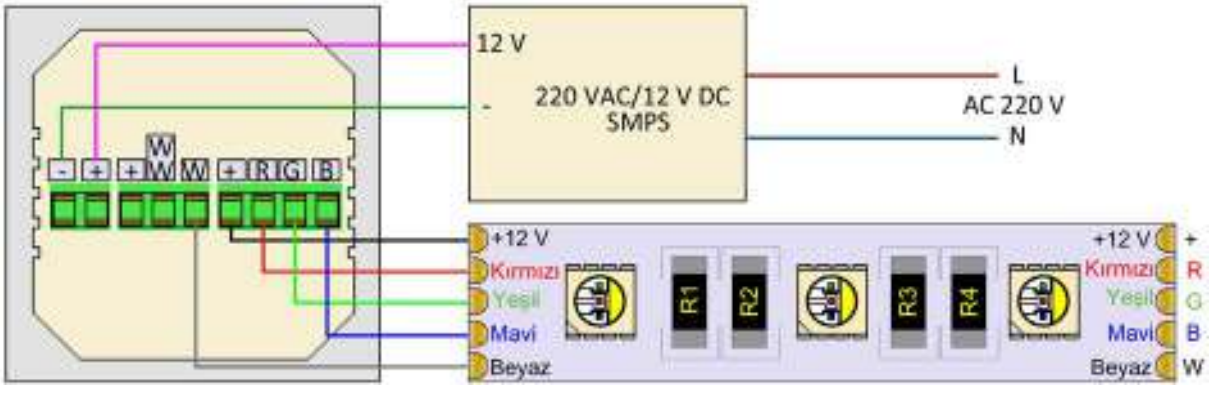
Görsel 8.42'de duvar tipi RGB kontrol panelleri, Görsel 8.43'te duvar tipi RGB kontrol paneliyle RGB şerit LED bağlantısı, Görsel 8.44'te duvar tipi RGB kontrol paneliyle RGBW şerit LED bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.42: Duvar tipi RGB kontrol paneli

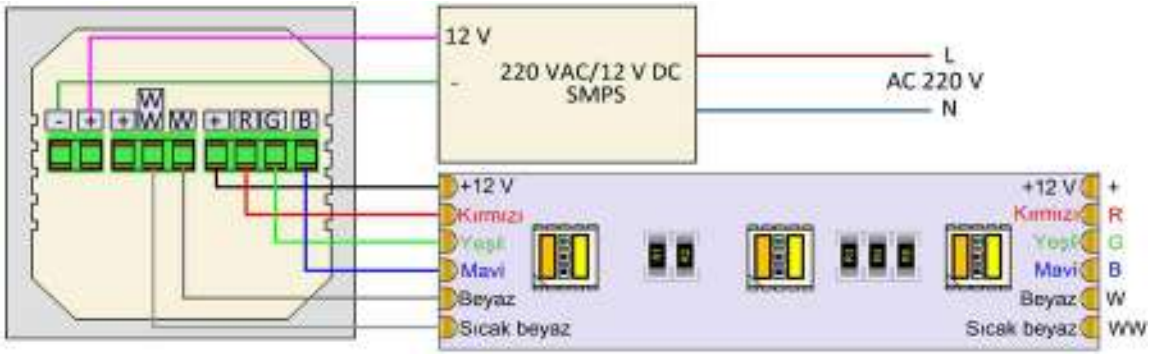


Görsel 8.43: RGB şerit LED bağlantısı



Görsel 8.44: RGBW şerit LED bağlantısı

Görsel 8.45'te duvar tipi RGB kontrol paneliyle RGBWW şerit LED bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.45: RGBWW şerit LED bağlantısı

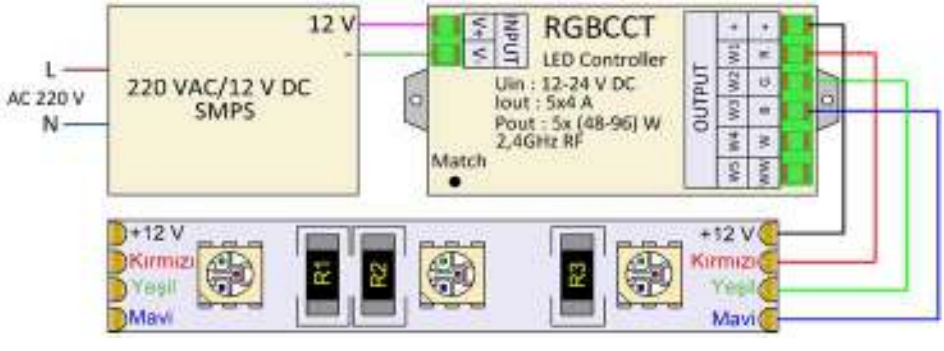
8.3.1.2. RF RGB Kontrol Paneli

RF RGB kontrol paneli, AC akımda veya 12-24 V DC gerilim voltajında çalışan güç kontrol devreleridir. Genel olarak çalışma frekansları 434 MHz, 869 MHz, 915 MHz veya 2,4 GHz olacak şekilde üretilir. Modeline göre tek başına veya RGB kontrol cihazlarıyla birlikte RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED'lerin renk ve parlaklık ayarını kontrol eder. RF RGB kontrol paneli sıva altı ve pano tipi montaja uygun olarak üretilir. RF RGB kontrol paneli manuel veya RF uzaktan kumandayla 10 ila 30 metreden kontrol edilebilir. Aydınlatılacak mekânda farklı yerlere yerleştirilmiş veya farklı mekânlardaki RGB, RGBW veya RGWW şerit LED'leri kontrol edebilir.

Görsel 8.46'da RF RGB kontrol paneli ve diğer kontrol cihazları, Görsel 8.47'de RF RGB şerit LED bağlantısı görülmektedir.

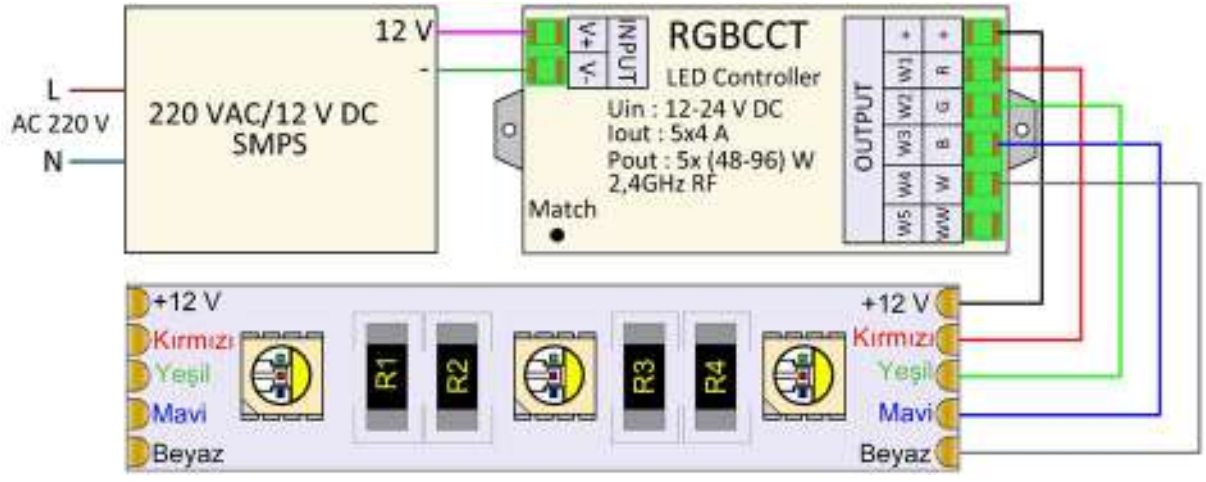


Görsel 8.46: RF RGB kontrol paneli ve diğer kontrol cihazları

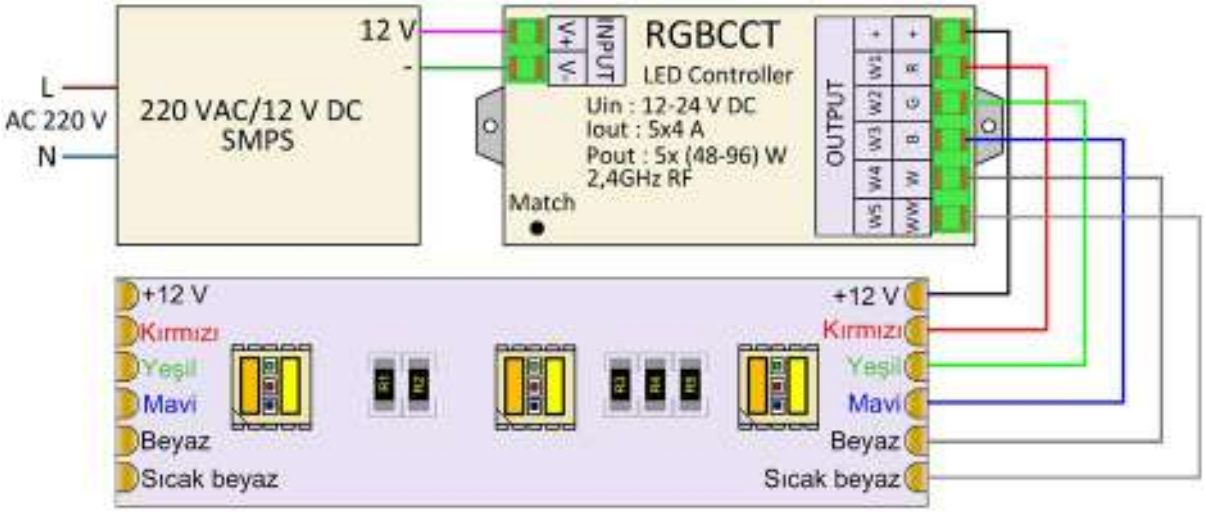


Görsel 8.47: RF RGB şerit LED bağlantısı

Görsel 8.48'de RF RGBW şerit LED bağlantısı, Görsel 8.49'da RF RGBWW (RGBCCT) şerit LED bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.48: RF RGBW şerit LED bağlantısı



Görsel 8.49: RF RGBWW şerit LED bağlantısı

8.3.1.3. IR RGB Kontrol Paneli

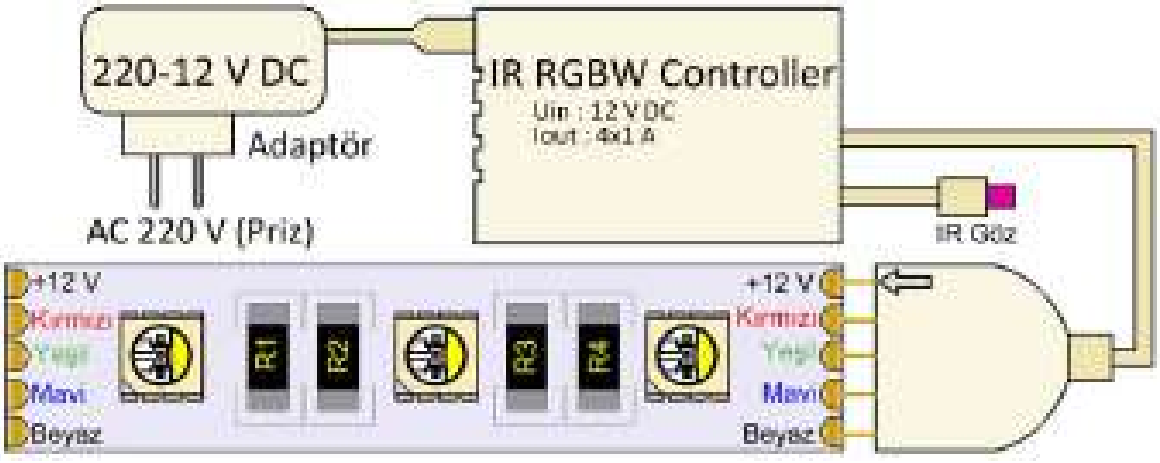
12 V DC gerilim voltajında çalışan güç kontrol devresine **IR RGB kontrol cihazı** denir. RGB şerit LED'lerin renk ve parlaklığını ayarlamada kullanılır. Genel olarak çalışma frekansları 36-40 kHz olacak şekilde üretilir. IR RGB kontrol cihazı genellikle RGB şerit LED montajına uygun 4 pin soketli olarak üretilir. IR uzaktan kumandayla 5-10 m'den kontrol edilebilir. Küçük mekânların aydınlatılmasında kullanılır.

Görsel 8.50'de kumandalı IR RGB kontrol cihazı görülmektedir.



Görsel 8.50: IR RGB kontrol cihazı ve kumandası

Görsel 8.51'de IR RGBW şerit LED bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.51: IR RGBWW şerit LED bağlantısı

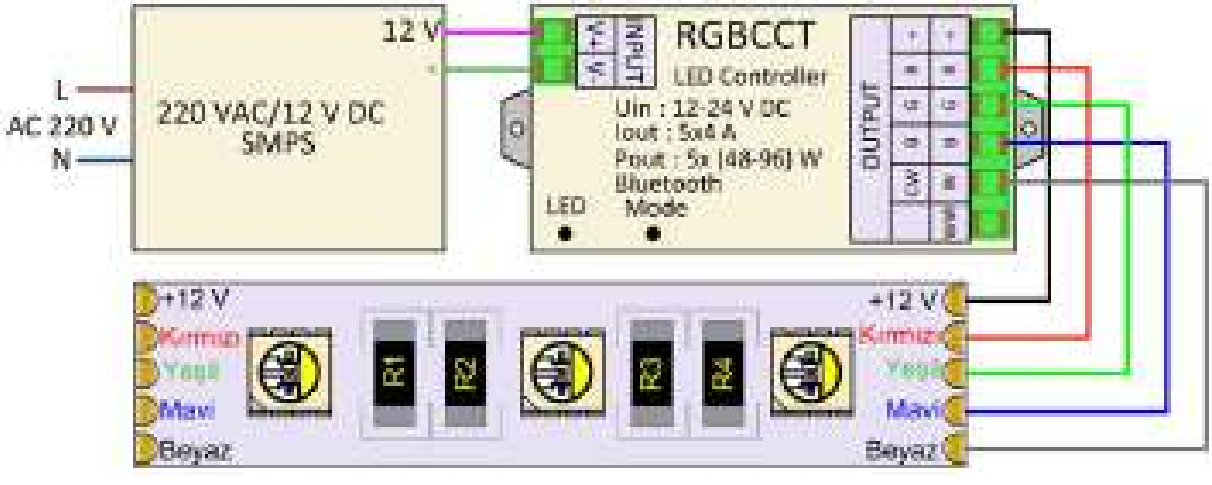
8.3.1.4. Bluetooth RGB Kontrol Paneli

AC akımda veya 5-24 V DC gerilim voltajında çalışan güç kontrol devresine **bluetooth RGB kontrol cihazı** denir. Çalışma frekansı 2,4 GHz olacak şekilde üretilir. RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED'lerin renk ve parlaklığını ayarlamada kullanılır. Akıllı telefona yüklenen uygulamayla kontrol edilir. IR veya RF kontrolünü destekleyen modelleri bulunur. Bluetooth RGB kontrol cihazı şehir şebekesine veya pano montajına uygun olarak üretilir.

Görsel 8.52'de çeşitli bluetooth RGB kontrol cihazları, Görsel 8.53'te bluetooth RGBW şerit LED bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.52: Bluetooth RGB kontrol cihazları



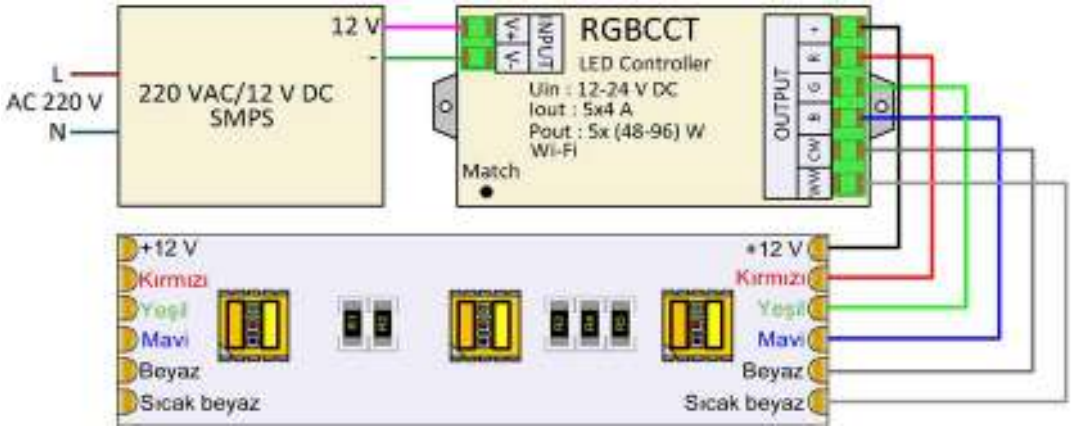
Görsel 8.53: Bluetooth RGBW şerit LED bağlantısı

8.3.1.5. Wi-Fi RGB Kontrol Paneli

5-24 V DC gerilim voltajında çalışan güç kontrol devresine **Wi-Fi RGB kontrol cihazı** denir. Çalışma frekansları 2,4 GHz olacak şekilde üretilir. RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED'lerin renk ve parlaklığını ayarlamada kullanılır. Wi-Fi ağına bağlanabilir ve şifreli olarak uzaktan erişime uygundur. Aydınlatma yapılan bölümler için ayrı ayrı renk ve parlaklık ayarı yapılabilir. Wi-Fi RGB kontrol cihazı sıva üstü ve pano tipi montaja uygun olarak üretilir. Wi-Fi RGB kontrol cihazı duvar tipi kontrol paneli, RF uzaktan kumanda, mobil telefona yüklenen uygulama, web uygulaması veya sesli komutla kontrol edilebilir. Görsel 8.54'te çeşitli Wi-Fi RGB kontrol cihazları, Görsel 8.55'te Wi-Fi RGBWW şerit LED bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.54: Wi-Fi RGB kontrol cihazları



Görsel 8.55: Wi-Fi dimmer bağlantısı

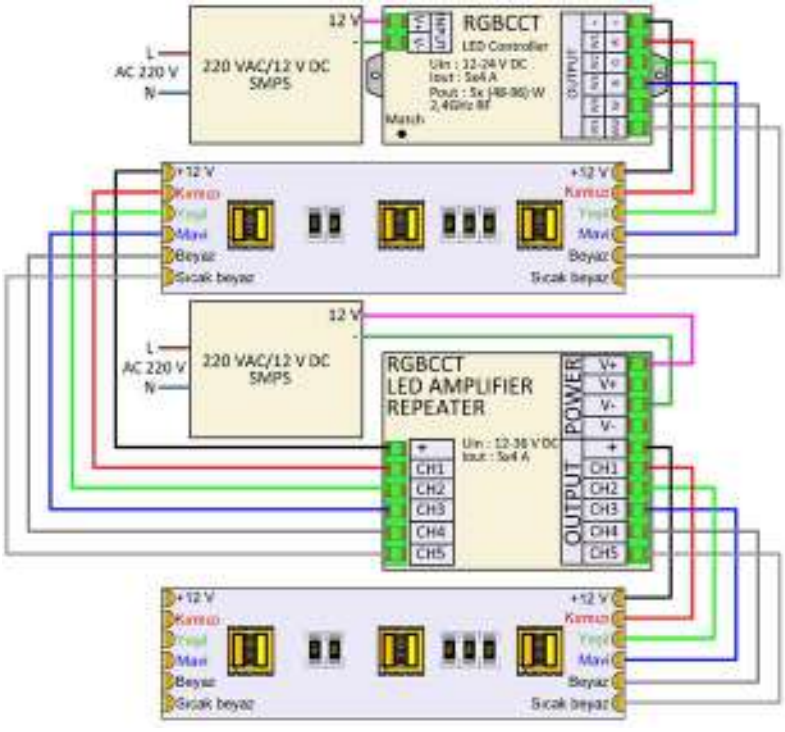
8.3.2. LED Sinyal Yükselticiler

RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED'lerin seri veya paralel bağlantılarından kaynaklı gerilim düşümlerini engellemek amacıyla kullanılan cihaza **LED sinyal yükseltici** denir. RGB, RGBW ve RGBWW LED sürücüler genellikle çıkış gücüne 5, 10 veya 15 m şerit LED sürmede kullanılır. LED sürücünün sürebileceğinden fazla şerit LED bağlantısı LED'lerin farklı parlaklıkta ışık vermesine veya hiç ışık vermemesine neden olur. LED sürücünün sürebileceği maksimum sayıdaki şerit LED'den sonra sinyal yükseltici kullanılması önemlidir. Bir sonraki sinyal yükseltici bağlantısının mesafesi, sinyal yükselticinin gücüne bağlı olarak 5, 10 veya 15 m arasında değişebilir. Her sinyal yükselticinin farklı güç kaynağından beslenmesi önemlidir.

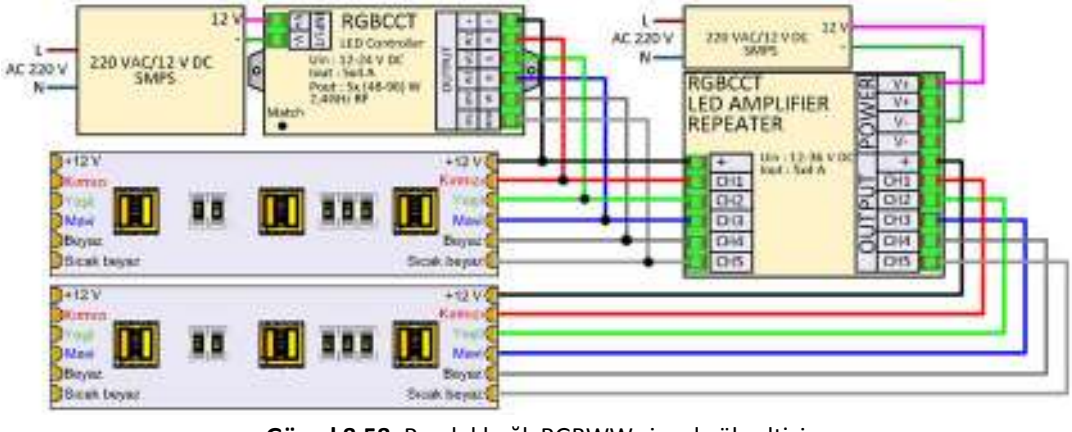
Görsel 8.56'da RGBWW sinyal yükseltici, Görsel 8.57'de RGBWW sinyal yükselticinin RGBWW (RGBCCT) kontrol cihazına seri bağlantısı ve Görsel 8.58'de RGBWW sinyal yükselticinin RGBWW (RGBCCT) kontrol cihazına paralel bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.56: RGBWW sinyal yükseltici



Görsel 8.57: Seri bağlı RGBWW sinyal yükseltici



Görsel 8.58: Paralel bağlı RGBWW sinyal yükseltici

8.4. MİKRO KONTROLÖRLER

Yeni nesil (IR, RF, Bluetooth, Wi-Fi vb.) veya akıllı aydınlatma sistemlerinin kontrolünde mikro kontrolör (mikro denetleyici) tabanlı sistemler kullanılır. Mikro kontrolör besleme bağlantıları; LED veya lamba bağlantılarının, iletişim bağlantılarının ve programlama aydınlatma sistemlerinin kontrolünde önemlidir.

Mikro kontrol sistemlerin belli başlı özellikleri şunlardır:

- Analog sensörlerden gelen verileri dijital verilere dönüştürerek veya dijital sensörlerden gelen verileri kullanarak aydınlatma sistemlerini kontrol eder.
- Dijital iletişim protokollerini kullanarak dijital kontrol cihazlarından gelen komutlar doğrultusunda aydınlatma sistemlerini yönetir.
- Mikro kontrolör 3,3-5 V DC gerilimde, aydınlatma sistemleri 5-24 V DC gerilimde çalıştığından aydınlatma sisteminde düşük güç tüketimi sağlar.
- Mekânların dekoratif aydınlatılmasında farklı renk tonları ve parlaklık seçeneği sunar.
- Kablo yığınlarını azaltır ve maliyeti düşürür.
- Aydınlatma sistemlerinin uzaktan kontrolünü sağlar.

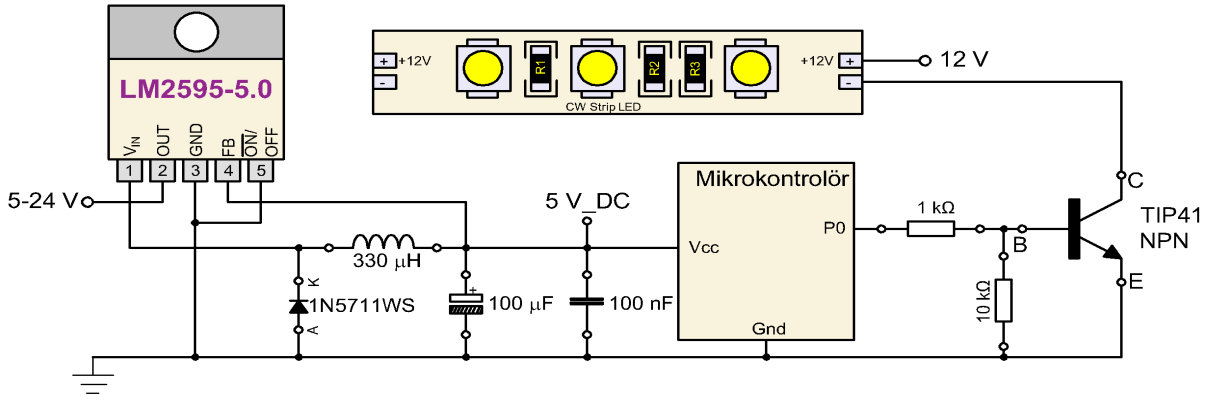
8.4.1. Mikro Kontrolör ve Besleme Devresi Tasarımı

Mikro kontrolör çalışma gerilimi, mikro kontrolör modeline göre genel olarak 3,3 V veya 5 V DC gerilimdir. Ancak aydınlatma kontrol sisteminde kullanılacak mikro kontrolün çalışma gerilimi aralığını mikro kontrolün veri sayfasından (datasheet) öğrenmek gerekir. Mikro kontrolör besleme devresi tasarlanırken dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- Mikro kontrolöre uygun DC gerilim regülatörü kullanılır.
- DC gerilimde oluşabilecek dalgalanmalara karşı bobin ve kondansatörden oluşan filtre devreleri eklenir.
- Mikro kontrolör besleme pinine (bacağına) yakın olacak şekilde kutupsuz kondansatör bağlanır.

8.4.2. Mikro Kontrolörle LED Besleme Bağlantıları

LED diyot, çalışma gerilimlerine uygun olarak anoda artı (+), katoda eksi (-) gerilim uygulandığında ışık verir. Aydınlatmada LED'ler bir araya getirilerek şerit LED'ler oluşturulur. Şerit LED'ler, çalışma gerilimleri 12 V veya 24 V DC olacak şekilde üretilir. Görsel 8.59'da 5 V DC mikro kontrolör besleme devresi ve tek renkli şerit LED bağlantıları görülmektedir.

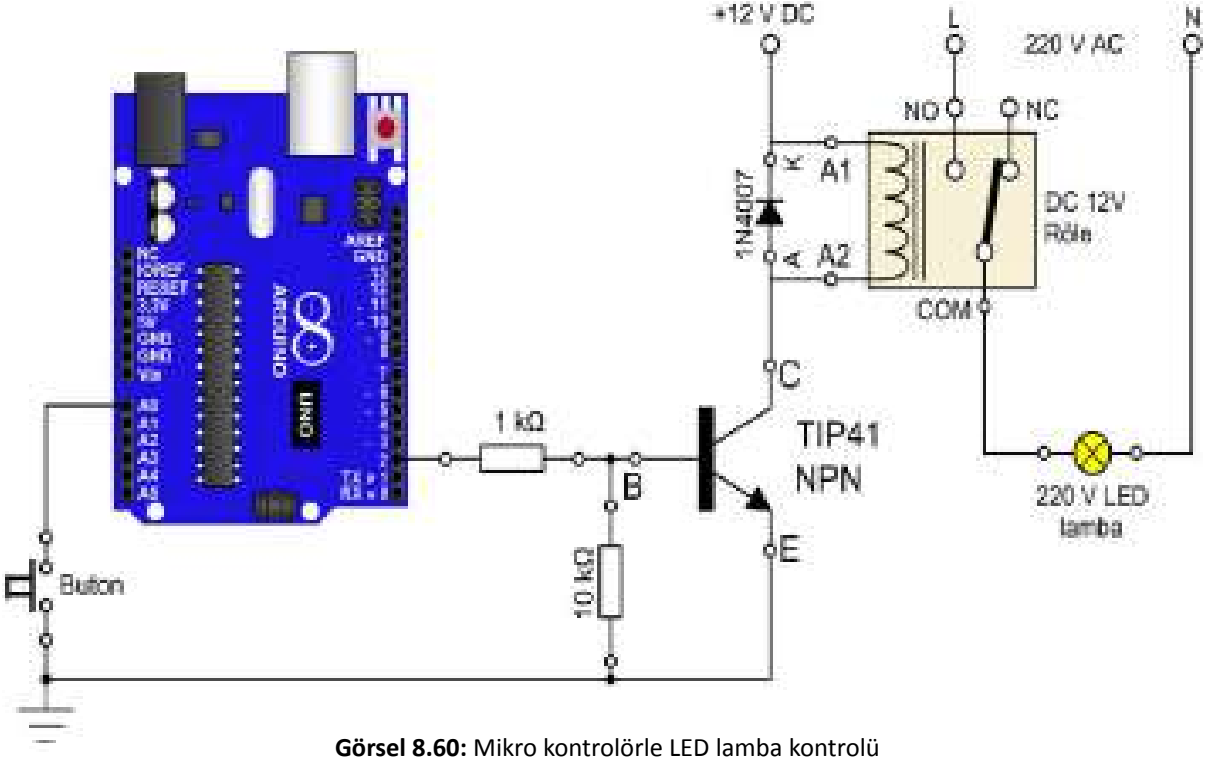


Görsel 8.59: Mikro kontrolör besleme ve LED bağlantıları

8.4.3. Mikro Kontrolörle LED Kontrolü

Mikro kontrolörle LED lambaların veya şerit LED'lerin yakılıp söndürülmesi sağlanır. Buton, IR, RF veya Wi-Fi yardımıyla mikro kontrolöre komutlar verilir. Verilen komutla LED'ler yakılır veya söndürülür. Şehir şebeke voltajında çalışan LED lambaların yakılıp söndürülmesinde röle veya triyak kullanılır. Şerit LED'lerde ise transistör, MOSFET veya hat sürücü entegreler kullanılır.

ON/OFF çalışmada çalışma mantığı basittir. Yak, söndür veya butona basıldığında yanıyorsa söndür, sönüyorsa yak şeklinde komut verilir. Görsel 8.60'ta LED lamba kontrol devresi, Tablo 8.1'de LED lamba kontrol devresi yazılımıgörülmektedir.

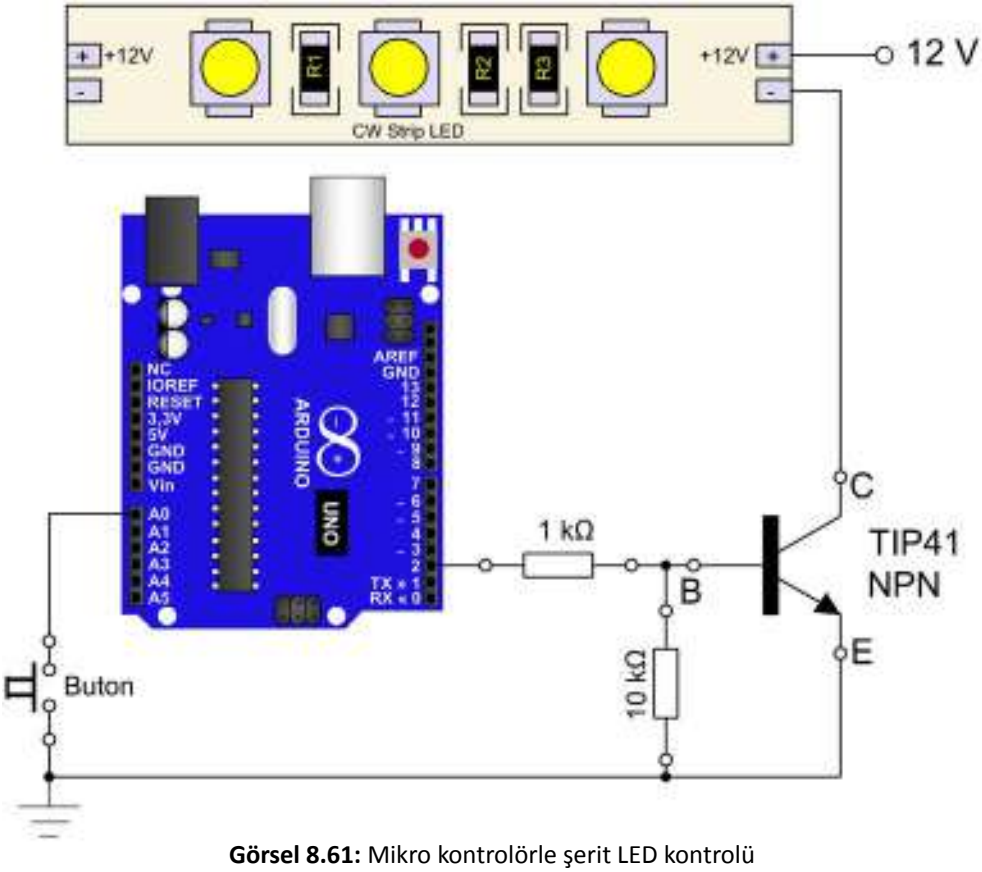


Görsel 8.60: Mikro kontrolörle LED lamba kontrolü

Tablo 8.1: LED Lamba Kontrol Devresi Yazılımı

Satır	Kodlar
1	#define button A0
2	#define yaksondur 2
3	void setup() {
4	pinMode(yaksondur, OUTPUT);
5	pinMode(button, INPUT_PULLUP);
6	digitalWrite(yaksondur, LOW);
7	delay(500);
8	}
9	void loop() {
10	if (!digitalRead(button)) //Butona basılıp basılmadığı kontrol edilir.
11	{
12	digitalWrite(yaksondur, !digitalRead(yaksondur)); //Lamba yakılır veya söndürülür.
13	while(!digitalRead(button)); // Buton bırakılıncaya kadar beklenir.
14	}
15	}

Mikro kontrolörün A0 pini (button) giriş, 2. pini (yaksondur) çıkıştır. A0 pini, butona basıldığında düşük seviyeye (0 V) iner, buton bırakıldığında yüksek seviyeye (5 V) çıkar. 2. pin düşük seviyedeyse lamba sönük, yüksek seviyedeyse lamba yanıktır. Mikro kontrolöre enerji uygulandığı ilk anda lamba söndürülür. Sonrasında program sonsuz döngüde butona basılıp basılmadığı kontrol eder. Butona basıldığında lamba sönükse yakar ve butonun bırakılmasını bekler. Butona basıldığında lamba yanıksa söndürür ve butonun bırakılmasını bekler. Bu yazılımla röle, triyak, transistör, MOSFET ve hat sürücü entegre üzerinden LED lamba veya şerit LED yakılıp söndürülebilir. Görsel 8.61'de aynı yazılımı kullanan 12 V şerit LED kontrol devresi bağlantıları görülmektedir.



Görsel 8.61: Mikro kontrolörle şerit LED kontrolü

SIRA SİZDE

Görsel 8.61'de verilen devreyi ve yazılımı ON/OFF anahtarla şerit LED'i yakıp söndürecek şekilde yeniden düzenleyiniz.

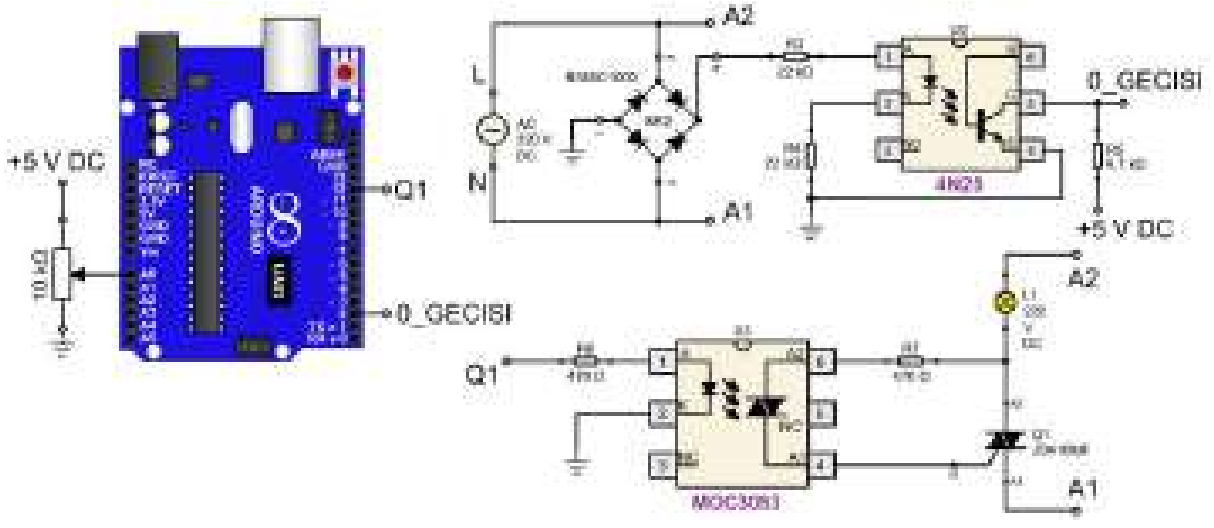
8.4.4. Mikro Kontrolörlü Dimmer

Mikro kontrolörle dimmer LED lambaların veya şerit LED'lerin parlaklık ve ışık şiddeti ayarları yapılır. Potansiyometre, buton, IR, RF veya Wi-Fi yardımıyla mikro kontrolöre komutlar verilir. Verilen komuta göre LED'lerin parlaklığı arttırılır veya azaltılır. Şehir şebeke voltajında çalışan LED lambaların parlaklığının ayarlanmasında triyak kullanılır. Şerit LED'lerde ise transistör, MOSFET veya hat sürücü entegresi kullanılır. AC akımda ve DC gerilimde dimmerleme yöntemleri farklıdır.

8.4.4.1. AC Dimmerleme Yöntemi

AC akımda gelen komuta göre triyakın tetiklenme zamanı değiştirilerek lamba üzerindeki gerilim değişimi sağlanır. Böylece lambanın parlaklığı ayarlanır. Şehir şebekesindeki gerilimin frekansı 50 Hz olduğundan periyodu 20 ms'dir.

AC akımın pozitif ve negatif alternansları vardır. Her alternansın tamamlanma süresi 10 ms'dir. Her alternansta 10 ms içerisinde triyak tetiklenerek lambanın parlaklığı ayarlanır. Parlaklığın pozitif ve negatif alternansta eşit olması için sinüs dalgasının sıfır geçiş noktalarını referans almak gerekir. Görsel 8.62'de AC dimmer devresi ve Tablo 8.2'de AC dimmer yazılımı görülmektedir. Yazılımın herhangi bir dijital kontrol cihazına potansiyometrenin konumuyla ilgili veri gönderilebilmesi için seri iletişim ilave edilmiştir. Potansiyometre ayarlanarak lambanın parlaklığı kontrol edilir.



Görsel 8.62: Mikro kontrolörle AC dimmer kontrolü

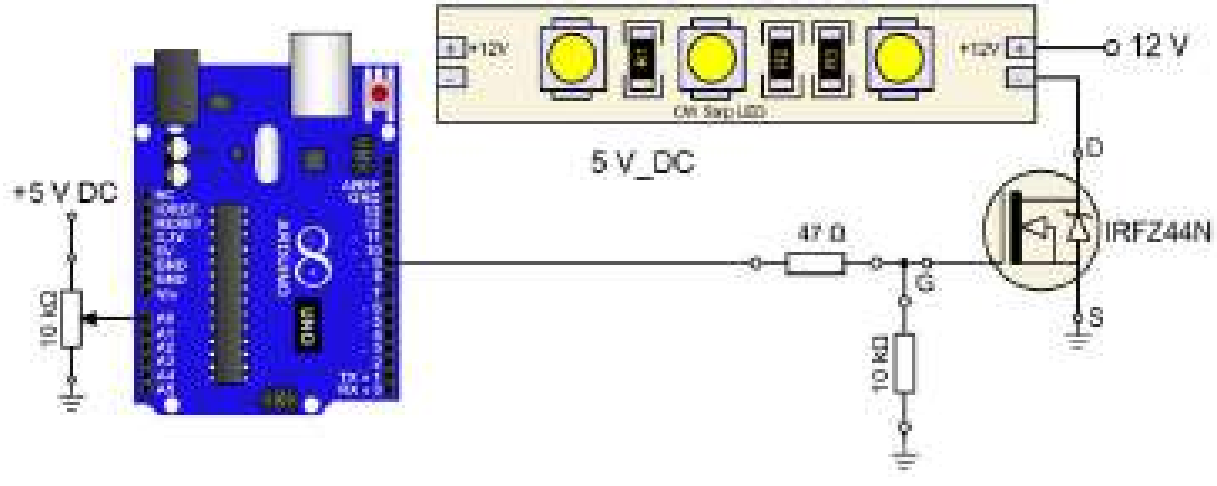
Tablo 8.2: AC Dimmer Yazılımı

Satır	Kodlar
1	#define triyak 12
2	#define POT A0
3	const byte interruptPin = 2;
4	bool gecis = 0;
5	uint16_t tetikleme=0;
6	int potdeger;
7	
8	void sifirgecis() { //Sinüs dalganın 0 noktasından geçişinde çalışan kesme programı
9	gecis = 1;
10	}
11	void setup()
12	{
13	pinMode(triyak, OUTPUT);
14	digitalWrite(triyak, LOW);
15	attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), sifirgecis, FALLING);
16	Serial.begin(9600);
17	}
18	void loop()

```
{
potdeger = analogRead(POT); //POT değeri okunur.
  potdeger =map(potdeger,0,1023,0,95); //Değer 0-95 arası sayıya dönüştürülür.
  tetikleme=(10-(potdeger*0.1))*1000; //Tetikleme süresi hesabı yapılır.
  Serial.println(tetikleme); //Seri olarak gönderilir.
 if(gecis)
 {
  if(tetikleme >= 500 && tetikleme <= 9500) { // Tetikleme süresi 10 ms'den küçükse
    delayMicroseconds(tetikleme); //Triyak tetiklenir.
    digitalWrite(triyak, HIGH);
    delayMicroseconds(200);
    digitalWrite(triyak, LOW);
     gecis = 0;
  }
  else
  {
   digitalWrite(triyak, LOW);
  }
 }
}
```

8.4.4.2. DC Dimmerleme Yöntemi

DC gerilimde transistör, MOSFET veya hat sürücü entegresinin ON/OFF zamanı PWM (darbe genişlik modülasyonu) yöntemiyle değiştirilerek LED'lerin parlaklığı ayarlanır. Mikro kontrolör sabit veya ayarlanan frekansta kare dalga üretir. Kare dalganın yüksek ve düşük seviyelerde kalma süreleri yazılımda değiştirilerek PWM sinyali elde edilir. Programda PWM sinyal üretme komutu rakamları 0-255 arasında değiştirilerek ON/OFF süresi ayarlanır. Görsel 8.63'te PWM metoduyla şerit LED kontrol devresi, Tablo 8.3'te PWM metoduyla şerit LED kontrol yazılımı görülmektedir. Potansiyometre ayarlanarak lambanın parlaklığı kontrol edilir.



Görsel 8.63: Mikro kontrolörle şerit LED kontrolü

Tablo 8.3: PWM Metoduyla Şerit LED Kontrol Yazılımı

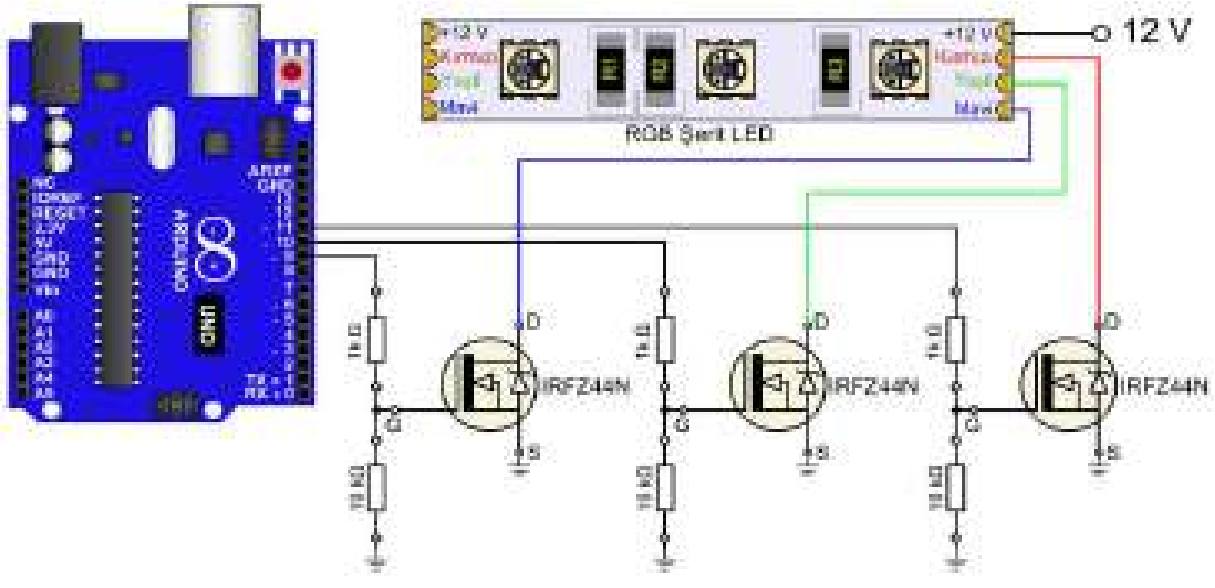
Satır	Kodlar
1	#define PWM 9
2	#define POT A0
3	int potdeger;
4	pinMode(PWM, OUTPUT);
5	digitalWrite(PWM, LOW);
6	Serial.begin(9600);
7	}
8	void loop() {
9	potdeger = analogRead(POT);
10	potdeger =map(potdeger,0,1023,0,250);
11	Serial.println(potdeger);
12	analogWrite(PWM, potdeger); //POT değerine göre PWM sinyali üretilir.
13	}

SIRA SİZDE

Görsel 8.63'te görülen devreyi ve yazılımı potansiyometre yerine iki adet buton kullanarak 10 kademeli dim arttırma ve azaltma yapacak şekilde yeniden düzenleyiniz.

8.4.5. Mikro Kontrolörle RGB LED ve Ton Kontrolü

RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED'lerde PWM yöntemiyle kırmızı, yeşil, mavi, beyaz veya karışık renk tonları elde edilir. RGB LED'lerle karışık renkler elde edilirken beyaz LED'lerle rengin beyaz tonları ayarlanır. RGB şerit LED için üç, RGBW şerit LED için dört, RGBWW şerit LED beş PWM kanalına ihtiyaç vardır. DC gerilimde transistör, MOSFET veya hat sürücü entegresiyle kontrol edilir. Görsel 8.64'te RGB şerit LED kontrol devresi, Tablo 8.4'te RGB şerit LED kontrol yazılımı görülmektedir.



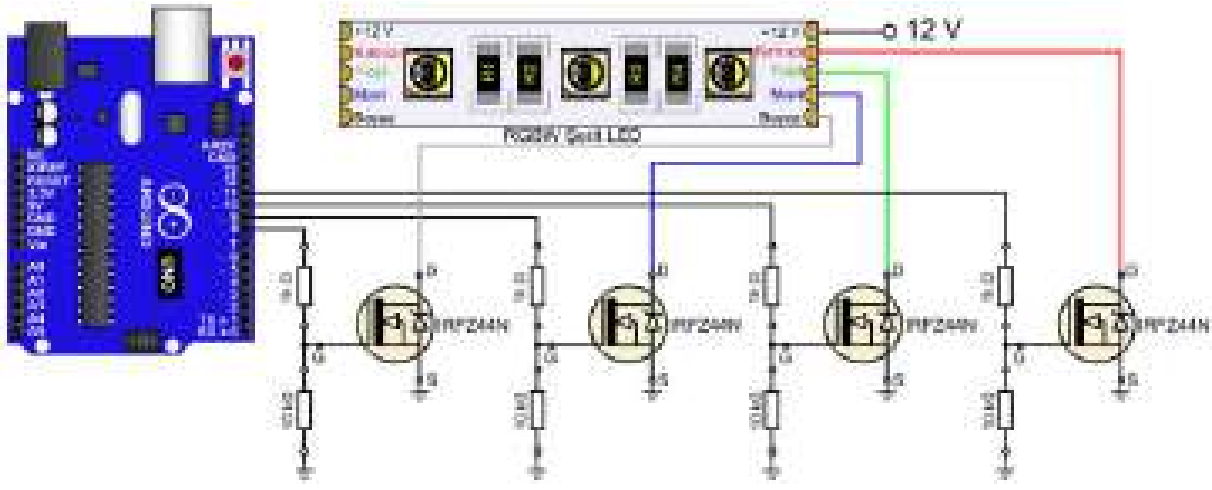
Görsel 8.64: RGB şerit LED kontrol devresi

Tablo 8.4: RGB Şerit LED Kontrol Yazılımı

Satır	Kodlar
1	#define kirmizi_led 11
2	#define yesil_led 10
3	#define mavi_led 9
4	char kirmizi=0, yesil=0, mavi=0;
5	void setup()
6	{
7	pinMode(kirmizi_led, OUTPUT);
8	pinMode(yesil_led, OUTPUT);
9	pinMode(mavi_led, OUTPUT);
10	}
11	void loop()
12	{
13	rgb_led_yak(255, 0, 0); //Kırmızı renk elde edilir.
14	delay(500);
15	rgb_led_yak(0, 255, 0); //Yeşil renk elde edilir.
16	delay(500);
17	rgb_led_yak(0, 0, 255); //Mavi renk elde edilir.
18	delay(500);
19	rgb_led_yak(255, 255, 0); //Sarı renk elde edilir.
20	delay(500);
21	rgb_led_yak(0, 255, 255); //Turkuaz renk elde edilir.
22	delay(500);
23	rgb_led_yak(255, 0, 255); //Eflatun renk elde edilir.
24	delay(500);
25	rgb_led_yak(255, 255, 255); //Beyaz renk elde edilir.
26	delay(500);
27	for (char tekrar=0;tekrar<20; tekrar++)
28	{
29	kirmizi=random(255);
30	yesil=random(255);
31	mavi=random(255);
32	rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi); //Rastgele renk karışımları elde edilir.
33	delay(100);
34	}
35	}
36	void rgb_led_yak(int r, int g, int b)
37	{
38	analogWrite(kirmizi_led,r);
39	analogWrite(yesil_led, g);
40	analogWrite(mavi_led, b);
41	}

Mikro kontrolün 9, 10 ve 11 numaralı pinleri PWM çıkış pinleridir. PWM pinlerinden uygulanan kare dalgalarla RGB şerit LED'den renkler elde edilir. RGB şerit LED programında önce kırmızı sonra sırasıyla yeşil ve mavi renk elde edilir. Ardından 20 farklı renk tonu elde edilebilir. Yazılım, başlangıçtaki kırmızı renge tekrar döner ve sonsuz döngüde çalışmaya devam eder.

Görsel 8.65'te RGBW şerit LED ton kontrol devresi, Tablo 8.5'te RGBW şerit LED ton kontrol yazılımı görülmektedir.



Görsel 8.65: RGBW şerit LED ton kontrol devresi

Tablo 8.5: RGBW Şerit LED Ton Kontrol Yazılımı

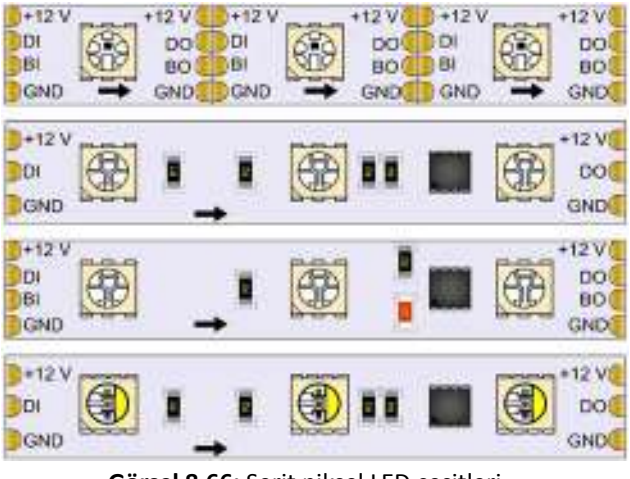
Satır	Kodlar
1	#define kirmizi_led 11
2	#define yesil_led 10
3	#define mavi_led 9
4	#define beyaz_led 8
5	char kirmizi=0, yesil=0, mavi=0, beyaz=0;
6	int bekle=200;
7	void setup()
8	{
9	pinMode(kirmizi_led, OUTPUT);
10	pinMode(yesil_led, OUTPUT);
11	pinMode(mavi_led, OUTPUT);
12	pinMode(beyaz_led, OUTPUT);
13	}
14	void loop()
15	{
16	rgb_led_yak(255, 0, 0); //Kırmızı renk elde edilir.
17	ton_ayarla(); //Kırmızının açık tonları elde edilir.
18	rgb_led_yak(0, 255, 0); //Yeşil renk elde edilir.
19	ton_ayarla(); //Yeşilin açık tonları elde edilir.
20	rgb_led_yak(0, 0, 255); //Mavi renk elde edilir.
21	ton_ayarla(); //Mavinin açık tonları elde edilir.
22	
23	for (char j=0;j<20; j++)
24	{
25	kirmizi=random(255);
26	yesil=random(255);
27	mavi=random(255);
28	rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi); //Rastgele renk karışımları elde edilir.
29	ton_ayarla(); //Rengin açık tonları elde edilir.
30	}
31	}

```
32  void ton_ayarla ()
33  {
34   digitalWrite(beyaz_led,HIGH);
35    bekle=1000;
36    for (char tekrar=0;tekrar<4; tekrar++)
37    {
38       for (char i=0;i<50;i++)
39       {
40         digitalWrite(beyaz_led,LOW);
41         delayMicroseconds(bekle);
42         digitalWrite(beyaz_led,HIGH);
43         delayMicroseconds(2000-bekle);
44       }
45     bekle=bekle+100;
46    }
47  }
48  void rgb_led_yak(int r, int g, int b)
49  {
50   analogWrite(kirmizi_led,r);
51   analogWrite(yesil_led, g);
52   analogWrite(mavi_led, b);
53  }
```

8.4.6. Mikro Kontrolörle Piksel Kontrolü

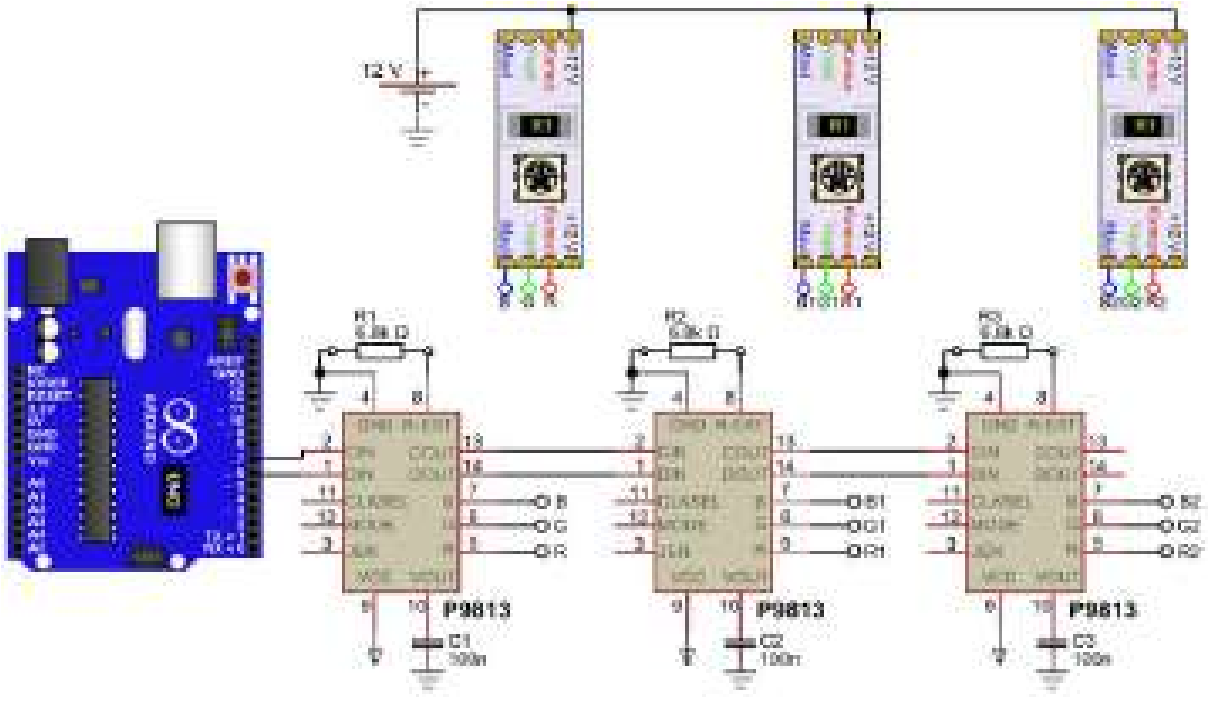
Piksel LED, RGB, RGBW, RGBWW LED ve LED sürücü entegresini üzerinde bulunduran, adreslenebilen LED çeşididir. RGB LED sürücü entegresi SPI, unipolar NZR vb. iletişim protokolüne göre çalışır ve gelen renk verisini kaydedicisine kaydeder. Kaydedicideki veriye göre entegreye bağlı RGB, RGBW ve RGBWW LED'leri PWM metoduyla çalıştırır. Piksel LED'ler peş peşe bağlanarak şerit piksel LED'ler elde edilir. Şerit piksel LED'lerdeki her piksel LED'in adresi vardır ve her LED diğerlerinden bağımsız olarak çalışır. Şerit piksel LED'ler 5 V, 12 V veya 24 V DC gerilimde çalışacak şekilde üretilir. LED'ler, metreye 30 veya 60 piksel LED olacak şekilde 5 m uzunluğunda şeride dizilidir. Şerit piksel LED'ler seri bağlanır. Şerit sonundaki veri çıkış bağlantısı (DO) bir sonraki şeridin veri giriş bağlantısına (DI) gelecek şekilde bağlanır.

Görsel 8.66'da şerit piksel LED çeşitleri görülmektedir.



Görsel 8.66: Şerit piksel LED çeşitleri

Şerit piksel LED'ler, piksel sürücüler veya mikro kontrolörle kontrol edilebilir. Şerit piksel LED'in yapısında bulunan sürücü entegresinin modeline göre yazılım oluşturulur. Yazılımla şerit piksel LED, istenen şekilde kontrol edilir. Görsel 8.67'de P9813 entegresiyle sürülen piksel LED kontrol devresi, Tablo 8.6'da piksel LED kontrol yazılımı görülmektedir.



Görsel 8.67: RGB piksel LED kontrol devresi

Tablo 8.6: RGB Piksel LED Kontrol Programı

Satır	Kodlar
1	#include <FastLED.h>
2	#define PIKSEL_SAY 3
3	#define DATA 6
4	#define CLOCK 7
5	int oran = 0;
6	CRGB leds[PIKSEL_SAY]; //Piksel ayarları yapılır.
7	void setup()
8	{
9	FastLED.addLeds<P9813, DATA, CLOCK, RGB>(leds, PIKSEL_SAY); //Kütüphanede data, clock pini çıkış olarak ayarlanır.
10	}
11	
12	void loop(){
13	for(int i=0;i<PIKSEL_SAY;i++) //3 pikselde renk elde edilme döngüsü oluşturulur.
14	{
15	leds[i] = CHSV(oran + i*255/PIKSEL_SAY , 255, 255);
16	}
17	FastLED.show(); // piksellerde renk ve tonları gösterilir.
18	delay(20);
19	oran += 3; // Renk ve tonu değiştirme oranı.
20	}

Mikro kontrolün 6 numaralı pini data, 7 numaralı pini ise clock pinidir. **PIKSEL_SAY**, kullanılan piksel sayısını gösterir. Verilen uygulamada 3 piksel kullanılır. P9813 RGB LED sürücü entegre sayısı arttırılarak piksel sayısı arttırılır. **FastLED** kütüphanesi, piksellerde renk ve tonlarını elde etmek için kullanılır. Yazılım çalıştırıldığında piksel LED'lerde kırmızı, yeşil ve mavi renkler gösterilir. Daha sonra piksellerde kırmızı, yeşil ve mavi renklerin değişik tonları elde edilir. Yazılım tekrar başlangıca (void loop) döner ve sonsuz döngüde çalışmaya devam eder.

SIRA SİZDE

Görsel 8.67'de görülen devreyi ve Tablo 8.6'da verilen yazılımı 5 piksel LED'i çalıştıracak şekilde yeniden düzenleyiniz.

8.5. AKILLI AYDINLATMA KONTROL CİHAZLARI

Akıllı aydınlatma sistemlerinde akıllı aydınlatma kontrol cihazları, akıllı telefon, tablet, bilgisayar, sesli komut, ışık sensörü, sıcaklık sensörü, hareket sensörü (PIR) vb. yardımıyla aydınlatma sisteminin manuel veya uzaktan kontrolü sağlanır. Akıllı aydınlatma sistemleri genellikle kablosuz iletişim teknolojilerinden Wi-Fi, bluetooth, Zigbee veya Z-Wave protokollerini kullanır. Amazon Alexa, Google Assistant, Apple HomeKit vb. akıllı ev platformlarıyla diğer akıllı cihazlarla iletişim kurabilir. Böylece lambalar veya diğer cihazlar dünyanın herhangi bir noktasından kontrol edebilir. Lambaların yanma sönme zamanı, parlaklığı, renk sıcaklığı ayarlanabilir veya lambalara animasyon özelliği kazandırılabilir. Akıllı aydınlatma sistemlerinde genellikle piksel kontrol cihazları, DALI, DMX ve KNX kontrol sistemleri kullanılır.

8.5.1. Piksel Kontrol Cihazları

Piksel LED'ler, yan yana veya alt alta dizilerek aydınlatma sistemlerinde veya animasyon uygulamalarında kullanılır. Kullanılan her piksel LED'in adresi vardır ve ledler birbirlerinden bağımsız olarak çalışır. Piksel LED'ler, piksel kontrol cihazlarıyla kontrol edilir. Cihaz belleğine yüklenen program sayesinde piksel LED'lerde farklı renkler veya animasyon uygulamaları oluşturulabilir. Piksel kontrol cihazına ait yazılım, üretici firmanın web sitesinden indirilip bilgisayara yüklendikten sonra cihaz belleğindeki program bilgisayar ortamında değiştirilebilir veya yeniden yazılabilir. Bilgisayar ortamında hazırlanan program piksel kontrol cihazına SD kart, Ethernet (RJ45), USB, Bluetooth veya Wi-Fi üzerinden aktarılır. Cihazın modeline göre sürebileceği piksel LED sayısı veya çıkış kanalları değişkenlik gösterir.

Görsel 8.68'de SD kart girişli ve 4 kanallı piksel LED kontrol cihazı görülmektedir.



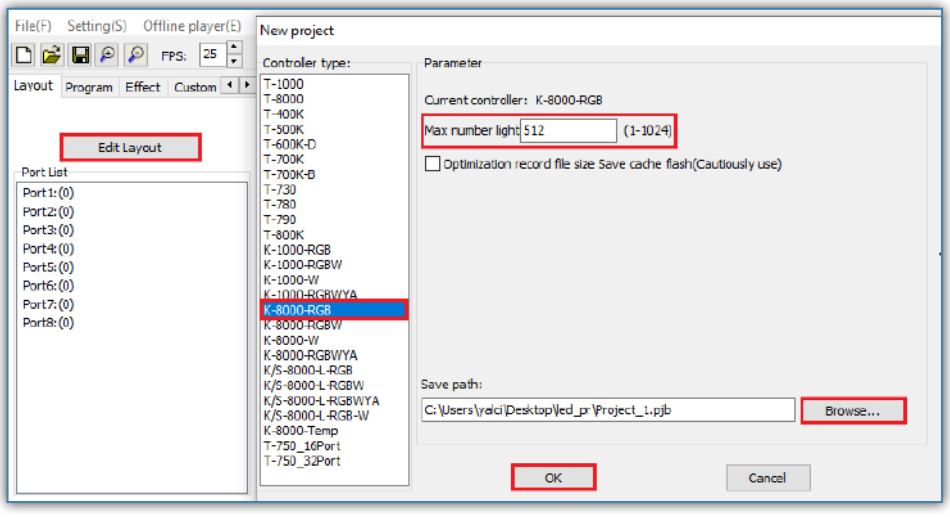
Görsel 8.68: Piksel LED kontrol cihazı

8.5.1.1. Piksel Kontrol Yazılımı

Kullanılacak piksel LED çipinin türü, sayısı ve dizilim şeklinin belirlendiği; animasyon modeli, animasyon hızı vb. ayarlarının yapıldığı bilgisayar yazılımına **piksel kontrol yazılımı** denir. Bu yazılım, piksel kontrol cihazını üreten firma tarafından geliştirilir ve web sitesi üzerinden paylaşılır. Kullanıcı tarafından bilgisayara indirilip yüklenir. Piksel kontrol cihazına uygun aydınlatma veya animasyon programı hazırlamada kullanılır.

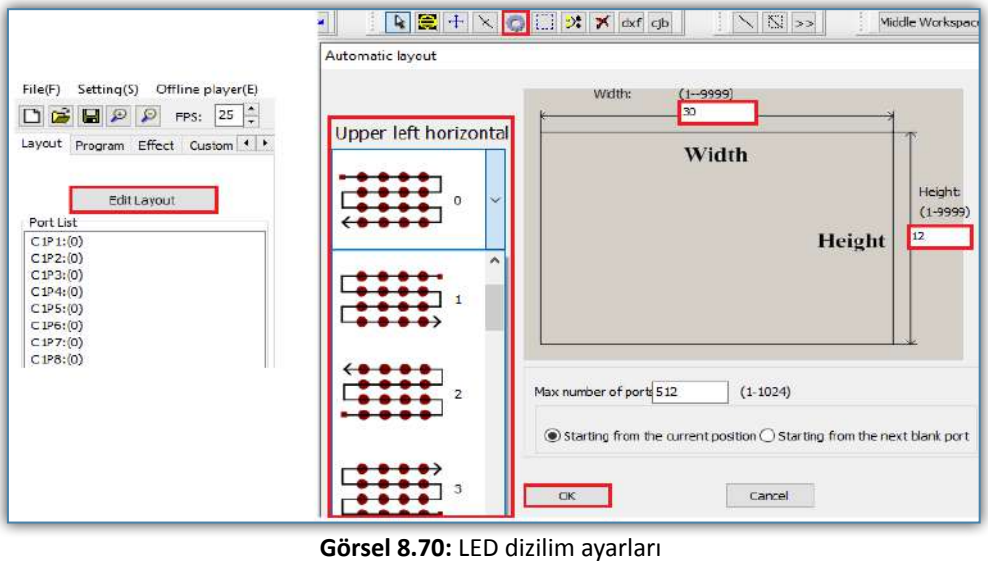
Her firmanın kullandığı program farklı olsa da yapılması gereken ayarlar kısmı genel olarak şu şekildedir:

- **Edit Layout** butonuna tıklanır. Açılan pencereden piksel kontrol cihazı seçimi yapılır **(Controller Type)**. Kanal başına kullanılacak LED sayısı belirlenir **(Max number light)**. Dosyanın kaydedileceği klasör seçilir **(Save path). OK** butonuna tıklanır (Görsel 8.69).



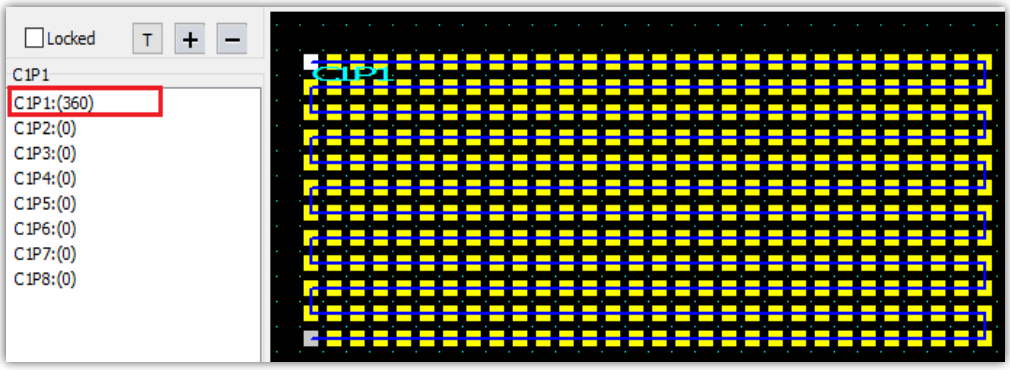
Görsel 8.69: Cihaz ve dosya ayarları

- **Edit Layout** butonuna tıklanır. Açılan pencereden ayar ikonuna tıklanır. Piksel LED dizilimi seçilir **(Upper left horizantal)**. LED genişlik sayısı belirlenir **(Width)**. LED yükseklik sayısı belirlenir **(Height)**. OK butonuna tıklanır (Görsel 8.70). Sayfanın sağ üst köşesindeki çarpı işaretine tıklanarak ayarlardan çıkılır.



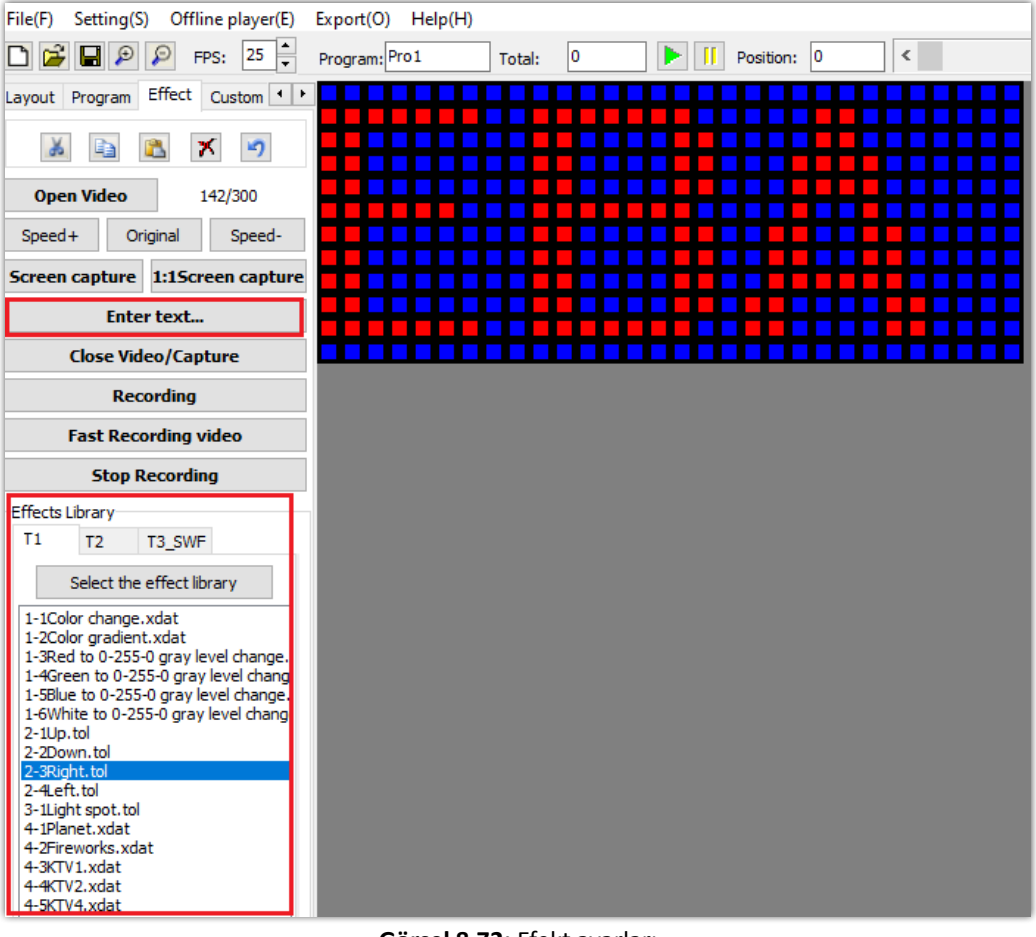
Görsel 8.70: LED dizilim ayarları

- Çalışma sayfasından yapılan ayarlar, kullanılacak kanal ve LED sayısı görülür [C1P1:(360)](Görsel 8.71).



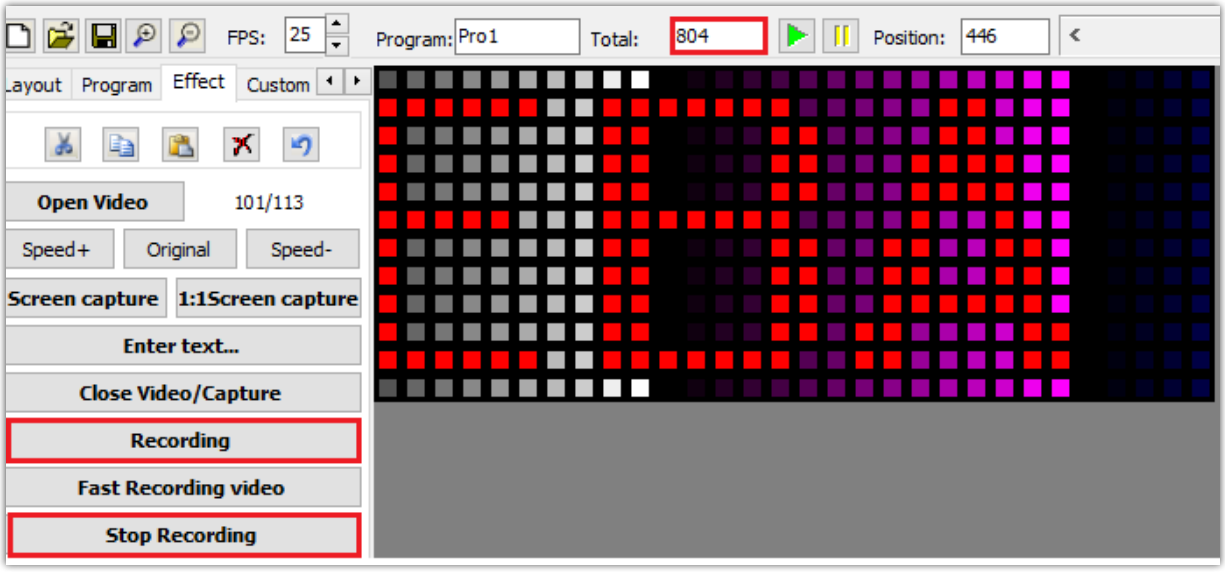
Görsel 8.71: LED dizilimi ve kullanılacak kanal

- **Effect** menüsü tıklanır. Animasyon seçimleri yapılır. Yazı eklenecekse **Enter text**... butonuna tıklanır. Açılan pencereden yazı ayarları yapılır. Video veya görsel eklenecekse Open Video butonuna tıklanır. Açılan pencereden video veya görsel seçimi yapılır. 30x12 piksellik görüntü alınır. Ekran görüntüsü eklenecekse **Screen Capture** butonuna tıklanır. 30x12 piksellik ekran görüntüsü alınır. Efekt eklenecekse **Effect Library** kütüphanesinden efekt seçimi yapılır (Görsel 8.72).



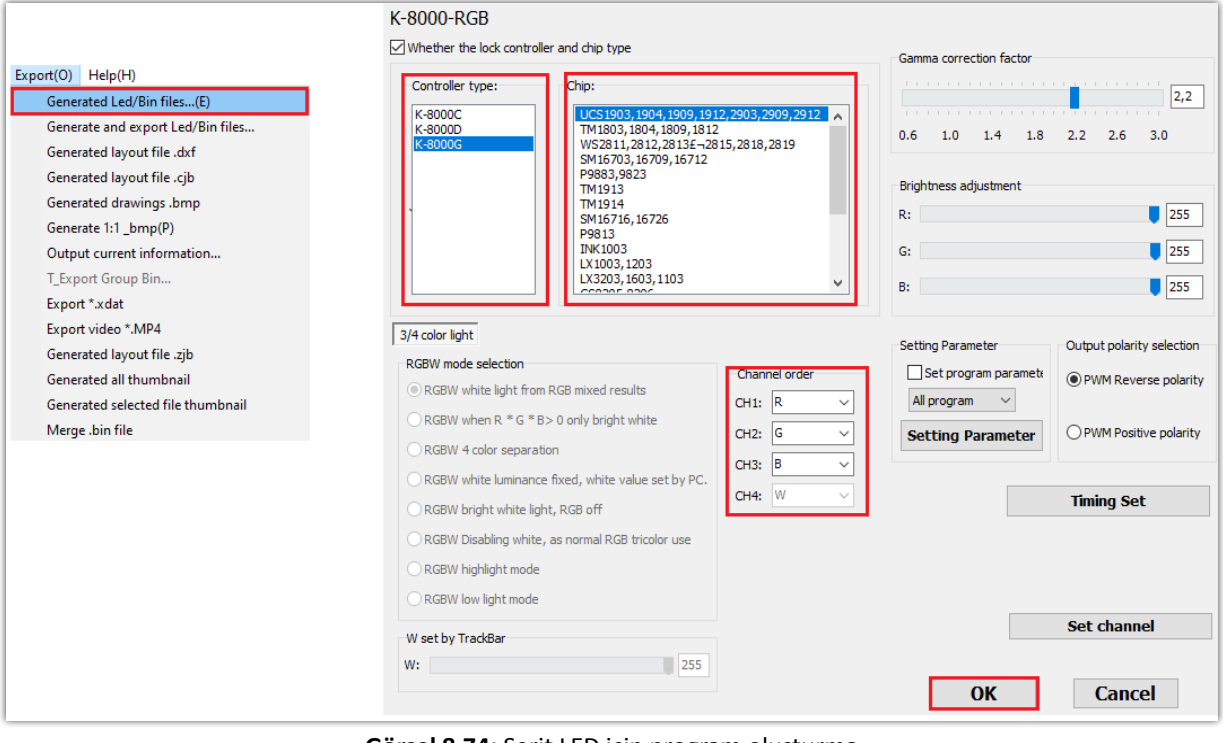
Görsel 8.72: Efekt ayarları

- **Recording** butonuna tıklanır. İstenen senaryolar **Program** menüsüne eklenir. **Stop Recording** butonuna tıklanarak senaryo eklemesi durdurulur. Eklenen senaryo sayısı **Total** penceresinde görülür (Görsel 8.73). Eklenen senaryo **Pro1** programında saklanır. İstenen sayıda senaryo eklenebilir. Ayrıca **Custom** menüsünden farklı senaryo da oluşturulabilir.



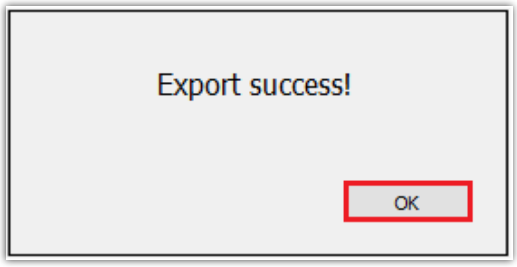
Görsel 8.73: Sahne ayarları

- **Export(O)** menüsüne tıklanır. Açılan menüden **Generated Led/Bin files...(E)** menüsüne tıklanır. Açılan pencereden piksel kontrol cihazı seçimi yapılır **(Controller Type)**. Piksel LED'de k i çip seçilir (**chip)**. RGB kanal sırasında değişiklik yapılacaksa **Channel Order** açılır penceresinden değişiklik yapılır. **OK** butonuna tıklanır (Görsel 8.74)



Görsel 8.74: Şerit LED için program oluşturma

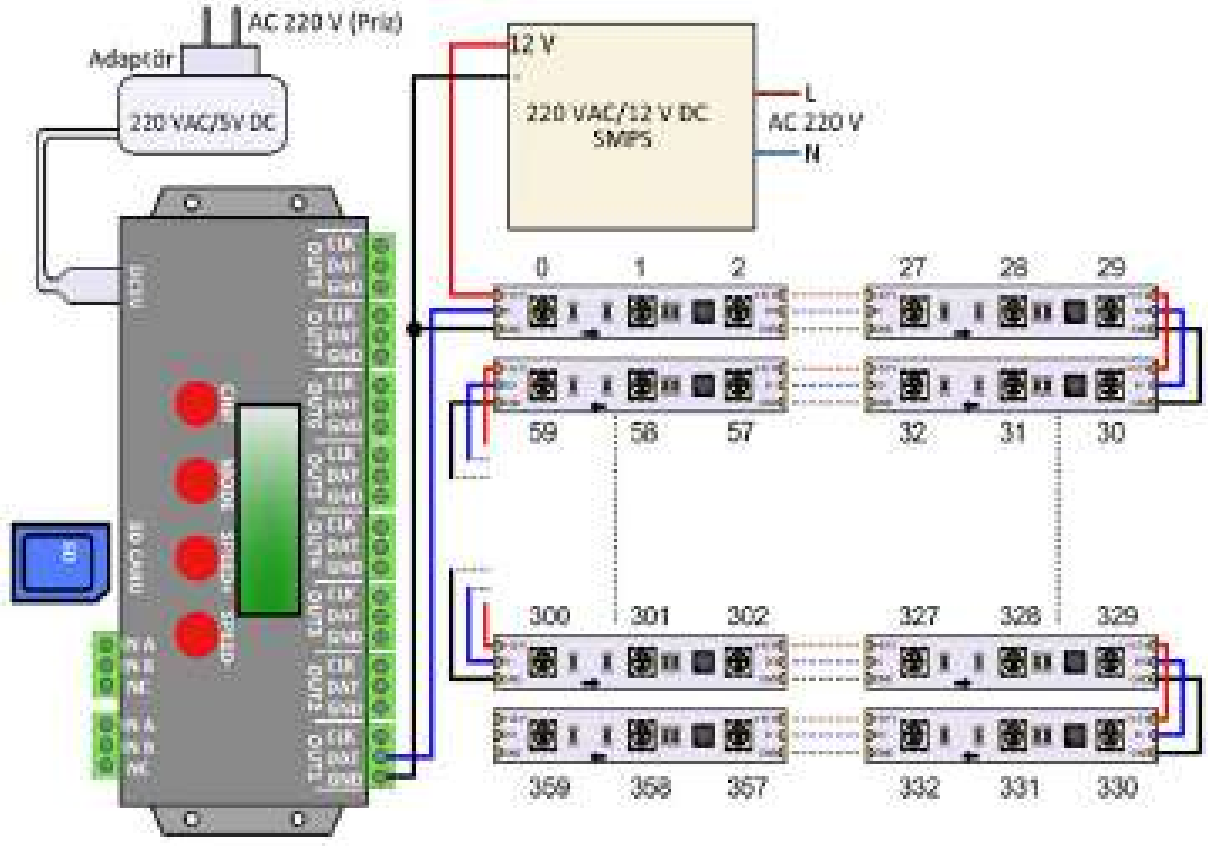
- Program dosyası seçili klasöre veya SD karta kaydedilir. Kaydedildiğine dair mesaj kutusu görüntülenir. Pencereyi kapatmak için **OK** butonuna tıklanır (Görsel 8.75). SD kart cihaza takılarak animasyon piksel şerit LED'de görüntülenir.



Görsel 8.75: Mesaj penceresi

8.5.1.2. Piksel Kontrol Cihaz Bağlantıları

SD kart cihaza takılır. 30x12, toplamda 360 piksel şerit LED sıralamaya uygun olarak yerleştirilir. İlk satırdaki birinci pikselin adresi 0, sonuncu sıradaki pikselin adresi 29'dur. Programdaki dizilime göre OUT1'in DAT çıkışı 0 numaralı adreste pikselin DI girişine bağlanır. 29 numaralı adresteki pikselin DO çıkışı 30 numaralı adresteki pikselin DI girişine bağlanır. 359 numaralı adresteki piksele kadar Z dizilimi şeklinde devam eder. OUT1'in GND çıkışı şerit piksel LED'in GND ucuna bağlanır. 12 V DC güç kaynağının pozitif ucu (kırmızı) piksel şerit LED beslemesi olarak +12 V girişine, negatif ucu (siyah) GND girişine bağlanır. Cihazın besleme adaptörü DC 5 V girişine bağlanır. Enerji uygulanır. SD karta yüklenen program otomatik olarak çalışmaya başlar. Görsel 8.76'da cihaz bağlantısı görülmektedir.



Görsel 8.76: Piksel kontrol cihaz bağlantıları

SIRA SİZDE

Piyasada satılan piksel kontrol cihazları ve cihazların kullandıkları programlama yazılımları hakkında araştırma yapınız. Edindiğiniz bilgileri sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

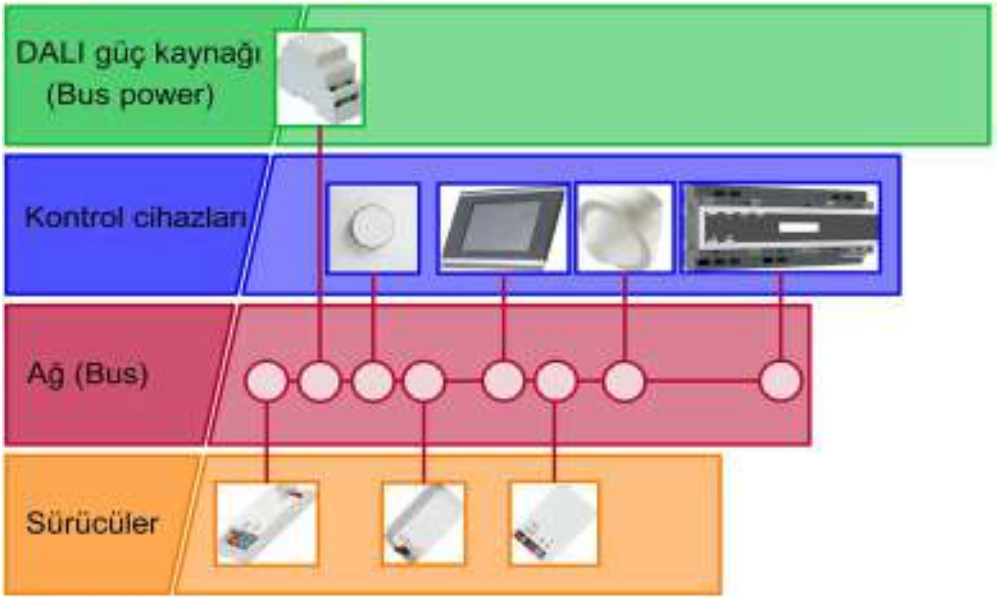
8.5.2. DALI Kontrol Sistemleri

DALI [Digital Addressable Lighting Interface] dijital adreslenebilen aydınlatma ara yüzü olarak ifade edilir. DALI, aydınlatma sistemlerinde kullanılan sensörler, anahtarlar, balastlar, LED sürücüleri, kontrol cihazları vb. cihazlar arasında çift yönlü iletişim kurarak aydınlatma sisteminin kontrol edilmesini sağlar. İletişim tamamen dijitaldir. DALI sisteminde her cihazın adresi vardır. Kontrol cihazından bütün cihazlara gönderilen mesaj yalnızca ilgili adreste bulunan alıcı tarafından alınarak işlenir ve alıcı tarafından geri bildirim gönderilir. Böylece kontrol merkezinden çok sayıda cihaz kontrol edilebilir.

DALI aydınlatma sistemiyle armatürlerin parlaklığı, LED'lerin veya LED gruplarının kontrolü, RGBW LED'lerin renk değişimi, LED'lerin parlaklığı ve renk sıcaklığı kontrol edilir. DALI sisteminde **Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC)** tarafından yayınlanan **IEC 62386** standartları kullanılır. DALI üzerine yeni komutlar ve özellikler eklenerek "DALI-2 sistemi" geliştirilmiştir.

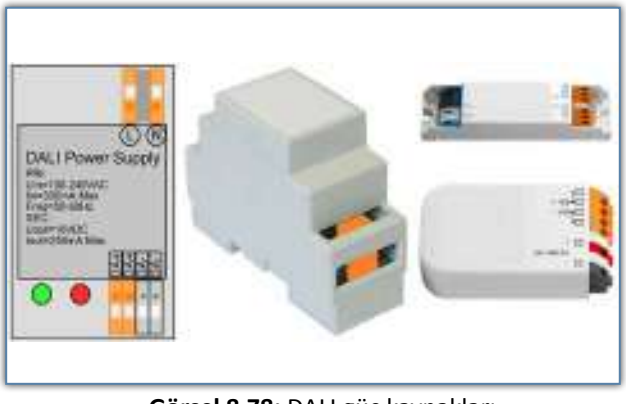
8.5.2.1. DALI Kontrol Sistemleri Bileşenleri

DALI kontrol sistemi; DALI güç kaynağı (PSU), kontrol cihazları, ağ (iletişim hatları), sürücüler ve yazılımdan oluşur (Görsel 8.77).



Görsel 8.77: DALI kontrol sistemi bileşenleri

DALI Güç Kaynağı (PSU): DALI güç kaynağı (BUS Power), DALI cihazları ile uygulama denetleyicisi (master controller) arasındaki iletişimi kolaylaştırmak için kullanılan akım sınırlamalı güç kaynağıdır (Görsel 8.78). 100-240 VAC giriş gerilimiyle beslenir. İletişim ağına 16 V DC gerilim ve 200-250 mA DC akım sağlar. DALI sistemi 9-22,5 V DC gerilim arasında çalışabilir ancak genellikle 16 V DC gerilim uygulanır. DALI güç kaynağı iletişim hattının herhangi bir noktasına bağlanabilir.



Görsel 8.78: DALI güç kaynakları

Kontrol Cihazları: Kontrol cihazları, uygulama denetleyicisi ve giriş kontrol cihazları olarak ikiye ayrılır. Uygulama denetleyicisi sensörlerden, giriş cihazlarından, diğer uygulama denetleyicilerinden veya bilgisayardan gelen verileri alır. Karar verir, komutları veya verileri DALI cihazlarına, diğer uygulama denetleyicilerine veya bilgisayara gönderir (Görsel 8.79). Kısaca uygulama denetleyicisi iletişim hattındaki veri trafiğini sürekli kontrol edip düzenler.



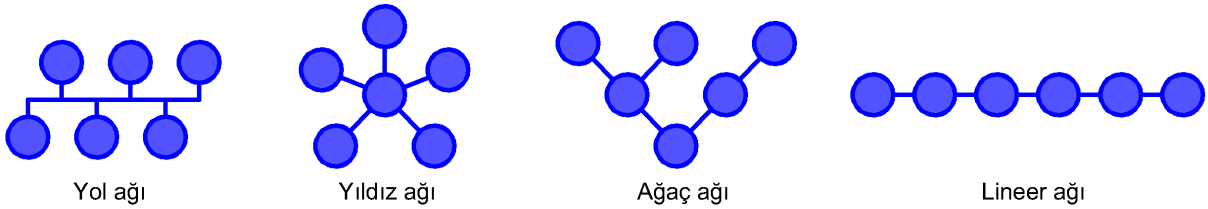
Görsel 8.79: DALI uygulama denetleyicisi

Giriş kontrol cihazları, uygulama denetleyicisine gerçek zamanlı, kullanıcı tarafından oluşturulan komutları veya sensörlerle ortamdaki fiziksel değişim verilerini gönderir. Bu cihazlar; ışık seviye sensörleri, PIR dedektörleri, butonlar, dokunmatik anahtarlar, dimmer kontrol panelleri, renk kontrol panelleri ve bina yönetim sistemleri giriş kontrol cihazları şeklindedir (Görsel 8.80).



Görsel 8.80: DALI giriş kontrol cihazları

Ağ (BUS): DALI güç kaynağı, giriş kontrol cihazları, uygulama denetleyicisi ve sürücüler arasındaki komut ve verileri, çift yönlü taşıyan hatlardır. DALI sistemi iletişim ağında standart olarak 1,5 mm² çapında ikili burgulu kablo kullanılır. Polarite önemli değildir. İletişim ağı yol, yıldız, ağaç ve lineer (papatya zinciri) ağ topolojisine göre bağlanır (Görsel 8.81). DALI iletişim ağında 300 metreye kadar kablolama yapılabilir. Tek İletişim ağına en fazla 64 cihaz bağlanır. DALI ağ geçidiyle (gateway) alt ağlar oluşturularak 64'ten fazla cihaz kontrolü sağlanır.



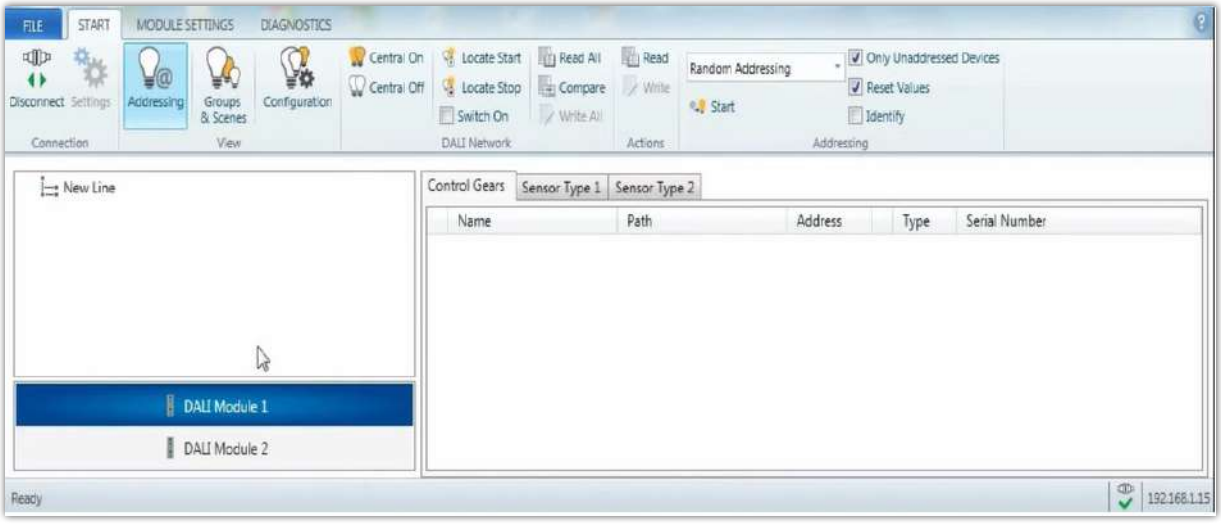
Görsel 8.81: DALI ağ topolojileri

Sürücüler (Control Gears): DALI sistemindeki lamba ve LED'lerin kontrolünü sağlayan balast ve LED sürücü cihazlardır. Uygulama denetleyicisi veya giriş kontrol cihazlarından gelen komutlara göre lamba veya LED'lerden geçen akımı ayarlar. Görsel 8.82'de çeşitli DALI sürücüler görülmektedir.



Görsel 8.82: Çeşitli DALI lamba ve LED sürücüleri

DALI Kontrol Sistemleri Yazılımı: Üretici firmaların internet sitelerinden ilgili yazılım veya genel ağ üzerinden DALI cihazları destekleyen ortak bir kontrol yazılımı indirilerek bilgisayara kurulur. DALI cihaz kontrol yazılımıyla cihazların adres ayarları, gruplandırılmaları, giriş cihazlarının işlevleri ve aydınlatma senaryoları (scenes) düzenlenir. DALI cihaz kontrol yazılımı arayüzü firmadan firmaya değişebilir. Ancak DALI yapılacak ayarlar çok fazla değişmez. Görsel 8.83'te DALI cihaz kontrol yazılımına ait ekran görüntüsü görülmektedir.



Görsel 8.83: DALI cihaz kontrol yazılımı ekran görüntüsü

Genel olarak tüm DALI cihaz kontrol yazılımlarında izlenen adımlar şu şekildedir:

- Yazılım bilgisayara kurulur.
- DALI uygulama denetleyicisi USB veya ethernet kablosuyla bilgisayara bağlanır.
- DALI kontrol yazılımı çalıştırılıp iletişim ayarlarından bağlantı port ayarı yapılır [COM1, COM2, COM3, Ethernet (TCP/IP)].
- DALI uygulama denetleyicisine bağlanılır.
- Ağ taraması (search) yapılarak DALI ağındaki cihazlar aratılır. Arama sonrasında ağda bulunan DALI cihazları yazılım penceresinde görülür.

- DALI cihazların çalışıp çalışmadığı test edilerek sonuç, durum (status) penceresinde görüntülenir.
- Cihaz adresleri değiştirilir veya aynı şekilde bırakılır.
- Aynı mekân içerisinde kullanılacak giriş kontrol cihazları, sensörler ve sürücüler gruplandırılır.
- Giriş kontrol cihazlarının çalıştıracağı sürücüler belirlenir.
- Giriş kontrol cihazlarında buton varsa her butona farklı işlevler tanımlanabilir (birkez basıp bırakma, iki kez basıp bırakma veya basılı tutma).
- Butonlara tanımlanan işlevlere göre sürücülerin çalışma modelleri belirlenir (ON/OFF, dimmer, renk sıcaklığı, renk değişimi vb.)
- Düzenlemeler tamamlanınca dosya kaydedilir.
- Hazırlanan program DALI uygulama denetleyicisine yüklenir (load).

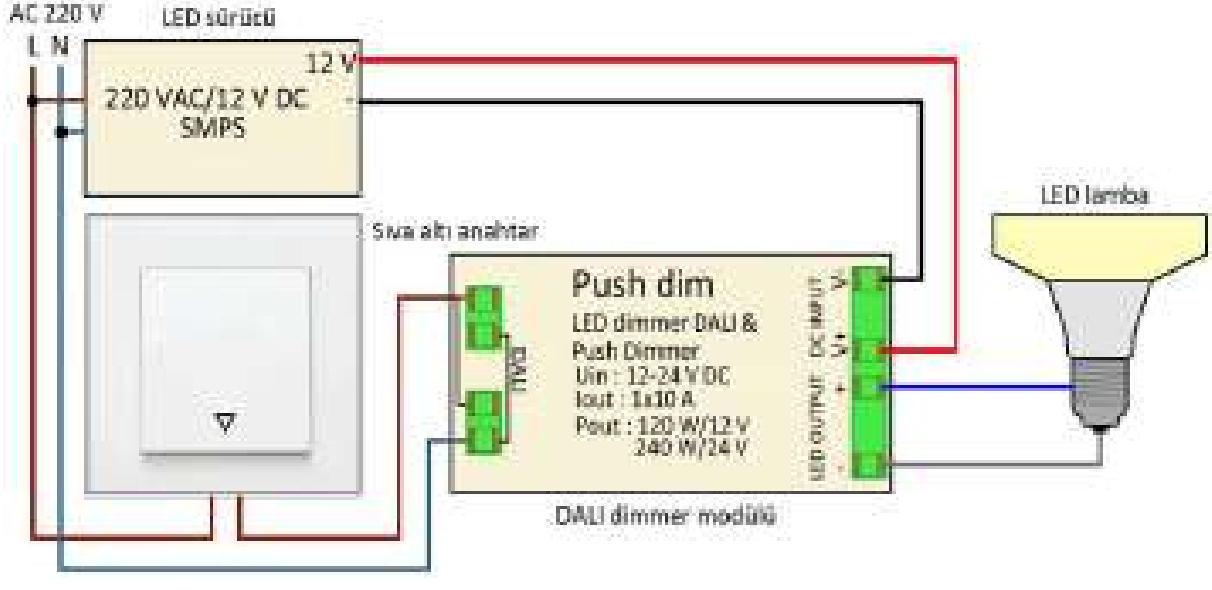
8.5.2.2. DALI Kontrol Sistemlerinin Bağlantıları

DALI kontrol sistemlerinde DALI güç kaynağı, kontrol giriş cihazları, uygulama denetleyicisi, DALI sürücüler, haricî güç kaynakları, DALI ağ geçidi, LED lamba, LED şeritler, modem (router), akıllı telefon ve PC (bilgisayar) bağlanarak ev, ofis, bina ve iş yerlerinin aydınlatması bir merkezden veya uzaktan kontrol edilebilir.

NOT

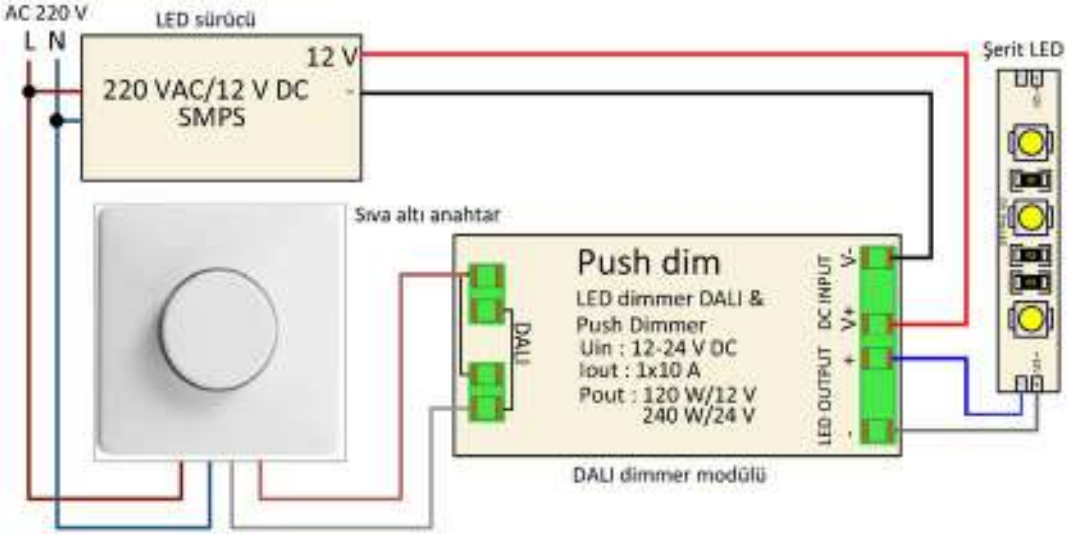
DALI cihazlarının kablolama işlemi tamamlandığında PC üzerinden cihazların adresini değiştirmek veya gruplandırma işlemleri yapmak için yazılıma ihtiyaç duyulur. Genel olarak her firmanın kendine ait yazılımı bulunduğundan cihaza uygun yazılımın PC'ye kurulması gerekir.

DALI Dimmer LED Lamba Bağlantıları: AC push buton, DALI dim modülü, haricî güç kaynağı ve LED lamba bağlantıları Görsel 8.84'te görülmektedir. Modüldeki DALI girişlerin birisi buton üzerinden, diğeri nötr üzerinden AC şehir şebekesine bağlanır. Modüle haricî 12 VDC beslemesi V+ ve V– girişinden bağlanır. LED lamba LED çıkışlarına bağlanır.



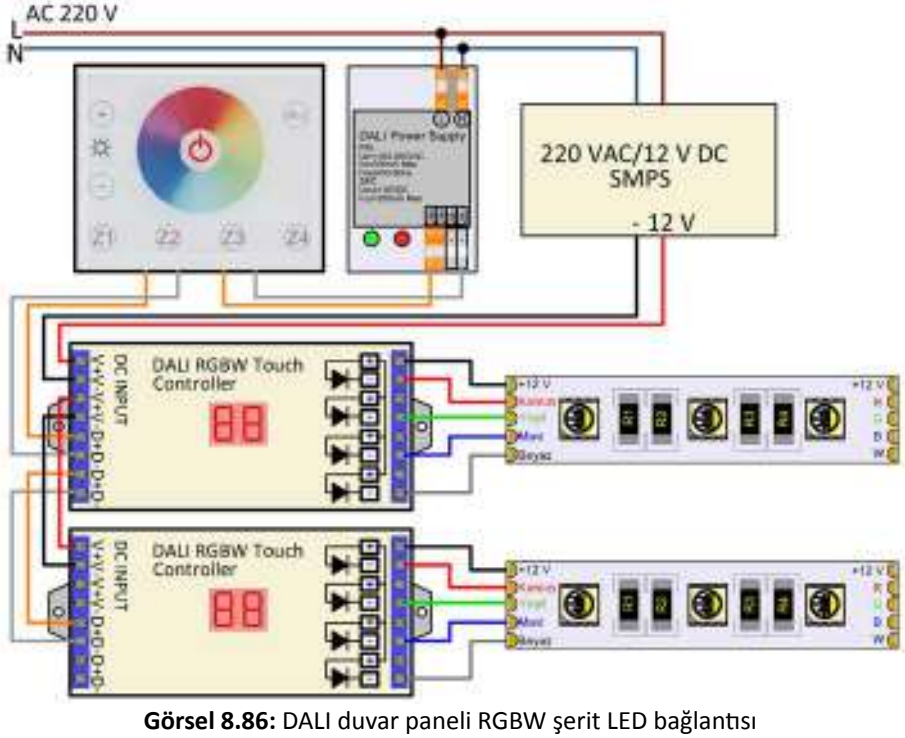
Görsel 8.84: DALI dimmer LED lamba bağlantısı

DALI Dimmer Şerit LED Bağlantıları: DALI dimmer anahtar, DALI modülü, haricî güç kaynağı ve tek renk şerit LED bağlantıları Görsel 8.85'te görülmektedir. Modüldeki DALI girişleri dimmer anahtarın DALI çıkışlarına bağlanır. Modüle haricî 12 V DC beslemesi V+ ve V– girişinden bağlanır. Şerit LED, yönüne dikkat edilerek LED çıkışlarına bağlanır.



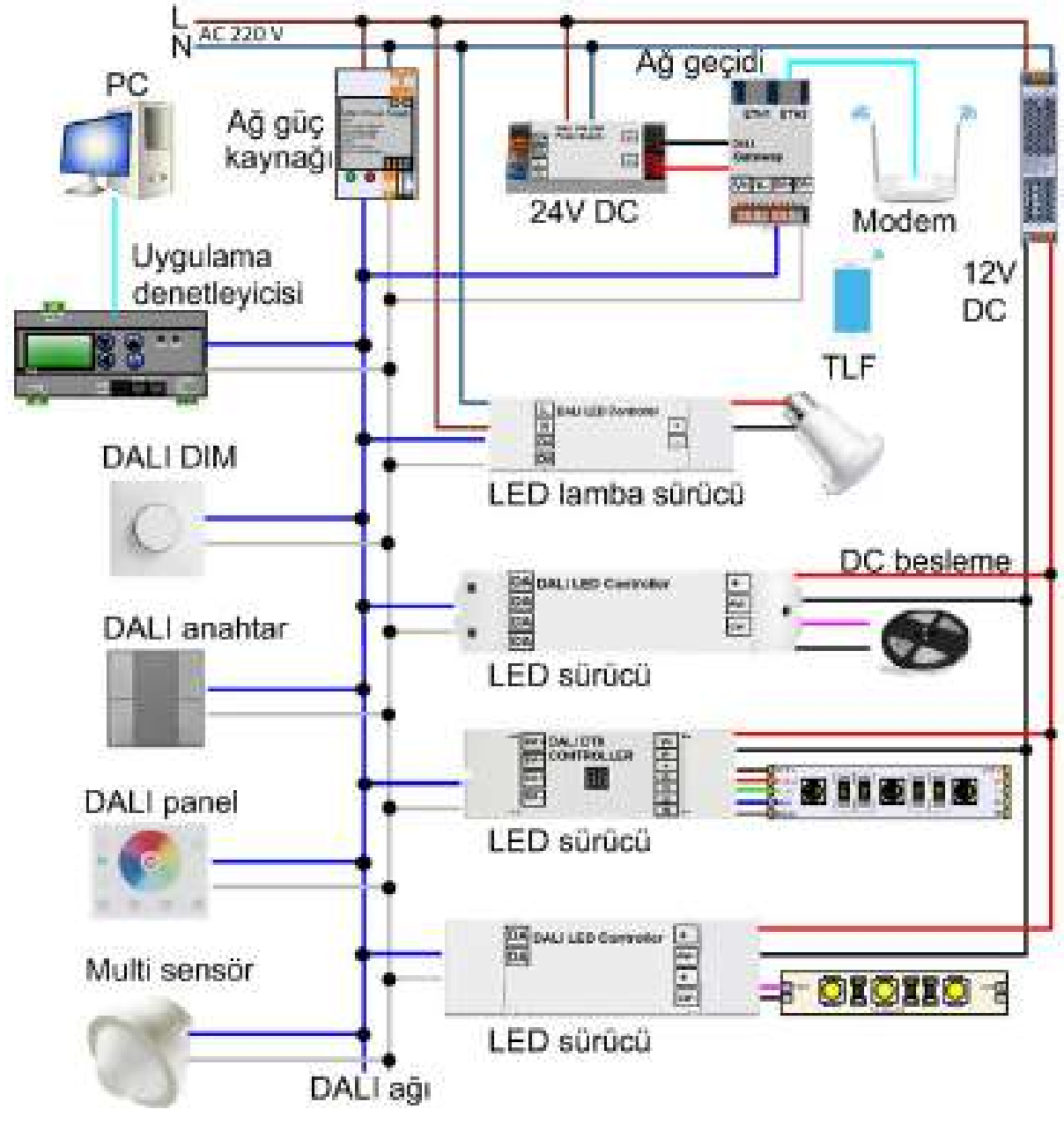
Görsel 8.85: DALI dimmer şerit LED bağlantısı

DALI Duvar Paneli RGBW Şerit LED Bağlantıları: Farklı bölgenin aydınlatma kontrolünde kullanılan DALI dokunmatik duvar paneli, DALI dokunmatik kontrol modülü, DALI güç kaynağı, haricî güç kaynağı ve RGBW şerit LED bağlantıları Görsel 8.86'da verilmiştir. DALI güç kaynağından çıkan **DA+** ve **DA-** iletişim hatları DALI duvar paneline bağlanır. Duvar panelinden çıkan DA+ hattı DALI dokunmatik kontrol modülünün **D+** girişine ve **DA-** hattı **D-** girişine bağlanır. Birinci dokunmatik kontrol modülünden çıkan D+ ve D- hatları ikinci dokunmatik kontrol modülünün **D+** ve **D-** girişlerine bağlanır. Modüllere haricî 12 V DC beslemesi V+ ve V– girişlerden bağlanır. RGBW şerit LED, LED çıkışlarına bağlanır.



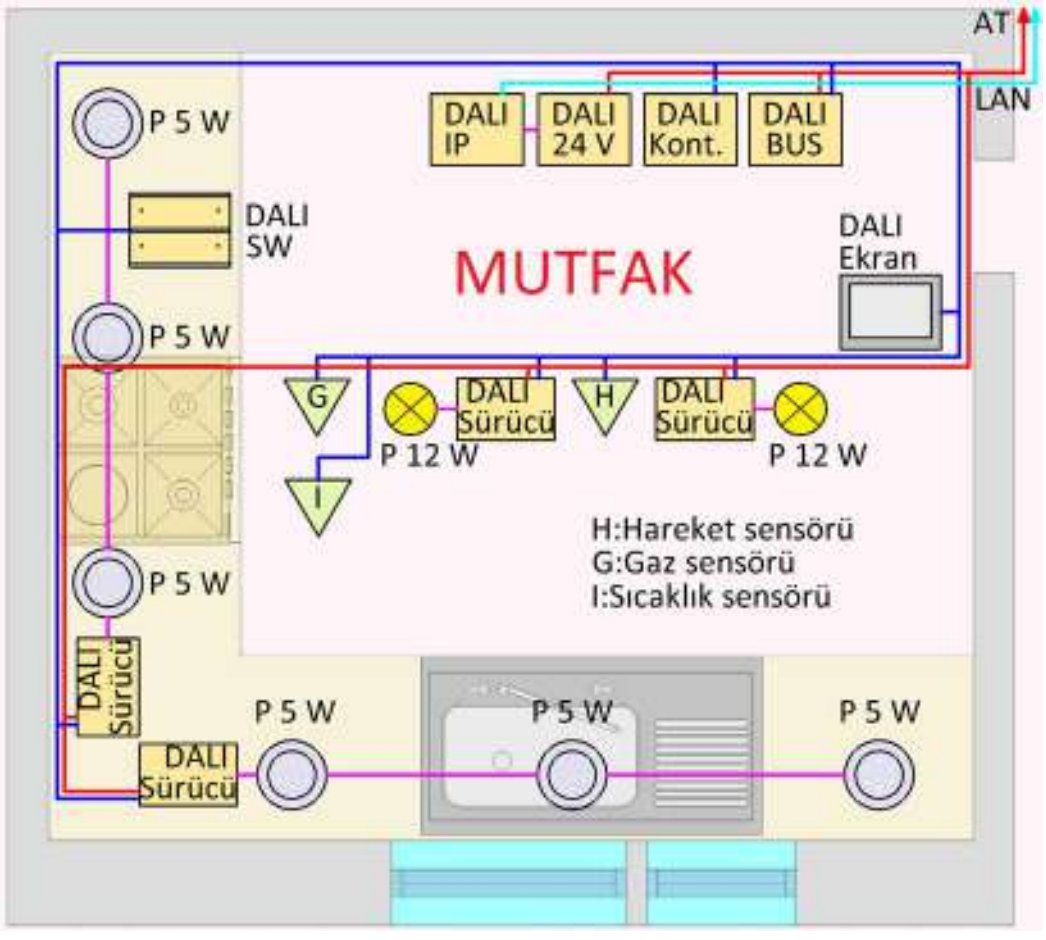
Görsel 8.86: DALI duvar paneli RGBW şerit LED bağlantısı

DALI Sensörlü Aydınlatma Kontrolü Bağlantıları: PC, sensör, giriş kontrol cihazları, DALI güç kaynağı, DALI LED sürücüler, haricî güç kaynağı, modem, RGBW şerit LED ve lamba bağlantılarından oluşan DALI aydınlatma sistemi bağlantıları Görsel 8.87'de verilmiştir. PC uygulama denetleyicisine bağlanarak sistem ayarlarının yapılması sağlanır. Ağ geçidi 24 VDC besleme ve modeme bağlanarak sistemin akıllı telefon veya başka bilgisayarlardan kontrolü yapılır. DALI güç kaynağından çıkan DA+ ve DA- iletişim hatları tüm DALI cihazlarına bağlanır. AC sürücüler şehir şebeke gerilimine bağlanır. DC sürücülerin beslemesi haricî 12 veya 24 V DC güç kaynağından sağlanır. Şerit LED, RGBW şerit LED ve LED lamba modül çıkışlarına bağlanır. DALI yazılımıyla cihaz adresleri ve kontrol ayarları yapılır.



Görsel 8.87: DALI aydınlatma sistemi bağlantıları

DALI Aydınlatması Mimari Çizimi: DALI aydınlatma sistemiyle tasarlanan mutfağa ait aydınlatma tesisatı (ağ) mimari çizim üzerinde Görsel 8.88'de görülmektedir. Mimari çizimde görülen kırmızı hat şebeke besleme hattını, turkuaz hat yerel ağ bağlantısını, mavi hat DALI hattını ve lila rengi DALI sürücü gerilim çıkışlarını ifade etmektedir. Kırmızı hat aydınlatma tablosundaki (AT) ilgili sigortaya, turkuaz hat modeme, mavi hat DALI cihazlara ve lila LED lambalara bağlanır. DALI ekranla LED lambalar, anahtarla LED spot lambalar ve sensörlerle güvenlik veya aydınlatma senaryoları hazırlanır.



Görsel 8.88: DALI aydınlatması tesisat çizimi

SIRA SİZDE

DALI aydınlatma kontrol sistemini kullanarak mimari çizim üzerinde oturma odasında 1 LED armatür, 2 LED spot lamba ve 4 butonlu anahtar olacak şekilde tesisat çizimini yapınız.

8.5.3. DMX Kontrol Sistemleri

DMX (Digital Multiplex) dijital çoğaltıcı olarak ifade edilir. Aydınlatma sistemlerini, ışık efekt cihazlarını, sis makinelerini veya ses sistemlerine bağlı ışıkları kontrol etmek için kullanılan dijital iletişim standardına **DMX** denir. Tek yönlü EIA-485 (RS485) iletişim protokolünü kullanılır. DMX iletişiminde tek hattan maksimum 512 farklı adrese (universe) veri gönderilebilir. Hat sayısı arttırılarak adres sayısı da arttırılır. DMX cihazları farklı firmaların DMX uygulama denetleyicileriyle de kontrol edilebilir.

8.5.3.1. DMX Kontrol Sistemleri Bileşenleri

DMX kontrol sistemi; DMX kontrol cihazları, ağ (iletişim hatları), DMX sürücüler, DMX armatür, DMX sinyal yükseltici, sensörler ve yazılımdan oluşur.

DMX Kontrol Cihazları: DMX kontrol cihazları, DMX kontrol panelleri ve DMX konsollar olarak sınıflandırılabilir. DMX kontrol panelleri, DMX armatürleri ve DMX LED sürücülerini kontrol etmek için kullanılan genellikle duvar montajlı uygulama denetleyicisidir. Panel üzerinden manuel olarak veya Ethernet, PC, akıllı telefon, tablet yardımıyla yerel bir ağdan programlanıp kontrol edilebilir. Ayrıca IR uzaktan kumanda, Wi-Fi, sensör veya anahtar üzerinden haricî bir tetikleme verilerek de kontrol sağlanabilir. Panel hafızasındaki program manuel veya otomatik olarak çalıştırılabilir. DMX duvar panelleri daha çok iç ve dış mekânlardaki sabit LED sürücüleri ve armatürleri kontrol etmek amacıyla kullanılır. Görsel 8.89'da çeşitli DMX kontrol panelleri görülmektedir.



Görsel 8.89: DMX kontrol panelleri

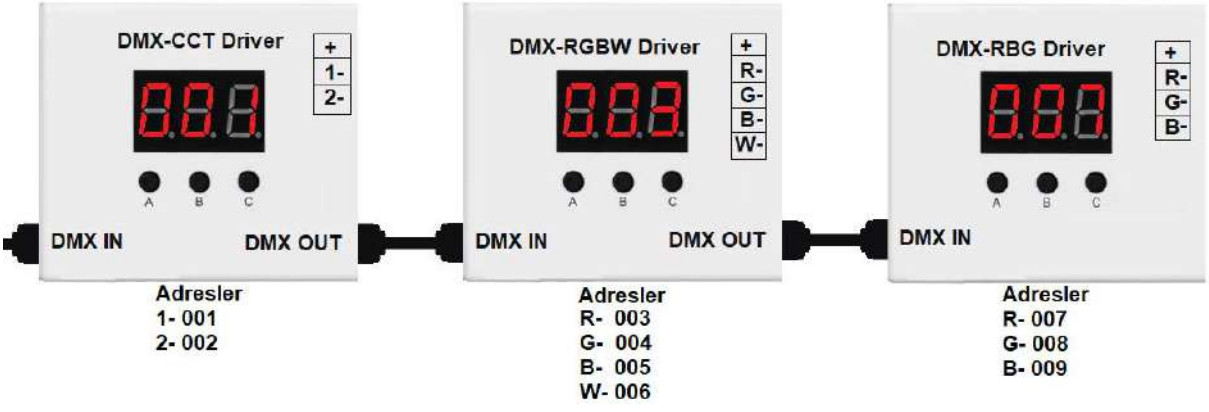
DMX konsol; ses kanalları, hareketli veya sabit DMX armatür, DMX LED sürücüler ve sis makineleri gibi DMX uyumlu cihazları kontrol etmek için kullanılan uygulama denetleyicisidir. Konsol manuel olarak veya Ethernet, PC, akıllı telefon, tablet yardımıyla yerel bir ağdan programlanıp kontrol edilebilir. Konsol hafızasındaki program manuel, otomatik veya ses girişine bağlı olarak çalıştırılabilir. DMX konsol daha çok sahne ışıkları ve cihazlarını kontrol etmek için kullanılır. Görsel 8.90'da DMX konsol görülmektedir.



Görsel 8.90: DMX konsol

Ağ (BUS): DMX kontrol cihazı ile DMX cihazları arasında verileri tek yönlü taşıyan hatlardır. DMX sistemi iletişim ağında 0,5-1,5 mm² çapında 3 veya 5 pin DMX kablosu kullanılır. İletişim ağı lineer (papatya zinciri) ağ topolojisine göre bağlanır. Ağ sonuna 120 Ω sonlandırıcı direnç (terminator) bağlanmalıdır. DMX sisteminde her cihaza bir adres verilmesi gerekir. Ağ kurulurken her cihazın kullandığı adres sayısı önceden hesaplanarak cihaz adresleri düzenlenmelidir. Örneğin 1. cihazın adresi 1, kullandığı adres sayısı 4 ise 2. cihazın adresi 5 olmalıdır.

Görsel 8.91'de 3 adet lineer ağa bağlı DMX cihazın adres bilgileri görülmektedir.



Görsel 8.91: DMX cihaz adresleri

DMX Sürücüler: DMX sistemindeki LED'lerin kontrolünü sağlayan LED sürücü cihazlardır. DMX kontrol cihazlarından gelen verilere göre LED'lerin renk ve parlaklığını ayarlar. Görsel 8.92'de çeşitli DMX LED sürücüler görülmektedir.



Görsel 8.92: DMX LED sürücüler

DMX Armatürler: DMX sistemindeki hareketli veya sabit ışıklandırma cihazlarıdır. DMX kontrol cihazlarından gelen verilere göre yapısında bulunan LED'lerin renk ve parlaklığını ayrıca lambaların hareketini ayarlar. Görsel 8.93'te çeşitli DMX armatürler görülmektedir.



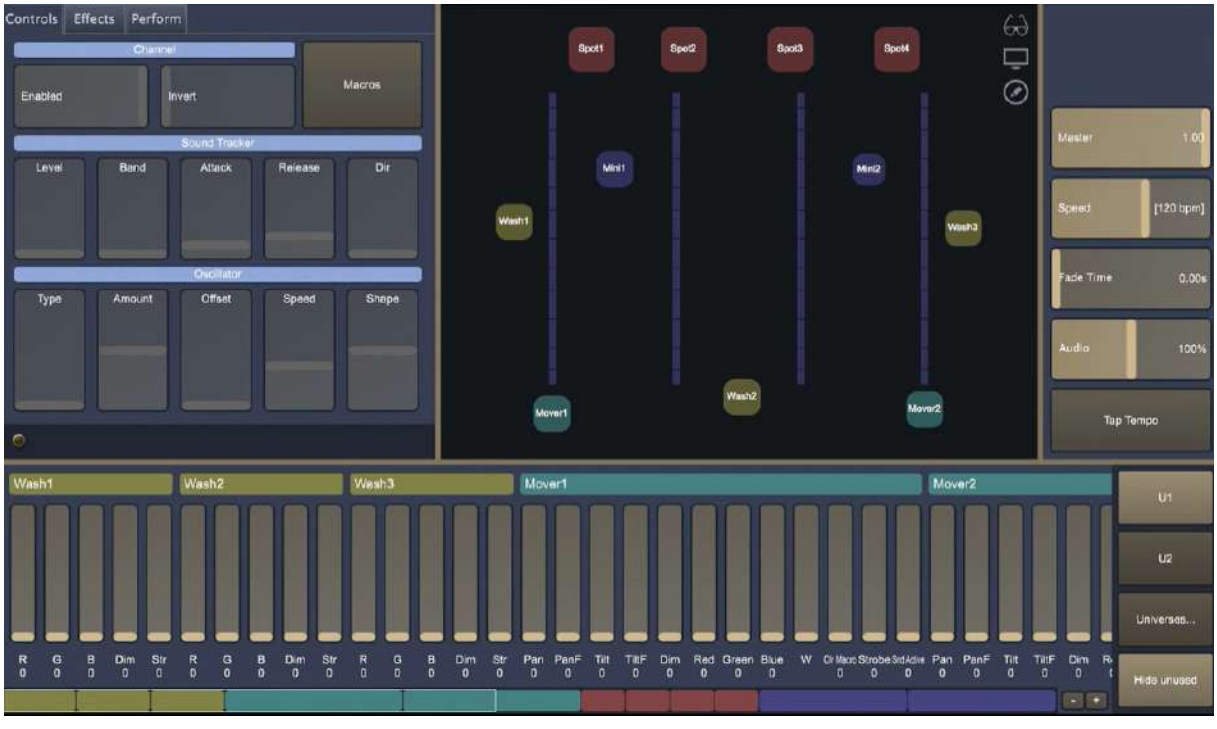
Görsel 8.93: DMX armatür

DMX Sinyal Yükseltici: DMX sinyal yükseltici, DMX sisteminde ağda zayıflayan sinyalleri hem yükselten hem de farklı kanallara dağıtan (splitter) cihazdır. Böylece ağda yıldız topolojisinin oluşturulmasına olanak sağlar. Sinyal yükselticiler genellikle 30 cihazdan sonra bağlanır. Görsel 8.94'te DMX sinyal yükselticinin arka paneli görülmektedir.



Görsel 8.94: DMX sinyal yükseltici

DMX Kontrol Sistemleri Yazılımı: DMX cihaz yazılımı, üretici firmaların internet sitesinden indirilir veya DMX cihazları destekleyen ortak bir kontrol yazılımı indirilir. İndirilen yazılım bilgisayara kurulur. DMX cihaz kontrol yazılımıyla DMX cihazların adres ayarları ve oluşturulacak ışıklandırma senaryoları düzenlenir. Görsel 8.95'te DMX cihaz kontrol yazılımında cihaz seçimine ve yerleştirilmesine ait ekran görüntüsü görülmektedir. Görselin alt kısmında Wash1 etiketli cihazın adresi 1, kullandığı adres sayısı 5'tir (R-G-B-Dim-Str). Wash2 etiketli cihazın başlangıç adresi 6 olur.



Görsel 8.95: DMX cihaz seçme ve düzenleme ekranı

DMX cihaz kontrol yazılımlarında izlenen adımlar şunlardır:

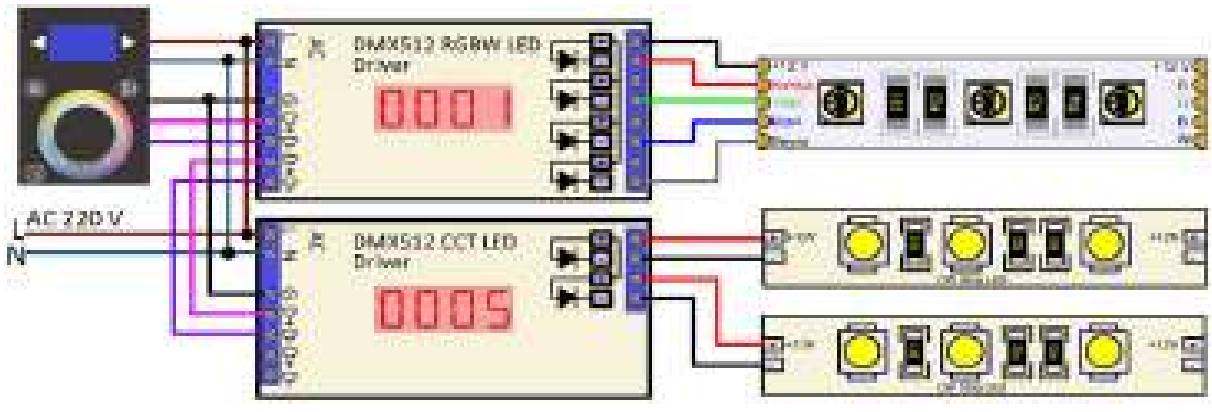
- Yazılım bilgisayara kurulur.
- USB veya Ethernet (Wi-Fi veya kablolu) bağlantısıyla DMX, uygulama denetleyicisi veya konsola bağlanılır.
- DMX kontrol yazılımı çalıştırılır.
- DMX cihazları seçilir. Programlar genellikle cihazların kullandığı adresleri (kanalları) otomatik olarak sıralar.

- Işık senaryoları için DMX armatürlerinin ışık şiddeti ve renk ayarları yapılır.
- Hareketli DMX ışık armatürlerinin hareket yönleri ayarlanır.
- Işık senaryosunda video, ses veya görseller kullanılacaksa seçimleri yapılır. Sahne geçişlerinde armatür kullanılacaksa ışık şiddeti, renk ayarları ve hareket yönleri ayarlanır.
- Hazırlanan ışık senaryosu yazılımda ön izleme penceresinden izlenir veya doğrudan cihazlara yüklenir. Senaryo dosyasında yapılan işler kaydedilir.
- Birden fazla ışık senaryo dosyası cihazlarda kullanılacaksa yazılımda dosyalar peş peşe dizilir. Dosyalar arası geçiş yöntemi ayarlanır (fare tıklaması, ayak butonu vb.).

8.5.3.2. DMX Kontrol Sistemlerinin Bağlantıları

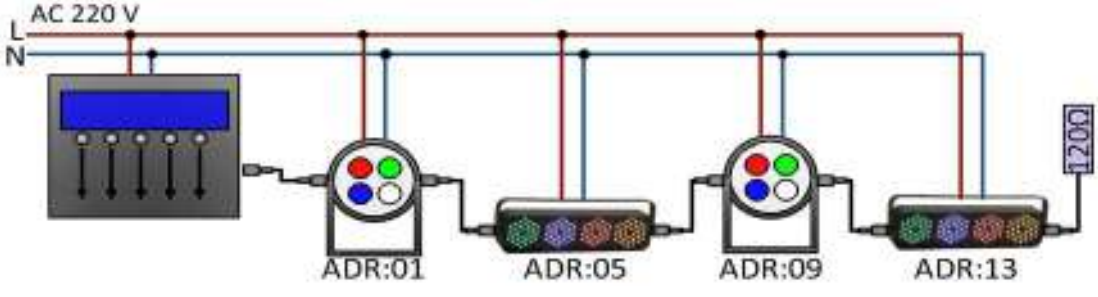
DMX kontrol sistemlerinde uygulama denetleyicisi, DMX LED sürücüler, DMX armatürler, modem (router), sinyal yükselticiler, akıllı telefon, tablet ve PC (bilgisayar) bağlanarak bina ve sahne ışık senaryoları bir merkezden veya uzaktan kontrol edilebilir.

DMX Dimmer Şerit LED Bağlantıları: DMX duvar paneli, DMX LED sürücüler, CCT ve RGBW şerit LED kullanılarak hazırlanan ışıklandırma sistemi bağlantıları Görsel 8.96'da görülmektedir. DMX uygulama denetleyicisinden çıkan DMX kablosu DMX sürücülere bağlanır. CCT LED sürücü adresi 1 olarak, RGBW LED sürücü adresi 3 olarak ayarlanır. Sürücülerin besleme girişleri şehir şebekesine bağlanır. Şerit LED'ler, yöne dikkat edilerek LED çıkışlarına bağlanır.



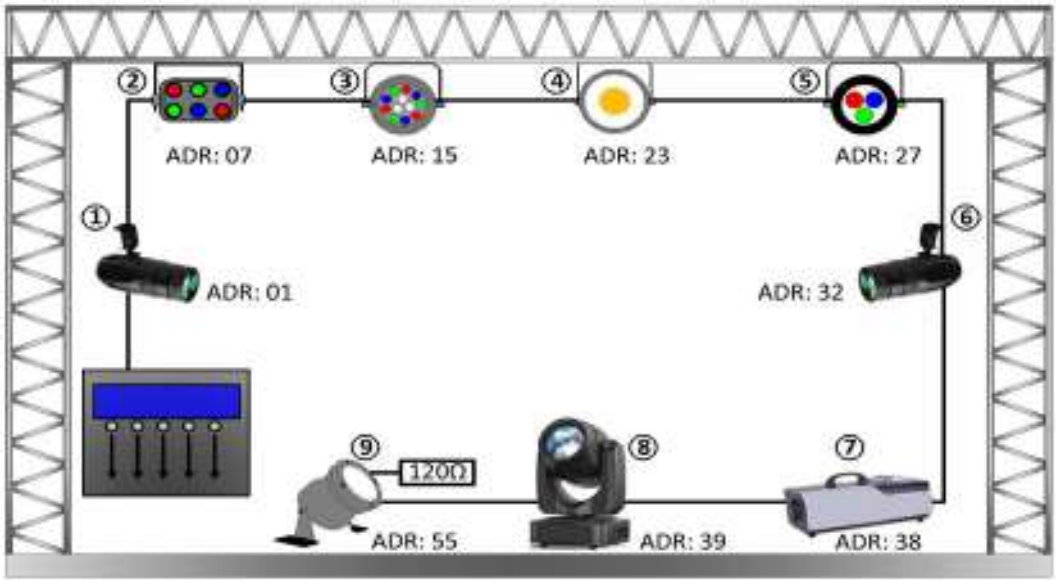
Görsel 8.96: DMX dimmer şerit LED bağlantısı

DMX Konsol ve DMX Armatür Bağlantıları: DMX konsol ve 4 adet DMX armatür kullanılarak hazırlanan ışıklandırma sistemi bağlantıları Görsel 8.97'de görülmektedir. DMX konsoldan çıkan DMX kablosu birinci armatüre bağlanır. Diğer armatürler birbirlerine DMX kablosuyla bağlanır. Armatürler RGBW sürücüleri içerdiğinden armatür adresleri 1, 5, 9 ve 13 şeklinde verilir. Armatürlerin besleme girişleri şehir şebekesine bağlanır.



Görsel 8.97: DMX konsolun DMX armatürlere bağlantısı

DMX Kontrol Sistemlerinin Bağlantıları: Çeşitli DMX cihazları kullanılarak hazırlanan sahne ışıklandırma sistemi cihaz ve ağ yapısı Görsel 8.98'de, DMX cihaz seçimi ve bu cihazın adres numaraları ise Tablo 8.7'de görülmektedir.



Görsel 8.98: DMX sahne ışıklandırması ve kontrolü

Tablo 8.7: DMX Cihaz Seçimi ve Adres Numaraları

Cihaz No.	Cihaz İsimleri	Cihaz Adres Sayıları (Kanal Sayısı)	Kullanılan Adres Sayısı	Tanımlanan Cihaz Adresi
1	LED spot	7 (1-4-6-7)	6	1
2	LED wash ışık	15 (2-3-4-6-810-15)	8	7
3	LED ışık	8	8	15
4	LED flaş	4	4	23
5	Power LED spot	9 (5-7-9)	5	27
6	LED spot	7 (1-4-6-7)	7	32
7	Sis makinesi	1	1	38
8	Lazer ışık	20 (16-20)	16	39
9	LED düz spot	14	14	55

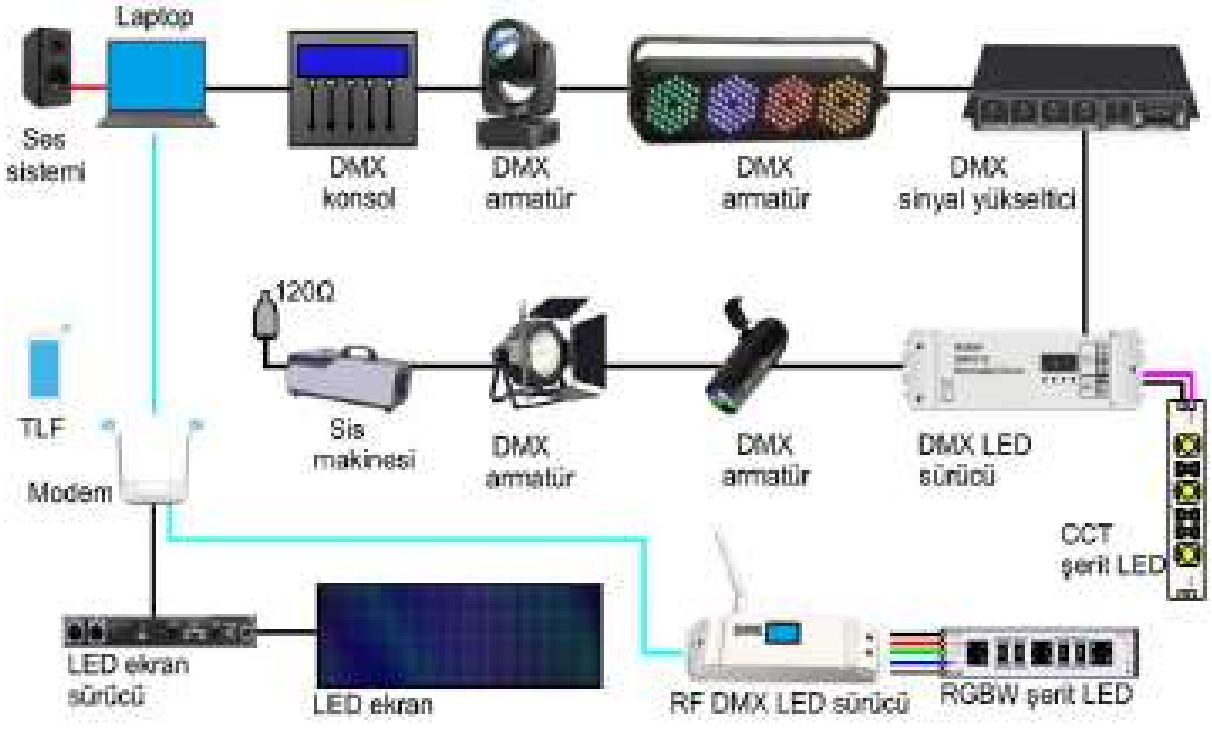
DMX sistemiyle sahne ışıklandırması yapılırken izlenecek adımlar şunlardır:

- Kullanılacak DMX cihazları seçilir. Cihazların kullanma talimatlarından adres sayıları tespit edilir (Tablo 8.7'de 1., 2. ve 3. sütunda görülmektedir.).
- Cihazların kullanma talimatlarından ışıklandırma senaryosuna uygun çalışma fonksiyonları tespit edilir. Kullanılacak adres sayıları belirlenir (Tablo 8.7'de 4. sütunda görülmektedir.).
- Belirlenen çalışma fonksiyonlarına göre cihaz adres numaraları verilir (Tablo 8.7'de 5. sütunda görülmektedir.).
- DMX yazılımı veya konsoldan ışık senaryoları hazırlanarak sahne ışıkları kontrol edilir.

SIRA SİZDE

Görsel 8.98'de görülen sahnede DMX cihaz sıralaması 1-3-2-5-4-6-9-7-8 şeklinde değiştirildiğinde cihazlara verilecek yeni cihaz adreslerini bulunuz.

DMX Ses Görüntü ve Işıklandırma Kontrolü Bağlantıları: Laptop, DMX konsol, DMX LED sürücüler, DMX armatürler, modem, RGBW ve CCT şerit LED ve ses sistemi bağlantılarından oluşan DMX ışıklandırma sistemi ağ yapısı Görsel 8.99'da görülmektedir. Laptop veya DMX konsoldan ses, görüntü ve ışık senaryoları yönetilir.



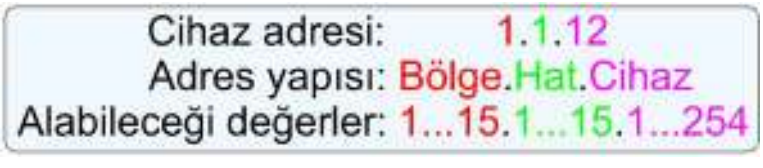
Görsel 8.99: DMX ses görüntü ve ışıklandırma kontrolü

8.5.4. KNX Kontrol Sistemleri

KNX, akıllı ev otomasyonu ve bina kontrolü için kullanılan açık sistem iletişim protokolüdür. KNX, veri yolu üzerinden haberleşerek çalışan cihazlarda ortak bir iletişim protokolü oluşturmak amacıyla Avrupalı firmalar tarafından geliştirilmiştir (EN 50090-EN-13321-1 standardı). Daha sonra dünyada standart olarak kabul görmüştür (ISO/IEC 14543). KNX sisteminde, çeşitli sensörler kullanılarak elde edilen veriler ağ üzerinden KNX kontrol cihazlarına gönderilir.

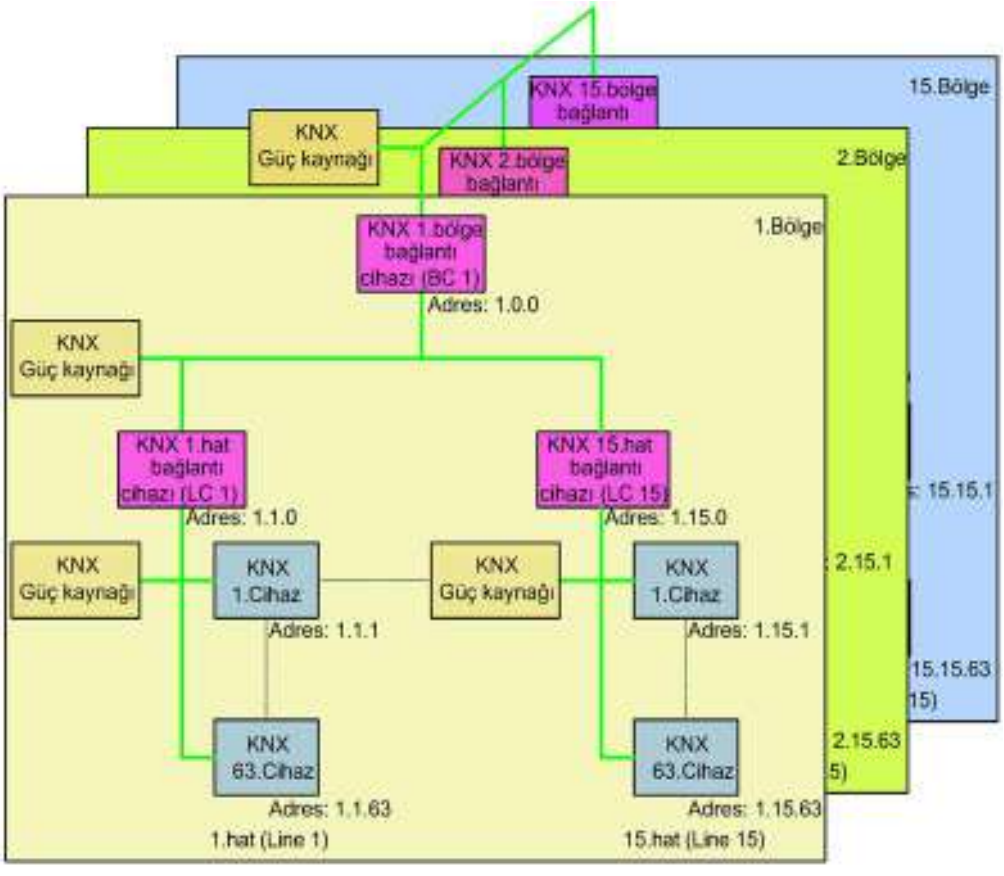
KNX kontrol cihazları verileri işleyerek aydınlatma, alarm, güvenlik, giriş kontrol ve izleme sistemleri, enerji yönetimi, motorlu perde-panjur-jaluzi, motorlu kapı kontrol, HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme), multimedya gibi KNX uyumlu sistemlerin kontrol edilmesini sağlar. Ayrıca KNX sistemi PC, KNX ekran, tablet veya akıllı telefonlar aracılığıyla yerel ağ (LAN) üzerinden veya uzaktan kontrol edilebilir. KNX sistemi konut, iş yeri, fabrika, sanayi tesisi vb. tüm binaların veya dış mekânların kontrolüne uygundur.

KNX sisteminde her cihazın bir adresi vardır. Adres yapısı **F,L,D** şeklinde dizilir. **F** bölgeyi (Area), **L** hattı (Line), **D** cihazı (Device) temsil eder (Görsel 8.100). KNX sisteminde **1.1.12** adresi 1. bölge, 1. hat ve 12. cihazı ifade eder.



Görsel 8.100: KNX cihaz adresi

Bölgeler birbirlerine (omurga veya backbone) bölge bağlantı cihazıyla (BC) bağlıdır. Her bölge kendi içerisinde müstakil hatlara ayrılır. Her KNX hattı ayrı bir güç kaynağından beslenir. Tek KNX hattına 256 KNX cihazı bağlanabilir ancak maksimum 63 cihazdan sonra hatta hat tekrarlayıcı (LR) ve güç kaynağı eklenir. KNX hatları da birbirlerine hat bağlantı cihazıyla (LC) bağlıdır. Görsel 8.101'de KNX sisteminin bağlantı yapısı görülmektedir.



Görsel 8.101: KNX sistemi hat bağlantıları

KNX sisteminde cihazların birbirleriyle ilişkilendirilip haberleşmesi, cihaz ve grup adresleri üzerinden telegram denilen mesaj yapılarıyla sağlanır. Grup adres yapısı **M.M.S** şeklinde dizilir. M ana grubu (main group), ikinci **M** orta grubu (middle group), **S** alt grubu (Sub group) temsil eder (Görsel 8.102). KNX sisteminde **0/0/1** grup adresi 0. ana grup, 0. orta grup ve 1. alt grubu ifade eder. Örneğin ana grup mutfak, orta grup mutfak aydınlatma kontrolü ve alt grup mutfak aydınlatma armatürü şeklinde düzenlenebilir.



Görsel 8.102: KNX grup adresi

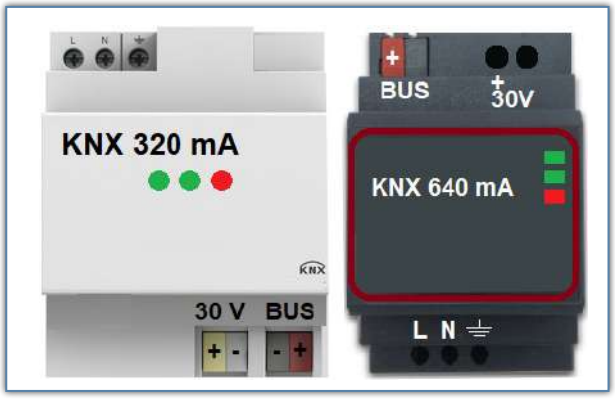
KNX sistemiyle aydınlatma kontrolü de sağlanır. Hazırlanan aydınlatma senaryolarıyla lambalar manuel, zaman ayarlı veya sensörlerle açılıp kapatılabilir veya dimmerlenebilir. Aydınlatma sistemi yerel ağ üzerinden veya uzaktan kontrol edilebilir. Ayrıca bu sistem, lambalarla ilgili sorunların ve enerji sarfiyatlarının bir merkezden izlenmesine olanak sağlar.

8.5.4.1. KNX Kontrol Sistemleri Bileşenleri

KNX kontrol sistemi, genel olarak sistem cihazları, aktüatörler (sürücü), sensörler, kontrol cihazları, haberleşme ağı (iletişim hatları) ve KNX yazılımından (ETS) oluşur.

Sistem Cihazları: Sistem cihazları KNX güç kaynağı, arayüz (interface), hat bağlantı cihazı (line couplers), bölge bağlantı cihazı (backbone couplers), hat sinyal yükselticiler (line repeater), IP yönlendiriciler (IR routers), ölçüm cihazları, ağ geçitleri, lojik modüller ve zamanlayıcılardan oluşur.

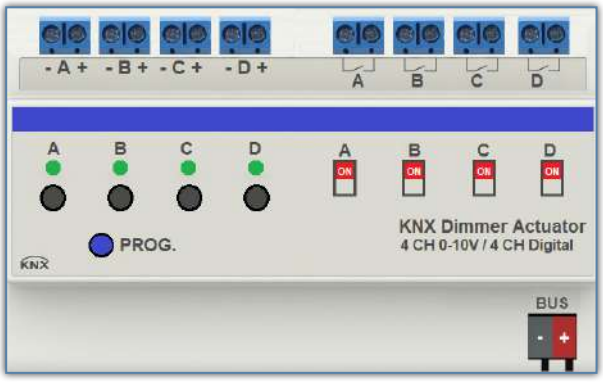
- **KNX Güç Kaynağı (PSU):** KNX cihazların çalışması için gerekli olan akımı ve haberleşmeyi salayan gerilim ve akım sınırlamalı güç kaynağıdır (Görsel 8.103). 115-265 V AC giriş gerilimiyle beslenir. KNX ağına 30 V DC gerilim ve 160, 320, 640 ve 1280 mA DC akım sağlar. KNX güç kaynağında seçilen akım değeri, kullanılan cihaz sayısına bağlıdır. Seçilen güç kaynağı 16 KNX cihazı için 160 mA, 32 KNX cihazı için 320 mA olmalıdır. KNX, güç kaynağı iletişim hattının herhangi bir noktasına bağlanabilir. KNX protokolü standartlarına göre cihaz beslemesi ve haberleşme aynı hattan sağlandığından besleme gerilimi ve haberleşme verileri birbirinden şok bobiniyle ayrılır. KNX güç kaynaklarında genellikle KNX besleme gerilimine ilaveten şok bobini olmayan 30 V DC gerilim besleme çıkışı da bulunur.



Görsel 8.103: KNX Ağ güç kaynakları

- **Ara Yüz:** KNX hattını DALI, DMX, Modbus, BACnet vb. haberleşme protokolünde çalışan hatlara bağlayıp veri alışverişi sağlar.
- **Hat Bağlantı Cihazı (LC):** KNX hatlarını birbirlerine bağlar. KNX hatları arası izolasyonu sağlar. Veri filtreleme fonksiyonuyla bölge hattındaki yükü azaltır.
- **Bölge Bağlantı Cihazı (BC):** KNX bölge hatlarını birbirlerine (omurgaya) bağlar. KNX bölge hatları arası izolasyonu sağlar.
- **Hat Sinyal Yükselticiler (LR):** KNX hattında zayıflayan sinyalleri yükseltir. Teorikte tek KNX hattı 256 cihazı desteklese de uygulamada maksimum 50-55 arası cihazdan sonra hat sinyal yükselticiler bağlanmalıdır.
- **IP Yönlendiriciler:** KNX hattı veya bölgeyi yerel ağa (LAN) bağlar. Aynı zamanda ağ geçidi olarak da kullanılır.
- **Ölçüm Cihazları:** Enerji, su, ısı, gaz vb. kullanımları ölçer.
- **Ağ Geçitleri:** KNX hattını veya bölgeyi farklı haberleşme protokolünde çalışan ağlara veya Ethernet ağına bağlayıp veri alışverişi sağlar.
- **Lojik Modüller:** Lojik kapılar, ardışık ve tetikleyici devreler içeren veya matematiksel işlemleri de gerçekleştirebilen genişletme modülüdür. Lojik modüllerle KNX sistemi üzerinden toplanan veriler KNX yönetim işlemlerinde kullanılır.
- **Zamanlayıcılar:** KNX sistemlerinde zamanlamada kullanılan yıllık ve astronomik zaman ayarlı dijital anahtarlardır.

Aktüatör (Sürücü): Anahtarlar, sensörler veya KNX ağından gelen veriler doğrultusunda hazırlanan aydınlatma senaryosu programına göre analog veya röle (dijital) çıkışlarını aktifleştiren cihaza **aktüatör (sürücü)** denir. Aktüatör 0-10 V ile 1-10 V arası analog gerilim veya röle kontakları üzerinden bağlantı çıkışları verir. Çıkışlarına bağlı AC veya DC motorlar, LED sürücüler, iklimlendirme vb. cihazları kontrol eder. Aktüatörler kasa içi veya pano tipi olarak üretilir. Görsel 8.104'te pano tipi 4 kanal KNX aktüatör görülmektedir.



Görsel 8.104: KNX aktüatör

Sensörler: KNX hatları üzerinden aktüatörlere veya kontrol cihazlarına gerçek zamanlı veri gönderen cihazlardır. Varlık sensörleri (hareket+ışık), hareket, ışık, ısı, nem, gaz, duman, basınç, hava kalitesi ölçüm sensörleri, hava durumu istasyonları KNX sensörleri çeşitlerindendir. KNX sistemiyle uyumlu DALI, DMX veya farklı protokolde çalışan sensörlerde sisteme dâhil edilip kullanılabilir. Sensörler kablolu veya Wi-Fi olarak üretilir. Görsel 8.105'te çeşitli KNX sensörleri görülmektedir.



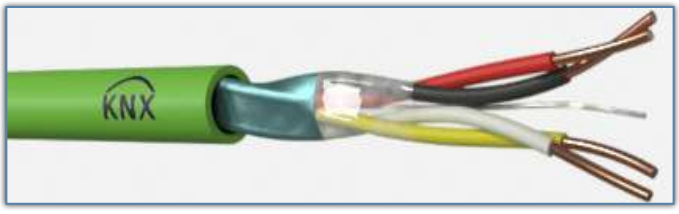
Görsel 8.105: KNX sensörler

Kontrol Cihazları: KNX hattı üzerinden aktüatörlere komut gönderen cihazlardır. Anahtarlar, butonlar, dokunmatik paneller, termostatlar, GMRS cihazları (radyo frekanslı duvar cihazları), çoklu giriş-çıkış cihazları; ses, video ve kapı kumanda üniteleri KNX kontrol cihazları olarak kabul edilir. KNX sistemiyle uyumlu DALI, DMX veya farklı protokolde çalışan kontrol cihazları da KNX sistemine dâhil edilerek kontrol cihazı olarak kullanılabilir. Görsel 8.106'da çeşitli KNX kontrol cihazları görülmektedir.



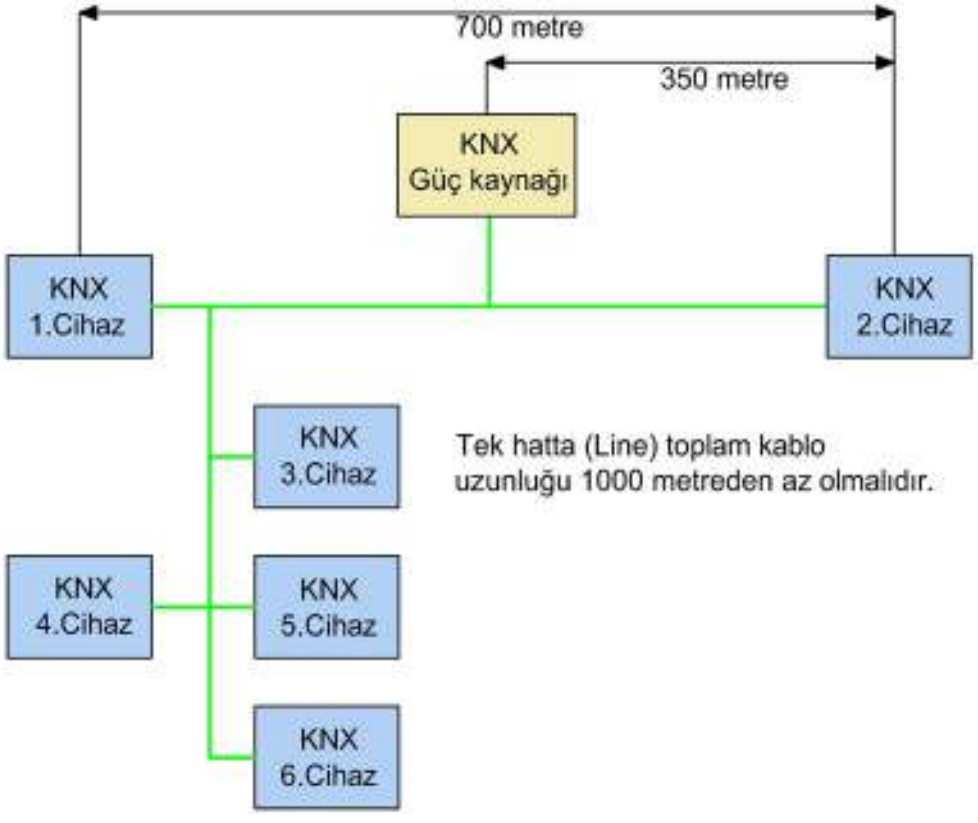
Görsel 8.106: KNX giriş kontrol cihazları

Ağ (BUS): KNX güç kaynağı, kontrol cihazları, sensörler, aktüatör ve diğer KNX cihazları arasındaki komut ve verileri taşıyan hatlardır. KNX sistemi iletişim ağında yeşil renkli dış kılıf içerisinde alüminyum folyo ve plastik izolatöre sarılı 0,8 mm^2 çapında burgulu iki kablo çifti ve 0,4 mm^2 kalaylı bakır toprak kablosu bulunduran (2x2x0,8+0,4) KNX/EIB kablosu (YCYM, J-Y(SY)Y) kullanılır (Görsel 8.107). Yeşil dış kılıf LSHF (düşük dumanlı halojensiz), HFFR (alev geciktirici halojensiz) vb. fiziksel ve kimyasal değişikliklere dayanaklı yalıtkan malzemeden oluşur. Kablo üzerinde KNX logosu bulunması önemlidir. Kırmızı KNX kablo 30 V, siyah KNX kablo eksi (0 V), sarı KNX kablo 30 V ve beyaz KNX kablo eksi (0 V) bağlantı kablosudur.



Görsel 8.107: KNX/EIB kablosu

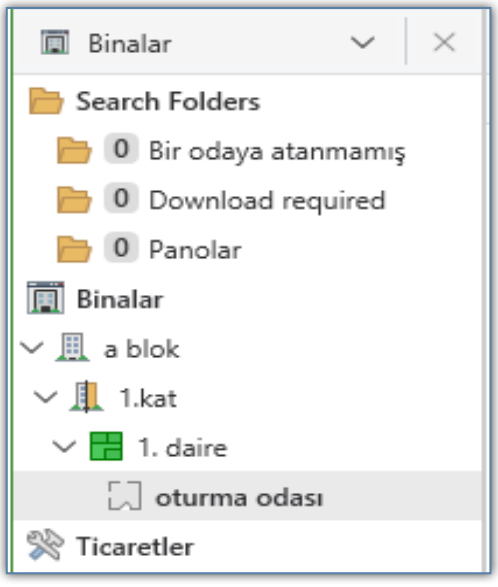
İletişim ağında yol, yıldız ve ağaç topolojisi kullanılır. KNX iletişim ağında tek hatta 1 kilometreye kadar kablolama yapılabilir. KNX güç kaynağı ile cihaz arasındaki mesafe en fazla 350 m olmalıdır. İki güç kaynağı arasındaki mesafe üretici firmanın belirlediği minimum mesafenin üzerinde olmalıdır. İki KNX cihaz arasındaki mesafe en fazla 700 m olmalıdır (Görsel 8.108).



Görsel 8.108: KNX kablo bağlantı mesafeleri

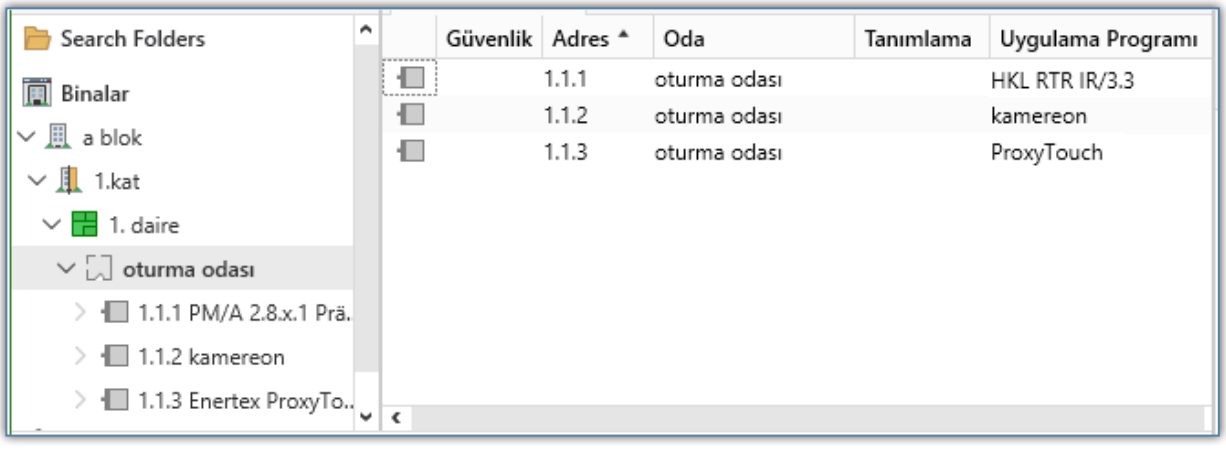
KNX Kontrol Sistemleri Yazılımı: KNX internet sitesinden KNX kontrol yazılımı (ETS) indirilerek bilgisayara kurulur. KNX kontrol yazılımıyla KNX cihazların adres ayarları, gruplandırılmaları, kontrol cihazlarının işlevleri, hatlar ve bölgeler düzenlenir. Genel olarak tüm KNX kontrol yazılımında izlenen adımlar şunlardır:

- Yazılım bilgisayara kurulup çalıştırılır.
- Projenin ismi, bağlantı yapısı, topoloji ve grup adres sitiliyle ilgili düzenlemeler yapılarak yeni proje oluşturulur.
- Bina veya binalar eklenir (A blok, AVM, okul vb.).
- Bina bölümü veya bölümleri eklenir (zemin, 1. kat, 2. kat, bahçe vb.).
- Kat (daire) veya katlar eklenir (1. daire, 2. daire vb.).
- Oda veya odalar eklenir (mutfak, oturma odası, garaj vb.). Görsel 8.109'da KNX projesindeki bina sıralaması görülmektedir.



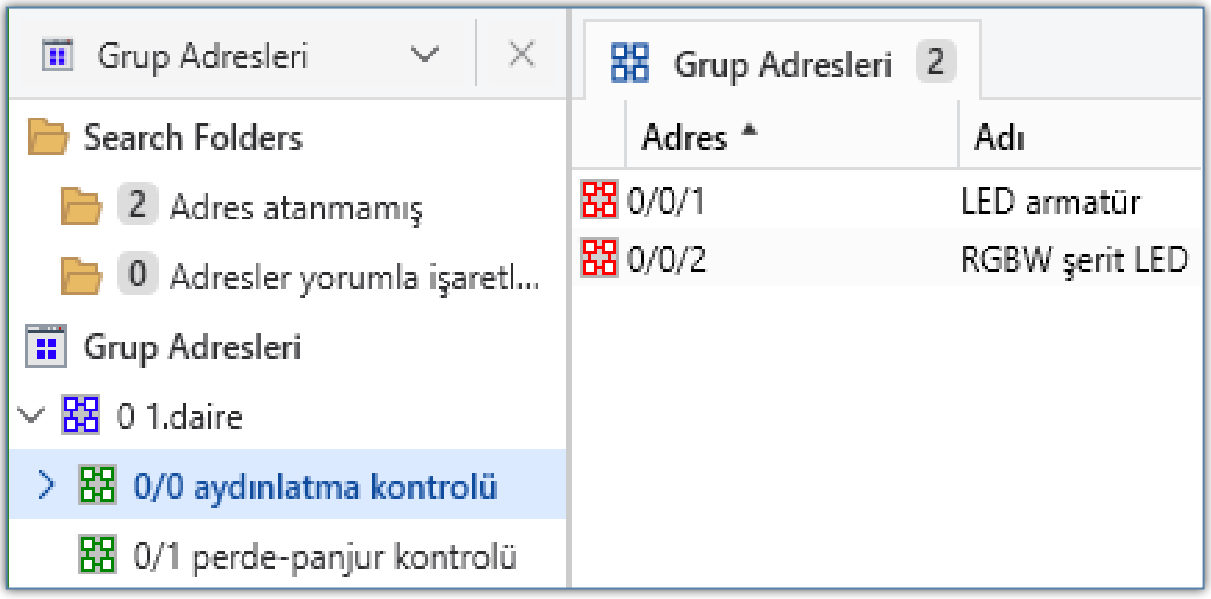
Görsel 8.109: KNX yazılımda bina bölümleri oluşturma

- 1. daireden sonra araya KNX panosu eklemek istenirse cihaz ekle seçeneğinden pano seçilir. Cihaz ekleme bölümünde pano, cihaz ve fonksiyon ekleme seçenekleri bulunur.
- Aydınlatma senaryosunu gerçekleştirecek KNX cihazları kütüphaneden seçilip projeye dâhil edilir. Kütüphanede istenen cihaz yoksa üretici firmaların internet sitesinden cihaz dosyası indirilerek yazılım kütüphanesine eklenir.
- KNX cihazların adresleri düzenlenir (1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 vb.). Görsel 8.110'da KNX projesindeki cihaz adresleri görülmektedir.



Görsel 8.110: KNX projesindeki cihaz adresleri

- Ana grup oluşturulur (1. daire, 2. daire vb.).
- Orta grup oluşturulur (aydınlatma kontrolü, perde-panjur kontrolü vb.).
- Alt grup oluşturulur (LED armatürü, RGBW şerit LED vb.). Görsel 8.111'de KNX projesindeki grup adresi sıralaması görülmektedir.



Görsel 8.111: KNX yazılımda grup adresi oluşturma

- Projede kullanılan aktüatörlerin çalıştıracağı lamba, klima, perde panjur vb. cihazlar ilişkİlendirilir. Aktüatör objesine tıklanır. Kullanılacak çıkış kanalı seçilip fareyle sürüklenerek çalıştırılacak lamba veya cihaz üzerine bırakılır. Aktüatörde kullanılan tüm çıkış kanalları için işlem tekrarlanır.
- Projede kullanılan buton, ekran, lojik giriş vb. kontrol cihazlarıyla bu cihazların çalıştıracağı lamba, klima, perde panjur vb. cihazlar ilişkilendirilir. Kontrol cihazı objesine tıklanır. Kullanılacak giriş seçilip fareyle sürüklenerek çalıştıracağı lamba veya cihaz üzerine bırakılır. Kullanılan tüm girişler için işlem tekrarlanır.
- Hazırlanan projenin topolojisi incelenir. Kontrol cihazları ve aktüatörlerin armatürlerle, şerit LED'lerle veya diğer çıkış cihazlarıyla doğru ilişkilendirilip ilişkilendirilmediği kontrol edilir. Hata varsa tekrar düzenlenir.
- IP ara yüzün adresi ayarlanır (192.168.1.51 vb.).
- Hazırlanan proje, kontrol cihazlarına ve aktüatörlere yüklenir.

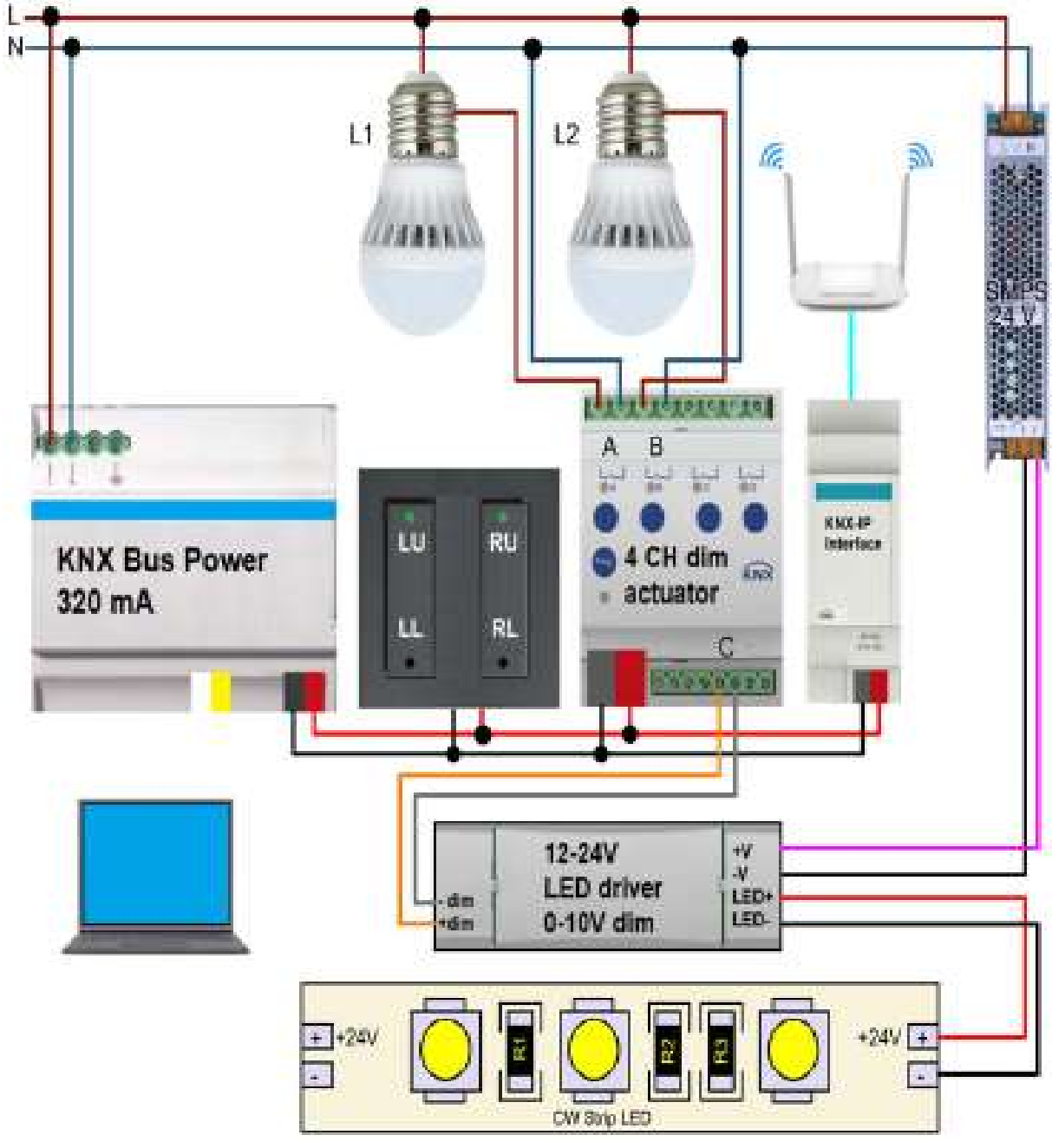
8.5.4.2. KNX Kontrol Sistemlerinin Bağlantıları

KNX kontrol sistemlerine KNX güç kaynağı, KNX kontrol cihazı, aktüatör, haricî güç kaynağı, sensör, kamera, ses cihazı, KNX ağ geçidi, arayüz, IP router, LED lamba, şerit LED, akıllı telefon, tablet ve PC (bilgisayar) bağlanarak ev, ofis, bina ve iş yerlerinin aydınlatması bir merkezden veya uzaktan kontrol edilip izlenebilir.

Odaya ait aydınlatma senaryosu şu şekildedir (Görsel 8.112):

- Anahtarın sol üst butonuna bir kez basılıp bırakıldığında aktüatörün A kanalına bağlı L1 lambası sönükse yanacak, yanıyorsa sönecek.
- Anahtarın sağ üst butonuna bir kez basılıp bırakıldığında aktüatörün B kanalına bağlı L2 lambası sönükse yanacak yanıyorsa sönecek.

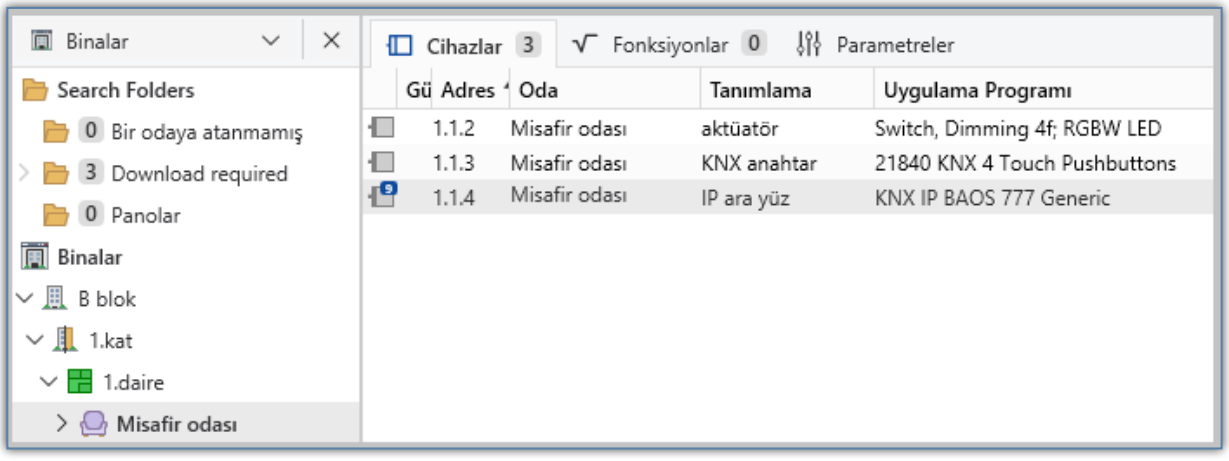
- Anahtarın sol alt butonuna bir kez basılıp bırakıldığında aktüatörün C kanalına bağlı şerit LED sönükse yanacak yanıyorsa sönecek.
- Anahtarın sol alt butonu basılı tutulduğunda şerit LED yanıyorsa parlaklığı artacak.
- Anahtarın sağ alt butonuna bir kez basılıp bırakıldığında lambalar ve şerit LED sönecek.



Görsel 8.112: KNX sistemiyle oda aydınlatması

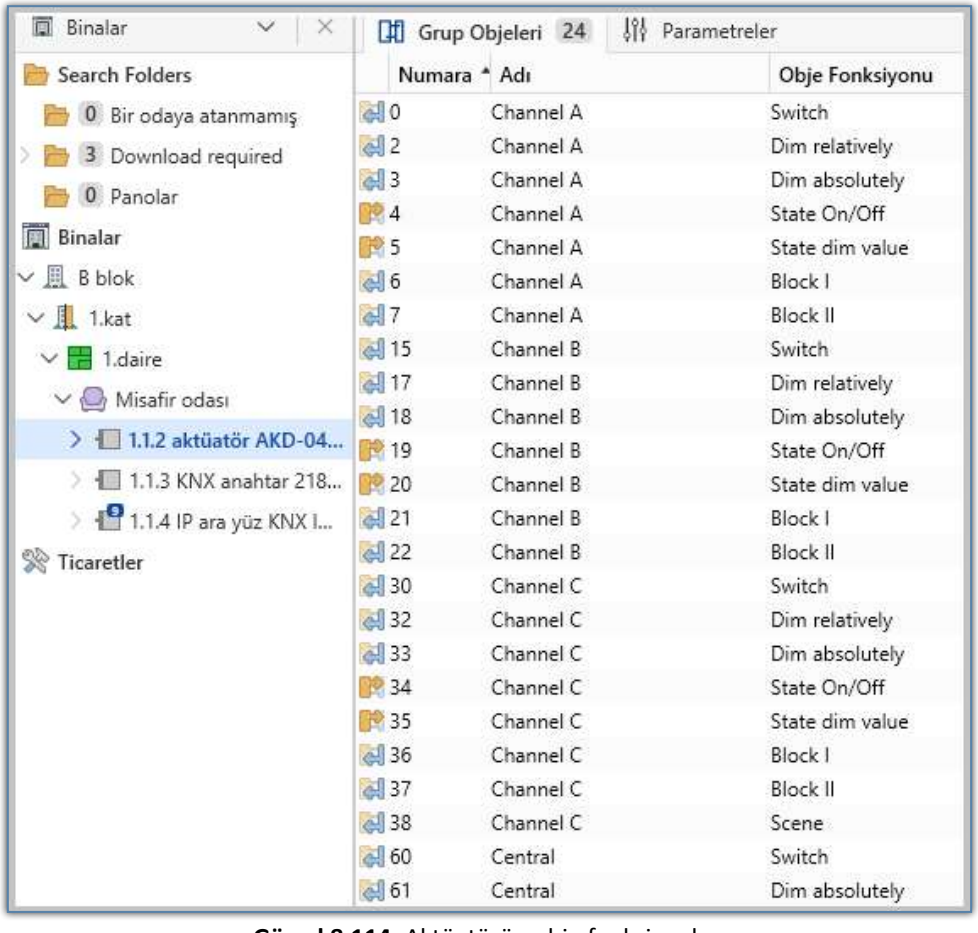
Odaya ait aydınlatma senaryosu KNX yazılımında oluşturulurken izlenecek adımlar şunlardır:

- KNX yazılımı çalıştırılır ve aydınlatma projesi oluşturulur.
- Bina, bölüm, kat ve oda yapısı oluşturulur. Aktüatör, anahtar ve IP arayüz eklenir. Cihaz adresleri düzenlenir (Görsel 8.113).



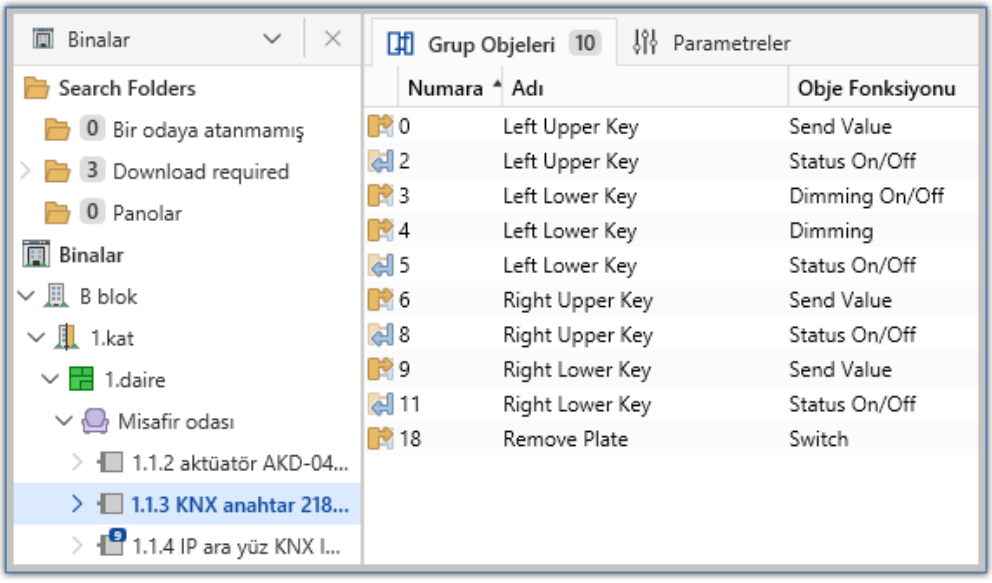
Görsel 8.113: Bina bölümleri ve cihaz adresleri

- Aktüatörün A, B ve C çıkış kanalları aktifleştirilir. Obje fonksiyonları tanımlanır (Görsel 8.114).



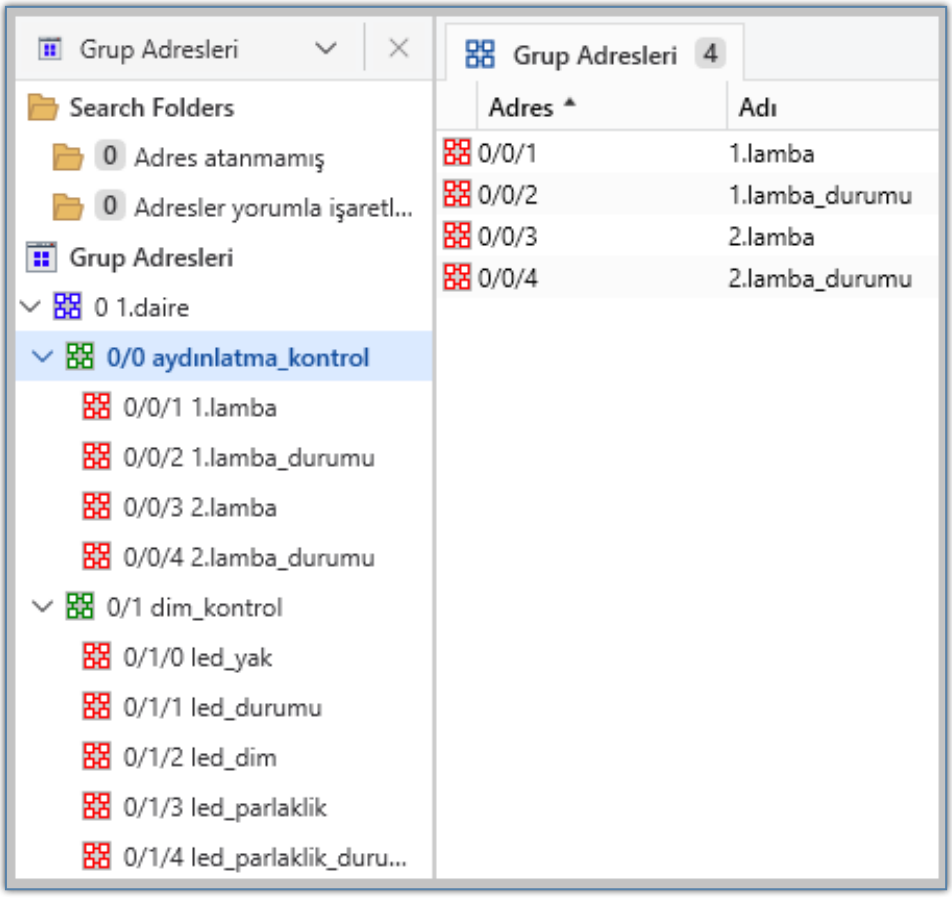
Görsel 8.114: Aktüatörün obje fonksiyonları

- Anahtar üzerindeki 4 butona obje fonksiyonları tanımlanır (Görsel 8.115).



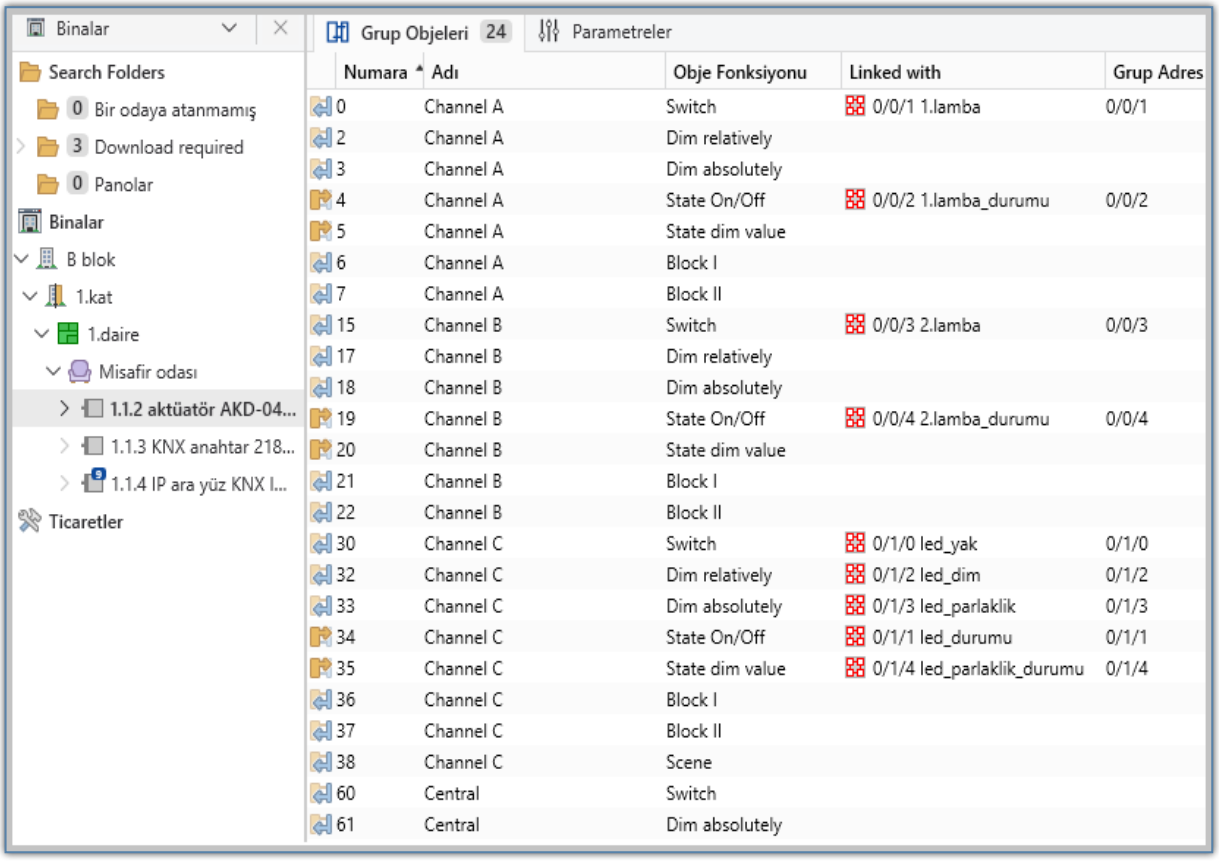
Görsel 8.115: Butonların obje fonksiyonları

- 1. daireye ait ana grup, orta grup ve alt gruplar oluşturularak grup adreslemesi yapılır (Görsel 8.116).



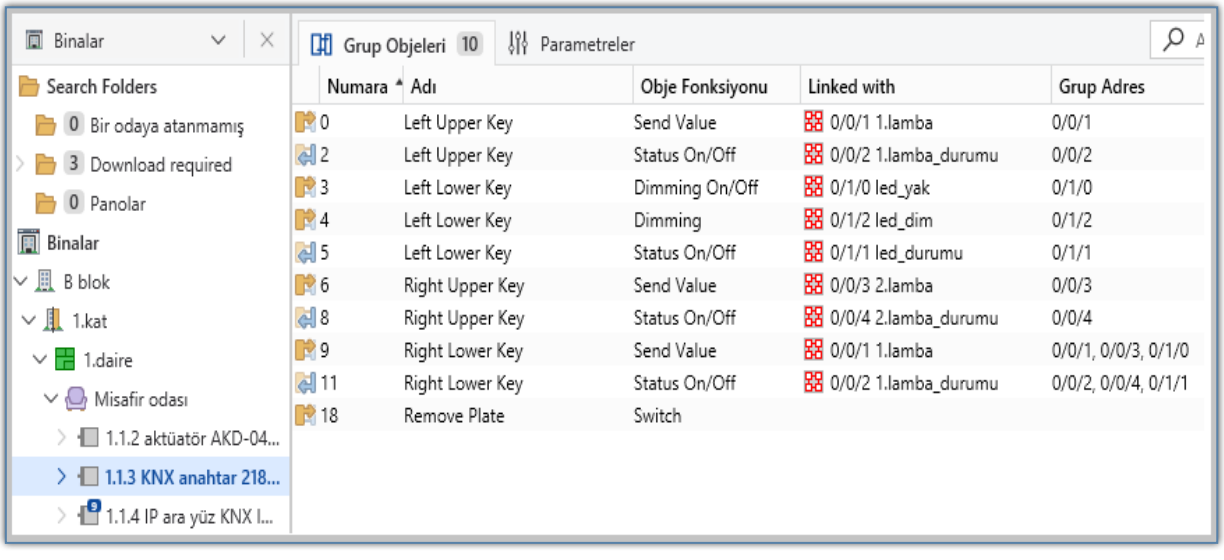
Görsel 8.116: Lambaların grup adresleri

- Aktüatörle lambaların grup adresleri ilişkilendirilir (Görsel 8.117).



Görsel 8.117: Aktüatörle lambaların grup adresi ilişkilendirmeleri

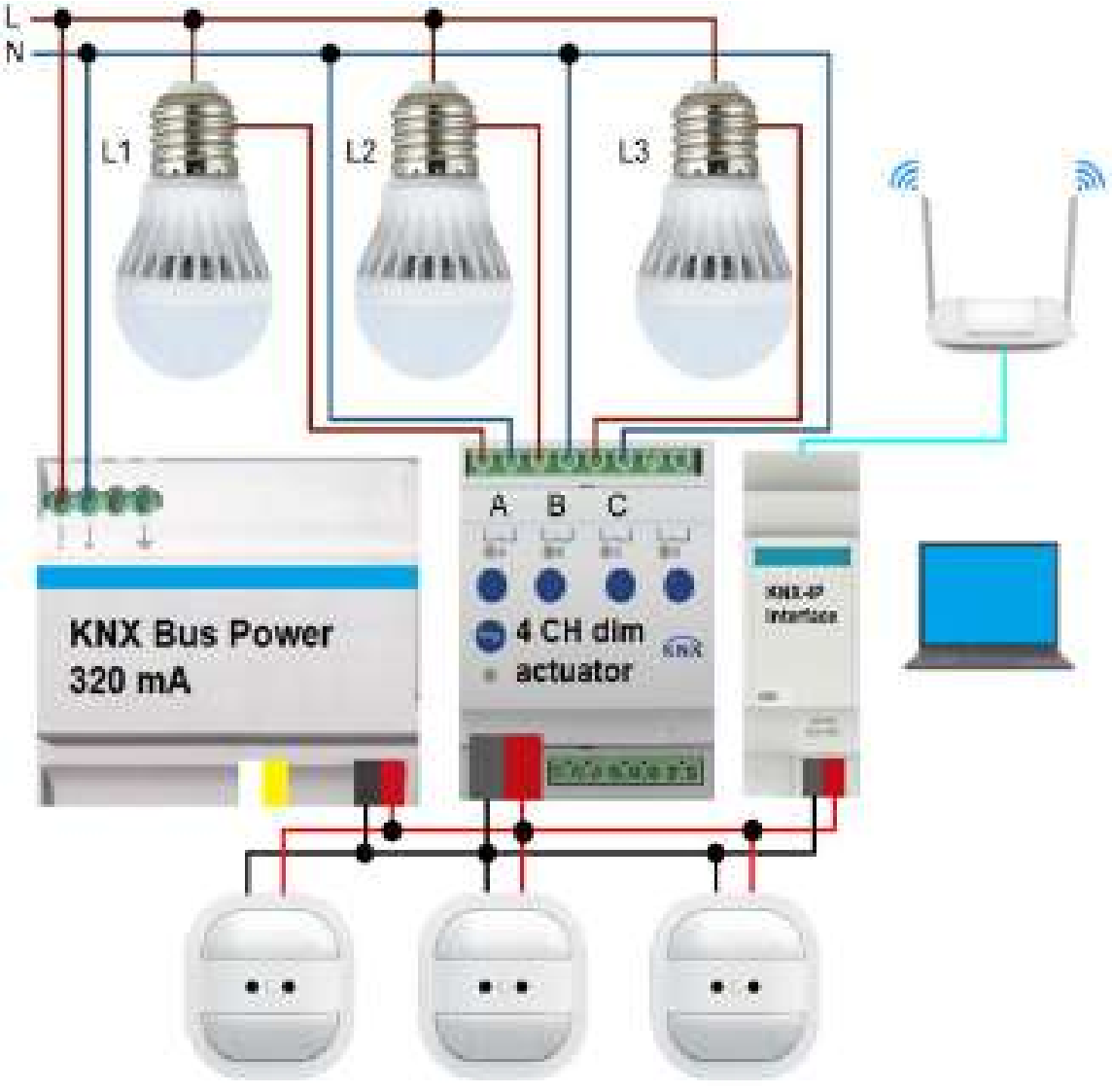
- Anahtara ait butonlarla lambaların grup adresleri ilişkilendirilir (Görsel 8.118).



Görsel 8.118: Butonlarla lambaların grup adresi ilişkilendirmeleri

- Hazırlanan aydınlatma senaryosu aktüatöre ve anahtara yüklenerek proje tamamlanır.

KNX Sensörlü Koridor Aydınlatma Kontrolü Bağlantıları: Koridor aydınlatmasında kullanılan KNX güç kaynağı, hareket sensörleri, 4 kanallı aktüatör, IP yönlendirici ve LED lambaların bağlantıları Görsel 8.119'da görülmektedir.

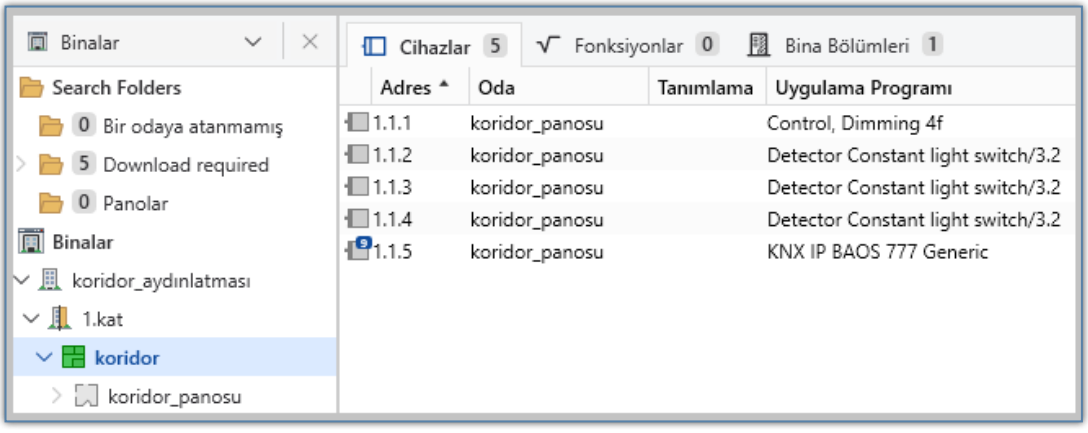


Görsel 8.119: KNX sistemiyle koridor aydınlatması

Koridora ait aydınlatma senaryosu şu şekildedir:

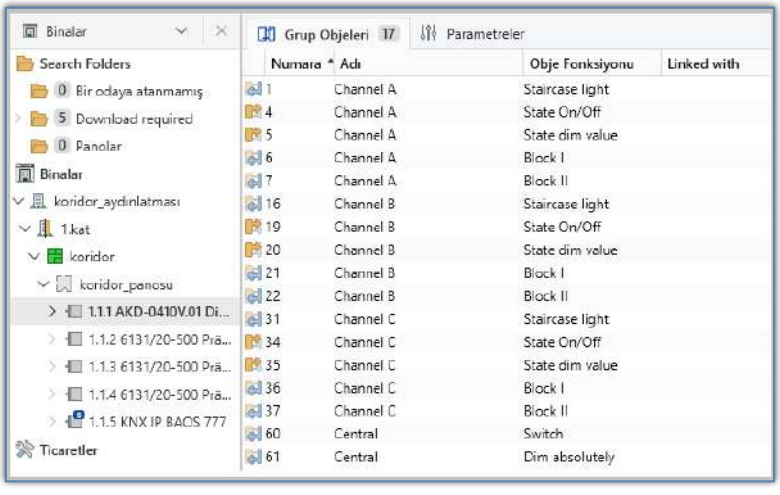
- 30 metrelik koridorda 3 adet hareket sensörü vardır. Koridora giriş yapıldığında 1. hareket sensörü aktif olacak ve aktüatörün A kanalına bağlı L1 lambası yanacaktır.
- Koridora orta kısmına yaklaşıldığında 2. hareket sensörü aktif olacak ve aktüatörün B kanalına bağlı L2 lambası yanacaktır. L1 lambası, 1. hareket sensörü hareket algılıyorsa yanmaya devam edecek, algılamıyorsa ayarlanan süre sonunda sönecektir.
- Koridorda son kısma yaklaşıldığında 3. hareket sensörü aktif olacak ve aktüatörün C kanalına bağlı L3 lambası yanacaktır. L1 ve L2 lambaları, 1 ve 2. hareket sensörü hareket algılıyorsa yanmaya devam edecek, algılamıyorlarsa ayarlanan süre sonunda söneceklerdir. Odaya ait aydınlatma senaryosu KNX yazılımında oluşturulurken izlenecek adımlar şunlardır:
- KNX yazılımı çalıştırılır ve koridor aydınlatma projesi oluşturulur.

- Bina, bölüm, kat ve oda yapısı oluşturulur. Aktüatör, sensör ve IP arayüz eklenir. Cihaz adresleri düzenlenir (Görsel 8.120).



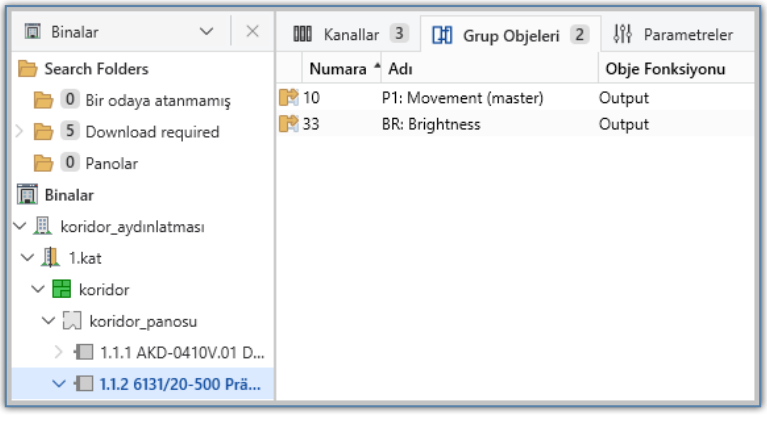
Görsel 8.120: Bina bölümleri ve cihaz adresleri

- Aktüatörün A, B ve C çıkış kanalları aktifleştirilir. Obje fonksiyonları seçilir (Görsel 8.121).



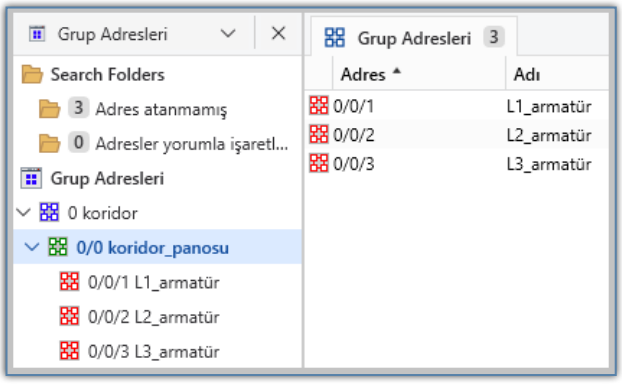
Görsel 8.121: Aktüatörün obje fonksiyonları

- Sensörlere ait obje fonksiyonları seçilir (Görsel 8.122). P1 çift tıklanarak sensörün açık kalma süresi ayarlanır. Diğer sensörler için de işlem tekrarlanır.



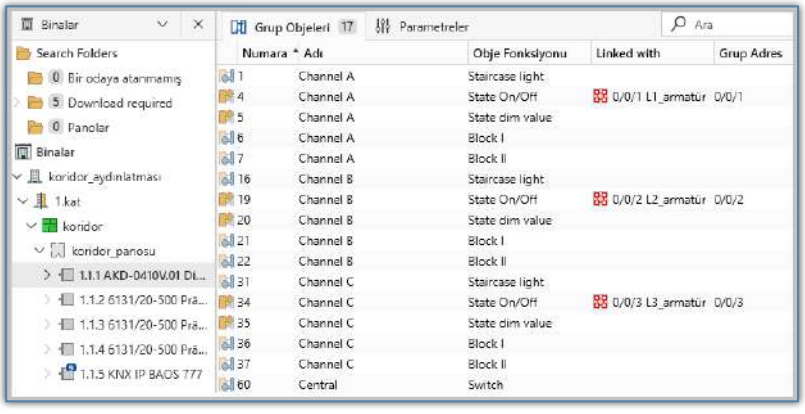
Görsel 8.122: Sensör obje fonksiyonları

- Ana grup, orta grup ve alt gruplar oluşturularak grup adreslemesi yapılır (Görsel 8.123).



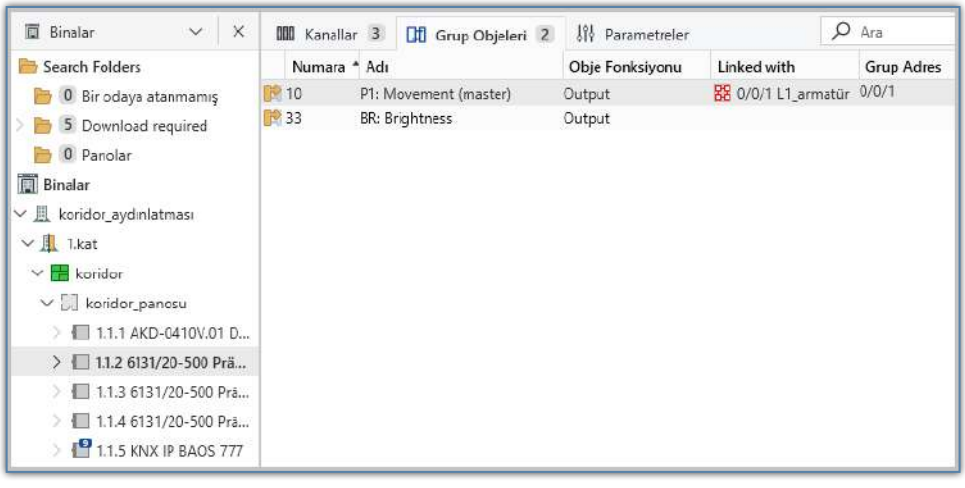
Görsel 8.123: Grup adresleri

- Aktüatörle lambaların grup adresleri ilişkilendirilir (Görsel 8.124).



Görsel 8.124: Aktüatörle lambaların grup adresi ilişkilendirmeleri

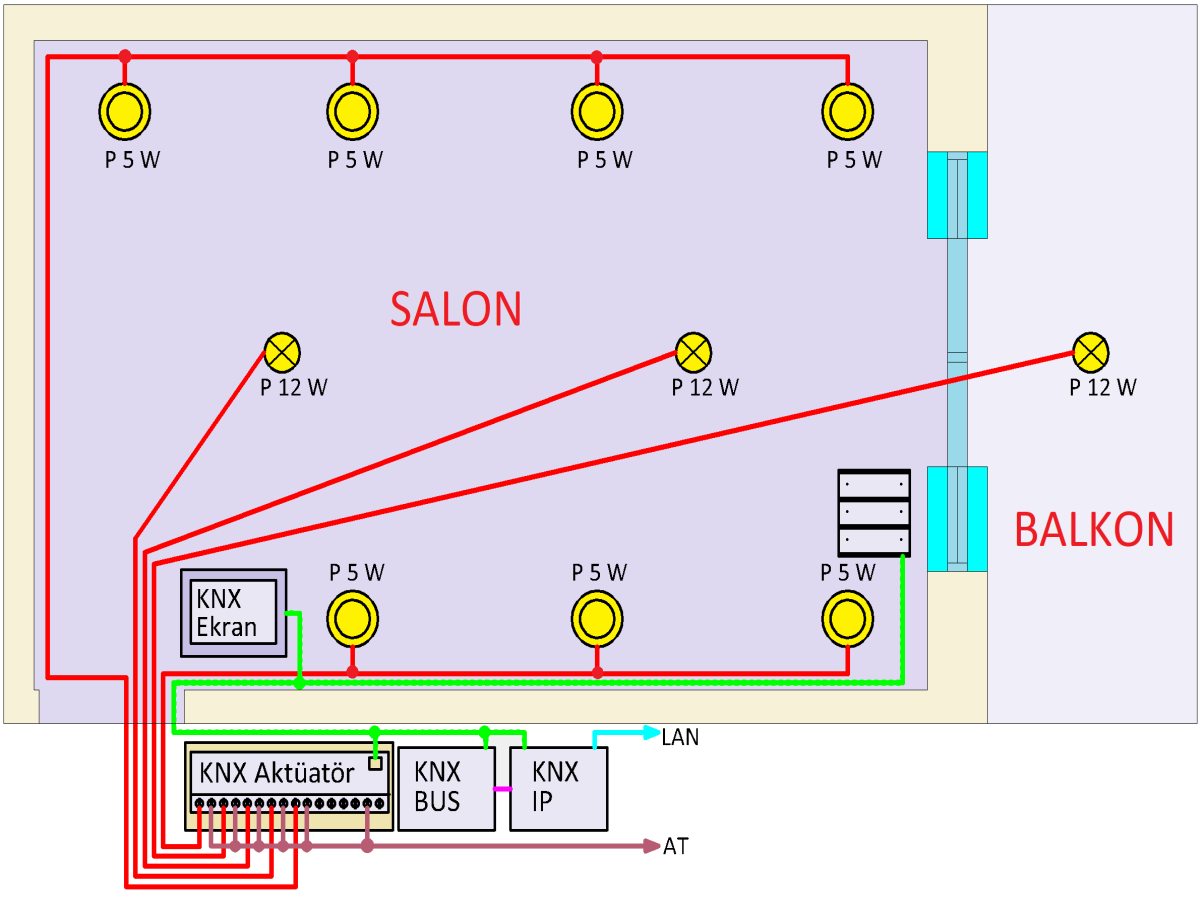
- Sensörler lambanın grup adresleri ilişkilendirilir (Görsel 8.125). Her sensör için işlem tekrarlanır.



Görsel 8.125: Sensörlerle lambaların grup adresi ilişkilendirmeleri

- Hazırlanan koridor aydınlatma senaryosu aktüatöre ve sensöre yüklenerek proje tamamlanır.

KNX Aydınlatması Mimari Çizimi: DALI aydınlatma sistemiyle tasarlanan mutfağa ait aydınlatma tesisatı (ağ) mimari çizim üzerinde Görsel 8.126'da görülmektedir.



Görsel 8.126: KNX aydınlatması tesisat çizimi

Mimari çizimde görülen kahverengi hat şebeke besleme hattını, kırmızı hat lamba besleme hattını, turkuaz hat yerel ağ bağlantısını, yeşil hat KNX hattını ifade etmektedir. Kahverengi hat, KNX aktüatör besleme klemensine ve aydınlatma tablosundaki (AT) ilgili sigortaya bağlanır. Aktüatör çıkışlarından alınan kırmızı hat, lambalara bağlanır. Turkuaz hat modeme, yeşil hat KNX cihazlara bağlanır. KNX ekranla ve anahtarla LED lamba ve LED spot lambaların kontrolü için aydınlatma senaryoları hazırlanır.

SIRA SİZDE

KNX aydınlatma kontrol sistemini kullanarak mimari çizim üzerinde, oturma odasında 2 LED armatür, 4 LED spot lamba ve 4 butonlu anahtar olacak şekilde tesisat çizimini yapınız.

Tüm dokümanlara ve uygulama dosyalarına karekoddan ulaşabilirsiniz.

8.1. UYGULAMA FOTOSEL RÖLESİYLE AYDINLATMA KONTROLÜ

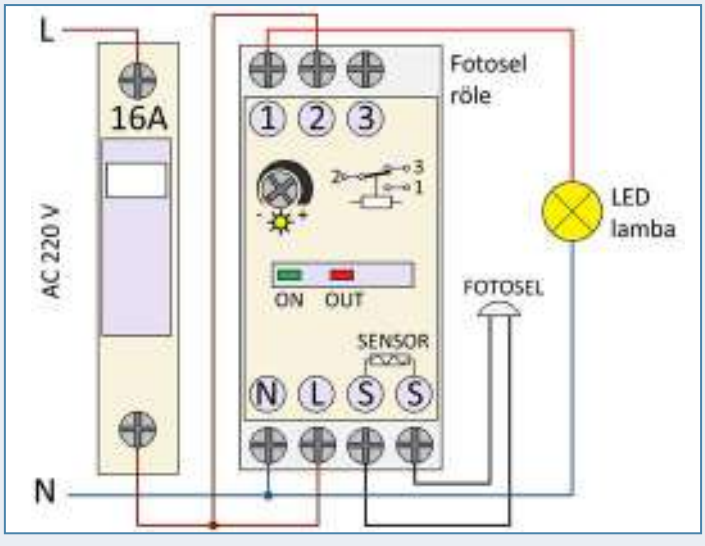
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Fotosel rölesi kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.127'de standart fotosel rölesi bağlantıları görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek fotosel rölesiyle aydınlatma elemanlarının gece veya gündüz kontrolü sağlanacaktır. Fotosel rölesi, fotosel sensörü, sigorta ve lamba elemanları kullanılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.127: Fotosel rölesi bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Fotosel göz	İki kablolu, standart model	1 adet
Fotosel rölesi	Standart model	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm² kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, fotosel gözü ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. 16A tek faz sigorta ve fotosel rölesini W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.127'de görülen şemaya uygun olarak kablo bağlantılarını yapınız.
6. Fotosel rölesi aydınlık şiddeti ayarını minimuma (gece) getiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde fotosel rölesine enerji veriniz.
8. Aydınlıkta lambanın yanıp yanmadığını Tablo 8.8'de ilgili kısma not ediniz.
9. Fotosel göz üzerini karton kutu veya bez yardımıyla kapatıp bekleyiniz (5-45 sn).
10. Lambanın kaç saniye sonra yandığını Tablo 8.8'de ilgili kısma not ediniz.
11. Fotosel gözün üzerini açınız.
12. Lambanın kaç saniye sonra söndüğünü Tablo 8.8'de ilgili kısma not ediniz.
13. Sigortayı açıp röle üzerindeki enerjiyi kesiniz.
14. Fotosel rölesi aydınlık şiddeti ayarını orta (gün ortası) konuma getiriniz.
15. 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
16. Fotosel rölesi aydınlık şiddeti ayarını maksimuma (gündüz) getiriniz.
17. 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
18. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
19. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
20. Elde ettiğiniz sonuçları yorumlatınız.

Tablo 8.8: Fotosel Rölesi Uygulama Sonuçları

VAKİTLER		Lamba			
		İlk enerji uygulandığında		Fotosel karanlıkta (üzeri örtüldüğünde)	Fotosel aydınlıkta (üzeraçıldığında)
Aydınlık şiddeti ayarı	Minimum (gece)	Yanıyor		Yanma süresi: .....sn.	Sönme süresi: .....sn.
		Yanmıyor			
	Orta (öğle)	Yanıyor		Yanma süresi: .....sn.	Sönme süresi: .....sn.
		Yanmıyor			
	Maksimum (gündüz)	Yanıyor		Yanma süresi: .....sn.	Sönme süresi: .....sn.
		Yanmıyor			

SORULAR

1. **Fotosel rölesi üzerinde ışık şiddeti ayarı olmasının amacı nedir? Kısaca açıklayınız.**
2. **Aydınlık şiddeti ayarı minimumdayken fotosel gözün üzeri kapatıldığında lambanın belirli bir süre sonunda yanmasının sebebi nedir? Araştırıp kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	**10**	
Numarası		**3.** Fotosel ayarlarını yaptı.	**10**	
İmza		**4.** İlk enerji uygulandığında lambanın durumunu gözledi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** Fotosel karanlıktayken yanma sürelerini gözledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Fotosel aydınlıktayken sönme sürelerini gözledi.	**15**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**20**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.2. UYGULAMA HAREKET SENSÖRLÜ AYDINLATMA KONTROLÜ

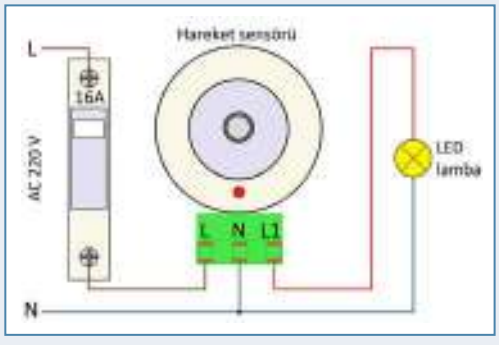
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Hareket sensörü kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.128'de hareket sensörü bağlantıları görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek hareket sensörlü aydınlatma elemanıyla gece veya gündüz aydınlatma kontrolü sağlanacaktır. Hareket sensörü, sigorta ve lamba elemanları kullanılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.128: Hareket sensörü bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Hareket sensörü	180° açılı aydınlık şiddetine sahip zaman ayarlı model	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, hareket sensörü ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W LED lambayı E27 duya takınız.

5. Görsel 8.128'de görülen şemaya uygun olarak kablo bağlantılarını yapınız.
6. Hareket sensörü aydınlık şiddeti ayarını minimuma (gece) getiriniz.
7. Hareket sensörü zaman ayarını minimuma getiriniz.
8. Öğretmen kontrolünde hareket sensörüne enerji veriniz.
9. Hareket sensörünün önünden çekilip lambanın sönmesini bekleyiniz.

NOT

Hareket sensörüne enerji verildiği anda röle kontakları çeker ve lamba yanar. Uygulamaya başlamadan önce lambanın sönmesini bekleyiniz.

Tablo 8.9: Hareket Sensörü Uygulama Sonuçları

Vakitler	Minimum (gece)	Orta (öğle)	Maksimum (gündüz)
Lamba Yanma Süresi	..... saniye	..... saniye	..... saniye

10. Lamba sönükken hareket sensörünün görüş alanından geçiniz.
11. Lambanın kaç saniye yandığını Tablo 8.9'da ilgili kısma not ediniz.
12. Sigortayı açıp sensör üzerindeki enerjiyi kesiniz.
13. Hareket sensörü aydınlık şiddeti ayarını orta (gün ortası) konuma getiriniz.
14. 8, 9, 10, 11 ve 12. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
15. Hareket sensörü aydınlık şiddeti ayarını maksimuma (gündüz) getiriniz.
16. 8, 9, 10, 11 ve 12. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
17. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
18. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
19. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

SORULAR

1 **Hareket sensörünün üzerinde zaman ayarı olmasının amacı nedir? Kısaca açıklayınız.**

2. **Aydınlık şiddeti ayarı minimumdayken hareket sensörü görüş açısından geçildiği hâlde lamba yanmıyorsa bunun sebebi nedir? Araştırıp kısaca açıklayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		1. Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		2. Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	10	
Numarası		3. Hareket sensörünün gerekli ayarlarını yaptı.	10	
İmza		4. Minimum (gece) süresinde lamba kontrolü yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		5. Orta (öğlen) süresinde lamba kontrolü yaptı.	15	
Adı-Soyadı		6. Maksimum (gündüz) süresinde lamba kontrolü yaptı.	15	
Tarih		7. Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	20	
Saat		8. Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

8.3. UYGULAMA ZAMAN RÖLESİYLE AYDINLATMA KONTROLÜ

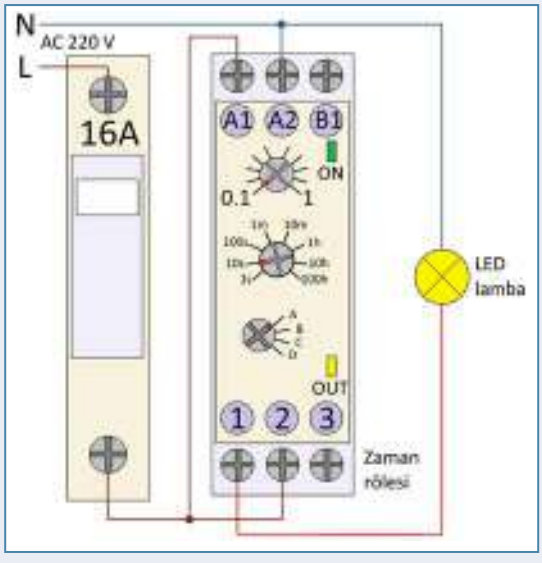
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Zaman rölesini çekmede gecikmeli fonksiyonunda çalıştırarak aydınlatma kontrolü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.129'da zaman rölesinin çekmede gecikmeli fonksiyon ayarı ve klemens bağlantıları görülmektedir. Zaman rölesinin çeşitli fonksiyonları kullanılarak röle üzerindeki klemens etiketlerine göre çalışma fonksiyonu ayarları ve aydınlatma kontrolleri yapılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek zaman rölesiyle ayarlanan süre boyunca ve istenilen fonksiyonda aydınlatma kontrolü sağlanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.129: Zaman rölesi bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Zaman rölesi	Çok fonksiyonlu	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W, LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı ve zaman rölesini W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.129'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Zaman çarpan ayarını "0,1" konumuna getiriniz.
7. Zaman dilimi ayarını "10s" konumuna getiriniz.
8. Fonksiyon ayarını "A" konumuna getiriniz.
9. Öğretmen kontrolünde zaman rölesine enerji veriniz.
10. Lambanın kaç saniye sonra yandığını Tablo 8.10'da ilgili kısma not ediniz.
11. Sigortayı açıp zaman rölesi üzerindeki enerjiyi kesiniz.
12. Zaman çarpan ayarını sırasıyla "0,3", "0,4", "0,5", "0,6", "0,7", "0,8", "0,9" ve "1"konumlarına getirip her konum için 9, 10 ve 11. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
13. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
14. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
15. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.10: Çok Fonksiyonlu Zaman Rölesi Uygulama Sonuçları

Zaman çarpanı	Lambanın yanma süresi	Zaman çarpanı	Lambanın yanma süresi
0,1		0,6	
0,2		0,7	
0,3		0,8	
0,4		0,9	
0,5		1,0	

SORULAR

1. **Zaman rölesi üzerinde zaman çarpanı ayarı olmasının amacı nedir? Yorumlayınız.**
2. **Fonksiyon "B" konumuna alınarak çalışma yapılsaydı ne değişirdi? Yorumlayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	**10**	
Numarası		**3.** Zaman dilimi ayarını doğru şekilde yaptı.	**10**	
İmza		**4.** Fonksiyon ayarını doğru şekilde yaptı.	**5**	
ÖĞRETMEN		**5.** Zaman çarpanlarını sırasıyla ayarladı.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Her zaman çarpanına göre lamba yanmasını gözledi.	**25**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**20**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.4. UYGULAMA RENK SENSÖRLÜ AYDINLATMA KONTROLÜ

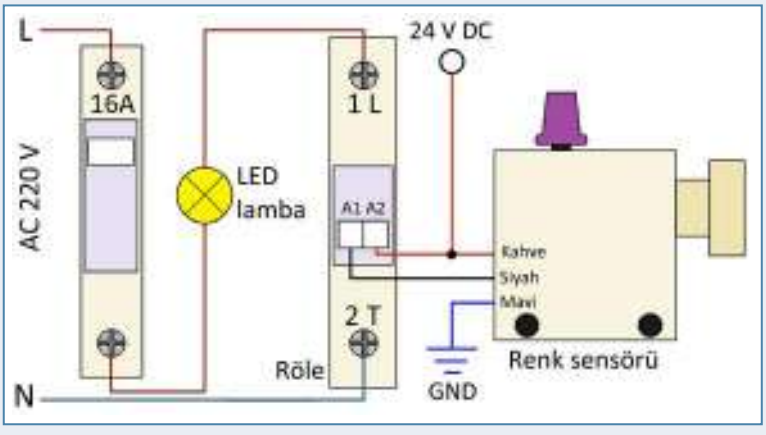
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Renk sensörü kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.130'da renk sensörü bağlantıları görülmektedir. Renk sensörü, ayarlandığı rengi algılayınca çıkış verir. Sensör önüne ayarlanan renkte nesne bırakılırsa sürekli çıkış verir. Renk sensörünün kullanım kılavuzundan teknik özelliklerin incelenmesi gerekir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek renk sensörüyle ayarlanan renk algılandığında aydınlatma kontrolü sağlanacaktır. Renk sensörü, katı hâl rölesi, sigorta ve lamba elemanları kullanılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.130: Renk sensörü bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Renk sensörü	Renk ayarlı model	1 adet
Katı hâl rölesi (SSR)	Ray tipi	1 adet
DC güç kaynağı	24 V DC	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Nesne	Kırmızı, yeşil, mavi ve sarı renkli	Birer adet
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, renk sensörünü ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigorta ve katı hâl rölesini W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.130'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Renk sensörünü kırmızı renk moduna getiriniz.
7. Renk sensörünü 24 V DC güç kaynağına bağlayınız.
8. Öğretmen kontrolünde katı hâl rölesine enerji veriniz.
9. Renk sensörüne kırmızı (ayarlanan) nesneyi yaklaştırınız (30-60 mm).
10. Lambanın yanıp yanmadığını Tablo 8.11'de ilgili kısma not ediniz.
11. Nesneyi renk sensöründen uzaklaştırınız.
12. Sigortayı açıp katı hâl rölesi üzerindeki enerjiyi kesiniz.
13. Tablo 8.11'de görülen yeşil, mavi ve sarı renklere uygun olacak şekilde renk sensörü ayarını sırasıyla yapınız.
14. 8, 9, 10, 11, 12 ve 13. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
15. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
16. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
17. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.11: Renk Sensörü Uygulama Sonuçları

Renk	Lamba	
	Yanıyor (30-60 mm)	Yanmıyor
Kırmızı		
Yeşil		
Mavi		
Sarı		

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	5	
Numarası		**3.** Kırmızı renkli nesne ile lamba uygulamasını yaptı.	15	
İmza		**4.** Yeşil renkli nesne ile lamba uygulamasını yaptı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Mavi renkli nesne ile lamba uygulamasını yaptı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Sarı renkli nesne ile lamba uygulamasını yaptı.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	20	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

8.5. UYGULAMA SES SENSÖRLÜ AYDINLATMA KONTROLÜ

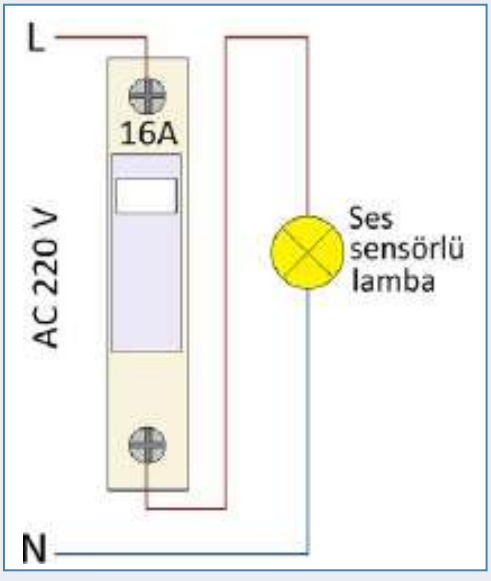
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Ses sensörlü lamba kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.131'de ses sensörlü lamba bağlantıları görülmektedir. Ses sensörü, ayarlandığı sesi algılayınca çıkış verir. Sensör önüne ses yansıması geldiğinde sürekli çıkış verir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek ses sensörüyle ayarlanan ses şiddeti seviyesi algılandığında aydınlatma kontrolü sağlanacaktır. Ses sensörlü lamba ve sigorta elemanları kullanılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.131: Ses sensörlü lamba bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Ses sensörlü lamba	220 V AC	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Ses kaynağı	Ses üreteci, alkış sesi vb.	1 adet
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. Ses sensörlü lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.131'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Öğretmen kontrolünde ses sensörlü lambaya enerji veriniz.
7. Lamba sönükken alkış veya ses üreteci ile ses sensörünü tetikleyiniz.
8. Ses sensörü tetiklenmiyorsa alkışın veya ses üretecin şiddetini arttırınız.
9. Lambanın yanıp yanmadığını Tablo 8.12'de ilgili kısma not ediniz.
10. Lamba yanarken alkış ile ses sensörünü tetikleyiniz.
11. Lambanın sönüp sönmediğini Tablo 8.12'de ilgili kısma not ediniz.
12. Sigortayı açıp ses sensörlü lamba üzerindeki enerjiyi kesiniz.
13. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
14. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
15. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.12: Ses Sensörlü Lamba Uygulama Sonuçları

Ses üreteci (kaynağı)	Lamba		Lamba yanma şiddeti	Lamba yanma süresi
	Yanıyor	Yanmıyor		
Ses yokken				
Ses minimum düzeydeyken				
Ses orta düzeydeyken				
Ses maksimum düzeydeyken				

SORULAR

1. **Ses sensörlü lambanın aydınlatma kontrolünde ne gibi avantajları vardır?**
2. **Ses şiddeti ile lambanın yanma şiddeti arasında nasıl bir ilişki vardır?**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	**5**	
Numarası		**3.** Ses yokken lambanın çalışma durumunu gözledi.	**15**	
İmza		**4.** Ses minimumken lambanın çalışma durumunu gözledi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** Ses ortadayken lambanın çalışma durumunu gözledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Ses maksimumken lambanın çalışma durumunu gözledi.	**15**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**20**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**… / 100**	

8.6. UYGULAMA DOKUNMATİK ANAHTARLA AYDINLATMA KONTROLÜ

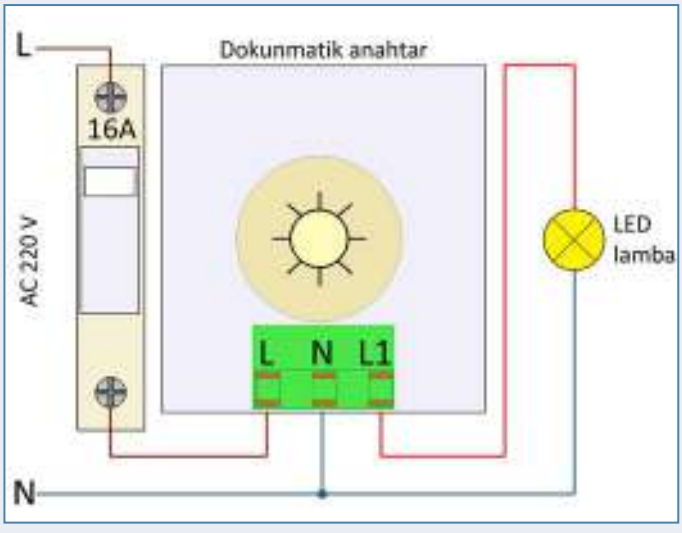
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Dokunmatik anahtar kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.132'de dokunmatik anahtar bağlantısı verilmiştir. Anahtar üzerindeki dokunmatik alana kapasitif bir nesne değdiğinde anahtar konum değiştirir, açıksa kapanır, kapalıysa açılır. Anahtar üzerindeki klemens etiketlerine göre bağlantı yapılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek dokunmatik anahtarla aydınlatma kontrolü sağlanacaktır. Dokunmatik anahtar, sigorta ve lamba kullanılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.132: Dokunmatik anahtar bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Dokunmatik anahtar	Kapasitif sensörlü	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W, LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. W otomat rayını mdf plaka üzerine vidalayınız.
2. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
3. Anahtar kasasını mdf plaka üzerine vidalayınız.
4. E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
5. 12 W LED lambayı E27 duya takınız.
6. Görsel 8.132'de görülen şemaya uygun olarak kablo bağlantılarını yapınız.
7. Dokunmatik anahtarı anahtar kasasına yerleştiriniz.
8. İş güvenliği önlemlerine dikkat ederek anahtara sigorta üzerinden enerji veriniz.
9. Lamba sönükken dokunmatik anahtara parmağınızı temas ettiriniz.
10. Lambanın yanıp yanmadığını Tablo 8.13'teki alana not ediniz.
11. Lamba yanarken dokunmatik anahtara parmağınızı temas ettiriniz.
12. Lambanın sönüp sönmediğini Tablo 8.13'teki alana not ediniz.
13. Sigortayı açıp anahtar üzerindeki enerjiyi kesiniz.
14. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
15. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

Tablo 8.13: Dokunmatik Anahtar Uygulama Sonuçları

Lambanın durumu	Dokunmatik anahtara parmak teması	Lamba	
		Yanıyor	Yanmıyor
Lamba sönükken	Parmak teması yok		
	Parmak teması var		
Lamba yanarken	Parmak teması yok		
	Parmak teması var		

SORULAR

1. **Dokunmatik anahtarın çalışma prensibini açıklayınız.**
2. **Dokunmatik anahtar üzerinde parmak sürekli kalırsa ya da anahtara birkaç kez dokunulup bırakılırsa lamba nasıl tepki verir?**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		1. Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		2. Devre elemanların montaj işlemlerini düzgün şekilde yaptı.	10	
Numarası		3. Devre elemanların kablo bağlantılarını doğru yaptı.	10	
İmza		4. Anahtara dokunarak lamba çalışmasını gözledi.	15	
ÖĞRETMEN		5. Anahtardan elini çekerek lambanın söndüğünü gözledi.	15	
Adı-Soyadı		6. Anahtara birkaç kez dokunup bırakarak çalışmayı gözledi.	15	
Tarih		7. Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	20	
Saat		8. Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

8.7. UYGULAMA DİMMER ANAHTARLA AYDINLATMA KONTROLÜ

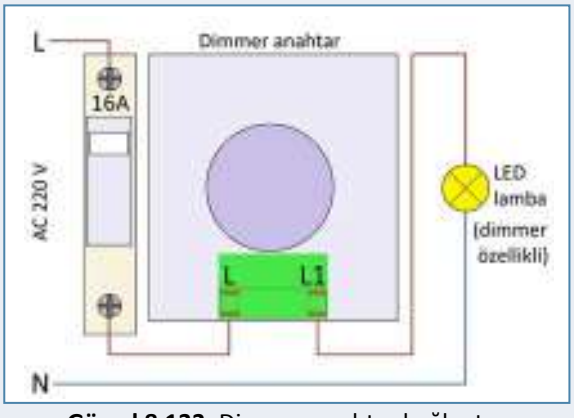
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Dimmer anahtar kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.133'te dimmer anahtar bağlantıları görülmektedir. Dimmer anahtar, üzerindeki pot yardımıyla çıkışındaki gerilimin ayarlandığı bir anahtardır. Özellikle lambanın parlaklığını ayarlamada kullanılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek dimmer anahtarla lamba parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Dimmer anahtar, sigorta ve lamba kullanılacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.133: Dimmer anahtar bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Dimmer anahtar	Manuel ayarlı model	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W dimmerli LED lamba, 100 W halojen	2 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

NOT

Hareket sensörüne enerji verildiği anda röle kontakları çeker ve lamba yanar. Uygulamaya başlamadan önce lambanın sönmesini bekleyiniz.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, anahtar kasasını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W dimmerli LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.133'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Dimmer anahtarı anahtar kasasına yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde dimmer anahtara enerji veriniz.
8. Ayar potunu sağa doğru sonuna kadar çeviriniz.
9. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.14'te ilgili kısma not ediniz.
10. Ayar potunu sola doğru sonuna kadar çeviriniz.
11. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.14'te ilgili kısma not ediniz.
12. Sigortayı açıp dokunmatik anahtar üzerindeki enerjiyi kesiniz.
13. 12 W dimmerli LED lambayı söküp 100 W halojen lambayı E27 duya takınız.
14. 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
15. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
16. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
17. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.14: Dimmer Anahtar Uygulama Sonuçları

Dimmer anahtar ayar potu	12 W LED Lamba parlaklığı		100 W halojen lamba parlaklığı	
	Artıyor	Azalıyor	Artıyor	Azalıyor
Sağa doğru çevrilirken				
Sola doğru çevrilirken				

SORULAR

1. **Dimmer anahtarın çalışma prensibini açıklayınız.**
2. **Dimmer anahtar devresine LED filament ampul bağlanabilir mi? Yorumlayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	10	
Numarası		**3.** 12 W lambanın parlaklığının arttığını dimmer ile gözledi.	15	
İmza		**4.** 12 W lambanın parlaklığının azaldığını dimmer ile gözledi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** 100 W lambanın parlaklığının arttığını dimmer ile gözledi.	15	
Adı-Soyadı		**6.** 100 W lambanın parlaklığının azaldığını dimmer ile gözledi.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	15	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

8.8. UYGULAMA — RF DİMMERLİ AYDINLATMA KONTROLÜ

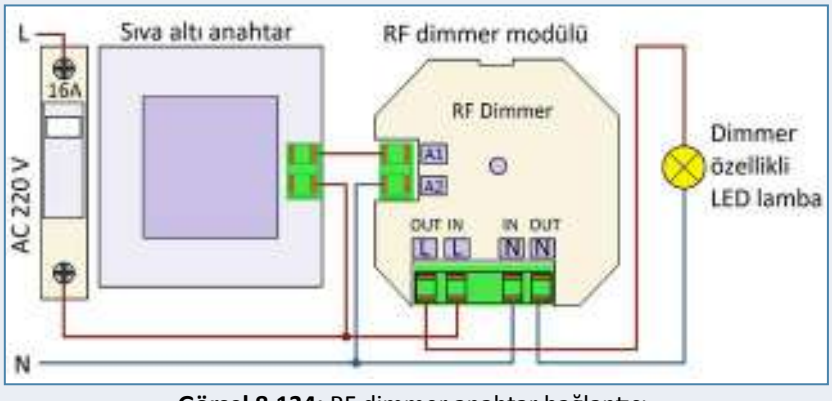
Süre: 40 dk.

AMAÇ

RF dimmer modülü kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.134'te RF dimmer anahtar bağlantıları görülmektedir. RF dimmerle buton veya RF uzaktan kumanda kullanılarak lamba parlaklığının kontrolü sağlanır. Butona tek sefer basılıp bırakıldığında lamba yanar veya söner. RF dimmer ON/OFF olarak çalışır ancak hafızasındaki son parlaklık seviyesine göre lambayı yakar. Butona basılı tutulduğunda lamba parlaklığı yüksekse azalır, düşükse artar. Uzaktan kumandayla kontrol edilirken tuşun fonksiyonuna göre parlaklık kontrolü yapılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek RF dimmer modülü ve buton kullanılıp lamba parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.134: RF dimmer anahtar bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
RF dimmer modülü	2,4 GHz	1 adet
RF kumanda	2,4 GHz RF dimmer modülüne uygun	1 adet
Buton	Zil butonu	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W dimmerli LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, anahtar kasasını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W dimmerli LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.134'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Buton ve RF dimmer modülünü anahtar kasasına yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde RF dimmer modülüne enerji veriniz.
8. Lamba sönükken butona basıp bırakınız.
9. Lambanın yanıp yanmadığını Tablo 8.15'te ilgili kısma not ediniz.
10. Lamba yanarken butona basıp bırakınız.
11. Lambanın sönüp sönmediğini Tablo 8.15'te ilgili kısma not ediniz.
12. Lamba sönükken butona parmağınızı basılı tutunuz.
13. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.16'da ilgili kısma not ediniz.
14. Düğmeyi bırakınız.
15. Lamba yanarken butona parmağınızı basılı tutunuz.
16. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.16'da ilgili kısma not ediniz.
17. Lambayı söndürünüz.
18. RF kumandadan %25 parlaklık düğmesine basınız.
19. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.17'de ilgili kısma not ediniz.
20. RF kumandadan sırasıyla %50, %75 ve %100 parlaklık düğmesine basınız.
21. Lambanın parlaklık durumlarını Tablo 8.17'de ilgili kısma not ediniz.
22. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
23. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
24. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.15: RF Dimmer 1. Uygulama Sonuçları

Lambanın durumu	Butona basıp bırakma	12 W LED lamba	
		Yanıyor	Yanmıyor
Lamba sönükken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		
Lamba yanarken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		

Tablo 8.16: RF Dimmer 2. Uygulama Sonuçları

Lambanın durumu	Butona basıp bırakma	12 W LED lamba parlaklığı	
		Yanıyor	Yanmıyor
Lamba sönükken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		
Lamba yanarken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		

Tablo 8.17: RF Dimmer 3. Uygulama Sonuçları

RF Kumanda	12 W LED Lamba Parlaklığı	
	Artıyor	Azalıyor
%25		
%50		
%75		
%100		

SORULAR

1. **Butona basılıp bırakıldığında veya basılı tutulduğunda RF dimmerin çalışmasındaki değişimi yorumlayınız.**
2. **RF kumandanın aydınlatma kontrolünde ne gibi avantajları vardır?**
3. **RF dimmerin klemens bağlantıları ters olarak bağlansaydı devre nasıl çalışırdı?**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	**10**	
Numarası		**3.** Butona basılırken lambanın çalışmasını gözlemledi.	**15**	
İmza		**4.** Butondan elini çektiğinde lambanın çalışmasını gözlemledi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** RF kumanda min. ve max. durumundayken lambayı gözledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** RF kumandayı belirli kademelere aldığında lambayı gözledi.	**15**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**15**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.9. UYGULAMA IR DİMMERLİ AYDINLATMA KONTROLÜ

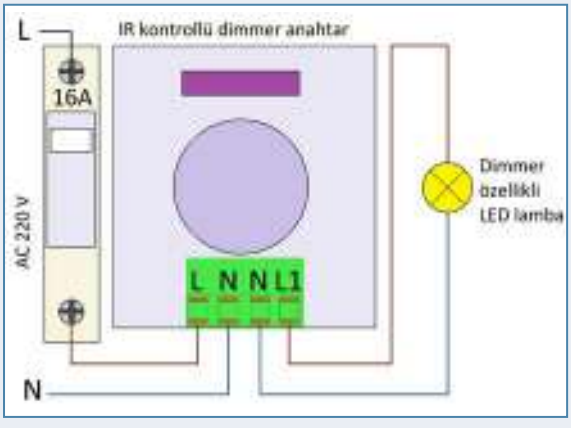
Süre: 40 dk.

AMAÇ

IR dimmer anahtarı kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.135'te IR dimmer bağlantıları görülmektedir. IR dimmerle ayarlanabilir düğme veya IR uzaktan kumanda kullanılarak lamba parlaklığının kontrolü sağlanır. Lambanın parlaklığı, anahtar üzerindeki ayar potu sola doğru döndürüldüğünde azalırken sağa doğru döndürüldüğünde artar. Uzaktan kumandayla kontrol edilirken tuşun fonksiyonuna göre parlaklık kontrolü yapılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek IR dimmer anahtarıyla lamba parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.135: IR dimmer bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
IR dimmer anahtarı	Manuel ayarlı model	1 adet
IR kumanda	IR dimmer anahtarına uygun	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W dimmerli LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, anahtar kasasını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W dimmerli LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.135'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. IR dimmer anahtarı anahtar kasasına yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde IR dimmer anahtara enerji veriniz.
8. Ayar potunu sağa doğru sonuna kadar çeviriniz.
9. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.18'de ilgili kısma not ediniz.
10. Ayar potunu sola doğru sonuna kadar çeviriniz.
11. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.18'de ilgili kısma not ediniz.
12. IR kumandadan %20 parlaklık düğmesine basınız.
13. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.19'da ilgili kısma not ediniz.
14. IR kumandadan sırasıyla %40, %60 ve %80 parlaklık düğmelerine basınız.
15. Lambanın parlaklık durumlarını Tablo 8.19'da ilgili kısma not ediniz.
16. IR kumandadan flash düğmesine basınız.
17. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.19'da ilgili kısma not ediniz.
18. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
19. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
20. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.18: IR Dimmer 1. Uygulama Sonuçları

IR dimmer anahtar ayar potu	12 W LED lamba parlaklığı	
	Artıyor	Artıyor
Sağa doğru çevrilirken		
Sola doğru çevrilirken		

Tablo 8.19: IR Dimmer 2. Uygulama Sonuçları

RF Kumanda	12 W LED lamba parlaklığı	
	Artıyor	Azalıyor
%20		
%40		
%60		
%80		
Flash		

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	10	
Numarası		**3.** IR dimmer anahtar ile lamba parlaklık ayarını yaptı.	10	
İmza		**4.** %20 parlaklık düğmesi ile lambanın parlaklığını gözledi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Diğer parlaklık düğmeleri ile lambanın parlaklığını gözledi.	20	
Adı-Soyadı		**6.** Flash düğmesi ile lamba parlaklığını gözledi.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	15	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

8.10. UYGULAMA BLUETOOTH DİMMERLİ AYDINLATMA KONTROLÜ

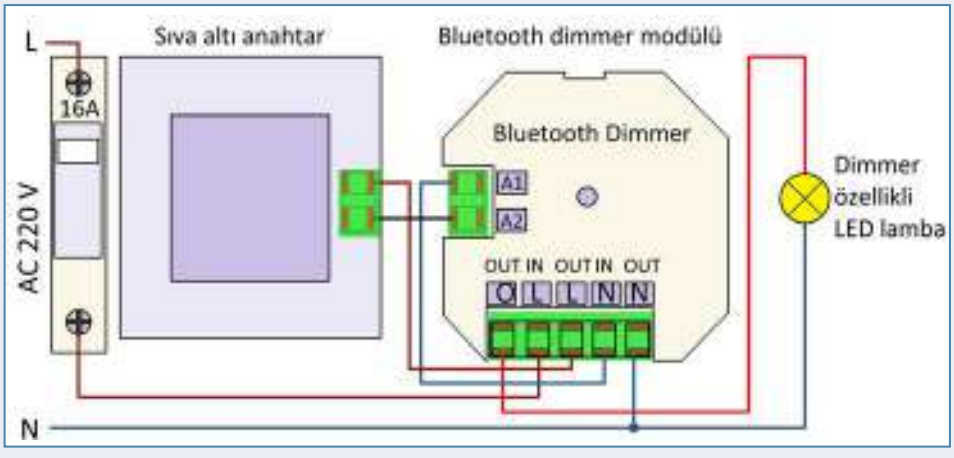
AMAÇ

Süre: 40 dk.

Bluetooth dimmer modülü kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.136'da bluetooth dimmer bağlantıları görülmektedir. Bluetooth dimmerle ayarlanabilir düğme veya akıllı telefon uygulaması üzerinden lamba parlaklığının kontrolü sağlanır. Lambanın parlaklığı, anahtar üzerindeki ayar potu sola doğru döndürüldüğünde azalırken sağa doğru döndürüldüğünde artar. Akıllı telefona yüklenen uygulamanın fonksiyonlarına göre parlaklık kontrolü yapılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek bluetooth dimmer modülüyle lamba parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.136: Bluetooth dimmer bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Bluetooth dimmer modülü	Manuel ayarlı model	1 adet
Akıllı telefon	Uygulamayı çalıştıracak işletim sistemli	1 adet
Buton	Zil butonu	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W dimmerli LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, anahtar kasasını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W dimmerli LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.136'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Buton ve bluetooth dimmer modülü anahtar kasasına yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde bluetooth dimmer modülüne enerji veriniz.
8. Lamba sönükken butona basıp bırakınız.
9. Lambanın yanıp yanmadığını Tablo 8.20'de ilgili kısma not ediniz.
10. Lamba yanarken butona basıp bırakınız.
11. Lambanın sönüp sönmediğini Tablo 8.20'de ilgili kısma not ediniz.
12. Lamba sönükken butona parmağınızı basılı tutunuz.
13. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.21'de ilgili kısma not ediniz.
14. Düğmeyi bırakınız.
15. Lamba yanarken butona parmağınızı basılı tutunuz.
16. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.21'de ilgili kısma not ediniz.
17. Akıllı telefona dimmer anahtarın uygulamasını indirip yükleyiniz.
18. Akıllı telefonun bluetooth işlevini açınız.
19. Bluetooth dimmer anahtarla akıllı telefonu eşleştiriniz.
20. Dimmer uygulamasını çalıştırınız.
21. Uygulamadaki "Lambayı yak." seçeneğini aktif hâle getiriniz.
22. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.22'de ilgili kısma not ediniz.
23. Uygulamadaki "Lambayı söndür." seçeneğini aktif hâle getiriniz.
24. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.22'de ilgili kısma not ediniz.
25. Uygulamadaki parlaklık çubuğunu arttırınız.
26. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.22'de ilgili kısma not ediniz.
27. Uygulamadaki parlaklık çubuğunu azaltınız.
28. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.22'de ilgili kısma not ediniz.
29. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
30. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
31. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.20: Bluetooth Dimmer 1. Uygulama Sonuçları

Lambanın durumu	Butona basıp bırakma	12 W LED lamba	
		Yanıyor	Yanmıyor
Lamba sönükken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		
Lamba yanarken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		

Tablo 8.21: Bluetooth Dimmer 2.Uygulama Sonuçları

Lambanın durumu	Butona basıp bırakma	12 W LED lamba parlaklığı	
		Yanıyor	Yanmıyor
Lamba sönükken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		
Lamba yanarken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		

Tablo 8.22: Bluetooth Dimmer 2.Uygulama Sonuçları

Akıllı telefon uygulaması	12 W LED lamba parlaklığı			
	Artıyor	Azalıyor	Yanıyor	Sönüyor
Yak aktif				
Söndür aktif				
Parlaklık çubuğu artarken				
Parlaklık çubuğu azalırken				

SORULAR

1. **Bluetooth dimmer anahtarda ayarlı pot kullanılmasının sebebi nedir?**
2. **Akıllı telefonun aydınlatma kontrolünde ne gibi avantajları vardır?**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	5	
Numarası		**3.** Butona basılı tutulurken lambanın çalışmasını gözledi.	15	
İmza		**4.** Butondan elini çektiğinde lambanın çalışmasını gözledi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Akıllı telefon ile lambanın aç-kapa kontrolünü sağladı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Akıllı telefon ile lambanın parlaklığını ayarladı.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	20	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.11. UYGULAMA Wi-Fi DİMMERLİ AYDINLATMA KONTROLÜ

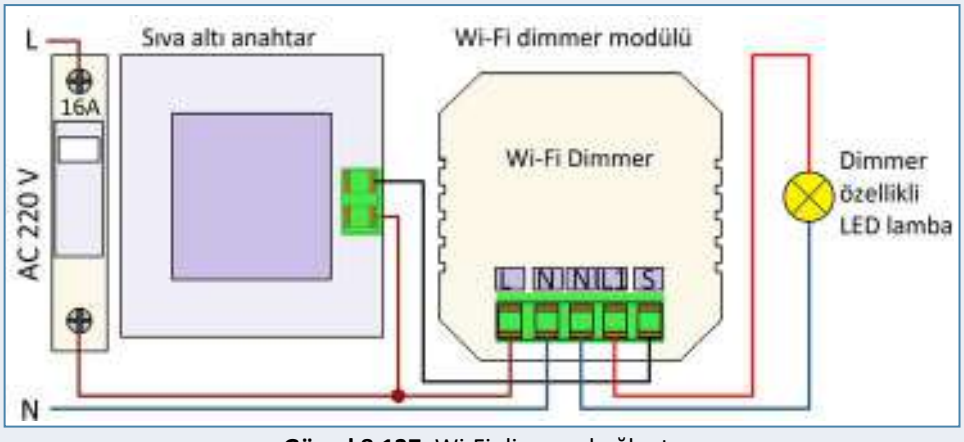
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Wi-Fi dimmer modülü kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.137'de Wi-Fi dimmer bağlantıları görülmektedir. Wi-Fi dimmerle buton veya akıllı telefon uygulaması üzerinden lamba parlaklığının kontrolü sağlanır. Butona tek sefer basılıp bırakıldığında lamba yanar veya söner. Butona basılı tutulduğunda lamba parlaklığı yüksekse azalır, düşükse artar. Dimmer, akıllı telefona yüklenen uygulamayla veya web üzerinden kontrol edilir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek Wi-Fi dimmer modülü yardımıyla lamba parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.137: Wi-Fi dimmer bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Wi-Fi dimmer anahtarı	Butonlu model	1 adet
Akıllı telefon	Uygulamayı çalıştıracak işletim sistemli	1 adet
Router	2.4 GHz Wi-Fi, 802.11 b/g/n Protokol	1 adet
Buton	Zil butonu	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W dimmerli LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	**2 m**
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, anahtar kasasını ve E27 duyu mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. 12 W dimmerli LED lambayı E27 duya takınız.
5. Görsel 8.137'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Buton ve Wi-Fi dimmer modülü anahtar kasasına yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde Wi-Fi dimmer modüle enerji veriniz.
8. Lamba sönükken butona basıp bırakınız.
9. Lambanın yanıp yanmadığını Tablo 8.23'te ilgili kısma not ediniz.
10. Lamba yanarken butona basıp bırakınız.
11. Lambanın sönüp sönmediğini Tablo 8.23'te ilgili kısma not ediniz.
12. Lamba sönükken butonu basılı tutunuz.
13. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.24'te ilgili kısma not ediniz.
14. Düğmeyi bırakınız.
15. Lamba yanarken butonu basılı tutunuz.
16. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.24'te ilgili kısma not ediniz.
17. Akıllı telefona Wi-Fi dimmer anahtarın uygulamasını indirip yükleyiniz.
18. Akıllı telefonun Wi-Fi işlevini açınız.
19. Dimmer uygulamasını çalıştırınız.
20. Wi-Fi dimmer butonuna 10 kez basıp bırakarak eşleştirme moduna alınız (Eşleştirme metodu üretici firmalar arasında farklılık gösterebilir.).
21. Dimmer uygulamasından yeni cihaz taramasını başlatınız.
22. Wi-Fi dimmer anahtarına isim vererek (atölye) kaydediniz.
23. Uygulamadaki "Lambayı yak." seçeneğini aktif hâle getiriniz.
24. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.25'te ilgili kısma not ediniz.
25. Uygulamadaki "Lambayı söndür." seçeneğini aktif hâle getiriniz.
26. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.25'te ilgili kısma not ediniz.
27. Uygulamadaki parlaklık çubuğunu arttırınız.
28. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.25'te ilgili kısma not ediniz.
29. Uygulamadaki parlaklık çubuğunu azaltınız.
30. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.25'te ilgili kısma not ediniz.
31. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
32. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
33. Her bir ölçüm sonucunu yorumlayınız.

Tablo 8.23: Wi-Fi Dimmer 1. Uygulama Sonuçları

Lambanın durumu	Butona basıp bırakma	12 W LED lamba	
		Yanıyor	Yanmıyor
Lamba sönükken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		
Lamba yanarken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		

Tablo 8.24: Wi-Fi Dimmer 2. Uygulama Sonuçları

Lambanın durumu	Butona basıp bırakma	12 W LED lamba parlaklığı	
		Yanıyor	Yanmıyor
Lamba sönükken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		
Lamba yanarken	Butona basılı tutma		
	Butondan elini çekme		

Tablo 8.25: Wi-Fi Dimmer 3. Uygulama Sonuçları

Akıllı telefon uygulaması	12 W LED lamba parlaklığı			
	Artıyor	Azalıyor	Yanıyor	Sönüyor
Yak aktif				
Söndür aktif				
Parlaklık çubuğu artarken				
Parlaklık çubuğu azalırken				

SORULAR

1. **Wi-Fi anahtarda eşleştirme özelliği olmasının sebebi nedir?**
2. **Wi-Fi ağın aydınlatma kontrolünde ne gibi avantajları vardır?**
3. **Uzaktan kontrollü uygulamalarda bağlantıların birbirine göre farklılıklarını yorumlayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	10	
Numarası		**3.** Butona basılı tutulurken lambanın çalışmasını gözledi.	15	
İmza		**4.** Butonu bıraktığında lambanın çalışmasını gözledi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Akıllı telefon ile lambanın açılıp kapanma kontrolünü sağladı.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Akıllı telefon ile lambanın parlaklığını ayarladı.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	15	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	... / 100	

8.12. UYGULAMA KABLOLU SİNYAL YÜKSELTİCİYLE LED AYDINLATMA KONTROLÜ

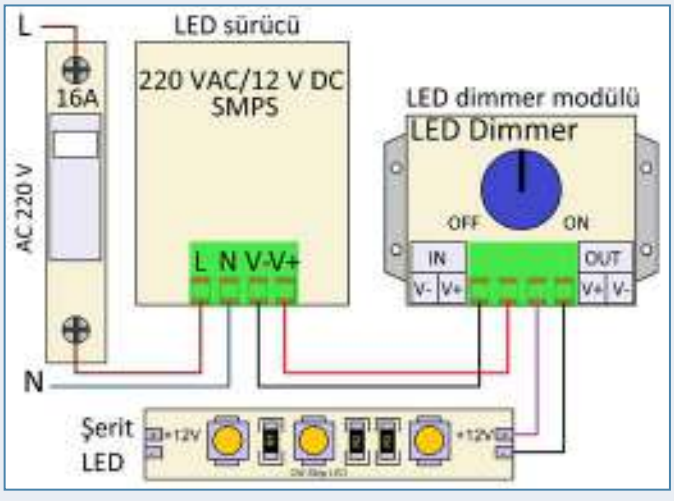
Süre: 40 dk.

AMAÇ

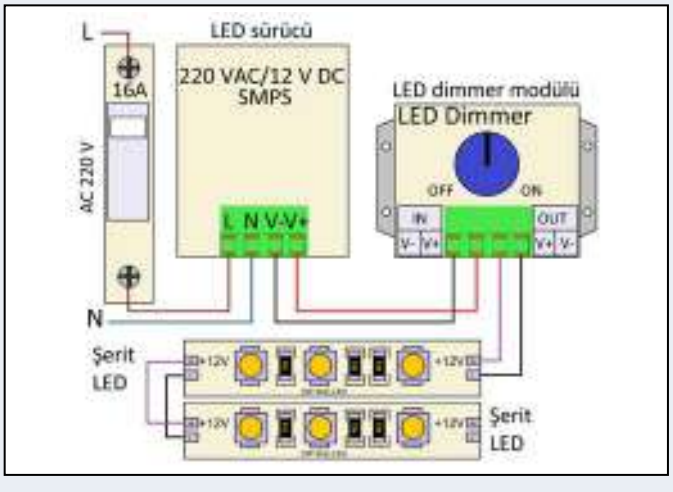
Sinyal yükselteci (repeater) kullanarak şerit LED'lerde aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

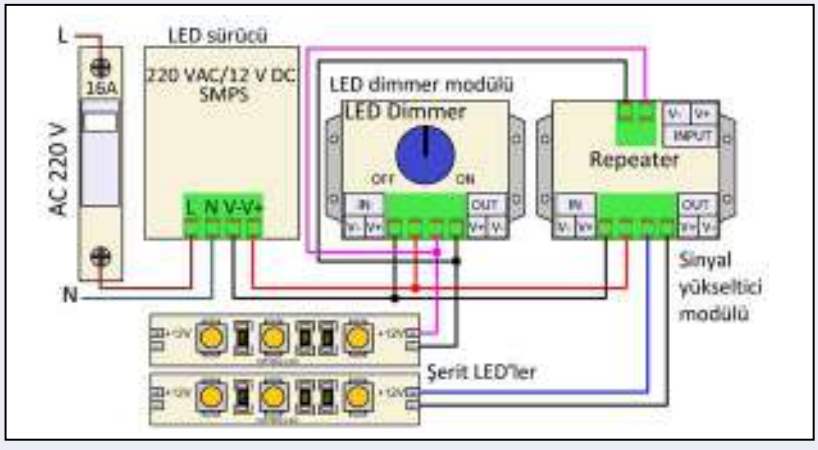
Şerit LED'ler kullanılarak yapılan aydınlatmada şerit LED'in boyu 5 m'yi geçtiğinde LED sürücüde gerilim düşmesi olur ve LED parlaklığı azalır. İkinci 5 m'lik şerit LED bağlanacağı zaman araya sinyal yükselteci bağlanmalıdır. Sinyal yükseltecinin çıkış gücüne göre 5 veya 10 m şerit LED sinyal yükselticiye bağlanabilir. Şerit LED bağlantısı arttıkça sinyal yükselteci sayısı da artar. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek LED dimmer modülü ve sinyal yükseltici kullanılarak şerit LED parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Uygulamada kullanılacak 12 V DC güç kaynağı, LED dimmer modülü, sinyal yükseltici, sigorta ve şerit LED bağlantıları Görsel 8.138, Görsel 8.139 ve Görsel 8.140'ta görülmektedir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve çalışmalarını gözlemleyiniz.



Görsel 8.138: Şerit LED dimmer bağlantısı



Görsel 8.139: İki adet şerit LED dimmer bağlantısı



Görsel 8.140: İki adet şerit LED dimmer sinyal yükseltici bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Wi-Fi dimmer anahtarı	Butonlu model	1 adet
Akıllı telefon	Uygulamayı çalıştıracak işletim sistemli	1 adet
Router	2.4 GHz Wi-Fi, 802.11 b/g/n Protokol	1 adet
Buton	Zil butonu	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Lamba	12 W dimmerli LED lamba	1 adet
Duy	E27 sıva üstü	1 adet
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	**2 m**
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, LED dimmer, DC güç kaynağı ve sinyal yükselticiyi mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. Görsel 8.138'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
5. Öğretmen kontrolünde LED dimmere enerji veriniz.
6. Ayar potunu sağa doğru sonuna kadar çeviriniz.
7. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.26'da ilgili kısma not ediniz.
8. Ayar potunu sola doğru sonuna kadar çeviriniz.
9. Lambanın parlaklık durumunu Tablo 8.26'da ilgili kısma not ediniz.

10. Sigortayı açınız.
11. Görsel 8.139'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
12. 5, 6, 7, 8, 9 ve 10. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
13. Görsel 8.140'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
14. 5, 6, 7, 8, 9 ve 10. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
15. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
16. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
17. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.26: Şerit LED Uygulama Sonuçları

1 paket şerit LED	Şerit LED parlaklığı	
	Artıyor	Azalıyor
Sağa doğru çevrilirken		
Sola doğru çevrilirken		
2 paket şerit LED	**Şerit LED parlaklığı**	
	Artıyor	Azalıyor
Sağa doğru çevrilirken		
Sola doğru çevrilirken		
2 paket şerit LED (Sinyal yükseltici bağlantılı)	**Şerit LED parlaklığı**	
	Artıyor	Azalıyor
Sağa doğru çevrilirken		
Sola doğru çevrilirken		

SORULAR

1. **10 m şerit LED, sinyal yükseltici olmadan bağlanırsa LED parlaklığında neden bir azalma olur? Yorumlayınız.**
2. **Sinyal yükseltici bağlamanın aydınlatma kontrolündeki avantajlarını yorumlayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Yükseltici olmadan devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	10	
Numarası		**3.** Normal 1 paket şerit LED'in parlaklığını ayarladı.	15	
İmza		**4.** Normal 2 paket şerit LED'in parlaklığını ayarladı.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Yükselticili devre bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	10	
Adı-Soyadı		**6.** Bağlantılı 2 paket şerit LED'in parlaklığını ayarladı.	15	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	20	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		**TOPLAM PUAN**	… / 100	

8.13. UYGULAMA RGB KONTROL PANELİYLE AYDINLATMA KONTROLÜ

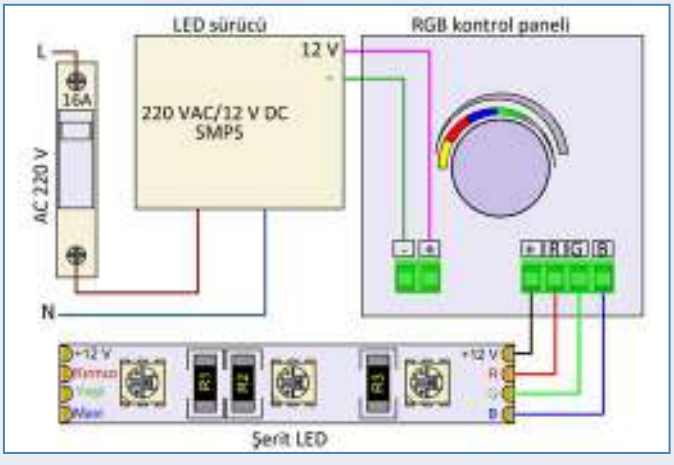
Süre: 40 dk.

AMAÇ

RGB kontrol paneli kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.141'de sonsuz potlu RGB kontrol paneli bağlantıları görülmektedir. RGB kontrol paneliyle RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED ON/OFF, renk ve parlaklık kontrolü sağlanır. Panel üzerinde bulunan sonsuz pota (rotary switch) bir kez basılıp bırakıldığında ON/OFF, iki kez basıp bırakıldığında renk modu, tekrar iki kez basılıp bırakıldığında panel dimmer moduna geçer. Sonsuz pot sağa veya sola döndürülerek RGB şerit LED'in renk veya parlaklığı ayarlanır. RGB kontrol paneli RF uzaktan kumandayla da kontrol edilebilir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek RGB kontrol paneliyle RGB şerit LED parlaklık ve renk kontrolü sağlanacaktır. Devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.141: RGB kontrol panel bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
RGB kontrol paneli	Sonsuz potlu RGB	1 adet
RGB şerit LED	3 çipli, SMD 5050, iç mekân	1 m
Güç kaynağı	12 V SMPS	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde iş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, DC güç kaynağını ve anahtar kasasını mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. Görsel 8.141'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
5. RGB kontrol panelini anahtarı kasasına yerleştiriniz.
6. Öğretmen kontrolünde RGB kontrol paneline enerji veriniz.
7. RGB kontrol panelinin sonsuz anahtarına bir kez basıp bırakınız.
8. RGB şerit LED'deki değişiklik durumunu Tablo 8.27'deki uygun kısma yazınız.
9. Ayar potunu sağa doğru sonuna kadar çeviriniz.
10. RGB şerit LED'deki değişiklik durumunu Tablo 8.27'deki uygun kısma yazınız.
11. Ayar potunu sola doğru sonuna kadar çeviriniz.
12. RGB şerit LED'deki değişiklik durumunu Tablo 8.27'deki uygun kısma yazınız.
13. RGB kontrol paneli sonsuz anahtarına iki kez basıp bırakınız.
14. 9, 10, 11 ve 12. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
15. RGB kontrol paneli sonsuz anahtarına uzun süre basılı tutunuz.
16. RGB şerit LED'deki değişiklik durumunu Tablo 8.27'deki uygun kısma yazınız.
17. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
18. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
19. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.27: Şerit LED Uygulama Sonuçları

Kontrol paneli sonsuz anahtar	RGB şerit LED durumu					
	Yanıyor	Sönüyor	Parlaklık artıyor	Parlaklık azalıyor	Renk değişiyor	Değişim yok
Bir kez basılıp bırakıldığında						
Sağa doğru çevrilirken						
Sola doğru çevrilirken						
İki kez basılıp bırakıldığında						
Sağa doğru çevrilirken						
Sola doğru çevrilirken						
Uzun süre basıldığında						

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devre kablo bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	**10**	
Numarası		**3.** RGB kontrol paneli kablo bağlantılarını doğru yaptı.	**10**	
İmza		**4.** Kontrol paneli anahtarını çeşitli konumlara aldı.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** Anahtarın farklı konumunda LED'in çalışmasını gözledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Anahtarın farklı konumuna göre LED'in durumlarını gözledi.	**15**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**20**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.14. UYGULAMA RF RGB KONTROL PANELİYLE AYDINLATMA KONTROLÜ

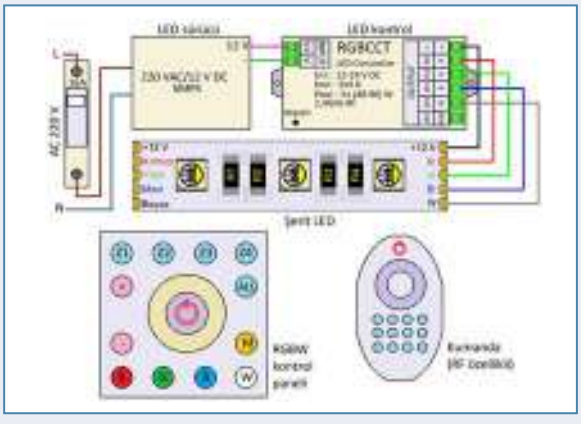
Süre: 40 dk.

AMAÇ

RF RGB kontrol paneli kullanarak aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.142'de RF RGBW kontrol panel bağlantısı görülmektedir. RF RGB kontrol paneliyle RGB, RGBW ve RGBWW şerit LED ON/OFF, renk ve parlaklık kontrolü sağlanır. Panel üzerinde bulunan dokunmatik tuşlara veya renk çemberi üzerinde bulunan renklere dokunularak RGB şerit LED'in renk veya parlaklığı ayarlanır. RF kumandayla kontrol edilebilir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek RF RGBW kontrol paneli kullanılarak RGBW şerit LED parlaklık ve renk kontrolü sağlanacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.142: RF RGBW kontrol panel bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Kontrol paneli	RF dokunmatik RGBW	1 adet
LED sürücü modülü	RF eşleştirme özellikli RGB veya RGBCCT	1 adet
Uzaktan kumanda	RF 2,4 GHz kontrol paneline veya kontrol cihazına uygun	1 adet
RGBW şerit LED	4 çipli, SMD 5050, iç mekân	1 m
Güç kaynağı	12 V SMPS	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Kablo	1,5 mm² kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, bant, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, DC güç kaynağını ve anahtar kasasını mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. RGBW kontrol paneli paketinden çıkan pili RGBW kontrol paneline takınız.
5. Görsel 8.142'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. RGBW kontrol panelini anahtarı kasasına yerleştiriniz.
7. Öğretmen kontrolünde RGBW kontrol paneline enerji veriniz.
8. LED sürücü modülünün teknik dokümanını inceleyip RGBW kontrol paneliyle eşleştiriniz.
9. RGBW kontrol paneli üzerinde sırasıyla bekleme (stand-by), parlaklık arttırma ve parlaklık azaltma sembollerine dokununuz.
10. RGBW şerit LED'lerdeki değişiklikleri Tablo 8.28'deki uygun kısma yazınız.
11. RGBW kontrol paneli üzerindeki renk çemberi sembolü üzerinde elinizi gezdiriniz.
12. RGBW şerit LED'lerdeki değişiklikleri Tablo 8.28'deki uygun kısma yazınız.
13. RF kumanda üzerinde sırasıyla R, G, B, W ve bekleme (stand-by) tuşuna tuşlarına basınız.
14. RGBW şerit LED'lerdeki değişiklikleri Tablo 8.29'daki uygun kısma yazınız.
15. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
16. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
17. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.28: RGB Kontrol Paneli 1. Uygulama Sonuçları

RF kontrol paneli sembollerine dokunulduğunda (dokunmatik tuşlar)	RGB şerit LED durumu					
	Yanıyor	Sönüyor	Parlaklık artıyor	Parlaklık azalıyor	Renk değişiyor	Değişim yok
Bekleme sembolü						
Parlaklık arttırma sembolü						
Parlaklık azaltma sembolü						
Renk çemberi						

Tablo 8.29: RGB Kontrol Paneli 2. Uygulama Sonuçları

RF uzaktan kumanda tuşlarına basıldığında	RGB şerit LED durumu					
	Yanıyor	Sönüyor	Parlaklık artıyor	Parlaklık azalıyor	Renk değişiyor	Değişim yok
R						
G						
B						
W						
Bekleme tuşu						

SORULAR

1. **Bluetooth dimmer anahtarda ayarlı pot kullanılmasının sebebi nedir?**
2. **Akıllı telefonun aydınlatma kontrolünde ne gibi avantajları vardır?**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devre kablo bağlantılarını doğru şekilde yaptı.	**10**	
Numarası		**3.** RF RGB kontrol paneli eşleştirmesini doğru yaptı.	**10**	
İmza		**4.** RF kontrol paneli kontrolleri ile LED'lerin çalışmasını inceledi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** RF kontrol paneli kontrolleri ile LED'lerin renklerini değiştirdi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** RF uzaktan kumanda tuşlarına basarak LED'leri kontrol etti.	**15**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**20**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.15. UYGULAMA SİNYAL YÜKSELTİCİYLE RGB ŞERİT LED AYDINLATMA KONTROLÜ

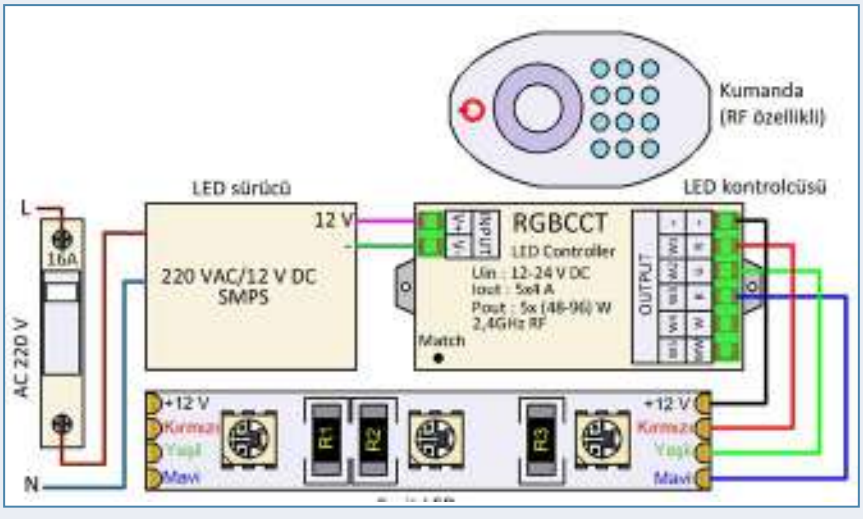
Süre: 40 dk.

AMAÇ

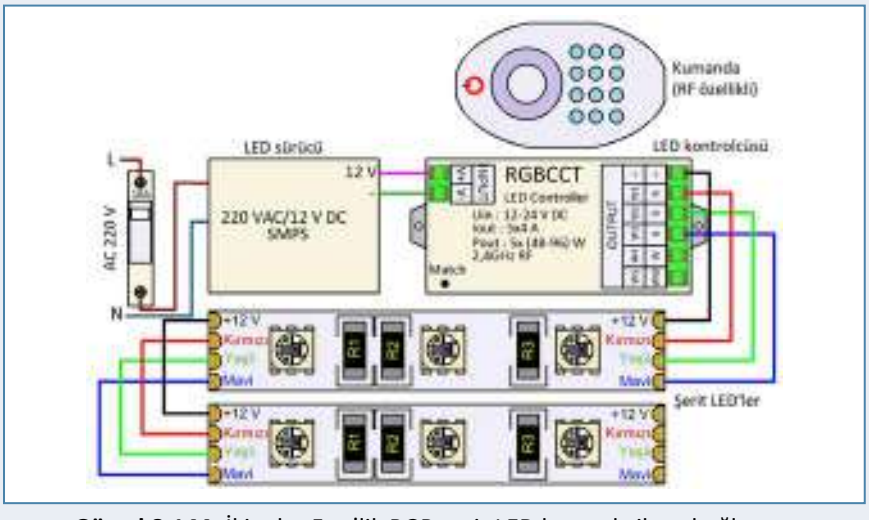
Sinyal yükseltici (repeater) kullanarak RGB şerit LED'lerde aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

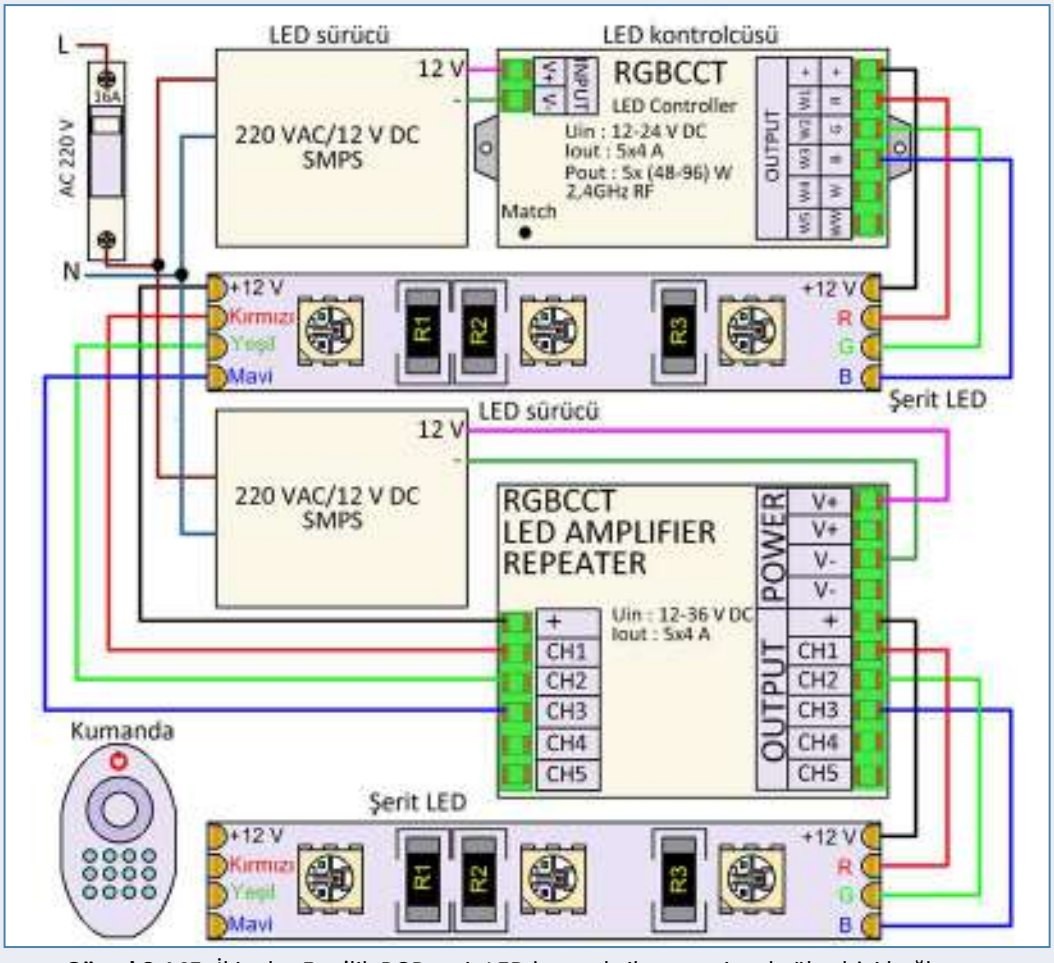
RGB şerit LED'ler kullanılarak yapılan aydınlatmada şerit LED'in boyu 5 m'yi geçtiğinde LED sürücüde gerilim düşmesi sebebiyle LED parlaklıkları azalır. İkinci 5 m'lik şerit LED bağlanacağı zaman araya sinyal yükseltici bağlanması önemlidir. Sinyal yükselticinin çıkış gücüne göre 5 veya 10 m şerit LED, sinyal yükselticiye bağlanabilir. Şerit LED bağlantısı artıkça sinyal yükseltici sayısı da artar. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek RGB veya RGBCCT ve sinyal yükseltici kullanılarak RGB şerit LED parlaklık kontrolü sağlanacaktır. Uygulamada kullanılacak 12 V DC güç kaynağı, LED sürücü modülü, sinyal yükseltici, sigorta ve RGB şerit LED bağlantıları Görsel 8.143, Görsel 8.144 ve Görsel 8.145'te görülmektedir. Buna göre devreleri sırasıyla kurunuz ve çalışmalarını gözlemleyiniz.



Görsel 8.143: Bir adet 5 m'lik RGB şerit LED kontrol cihazı bağlantısı



Görsel 8.144: İki adet 5 m'lik RGB şerit LED kontrol cihazı bağlantısı



Görsel 8.145: İki adet 5 m'lik RGB şerit LED kontrol cihazı ve sinyal yükseltici bağlantısı

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
LED sürücü modülü	RF eşleştirme özellikli RGB veya RGBCCT	1 adet
Uzaktan kumanda	RF 2,4 GHz kontrol paneline veya kontrol cihazına uygun	1 adet
Şerit LED	3 çipli, SMD 5050, iç mekân	2 paket
Sinyal yükseltici	RGB veya RGBCCT	1 adet
Güç kaynağı	12 V SMPS	1 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Anahtar priz kasası	Standart PVC	1 adet
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, DC güç kaynağını, LED sürücü modülünü ve sinyal yükselticiyi mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayı üzerine yerleştiriniz.
4. Görsel 8.143'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
5. Öğretmen kontrolünde LED sürücü modülüne enerji veriniz.
6. RF kumandayla LED sürücüyü eşleştiriniz.
7. RF kumandadan parlaklık arttırma ve azaltma tuşlarına basarak LED parlaklığı maksimuma ve minimuma ayarlayınız.
8. LED'lerin parlaklık durumunu Tablo 8.30'da ilgili kısma not ediniz.
9. Sigortayı açınız.
10. Görsel 8.144'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
11. Öğretmen kontrolünde LED sürücü modülüne enerji veriniz.
12. 7, 8 ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
13. Görsel 8.145'te görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
14. 7, 8 ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
15. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
16. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
17. Çalışma alanınızı temizleyiniz.
18. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.30: RGB Şerit LED Uygulama Sonuçları

1 paket şerit LED	RGB şerit LED parlaklığı	
	Artıyor	Azalıyor
Parlaklık arttırma tuşu		
Parlaklık azaltma tuşu		
2 paket şerit LED	**RGB şerit LED parlaklığı**	
	Artıyor	**Azalıyor**
Parlaklık arttırma tuşu		
Parlaklık azaltma tuşu		
2 paket şerit LED (Repeater bağlantılı)	**RGB şerit LED parlaklığı**	
	Artıyor	**Azalıyor**
Parlaklık arttırma tuşu		
Parlaklık azaltma tuşu		

SORULAR

1. **10 m RGB şerit LED, sinyal yükseltici olmadan bağlandığında LED parlaklığı neden azalır? Yorumlayınız.**
2. **RGB sinyal yükseltici bağlanmasının aydınlatma kontrolünde ne gibi avantajları vardır? Yorumlayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** RGB şerit LED sürücü modül bağlantısını yaptı.	**10**	
Numarası		**3.** İkili RGB şerit LED sürücü modülü bağlantısını yaptı.	**10**	
İmza		**4.** İkili RGB'li LED sürücülü sinyal yükselteçli bağlantıyı yaptı.	**10**	
ÖĞRETMEN		**5.** 1 paket şerit LED'li devrenin LED parlaklıklarını gözlemledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** 2 paket şerit LED'li devrelerin LED parlaklıklarını gözlemledi.	**20**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**20**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.16. UYGULAMA MİKRO KONTROLÖRLÜ KOMÜTATÖR ANAHTAR AYDINLATMA KONTROLÜ

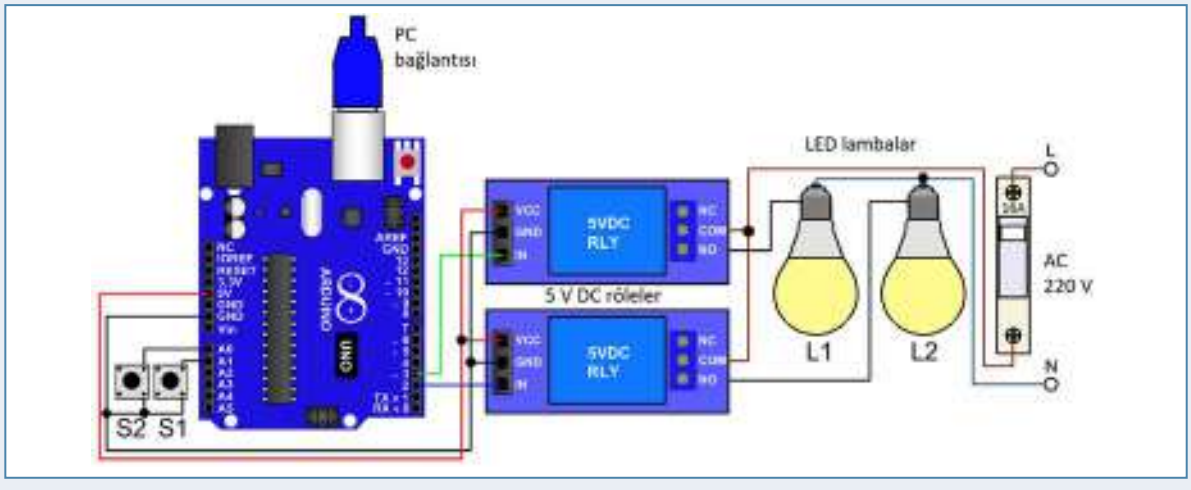
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Mikro kontrolör kullanarak komütatör anahtar çalışma mantığına göre aydınlatma kontrolünü sağlamak.

GÖREV

Görsel 8.146'da mikro kontrolörlü komütatör anahtar aydınlatma kontrol devre bağlantıları görülmektedir. Mikro kontrolör, komütatör anahtar çalışma mantığına uygun yazılım yazılarak komütatör anahtar gibi kullanılır. Mikro kontrolör 5 V DC gerilimde çalıştığından lambalar röle üzerinden çalıştırılır. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek mikro kontrolörün komütatör anahtar olarak çalışmasını sağlayacak donanımı ve yazılımı oluşturulacaktır. Devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.146: Mikro kontrolörlü komütatör anahtar aydınlatma kontrol devre bağlantıları

Devrenin Çalışması: Devreye enerji verildiğinde lambalar sönüktür. S1 butonuna basıldığında L1 lambası yanar. S1 butonu bırakılıncaya kadar mikro kontrolör bekler. İkinci kez S1 butonuna basıldığında L1 lambası söner. S1 butonu bırakılıncaya kadar mikro kontrolör bekler. S2 butonuna basıldığında L2 lambası yanar. S2 butonu bırakılıncaya kadar mikro kontrolör bekler. İkinci kez S2 butonuna basıldığında L2 lambası söner. S2 butonu bırakılıncaya kadar mikro kontrolör bekler.

Devrenin Kod Yazılımı: Tablo 8.31'de ARDUINO UNO kartının kod yazılımları görümektedir.

Tablo 8.31: Devrenin Kontrol Yazılımı

Satır	Kodlar
1	#define artir A0
2	#define azalt A1
3	#define PWM 9
4	int dimdeger=0;
5	void setup()
6	{

```
  pinMode (artir, INPUT_PULLUP);
  pinMode (azalt, INPUT_PULLUP);
  pinMode(PWM, OUTPUT);
  digitalWrite(PWM, LOW);
  Serial.begin(9600);  }
void loop()
 {
 if (!digitalRead(artir))   {
    dimdeger=dimdeger+10;
     if (dimdeger>=250)   {
        dimdeger=250;      }
    analogWrite(PWM, dimdeger);
    Serial.println(dimdeger);
    while(!digitalRead(artir));   }
if (!digitalRead(azalt))  {
    dimdeger=dimdeger-10;
     if (dimdeger<=0)
       {
          dimdeger=0;       }
    analogWrite(PWM, dimdeger);
    Serial.println(dimdeger);
    while(!digitalRead(azalt));
  }
}
```

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Mikro kontrolör	ARDUINO UNO orijinal veya klon	1 adet
PC veya laptop	ARDUINO IDE programı	1 adet
Röle modülü	5 V DC tek kontak	2 adet
Buton	4 pin push buton	2 adet
Güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Lamba	12 W LED lamba	2 adet
Sigorta	230 V, 16 A, tek faz, W otomat	1 adet
Sigorta rayı	W otomat rayı	30 cm
Duy	E27 sıva üstü	2 adet
Breadboard	Mini (170 pin) veya orta (400 pin) boy	1 adet
Paket lastiği	Orta boy	2 adet
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Zil teli	0,5 mm^2	1 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. W otomat rayını, E27 duylarını ve role modüllerini mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. Tek faz sigortayı W otomat rayına ve lambaları duylara yerleştiriniz.
4. ARDUINO UNO'yu breadboard üzerine paket lastiğiyle sabitleyiniz.
5. Butonları breadboard üzerine yerleştiriniz.
6. Görsel 8.146'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
7. Bilgisayarda ARDUINO IDE programını çalıştırınız.
8. Tablo 8.31'de verilen yazılım kodlarını ARDUINO IDE programında yazınız.
9. ARDUINO UNO'yu bilgisayarın USB portuna takınız.
10. ARDUINO IDE programında COM port ayarını yapıp yazılımı ARDUINO UNO'ya yükleyiniz.
11. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
12. S1 butonuna basıp bırakınız.
13. L1 lambasının durumunu Tablo 8.32'de ilgili kısma not alınız.
14. S1 butonuna tekrar basıp bırakınız.
15. L1 lambasının durumunu Tablo 8.32'de ilgili kısma not alınız.
16. S2 butonuna basıp bırakınız.
17. L2 lambasının durumunu Tablo 8.32'de ilgili kısma not alınız.
18. S2 butonuna tekrar basıp bırakınız.
19. L2 lambasının durumunu Tablo 8.32'de ilgili kısma not alınız.
20. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
21. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
22. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.32: Mikro Kontrolörlü Dimmer Uygulama Sonuçları

S1 butonu	L1 lambası	
	Yanıyor	Sönüyor
S1'e basılıp bırakıldığında		
S1'e basılıp bırakıldığında		
S2 butonu	**L2 lambası**	
	Yanıyor	Sönüyor
S2'ye basılıp bırakıldığında		
S2'ye basılıp bırakıldığında		

SORULAR

1. **Devreye S3 butonu ve L3 lambası eklemek istenirse yazılımda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Kısaca açıklayınız.**
2. **S1 butonuna basıldığında L2 lambasının yanması için yazılımda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Kısaca açıklayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devreyi breadboard üzerine doğru şekilde kurdu.	**10**	
Numarası		**3.** Mikrodenetleyici kablo bağlantılarını doğru yaptı.	**10**	
İmza		**4.** Kod yazılımını hatasız derledi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** Derlenen kod yazılımını mikrodenetleyiciye yükledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Anahtar kontrolleriyle lambaların durumlarını gözlemledi.	**20**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**15**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.17. UYGULAMA MİKRO KONTROLÖRLÜ DİMMER AYDINLATMA KONTROLÜ

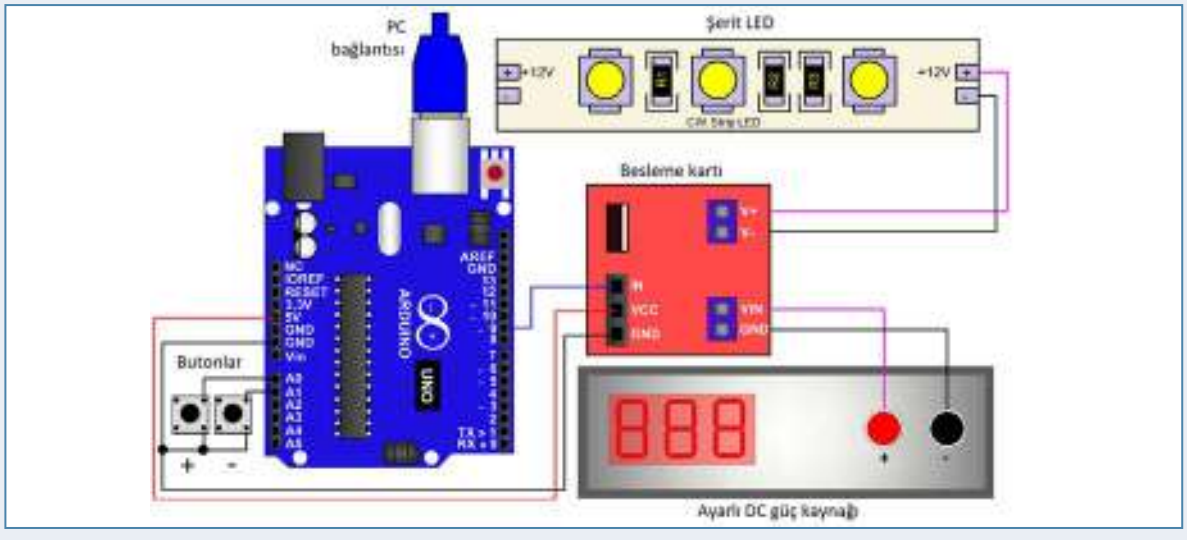
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Mikro kontrolör kullanarak dimmer çalışma mantığına göre şerit LED üzerinden aydınlatma kontrolünü yapacak donanımı ve yazılımı oluşturmak.

GÖREV

Görsel 8.147'de mikro kontrolörlü dimmer aydınlatma kontrol devre bağlantıları görülmektedir. Dimmer çalışma mantığına uygun yazılımla mikro kontrolör, dimmer cihazı gibi kullanılır. Şerit LED, 12-24 V DC gerilimle çalıştığından ayrı bir DC gerilim kaynağı üzerinden beslenir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek mikro kontrolörün dimmer aydınlatma kontrol devresi olarak çalışmasını sağlayacak donanım ve yazılım oluşturulacaktır. Buna göre devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.147: Mikro kontrolörlü dimmer aydınlatma kontrol devre bağlantısı

Devrenin Çalışması: Devreye enerji verildiğinde şerit LED sönüktür. "Arttır" (+) butonuna basıldığında şerit LED parlaklığı %4 (dimdeger = dimdeger + 10) oranında arttırılır. "Arttır" butonu bırakılıncaya kadar mikrokontrolör bekler. Tekrar "Arttır" butonuna basıldığında LED parlaklığı %4 daha arttırılır. Maksimum parlaklık (%100) yazılımda 250 sayısına eşittir. "Azalt" (-) butonuna basıldığında şerit LED parlaklığı %4 (dimdeger = dimdeger - 10) oranında azaltılır. "Azalt" butonu bırakılıncaya kadar mikrokontrolör bekler. Tekrar "Azalt" butonuna basıldığında LED parlaklığı %4 daha azaltılır. Minimum parlaklık (%0) programda 0 sayısına eşittir.

Devrenin Kod Yazılımı: Tablo 8.33'te ARDUINO UNO kartının kod yazılımları görülmektedir.

Tablo 8.33: Devrenin Kontrol Yazılımı

Satır	Kodlar
1	#define artir A0
2	#define azalt A1
3	#define PWM 9
4	int dimdeger=0;

```
5   void setup()
6   {
7    pinMode (artir, INPUT_PULLUP);
8    pinMode (azalt, INPUT_PULLUP);
9    pinMode(PWM, OUTPUT);
10   digitalWrite(PWM, LOW);
11   Serial.begin(9600);  }
12  void loop()
13  {
14   if (!digitalRead(artir))   {
15     dimdeger=dimdeger+10;
16      if (dimdeger>=250)   {
17        dimdeger=250;      }
18     analogWrite(PWM, dimdeger);
19     Serial.println(dimdeger);
20     while(!digitalRead(artir));   }
21  if (!digitalRead(azalt))  {
22     dimdeger=dimdeger-10;
23      if (dimdeger<=0)
24       {
25          dimdeger=0;       }
26
27     analogWrite(PWM, dimdeger);
       Serial.println(dimdeger);
28     while(!digitalRead(azalt));
29   }
30  }
```

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Mikro kontrolör	ARDUINO UNO orijinal veya klon	1 adet
PC veya laptop	ARDUINO IDE programı yüklü	1 adet
MOSFET modülü	12-36 V DC gerilimde çalışan	1 adet
Buton	4 pin push buton	2 adet
Güç kaynağı	12 V DC ayarlı	1 adet
Şerit LED	Tek renk	1 m
Breadboard	Mini (170 pin) veya orta (400 pin) boy	1 adet
Paket lastiği	Orta boy	2 adet
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2
Zil teli	0,5 mm^2	1 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. MOSFET modülünü mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. ARDUINO UNO'yu breadboard üzerine paket lastiğiyle sabitleyiniz.
4. Butonları breadboard üzerine yerleştiriniz.
5. Görsel 8.147'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Bilgisayarda ARDUINO IDE programını çalıştırınız.
7. Tablo 8.33'te verilen yazılım kodlarını ARDUINO IDE programında yazınız.
8. ARDUINO UNO'yu bilgisayarın USB portuna takınız.
9. ARDUINO IDE programında COM port ayarını yapıp yazılımı ARDUINO UNO'ya yükleyiniz.
10. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
11. "Arttır" butonuna basıp bırakınız.
12. Şerit LED'in parlaklık durumunu Tablo 8.34'te ilgili kısma not ediniz.
13. "Arttır" butonuna tekrar basıp bırakınız.
14. Şerit LED'in parlaklık durumunu Tablo 8.34'te ilgili kısma not ediniz. Parlaklık maksimuma ulaşıncaya kadar "Arttır" butonuna basıp bırakınız (25 kez).
15. "Azalt" butonuna basıp bırakınız.
16. Şerit LED'in parlaklık durumunu Tablo 8.34'te ilgili kısma not ediniz.
17. "Azalt" butonuna tekrar basıp bırakınız.
18. Şerit LED'in parlaklık durumunu Tablo 8.34'te ilgili kısma not ediniz. Parlaklık minimuma ulaşıncaya kadar "Azalt" butonuna basıp bırakınız (25 kez).
19. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
20. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
21. Çalışma alanınızı temizleyiniz.
22. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.34: Mikrokontrolörlü Dimmer Uygulama Sonuçları

Arttır butonu	Şerit LED parlaklığı	
	Artıyor	Azalıyor
Basılıp bırakıldığında		
Basılıp bırakıldığında		
Azalt butonu	**Şerit LED parlaklığı**	
	Artıyor	Azalıyor
Basılıp bırakıldığında		
Basılıp bırakıldığında		

SORULAR

1. **Devrede "Arttır" ve "Azalt" butonları A2 ve A3 girişlerine bağlanırsa yazılımda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Yorumlayınız.**
2. **Dimmerleme oranını %4'ten %8'e çıkarmak için yazılımda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Yorumlayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	**5**	
Sınıfı		**2.** Devreyi breadboard üzerine doğru şekilde kurdu.	**10**	
Numarası		**3.** Mikrodenetleyici kablo bağlantılarını doğru yaptı.	**10**	
İmza		**4.** Kod yazılımını hatasız derledi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** Derlenen kod yazılımını mikrodenetleyiciye yükledi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Anahtar kontrolleriyle lambaların durumlarını gözlemledi.	**20**	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	**15**	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.18. UYGULAMA MİKRO KONTROLÖRLÜ RGB AYDINLATMA KONTROLÜ

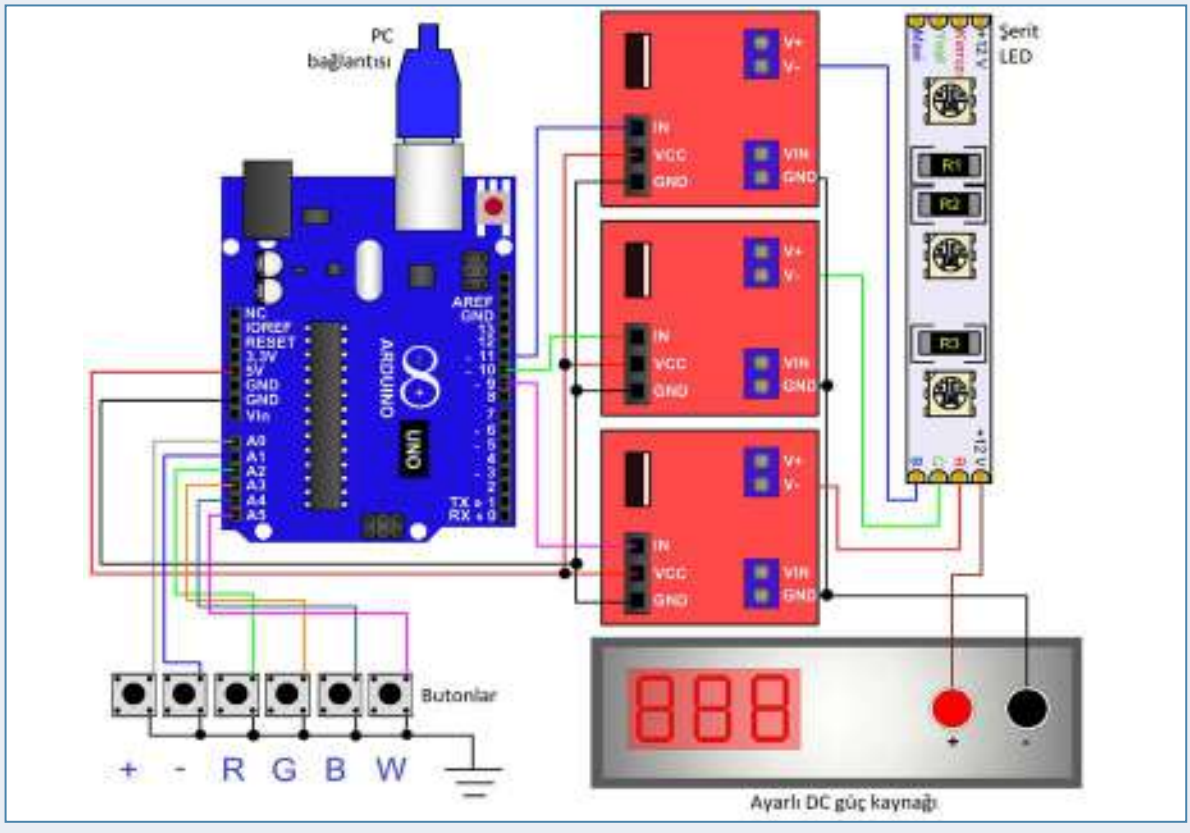
Süre: 40 dk.

AMAÇ

Mikro kontrolör kullanarak RGB şerit LED üzerinden aydınlatma kontrolü yapacak donanımı ve yazılımı oluşturmak.

GÖREV

Görsel 8.148'de mikro kontrolörlü RGB şerit LED kontrol devre bağlantıları görülmektedir. RGB şerit LED'de renk ve tonları oluşturacak uygun yazılımla mikro kontrolör, RGB kontrol cihazı gibi kullanılır. RGB şerit LED 12-24 V DC gerilimle çalıştığından ayrı bir DC gerilim kaynağı üzerinden beslenir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek mikro kontrolörün RGB aydınlatma kontrol devresi olarak çalışmasını sağlayacak donanımı ve yazılımı oluşturulacaktır. Devre bağlantısını kurunuz ve çalışmasını gözleyiniz.



Görsel 8.148: Mikro kontrolörlü RGB şerit LED kontrol devre bağlantısı

Devrenin Çalışması: Devreye enerji verildiğinde RGB şerit LED sönüktür. R, G ve B butonlarına tek tek basılıp bırakıldığında sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi renkler elde edilir. Seçili renk aktifken "Arttır" (+) butonuna basıldığında seçili olmayan renkler %4 ve %6 oranında arttırılarak seçili rengin tonları elde edilir. Seçili olan renk aktifken "Azalt" (-) butonuna basıldığında seçili olmayan renkler %4 ve %6 oranında azaltılarak seçili rengin tonları elde edilir. Maksimum ton (%100) yazılımda 250 sayısına eşittir. Minimum ton (%0) programda 0 sayısına eşittir.

Devrenin Kod Yazılımı: Tablo 8.35'te ARDUINO UNO kartının kod yazılımları görülmektedir.

Tablo 8.35: Devrenin Kontrol Yazılımı

Satır	Kodlar
1	#define kirmizi_led 11
2	#define yesil_led 10
3	#define mavi_led 9
4	#define artir A0
5	#define azalt A1
6	#define R A2
7	#define G A3
8	#define B A4
9	#define W A5
10	char kirmizi=0, yesil=0, mavi=0;
11	char renk=0;
12	void setup() {
13	pinMode (artir, INPUT_PULLUP);
14	pinMode (azalt, INPUT_PULLUP);
15	pinMode (R, INPUT_PULLUP);
16	pinMode (G, INPUT_PULLUP);
17	pinMode (B, INPUT_PULLUP);
18	pinMode (W, INPUT_PULLUP);
19	pinMode(kirmizi_led, OUTPUT);
20	pinMode(yesil_led, OUTPUT);
21	pinMode(mavi_led, OUTPUT);
22	}
23	void loop() {
24	if (!digitalRead(R)) {
25	renk=3;
26	rgb_led_yak(250, 0, 0);
27	while(!digitalRead(R)); }
28	if (!digitalRead(G)) {
29	renk=2;
30	rgb_led_yak(0, 250, 0);
31	while(!digitalRead(G)); }
32	if (!digitalRead(B)) {
33	renk=1;
34	rgb_led_yak(0, 0, 250);
35	while(!digitalRead(B)); }
36	if (!digitalRead(W)) {
37	renk=0;
38	rgb_led_yak(250, 250, 250);
39	while(!digitalRead(W)); }
40	if (!digitalRead(artir)) {
41	if (renk==1) {
42	mavi=250;
43	yesil=yesil+10;
44	kirmizi=kirmizi+15;
45	rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi); }
46	if (renk==2) {
47	yesil=250;
48	kirmizi=kirmizi+10;
49	mavi=mavi+15;
50	rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi); }

```
51    if (renk==3) {
52    kirmizi=250;
53     yesil=yesil+15;
54     mavi=mavi+10;
55     rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi); }
56    while(!digitalRead (artir));  }
57  if (!digitalRead(azalt))
58    if (renk==1) {
59     mavi=250;
60     yesil=yesil-10;
61     kirmizi=kirmizi-15;
62     rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi); }
63    if (renk==2) {
64     yesil=250;
65     kirmizi=kirmizi-10;
66     mavi=mavi-15;
67     rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi); }
68    if (renk==3) {
69     kirmizi=250;
70     yesil=yesil-15;
71     mavi=mavi-10;
72     rgb_led_yak(kirmizi, yesil, mavi);
73    while(!digitalRead (azalt)); }
74  }
75  void rgb_led_yak(int r, int g, int b)
76  {
77   analogWrite(kirmizi_led,r);
78   analogWrite(yesil_led, g);
79   analogWrite(mavi_led, b);
80  }
```

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Mikro kontrolör	ARDUINO UNO orijinal veya klon	1 adet
PC veya laptop	ARDUINO IDE programı yüklü	1 adet
MOSFET modülü	12-36 V DC gerilimde çalışan	3 adet
Buton	4 pin push buton	6 adet
Güç kaynağı	12 V DC ayarlı	1 adet
RGB şerit LED	3 çipli SMD 5050 iç mekân	1 m
Breadboard	Mini (170 pin) veya orta (400 pin) boy	1 adet
Paket lastiği	Orta boy	2 adet
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Zil teli	0,5 mm^2	1 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. MOSFET modüllerini mdf plaka üzerine vidalayınız.
3. ARDUINO UNO'yu breadboard üzerine paket lastiğiyle sabitleyiniz.
4. Butonları breadboard üzerine yerleştiriniz.
5. Görsel 8.148'de görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
6. Bilgisayarda ARDUINO IDE programını çalıştırınız.
7. Tablo 8.35'te verilen yazılım kodlarını ARDUINO IDE programında yazınız.
8. ARDUINO UNO'yu bilgisayarın USB portuna takınız.
9. ARDUINO IDE programında COM port ayarını yapıp yazılımı ARDUINO UNO'ya yükleyiniz.
10. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
11. R butonuna basıp bırakınız.
12. RGB şerit LED'te görülen rengi Tablo 8.36'da ilgili kısma yazınız.
13. "Arttır" butonuna 5 kez basıp bırakınız.
14. RGB şerit LED'te renk tonunun değişip değişmediğini Tablo 8.36'da ilgili kısma yazınız.
15. "Azalt" butonuna 5 kez basıp bırakınız.
16. RGB şerit LED'te renk tonunun değişip değişmediğini Tablo 8.36'da ilgili kısma yazınız.
17. G butonuna basıp bırakınız.
18. 12, 14, 15, 16 ve 16. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
19. B butonuna basıp bırakınız.
20. 12, 14, 15, 16 ve 16. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
21. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
22. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.
23. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.36: Mikrokontrolörlü RGB Şerit LED Uygulama Sonuçları

Butonlar	Şerit LED durumu				
	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Renk tonu	
				Değişiyor	Değişmiyor
R basılıp bırakıldığında					
Arttır					
Azalt					
G basılıp bırakıldığında					
Arttır					
Azalt					
B basılıp bırakıldığında					
Arttır					
Azalt					

SORULAR

1. **W (beyaz) rengi aktifken "Arttır" ve "Azalt" butonlarının yazılım açısından işlevsiz olmasının nedeni nedir? Yorumlayınız.**
2. **Renk tonu oranlarını %5 ve %10 yapmak için yazılımda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Yorumlayınız.**

NOT

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Devreyi breadboard üzerine doğru şekilde kurdu.	10	
Numarası		**3.** Mikrodenetleyici kablo bağlantılarını doğru yaptı.	10	
İmza		**4.** Kod yazılımını hatasız şekilde derledi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Derlenen kod yazılımını yükledi.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Butonlara farklı basarak LED'lerin çalışmasını gözlemledi.	20	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	15	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

8.19. UYGULAMA MİKRO KONTROLÖRLÜ PİKSEL LED KONTROLÜ

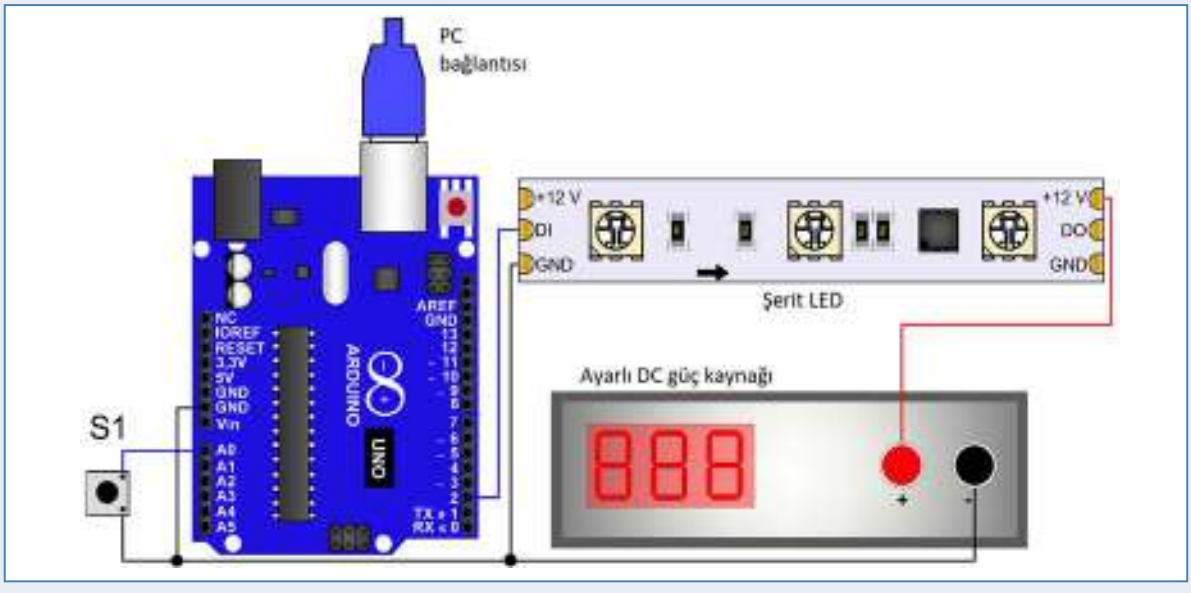
AMAÇ

Süre: 40 dk.

Mikro kontrolör kullanarak piksel şerit LED üzerinden aydınlatma kontrolü yapacak donanımı ve yazılımı oluşturmak.

GÖREV

Görsel 8.149'da mikro kontrolörlü piksel şerit LED kontrol devre bağlantıları görülmektedir. Piksel şerit LED'de bulunan kontrol çipine uygun yazılım mikro kontrolöre yazılarak mikro kontrolör, piksel şerit LED kontrol cihazı gibi kullanılır. Piksel şerit LED 12-24 V DC gerilimle çalıştığından ayrı bir DC gerilim kaynağı üzerinden beslenir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek mikro kontrolörün piksel LED aydınlatma kontrol devresi olarak çalışmasını sağlayacak donanımı ve yazılımı oluşturulacaktır. Devreyi kurunuz ve çalışmasını gözlemleyiniz.



Görsel 8.149: Mikro kontrolörlü piksel şerit LED devre bağlantısı

Devrenin Çalışması: Devreye enerji verildiğinde piksel şerit LED sönüktür. S1 butonuna basılıp bırakıldığında 9 piksel LED'de iki defa farklı renk tonları elde edilir. S1 butonuna ikinci kez basılıp bırakıldığında çift sayılı piksel adreslerinde, üçüncü kez basılıp bırakıldığında tek sayılı piksellerde renkler ve tonları elde edilir. Yazılım sonsuz döngüde devam eder. Adafruit_NeoPixel.h kütüphanesi şerit piksel LED'leri kontrol etmek içindir. Kütüphanedeki komutlar kullanılarak istenen piksel istenen renkte veya tonlarda kontrol edilebilir.

Devrenin Kod Yazılımı: Tablo 8.37'de ARDUINO UNO kartının kod yazılımları görülmektedir.

Tablo 8.37: Mikro Kontrolörlü Piksel Şerit LED Kontrol Programı

Satır	Kodlar
1	#include <Adafruit_NeoPixel.h>
2	#define DI 2
3	#define PIKSEL_SAYISI 9

```
#define button   A0
char  kontrol=0, tekrar=0;
char  kirmizi=255,yesil=255,mavi=255;
Adafruit_NeoPixel piksel = Adafruit_NeoPixel(PIKSEL_SAYISI, DI, NEO_GRB + NEO_KHZ800); //
Piksellere data gönderme ayarları yapılır.
void piksel_goster()
{
  piksel.show();
  delay(100);
}
void setup()
{
  piksel.begin(); //Kütüphanede data pini çıkış olarak ayarlanır.
  pinMode(button, INPUT_PULLUP);
}
void loop(){
if (!digitalRead(button))
 {
   kontrol=kontrol+1;
    if (kontrol>=4) kontrol=1;
    tekrar=1;
   while(!digitalRead(button));
 }
if (kontrol==1 and tekrar==1) {
piksel.clear(); //Tüm pikseller temizlenir.
for (int j=0;j<2; j++) //2 sefer 9 pikselde renk elde edilme döngüsü oluşturulur.
 {
 for(int i=0;i<PIKSEL_SAYISI;i++) //9 pikselde renk elde edilme döngüsü oluşturulur.
 {
   kirmizi=random(255);
   yesil=random(255);
   mavi=random(255);
   piksel.setPixelColor(i, piksel.Color(kirmizi,yesil,mavi)); //İlgili piksel ayarlanır.
   piksel_goster(); //İlgili pikselde renk gösterilir.
  }
 }
tekrar=0;
}
  if (kontrol==2 and tekrar==1) {
  piksel.clear(); //Tüm pikseller temizlenir.
  piksel.setPixelColor(0, piksel.Color(255,0,0)); //0.pikselde kırmızı renk elde edilir.
  piksel_goster();
  piksel.setPixelColor(2, piksel.Color(0,255,0)); //2.pikselde yeşil renk elde edilir.
  piksel_goster();
  piksel.setPixelColor(4, piksel.Color(0,0,255)); //4.pikselde mavi renk elde edilir.
  piksel_goster();
  piksel.setPixelColor(6, piksel.Color(255,255,0)); //6.pikselde sarı renk elde edilir.
  piksel_goster();
  piksel.setPixelColor(8, piksel.Color(255,0,255)); //8.pikselde eflatun renk elde edilir.
  piksel_goster();
  tekrar=0;
}
  if (kontrol==3 and tekrar==1) {

 piksel.clear();
```

```
57    piksel.setPixelColor(1, piksel.Color(0,255,255)); //1.pikselde turkuaz renk elde edilir.
58     piksel_goster();
59     piksel.setPixelColor(3, piksel.Color(255,255,255)); //3.pikselde beyaz renk elde edilir.
60     piksel_goster();
61     piksel.setPixelColor(5, piksel.Color(100,255,0)); //5.pikselde açık yeşil renk elde edilir.
62     piksel_goster();
63     piksel.setPixelColor(7,piksel.Color(127,127,127)); //7.pikselde gri renk elde edilir.
64     piksel_goster();
65     tekrar=0;
66   }
67   }
```

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
Mikro kontrolör	ARDUINO UNO orijinal veya klon	1 adet
PC veya laptop	ARDUINO IDE programı yüklü	1 adet
Buton	4 pin push buton	1 adet
Güç kaynağı	12 V DC ayarlı	1 adet
Piksel LED	WS2812 çipli, 5050 SMD, iç mekân	1 m
Breadboard	Mini (170 pin) veya orta (400 pin) boy	1 adet
Paket lastiği	Orta boy	2 adet
Kablo	1,5 mm^2 kahve ve mavi renk	2 m
Zil teli	0,5 mm^2	1 m
Aydınlatma eğitim seti veya 50x50 cm mdf plaka	Okul donanımında aydınlatma eğitim seti bulunmaması hâlinde İş sağlığı ve güvenliği açısından uygulamanın 50x50 cm mdf plaka üzerine kurulması gerekir.	-
El aletleri	Kargaburnu, yan keski, tornavida, izole bant, ağaç vidası, kontrol kalemi vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. ARDUINO UNO'yu breadboard üzerine paket lastiğiyle sabitleyiniz.
3. Butonu breadboard üzerine yerleştiriniz.
4. Görsel 8.149'da görülen şemaya uygun şekilde kablo bağlantılarını yapınız.
5. Bilgisayarda ARDUINO IDE programını çalıştırınız.
6. Adafruit_NeoPixel.h kütüphanesini ARDUINO IDE kütüphanesine ekleyiniz
7. Tablo 8.37'de verilen yazılım kodlarını ARDUINO IDE programında yazınız.
8. ARDUINO UNO'yu bilgisayarın USB portuna takınız.
9. ARDUINO IDE programında COM port ayarını yapıp yazılımı ARDUINO UNO'ya yükleyiniz.
10. Öğretmen kontrolünde devreye enerji veriniz.
11. S1 butonuna basıp bırakınız.
12. Piksel şerit LED'lerde görülen renkleri Tablo 8.38'de ilgili kısma not ediniz.

13. S1 butonuna ikinci kez basıp bırakınız.
14. Piksel şerit LED'lerde görülen renkleri Tablo 8.38'de ilgili kısma not ediniz.
15. S1 butonuna üçüncü kez basıp bırakınız.
16. Piksel şerit LED'lerde görülen renkleri Tablo 8.38'de ilgili kısma not ediniz.
17. Uygulama bitiminde ana beslemeyi kesiniz.
18. Malzemeleri yerinden söküp toplayınız.
19. Çalışma alanınızı temizleyiniz.
20. Ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 8.38: Mikro Kontrolörlü Piksel Şerit LED Uygulama Sonuçları

S1 butonuna	Piksel renk durumları								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1. basma									
2. basma									
3. basma									

SORULAR

1. **Piksel sayısını arttırmak için yazılımda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Yorumayınız.**
2. **S1 butonuna basıldığında piksellerdeki renk geçiş hızı ayarlanmak istenirse yazılımda hangi değişikliklerin yapılması gerekir? Yorumlayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** Uygulamada kullanılacak malzemeleri doğru hazırladı.	5	
Sınıfı		**2.** Devreyi breadboard üzerine doğru şekilde kurdu.	10	
Numarası		**3.** Mikrodenetleyici kablo bağlantılarını doğru yaptı.	10	
İmza		**4.** Kod yazılımını hatasız şekilde derledi.	15	
ÖĞRETMEN		**5.** Derlenen kod yazılımını mikrodenetleyiciye yükledi.	15	
Adı-Soyadı		**6.** Butona farklı şekilde basarak LED renklerini gözlemledi.	20	
Tarih		**7.** Ölçüm sonuçlarını yorumladı.	15	
Saat		**8.** Çalışmayı zamanında tamamladı.	10	
İmza		TOPLAM PUAN	… / 100	

8.20. UYGULAMA DALI ODA AYDINLATMA KONTROLÜ SİSTEMİYLE ODA TESİSATI ÇİZİMİ

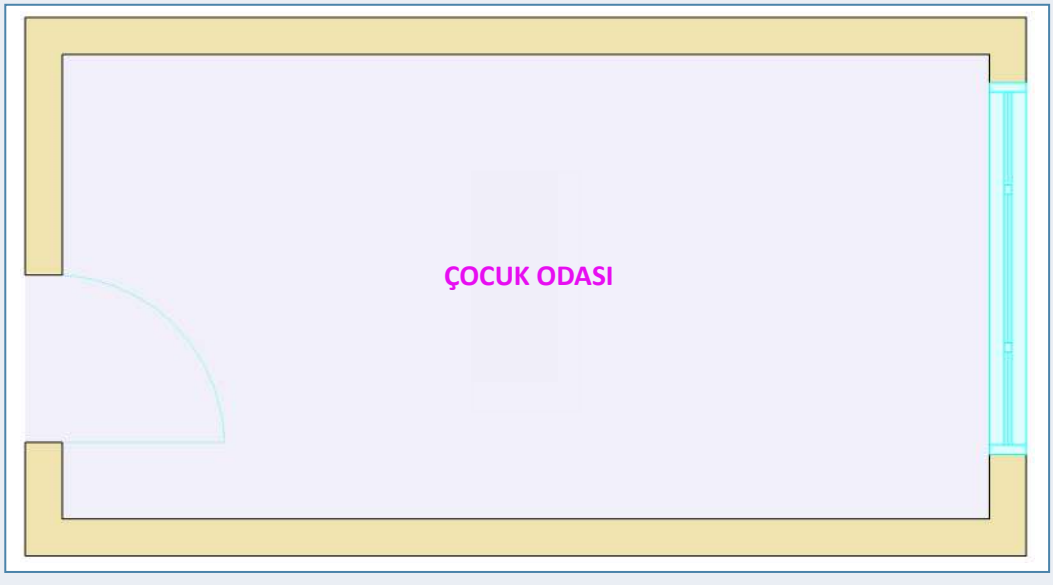
AMAÇ

Süre: 40 dk.

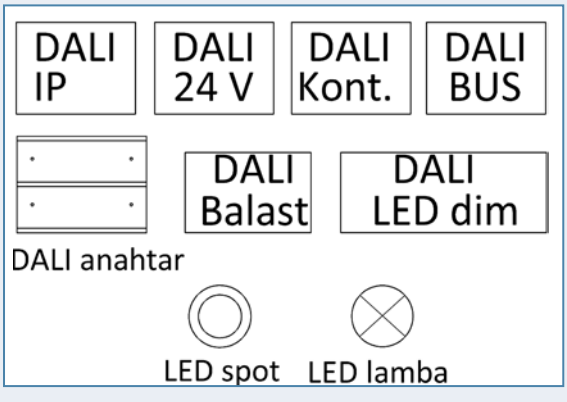
DALI aydınlatma kontrolü sistemiyle tasarlanan çocuk odası tesisat çizimini yapmak.

GÖREV

Görsel 8.150'de çocuk odasına ait mimari çizim planı, Görsel 1.151'de ise çizimde kullanılacak DALI cihazlarının sembolleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek mimari çizim üzerinde DALI aydınlatma kontrolü sistemine uygun çocuk odası DALI aydınlatma tesisatı çizimi yapılacaktır. Çocuk odasında 1 LED lamba, 4 LED spot ve 4 butonlu DALI anahtarı kullanılarak aydınlatma kontrolünün sağlanması istenmektedir. Buna göre LED lambanın sürücüsü DALI balast, her LED spotun sürücüsü DALI LED dim olacak şekilde tesisat çizimini mimari çizim üzerinde gerçekleştiriniz.



Görsel 8.150: Çocuk odası mimari çizimi



Görsel 8.151: Çizimde kullanılacak DALI cihazları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
T cetveli	30 cm veya 65 cm	1 adet
Ölçü cetveli	30 cm	1 adet
İletki ve gönye	45 veya 60 derece	1 adet
A4 kâğıdı		2 adet
Kalem ve silgi	2B	1'er adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 8.150'de verilen mimari planı A4 boyutunda kâğıda uygun şekilde çiziniz.
3. LED lamba sembolünü (Görsel 8.151) odanın ortasına çiziniz.
4. LED balast sembolünü (Görsel 8.151) LED lambanın yanına çiziniz.
5. LED spot sembollerini (Görsel 8.151) odanın köşelerine çiziniz.
6. LED dim sembollerini (Görsel 8.151) LED spotların yanına çiziniz.
7. DALI anahtarı sembolünü (Görsel 8.151) giriş kapısının soluna çiziniz.
8. DALI BUS güç kaynağı, kontrol ünitesi, IP modülü ve 24 V DC besleme sembollerini (Görsel 8.151) kapı girişinin sağındaki duvar üzerine çiziniz.
9. LED balast ile LED lamba arasındaki tesisatı çiziniz.
10. LED dim ile LED spotlar arasındaki tesisatları çiziniz.
11. Cihazların şebeke gerilimi tesisatını çiziniz.
12. Cihazların DALI ağ tesisatını çiziniz.
13. Çizimlerinizi atölye öğretmeninize inceletiniz ve iş bitiminde teslim ediniz.
14. Çizim sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma masasını temizleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** A4 boyutunda kâğıda mimari planı uygun ölçülerde çizdi.	**5**	
Sınıfı		**2.** DALI cihaz sembollerini mimari plan üzerine yerleştirdi.	**10**	
Numarası		**3.** DALI cihaz sembollerini uygun boyutta çizdi.	**10**	
İmza		**4.** Semboller arası kablo bağlantılarını çizdi.	**15**	
ÖĞRETMEN		**5.** Çizilen kablo bağlantılarını uygun kalınlıkta çizdi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Plan üzerinde yazıları uygun boyutta oluşturdu.	**20**	
Tarih		**7.** Kâğıt temizliğine ve düzenine dikkat etti.	**15**	
Saat		**8.** Çizimleri zamanında teslim etti.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.21. UYGULAMA DMX SAHNE IŞIKLANDIRMASI KONTROLÜ TESİSATI ÇİZİMİ

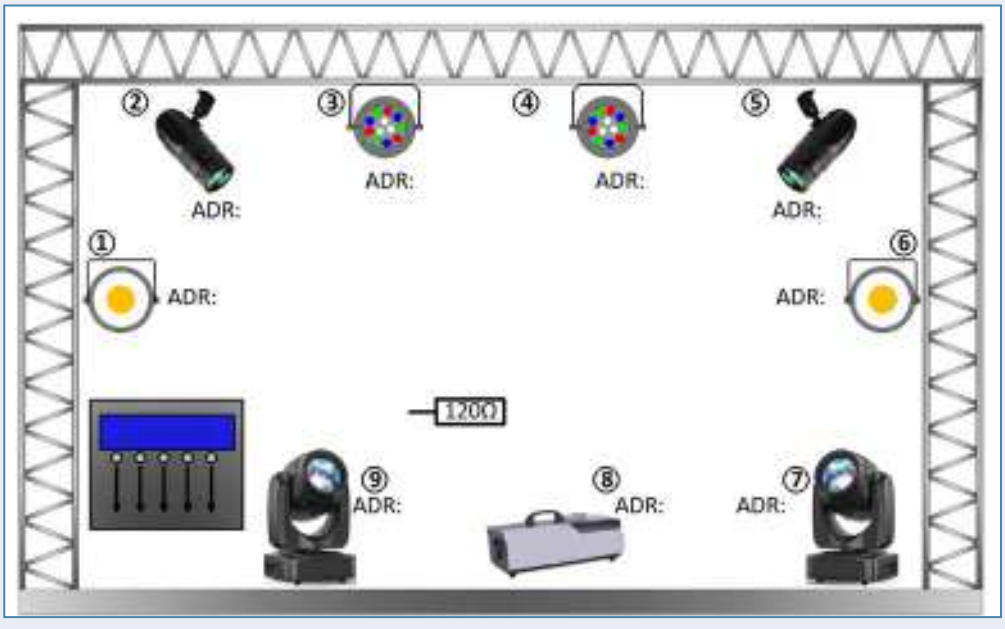
Süre: 40 dk.

AMAÇ

DMX ışıklandırma kontrolü sistemiyle tasarlanan sahnenin tesisat çizimini yapmak.

GÖREV

Görsel 8.152'de sahne ve DMX cihazlarına ait yerleşim düzeni ve Tablo 8.39'da çizimde kullanılacak DMX cihazlarda kullanılan adres sayıları görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek şekilde verilen sahne üzerindeki DMX ışıklandırma cihazları kontrolünün DMX konsoluyla sağlanması istenmektedir. Buna göre sahnede bulunan DMX cihazların tesisat çizimini yapınız ve sahne üzerinde gerçekleştirerek cihaz adreslerini yazınız.



Görsel 8.152: DMX cihazların sahnede yerleşim düzeni

Tablo 8.39: DMX Cihazların Adres Sayıları ve Cihaz Adresleri

Cihaz Numarası	Cihaz Adı	Kullanılan Adres Sayısı	Tanımlanan Cihaz Adresi
1	LED flaş	4	
2	LED spot	6	
3	LED ışık	8	
4	LED ışık	8	
5	LED spot	6	
6	LED flaş	4	
7	Lazer ışık	16	
8	Sis makinesi	1	
9	Lazer ışık	16	

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
T cetveli	30 cm veya 65 cm	1 adet
Ölçü cetveli	30 cm	1 adet
İletki ve gönye	45-45 veya 30-60 derece	1 adet
A4 kâğıdı		2 adet
Kalem, silgi	2B	1'er adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 8.152'de tasarım şemasını A4 boyutunda kâğıda çiziniz.
3. Cihazların DMX ağ tesisatını çiziniz.
4. 120 Ω ağ sonlandırıcı direncin son cihaza bağlantısını çiziniz.
5. Birinci cihaz adresi "1" olacak şekilde Tablo 8.39'da verilen cihaz numaralarını ve kullanılan adres sayılarını dikkate alarak cihaz adreslerini tanımlayınız.
6. Tanımlanan cihaz adreslerini Tablo 8.39'daki ilgili kısma yazınız.
7. DMX cihazları için tanımlanan adresleri cihaz üzerine yazınız.
8. Çizimlerinizi atölye öğretmeninize inceletiniz ve iş bitiminde teslim ediniz.
9. Çizim sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

SORULAR

1. **DMX ışıklandırma kontrolü sisteminde tesisat çiziminin oldukça sade olmasının nedeni nelerdir? Yorumlayınız.**
2. **Çizimde kullanılan ağ sonlandırıcı direncin görevi nedir? Yorumlayınız.**

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** A4 boyutunda kâğıda mimari planı uygun ölçülerde çizdi.	**15**	
Sınıfı		**2.** Mimari plan üzerine DMX cihaz sembollerini çizdi.	**10**	
Numarası		**3.** Cihazların DMX ağ tesisatını çizdi.	**15**	
İmza		**4.** Çizilen ağ tesisatı çizgilerini uygun kalınlıkta çizdi.	**10**	
ÖĞRETMEN		**5.** Cihaz adreslerini ilgili sembollerin üzerine yazdı.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Plan üzerinde yazıları uygun boyutta oluşturdu.	**10**	
Tarih		**7.** Kâğıt temizliğine ve düzenine dikkat etti.	**15**	
Saat		**8.** Çizimleri zamanında teslim etti.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.22. UYGULAMA KNX SPOR ODASI AYDINLATMA KONTROLÜ TESİSATI ÇİZİMİ

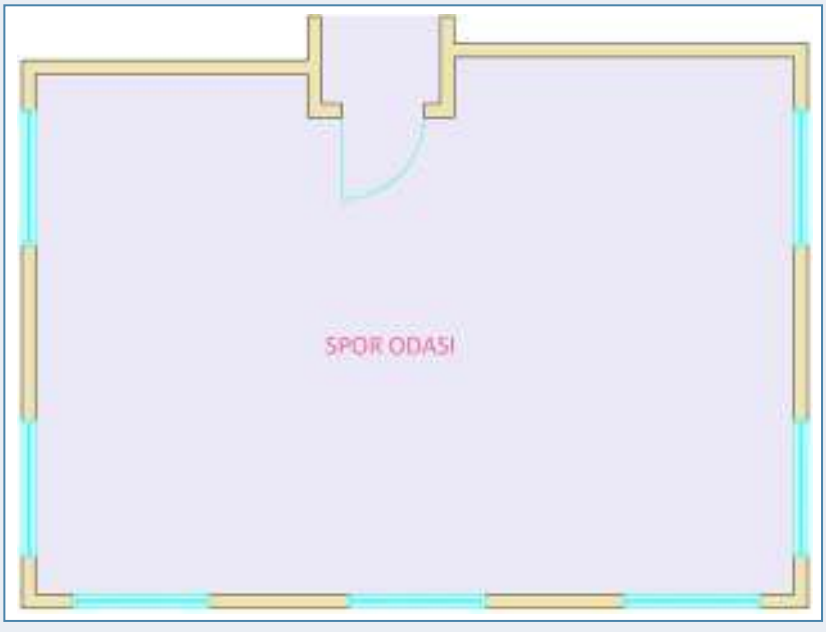
Süre: 40 dk.

AMAÇ

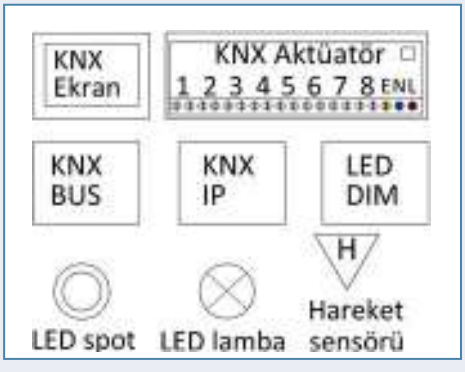
KNX aydınlatma kontrolü sistemiyle tasarlanan spor odası tesisat çizimini yapmak.

GÖREV

Görsel 8.153'te spor odasına ait mimari planı ve Görsel 8.154'te ise çizimde kullanılacak KNX cihazlarının sembolleri görülmektedir. Uygulamada işlem basamaklarına dikkat edilerek mimari çizim üzerinde KNX aydınlatma kontrolü sistemine uygun spor odası KNX aydınlatma tesisatı çizimi yapılacaktır. Spor odasında 7 adet LED lamba, 16 adet LED spot, hareket sensörü ve KNX ekranı kullanılarak aydınlatma kontrolü sağlanması istenmektedir. Aktüatör 8 kanallı, analog ve dijital (röle) çıkışlıdır. 1 ila 4. kanallar dijital, 5 ila 8. kanallar analogdur. LED lambalar aktüatörün röle çıkışlarına, LED spotlar aktüatörün analog çıkışlarından LED dim sürücülere bağlanacak şekilde tesisat çizimini mimari çizim üzerinde gerçekleştiriniz.



Görsel 8.153: Spor odası mimari çizimi



Görsel 8.154: Çizimde kullanılacak KNX cihazları

MALZEME LİSTESİ

MALZEME ADI	ÖZELLİKLERİ	MİKTAR
T cetveli	30 cm veya 65 cm	1 adet
Ölçü cetveli	30 cm	1 adet
İletki ve gönye	45-45 veya 30-60 derece	1 adet
A4 kâğıdı		2 adet
Kalem ve silgi	2B	1'er adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Uygulama sırasında iş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ediniz.
2. Görsel 8.153'te verilen mimari planı A4 boyutunda kâğıda çiziniz.
3. LED lamba ve hareket sensörü sembollerini (Görsel 8.154) giriş kapısına çiziniz.
4. Diğer LED lambaları üçerli olacak şekilde iki grup hâlinde sembollerini (Görsel 8.154) spor odasına çiziniz.
5. Her duvara 4 LED spot olacak şekilde sembollerini (Görsel 8.154) çiziniz.
6. KNX ekranı sembolünü (Görsel 8.154) giriş kapısının soluna çiziniz.
7. Her 4 LED spota yakın kısma LED dim sembolü (Görsel 8.154) çiziniz.
8. KNX BUS güç kaynağı, aktüatörü, IP modülü sembollerini (Görsel 8.154) kapı girişinin sağındaki duvar üzerine çiziniz.
9. Aktüatörün 1. kanalından giriş kapısındaki LED lamba tesisat bağlantısını çiziniz.
10. Aktüatörün 2. ve 3. kanalından diğer LED lamba tesisat bağlantılarını çiziniz.
11. Aktüatörün 5-6-7 ve 8. kanalından LED dim tesisat bağlantılarını çiziniz.
12. Cihazların şebeke gerilimi tesisatını çiziniz.
13. Cihazların KNX ağ tesisatını çiziniz.
14. Çizimlerinizi atölye öğretmeninize inceletiniz ve işlem sonunda teslim ediniz.
15. Çizim sonunda malzemelerinizi toplayınız ve çalışma alanınızı temizleyiniz.

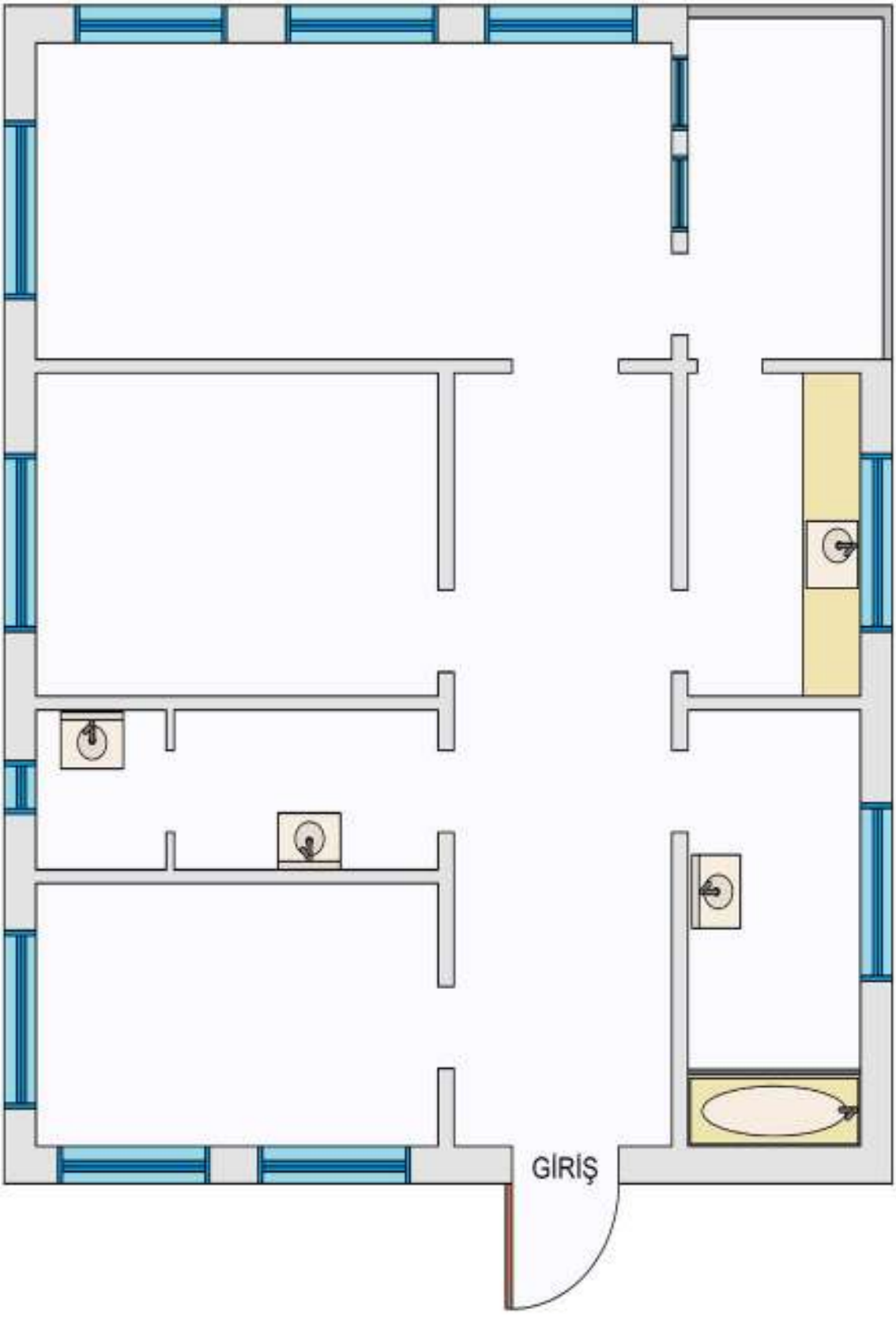
DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen değerlendirme formunda yer alan ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken değerlendirme formundaki ölçütleri dikkate alınız.

ÖĞRENCİ		ÖLÇÜTLER	PUANLAMA	
Adı-Soyadı		**1.** A4 boyutunda kâğıda mimari planı uygun ölçülerde çizdi.	**15**	
Sınıfı		**2.** KNX cihaz sembollerini mimari plan üzerine yerleştirdi.	**10**	
Numarası		**3.** KNX cihaz sembollerini uygun boyutta çizdi.	**10**	
İmza		**4.** Semboller arası kablo bağlantılarını çizdi.	**10**	
ÖĞRETMEN		**5.** Çizilen kablo bağlantılarını uygun kalınlıkta çizdi.	**15**	
Adı-Soyadı		**6.** Plan üzerinde yazıları uygun boyutta oluşturdu.	**10**	
Tarih		**7.** Kâğıt temizliğine ve düzenine dikkat etti.	**20**	
Saat		**8.** Çizimleri zamanında teslim etti.	**10**	
İmza		**TOPLAM PUAN**	**... / 100**	

8.1. PROJE AYDINLATMA PROJELERİ ÇİZİMLERİ

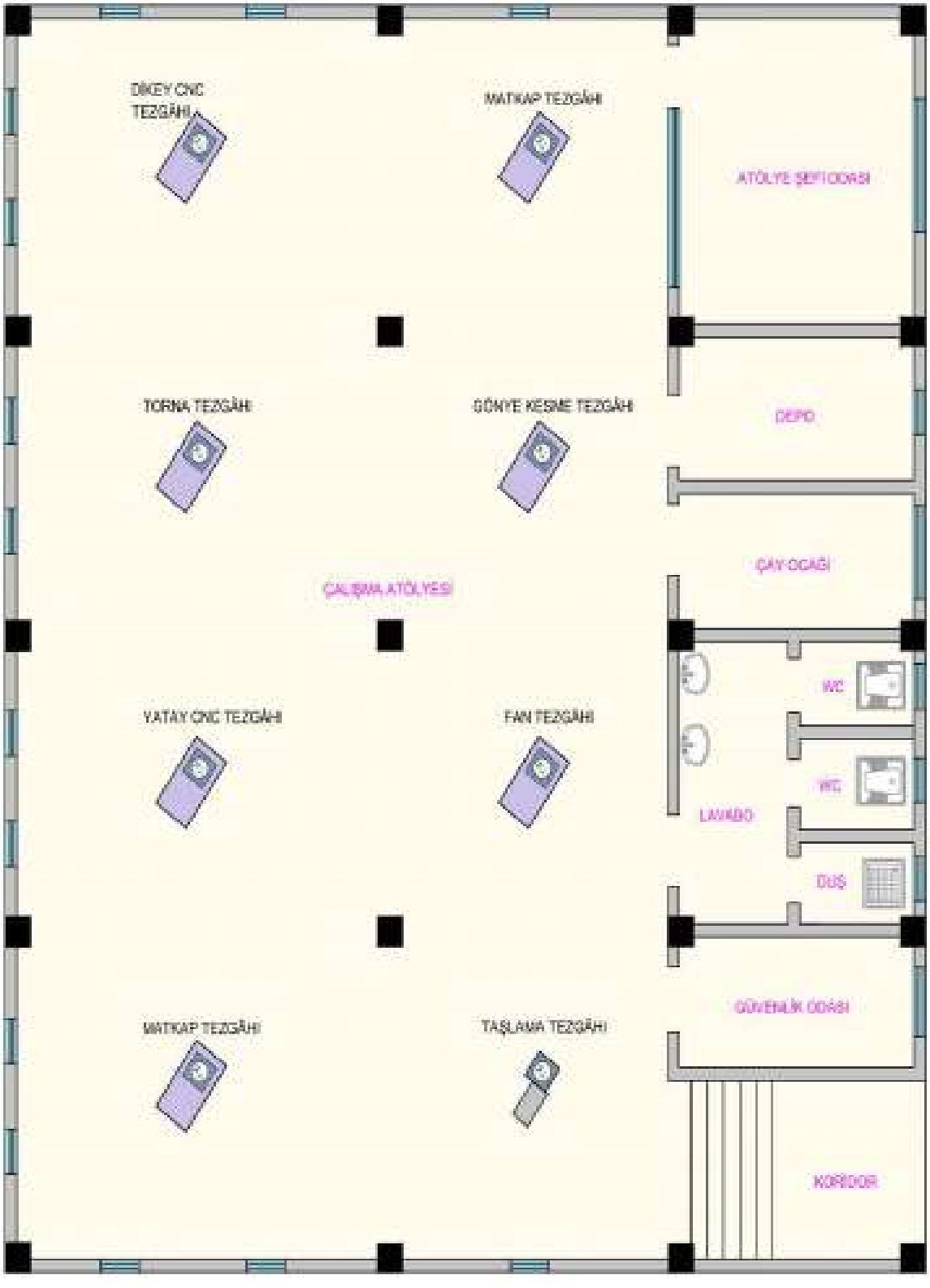
Süresi	6 hafta
Amaç	Verilen mimari planlar üzerinde aydınlatma projeleri çizmek.
Grup sayısı	1-3 kişi
Mimari planlar	**1.** Apartman dairesi (Görsel 8.155) **2.** Villa (Görsel 8.156) **3.** Fabrika (Görsel 8.157) **4.** Üç katlı cami (Görsel 8.158-8.160)
Malzemeler	**1.** CAD çizim programı **2.** Aydınlatma simülasyon yazılımı **3.** A2 veya A3 boyutunda kâğıt (yeterince) **4.** Cetvel ve gönyeler **5.** Daire şablonu **6.** Kalem ve silgi **7.** Lazer yazıcı
Görev	**1.** Verilen mimari planları teknik resim kurallarına uygun olarak kâğıda çizim-programında tasarlayınız. Bu tasarımı yaparken her plan üzerinde cetvellerle ölçüleri alarak tasarımı oluşturunuz. Bu planları 1/100 ölçeğine uygun çiziniz. **2.** Semboller tablosu oluşturunuz, mimari planda kullanacağınız DMX kontrol cihazlarının ve diğer aydınlatma elemanlarının sembollerini uygun ölçekte çiziniz. **3.** Verilen mimari planların üzerine sembolleri uygun ölçekte yerleştiriniz ve gerekli isimlendirmeleri yapınız. **4.** Aktüatörden itibaren anahtar, LED lamba ve LED dim tesisat bağlantılarını çiziniz. **5.** Cihazların şebeke gerilim tesisatlarını çiziniz. **6.** Cihazların KNX veya DALI ağ tesisatlarını çiziniz. **7.** DMX cihazların adreslerini gösteren tabloları çiziniz. **8.** Diğer aydınlatma tesisat bağlantılarını çiziniz. **9.** Ortamda kullanılacak lamba güçlerini simülasyon yazılımda analiz ederek belirleyiniz. **10.** Çizimleri uygun şekilde çıktı alarak zamanında teslim ediniz.



Görsel 8.155: Apartman dairesi mimari planı

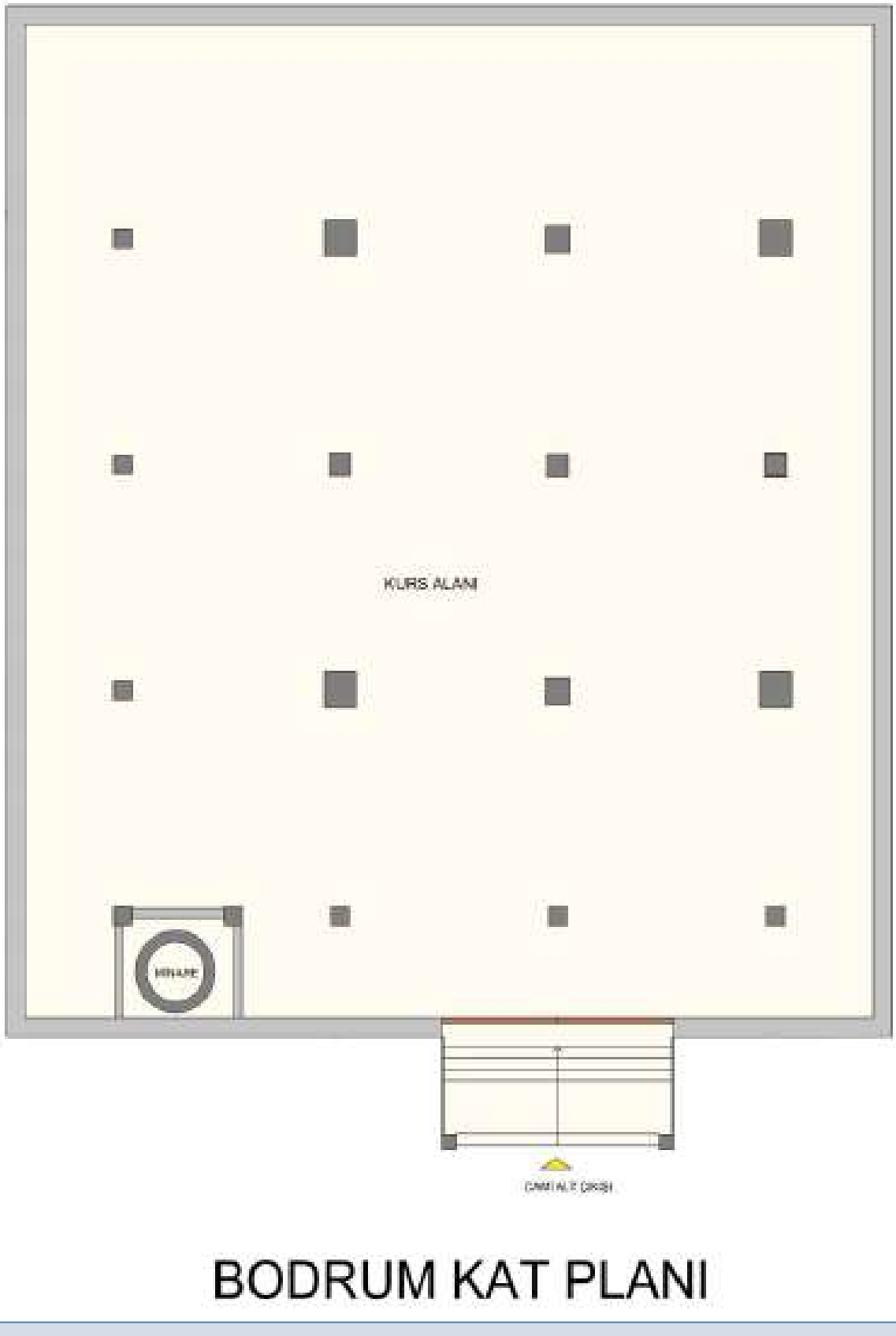


Görsel 8.156: Villanın mimari planı

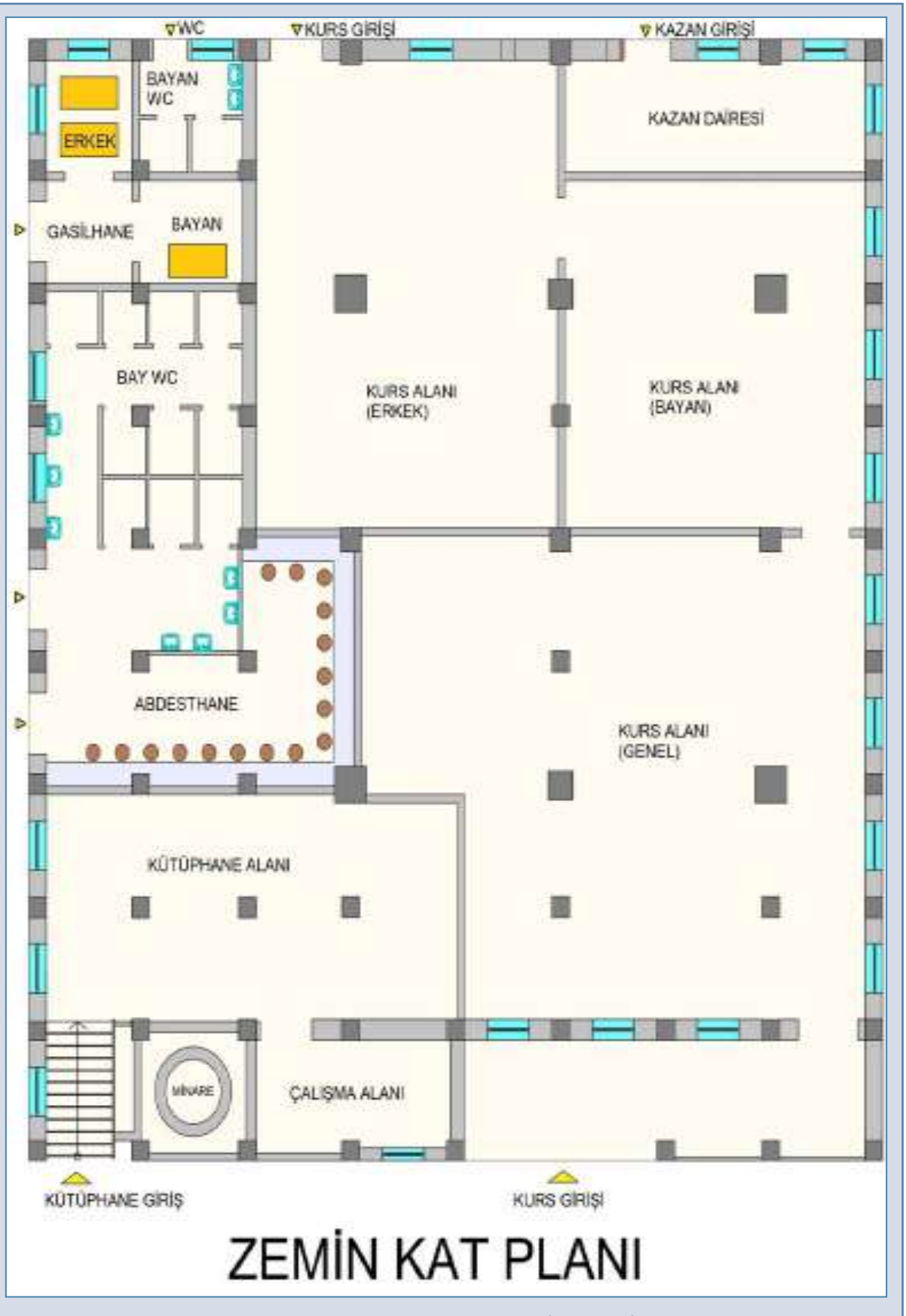


MİMARİ PLAN

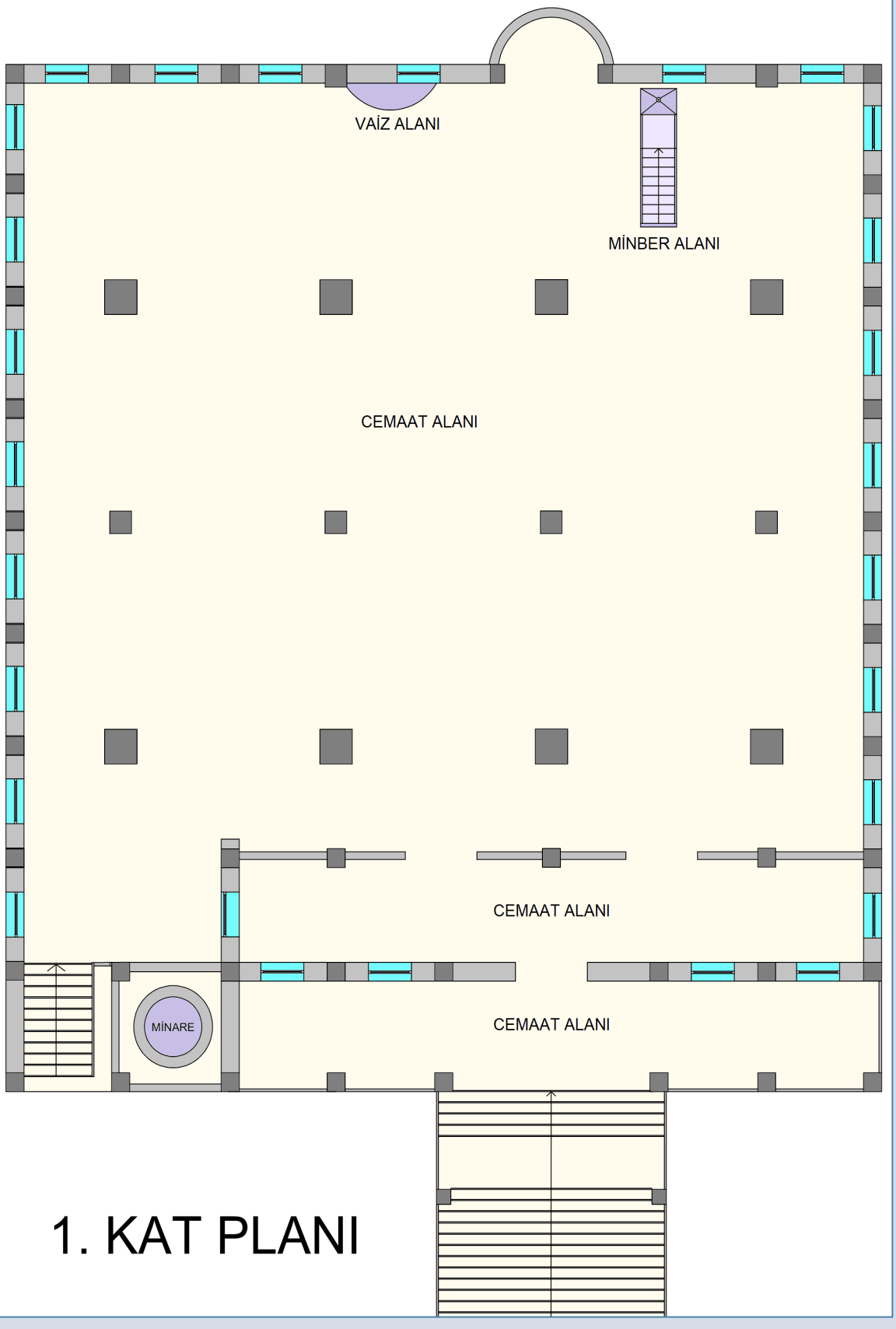
Görsel 8.157: Fabrikanın mimari planı



Görsel 8.158: Caminin mimari planı (bodrum kat)



Görsel 8.159: Caminin mimari planı (zemin kat)



Görsel 8.160: Caminin mimari planı (1. kat)

DEĞERLENDİRME

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen ölçütlere göre değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken bu ölçütleri dikkate alınız.

PROJE DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	DERECELER (PUAN)				
	Geliştirilebilir	Zayıf	Orta	İyi	Mükemmel
	0-1	2	3	4	5
1. Apartman dairesinin mimari planının ölçülerini cetvelle aldı.					
2. Villanın mimari planının ölçülerini cetvelle aldı.					
3. Fabrikanın mimari planının ölçülerini cetvelle aldı.					
4. Üç katlı caminin mimari planının ölçülerini cetvelle aldı.					
5. Apartman dairesinin mimari planını CAD çizim programında oluşturdu.					
6. Villanın mimari planını CAD çizim programında oluşturdu.					
7. Fabrikanın mimari planını CAD çizim programında oluşturdu.					
8. Üç katlı caminin mimari planını CAD çizim programında oluşturdu.					
9. Planların çiziminde 1/100 ölçeğine dikkat etti.					
10. Semboller tablosunu uygun ölçekte CAD çizim programında oluşturdu.					
11. Apartman dairesinin mimari planı üzerine sembolleri yerleştirdi.					
12. Villanın mimari planı üzerine sembolleri yerleştirdi.					
13. Fabrikanın mimari planı üzerine sembolleri yerleştirdi.					
14. Üç katlı caminin mimari planı üzerine sembolleri yerleştirdi.					
15. Apartman dairesinin mimari planı üzerinde tesisat çizimlerini yaptı.					
16. Villanın mimari planı üzerinde tesisat çizimlerini yaptı.					
17. Fabrikanın mimari planı üzerinde tesisat çizimlerini yaptı.					
18. Üç katlı caminin mimari planı üzerinde tesisat çizimlerini yaptı.					
19. Her ortamı aydınlatma simülasyon yazılımda analiz etti.					
20. Verilen sürede çizimleri ve dosyaları tamamlayarak teslim etti.					
SÜTUNLAR TOPLAMI					
DEĞERLENDİRME PUANI	**…… puan / 100 puan**				

ÖĞRENCİ		ÖĞRETMEN	
Adı-Soyadı		**Adı-Soyadı**	
Sınıfı-Numarası		**Tarih-Saat**	
İmza		**İmza**	

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluğa ifade doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. ( ) Termo pil, hareketi algılayan sensördür.

2. ( ) Ses sensörlü lamba ısı algıladığında çalışır.

3. ( ) IR kumandalarla RF LED sürücü kontrol edilir.

4. ( ) RGBWW şerit LED'in diğer adı RGBCCT şerit LED'dir.

5. ( ) DMX sistemi daha çok sahne ışıklandırmalarında kullanılır.

B. Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere uygun ifadeyi yazınız.

6. Fiziksel ortamdaki değişiklikleri algılayan devre elemanına ..... denir.

7. Işık şiddetini algılamada kullanılan optik sensöre ..... denir.

8. Lambaların ışık şiddetini ayarlayan devrelere ..... denir.

9. Yapısında kırmızı, mavi ve yeşil renk barındıran LED'e ..... denir.

10. Yazılımla tek tek kontrol edilebilen, adreslenebilen LED'lere ..... denir.

C. Aşağıdaki ilk sütunda kontrol sistemi ifadeleri, diğer sütunda ise kontrol kavramları verilmiştir. Kontrol sistemi ifadelerin önündeki parantez içlerine kontrol kavramların önündeki harflerden uygun olanları her harfi bir defa kullanarak yazınız.

KONTROL SİSTEMİ İFADELERİ		
11.	( )	Enerji uygulandığında, ayarlanan t süresi bitiminde röle kontağını çeken çalışma fonksiyonudur.
12.	( )	Sensöre ihtiyaç duymadan, ayarlanan zaman dilimlerinde otomatik kontrol amaçlı kullanılan zaman rölesidir.
13.	( )	Wi-Fi ağına bağlanabilen ve zayıflamış sinyalleri yükselten 2,4 GHz alıcı verici modülüdür.
14.	( )	Beyaz renk sıcaklığı ayarlanabilen şerit LED çeşididir.
15.	( )	KNX sisteminde cihaz tanımlaması için verilen numaralardır.

KONTROL KAVRAMLAR	
A.	Astronomik
B.	RF repeater
C.	Çekmede gecikmeli
Ç.	Adres
D.	RGBWW
E.	Bırakmada gecikmeli

Ç. Aşağıdaki soruları okuyup doğru cevabı işaretleyiniz.

16. Rengi algılayan sensör aşağıdakilerden hangisidir?

A) Foto pil B) IR C) Mikrofon D) RGB E) Termal

17. Yapısında soğuk beyaz LED bulunduran RGB şerit LED aşağıdakilerden hangisidir?

A) RGB B) RGBCW C) RGBW D) RGBWW E) RGBCT

18. Aşağıdakilerden hangisi DALI giriş cihazlarından birisidir?

A) Güç kaynağı B) LED sürücü C) Modem
D) PIR sensör E) RGB LED

19. DALI sisteminde cihazların peş peşe bağlanarak oluşturulan ağ topolojisi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Ağaç B) Kare C) Lineer D) Yıldız E) Yol

20. Bir DMX cihazının adresi 1 ve kullandığı adres sayısı 3 ise sisteme bağlanacak ikinci DMX cihazın başlangıç adresi aşağıdakilerden hangisidir?

A) 4 B) 5 C) 6 D) 7 E) 8

EK A.1. LED LAMBA (AKKOR TİPLİ) TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 1	40	5,0	470	96	-	2700/6500	-	E14/E27	15.000	15 yıl	80
	43	4,9	515	105	-	4000/6500	-	E27	15.000	15 yıl	80
	50	6,5	640	99	-	2700/4000/6500	-	E14	15.000	15 yıl	80
	60	8,5	806	95	-	2700	-	E27	15.000	15 yıl	80
	63	8,5	860	101	-	4000/6500	-	E27	15.000	15 yıl	80
	75	10,5	1.055	101	-	2700/4000	-	E27	15.000	15 yıl	80
	100	14,0	1.521	109	-	2700/4000/6500	-	E27	15.000	15 yıl	80
FİRMA 2	40	5	470	94	-	6500	-	E27	10000	10 yıl	80
		5,5	470	85	-	2700	-	E27	10000	10 yıl	80
		6	470	78	-	2200-2700	-	E27	25000	25 yıl	80
	60	8	806	101	-	6500	-	E27	10000	10 yıl	80
		8,5	806	95	-	2700	-	E27	15000	15 yıl	80
		8,8	806	92	-	2200-2700	-	E27	25000	25 yıl	80
	70	13	1521	117	-	6500	-	E27	10000	10 yıl	80
	75	10,5	1055	101	-	2700	-	E27	15000	15 yıl	80
	120	14,5	1800	124	-	6500	-	E27	15000	15 yıl	80
FİRMA 3	40	4,9	470	95	0,5	2700	47	E27	15000	15 yıl	-
	60	8,5	806	94	0,7	2700	58	E27	15000	15 yıl	-
	75	10	1055	105	0,7	2700	68	E27	15000	15 yıl	-
	100	14	1521	108	0,5	2700	125	E27	15000	15 yıl	-
FİRMA 4	26	3	270	90	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	41	5	480	96	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	45	6	550	92	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	52	7	670	96	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	61	8	820	103	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	66	9	900	100	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	72	10	1010	101	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	82	12	1180	98	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80
	107	15	1400	93	0,5	6500	-	E27	20000	20 yıl	80

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 5	-	6	270	45	-	3200-6400	-	E14-E27	15000	15 yıl	-
	-	9	640	71	-	3200-6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	12	1000	83	-	3200-6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	12	1100	92	-	3200-6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	15	1200	80	-	3200-6400	-	E27	15000	15 yıl	-

EK A.2. LED PROJEKTÖRLER İLE İLGİLİ TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 1	-	10	850	85	0,5	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	20	1600	80	0,5	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	30	2500	83	0,9	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	50	4500	90	0,9	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	70	6000	85	0,9	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	100	9000	90	0,9	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	150	13500	85	0,9	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	200	18000	90	0,9	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
FİRMA 2	-	10	850	85	-	Sabit sürücülü	-	20000	20 yıl	-	
	-	20	1700	85	-	Sabit sürücülü	-	20000	20 yıl	-	
	-	30	2550	85	-	Sabit sürücülü	-	20000	20 yıl	-	
	-	50	4250	85	-	Sabit sürücülü	-	20000	20 yıl	-	
	-	70	5950	85	-	Sabit sürücülü	-	20000	20 yıl	-	
	-	100	10000	100	-	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	150	15000	100	-	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	200	20000	100	-	Sabit sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
FİRMA 3	-	20	1800	90	0,9	Entegre LED sürücülü	-	30000	30 yıl	-	
	-	50	5800	115	0,9	Entegre LED sürücülü	250	100000	60 yıl	-	
	-	100	10900	120	0,9	Entegre LED sürücülü	490	100000	60 yıl	-	
	-	150	18400	125	0,9	Entegre LED sürücülü	735	100000	60 yıl	-	
	-	200	24400	130	0,9	Entegre LED sürücülü	980	100000	60 yıl	-	
FİRMA 4	-	30	3000	100	0,9	Sabit sürücülü	-	50000	50 yıl	-	
	-	50	5000	100	0,9	Sabit sürücülü	-	50000	50 yıl	-	
	-	70	7000	100	0,9	Sabit sürücülü	-	50000	50 yıl	-	
	-	100	10000	100	0,9	Sabit sürücülü	-	50000	50 yıl	-	

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 5	-	10	800	80	-	Sabit sürücülü	-	15000	15 yıl	-	
	-	20	1600	80	-	Sabit sürücülü	-	15000	15 yıl	-	
	-	30	2550	85	-	Sabit sürücülü	-	15000	15 yıl	-	
	-	50	4250	85	-	Sabit sürücülü	-	15000	15 yıl	-	
	-	100	8500	85	-	Sabit sürücülü	-	15000	15 yıl	-	
	-	150	13000	87	-	Sabit sürücülü	-	15000	15 yıl	-	
	-	200	17800	89	-	Sabit sürücülü	-	15000	15 yıl	-	

EK A.3. LED PL LAMBA TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 3	18	6,5	650	100	-	3000-4000	-	G24D-2	30000	30 yıl	-
	26	8,5	900	106	-	3000-4000	-	G24D-3	30000	30 yıl	-
		9	950	106	-	3000-4000	-	G24D-3	30000	30 yıl	-
FİRMA 3	10	5	540	108	-	3000-4000	23	G24D-1	30000	30 yıl	-
	13	6	600	100	-	3000-4000	29	G24D-1	30000	30 yıl	-
	18	7	700	100	-	3000-4000	32	G24D-2	30000	30 yıl	-
	26	9	990	110	-	3000-4000	43	G24D-3	30000	30 yıl	-

EK A.4. LED SPOT LAMBA TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 1	45	4	310	78	-	2700-6500	-	GU10	15000	15 yıl	Evet
FİRMA 2	35	3,5	265	76	-	2700-4000	-	GU10	15000	15 yıl	-
	40	3,2	300	94	-	2700-6500	-	GU10	10000	10 yıl	-
	50	4,6	370	80	-	2700-4000	-	GU10	15000	15 yıl	-
		5	365	73	-	2700-4000	-	GU10	15000	15 yıl	Evet
FİRMA 3	35	3,4	230	67	-	2700	20	GU10	25000	25 yıl	Evet
	50	4,5	350	77	-	1800-2700	23	GU10	25000	25 yıl	Evet
	80	6,9	575	83	-	2700-4000	50	GU10	10000	10 yıl	-
FİRMA 5	-	5	350	70	-	3200-6400	-	GU10	15000	15 yıl	-
	-	7	480	69	-	3200-6400	-	GU10	15000	15 yıl	-
	-	8	640	80	-	3200-6400	-	GU10	15000	15 yıl	-
	-	9	720	80	-	3200-6400	-	GU10	15000	15 yıl	-

EK A.5. LED TORCH LAMBA TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	RSürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 1	100	18	2040	113	-	3000-6500	-	E27	15000	15 yıl	-
		23	2650	115	-	3000-6500	-	E27	15000	15 yıl	-
	150	35	4140	118	-	3000-6500	-	E27	15000	15 yıl	-
	200	45	5370	119	-	3000-6500	-	E27	15000	15 yıl	-
FİRMA 2	-	65	7000	108	-	4000-6500	-	E40	20000	20 yıl	-
	-	80	9000	113	-	4000-6500	-	E40	20000	20 yıl	-
FİRMA 3	-	21.5	2700	125	-	2700-4000	100	E27	60000	50 yıl	-
	-	29	3600	124	-	2700-4000	135	E27	60000	50 yıl	-
	-	41	5400	131	-	2700-4000	190	E27-E40	60000	50 yıl	-
FİRMA 5	-	15	1300	87	-	6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	25	1600	64	-	6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	35	2200	63	-	6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	45	3700	82	-	6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	55	4300	78	-	3200-6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	65	4300	66	-	6400	-	E27	15000	15 yıl	-

EK A.6. LED CANDLE (MUM) LAMBA TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 1	40	5	470	96	-	2700-6500	-	E14	15000	15 yıl	-
	50	6,5	640	100	-	2700-6500	-	E14	15000	15 yıl	-
FİRMA 2	25	4	250	62,5	-	2700		E14	15000	15 yıl	-
		4	250	63	-	2200-2700		E14	25000	25 yıl	Evet
	40	5,5	470	86	-	2700		E14	15000	15 yıl	-
		5,5	520	95	-	4000-6500		E14	15000	15 yıl	Evet
		6	470	78	-	2200-2700		E27	25000	25 yıl	Evet
	60	8	806	101	-	2200-2700		E14	25000	25 yıl	Evet
FİRMA 3	40	4,9	470	95	-	2700	30	E14	25000	25 yıl	Evet
		4,9	470	95	-	2700	50	E14	15000	15 yıl	-
	60	7,5	806	107	-	2700	72	E14	10000	10 yıl	-
FİRMA 4	24	3	240	80	0,5	3000-6500	-	E14	20000	20 yıl	-
	45	6	540	90	0,5	3000-6500	-	E14	20000	20 yıl	-

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 5	-	5	400	80	-	3200-6400	-	E14	15000	15 yıl	-
	-	7	560	80	-	3200-6400	-	E14	15000	15 yıl	-
	-	8	600	75	-	3200-6400	-	E14	15000	15 yıl	-

EK A.7. LED FİLAMENT (RUSTİK) LAMBA TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 1	25	2,2	200	91	-	2700	-	E14	15000	15 yıl	-
	40	4	470	118	-	2700	-	E14-E27	15000	15 yıl	-
	60	7	806	115	-	2700	-	E27	15000	15 yıl	-
FİRMA 2	15	3,5	136	39	-	2000	-	E14	15000	15 yıl	-
	35	4	400	100	-	2500	-	E27	15000	15 yıl	-
	40	4,3	470	109	-	2700	-	E27	15000	15 yıl	-
	60	7	806	115	-	2700	-	E27	15000	15 yıl	-
FİRMA 3	40	4	470	117	-	2700	32	E27	10000	10 yıl	-
	60	6,5	806	124	-	2700-4000	38	E27	10000	10 yıl	-
	75	7,5	1055	140	-	2700-4000	43	E27	10000	10 yıl	-
	100	11	1521	138	-	2700-4000	80	E27	10000	10 yıl	-
FİRMA 5	-	2	140	70	-	3200-6400	-	E14	15000	15 yıl	-
	-	4	320	80	-	2700-6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	6	540	90	-	2700-6400	-	E27	15000	15 yıl	-
	-	8	680	85	-	2700-6400	-	E27	15000	15 yıl	-

EK A.8. FLORESAN LED (LED BAR) LAMBA TEKNİK BİLGİLER

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
FİRMA 1 (etanj)	-	36	3960	110	-	4000-6500	-	-	25000	25 yıl	-
	-	45	5000	111	-	4000-6500	-	-	25000	25 yıl	-
FİRMA 2	18	8	800	100	-	4000-6500	-	G13	15000	15 yıl	-
	36	16	1600	100	-	4000-6500	-	G13	15000	15 yıl	-
	58	20	2000	100	-	4000-6500	-	G13	15000	15 yıl	-
FİRMA 4	-	19	2300	120	-	6500	-	G13	50000	40 yıl	-
FİRMA 5	-	9	900	100	-	6400	-	G13	15000	15 yıl	-
	-	18	1800	100	-	6400	-	G13	15000	15 yıl	-

EK A.9. LAMBALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
Akkor Flamanlı (Enkandesan) Lambalar	-	**10**	30	3	-	2700	-	E14	-	-	Evet
	-	**15**	85	5	-	2700	65	E14	1000	1 yıl	Evet
	-	**25**	140	5	-	2700	-	E14	1000	1 yıl	Evet
	-	**40**	400	10	-	2700	-	E14	-	-	Evet
Floresan Lambalar	-	**14**	1350	97	-	2700-6500	-	G5	19000	20 yıl	Evet
	-	**15**	950	64	-	2700-6500	310	G13	16000	16 yıl	Evet
	-	**16**	1250	74	-	2700-3000	200	G13	16000	16 yıl	Evet
	-	**18**	1300	69	-	2700	370	G13	16000	16 yıl	Evet
	-	**21**	2000	97	-	2700-3000	170	G5	19000	20 yıl	Evet
Kompakt Floresan Lambalar	-	**13**	850	60	-	3000-4000	180	GX24d-1	8000	8 yıl	-
	-	**18**	1200	63	-	2700-4000	230	GX24d-2	6500	6 yıl	-
	-	**26**	1800	65	-	2700-4000	330	GX24d-3	6500	6 yıl	-
	-	**32**	1750	65	-	3000-4000	330	GX24q-3	13000	13 yıl	Evet
	-	**42**	3050	70	-	3000-4000	320	GX24q-4	13000	13 yıl	Evet
Halojen Lambalar	-	**25**	260	10	-	2700	110	E14	-	-	Evet
	-	**40**	490	11	-	2700	170	E14	-	-	Evet
	-	**60**	820	13	-	2700	260	E14	-	-	Evet
	-	**77**	1320	17	-	2800	-	B22d	-	-	-
Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar	-	**50**	4200	75	-	2000	750	E27	18000	18 yıl	Evet
	-	**100**	10300	98	-	2000	1200	E40	20000	20 yıl	Evet
	-	**150**	17500	109	-	2000	1800	E40	20000	20 yıl	Evet
	-	**250**	33200	124	-	2000	2950	E40	20000	20 yıl	Evet
	-	**400**	56500	136	-	2000	4420	E40	20000	20 yıl	Evet
Metal Halide Lambalar	-	**70**	8000	107	-	2700	1000	E27	16000	16 yıl	Evet
	-	**150**	12000	78	-	3100	1800	RX7S-24	12000	12 yıl	-
	-	**250**	20000	80	-	2700-4200	3040	Fc2	12000	12 yıl	-
	-	**400**	36000	90	-	2700-4200	4100	Fc2	12000	12 yıl	-
LED Lambalar (Akkor Tipli)	**40**	**4,9**	470	95	0,5	2700	47	E27	15000	15 yıl	-
	60	**8,5**	806	94	0,7	2700	58	E27	15000	15 yıl	-
	75	**10**	1055	105	0,7	2700	68	E27	15000	15 yıl	-
	100	**14**	1521	108	0,5	2700	125	E27	15000	15 yıl	-

LAMBA TÜRLERİ	Güçler (W)		Işık Akısı (lm)	Verimi (lm/W)	Güç Faktörü	Sürücü Tipi	Akımı (mA)	Soketi	Kullanım ömrü (saat)	Ortalama ömrü (saat/gün)	CRI
	Lamba Gücü	Nominal Güç									
LED Filament (Rustik) Lambalar	-	**21.5**	2700	125	-	2700-4000	100	E27	60000	50 yıl	-
	-	**29**	3600	124	-	2700-4000	135	E27	60000	50 yıl	-
	-	**41**	5400	131	-	2700-4000	190	E27-E40	60000	50 yıl	-
LED Torch Lambalar	-	**21.5**	2700	125	-	2700-4000	100	E27	60000	50 yıl	-
	-	**29**	3600	124	-	2700-4000	135	E27	60000	50 yıl	-
	-	**41**	5400	131	-	2700-4000	190	E27-E40	60000	50 yıl	-
LED Mum (Candle) Lambalar	**40**	**4,9**	470	95	0,5	2700	47	E27	15000	15 yıl	-
	60	**8,5**	806	94	0,7	2700	58	E27	15000	15 yıl	-
	75	**10**	1055	105	0,7	2700	68	E27	15000	15 yıl	-
	100	**14**	1521	108	0,5	2700	125	E27	15000	15 yıl	-
LED Spot Lambalar	**35**	**3,4**	230	67	-	2700	20	GU10	25000	25 yıl	Evet
	50	**4,5**	350	77	-	1800-2700	23	GU10	25000	25 yıl	Evet
	80	**6,9**	575	83	-	2700-4000	50	GU10	10000	10 yıl	-
LED PL Lambalar	**10**	**5**	540	108	-	3000-4000	23	G24D-1	30000	30 yıl	-
	13	**6**	600	100	-	3000-4000	29	G24D-1	30000	30 yıl	-
	18	**7**	700	100	-	3000-4000	32	G24D-2	30000	30 yıl	-
	26	**9**	990	110	-	3000-4000	43	G24D-3	30000	30 yıl	-
LED Projektörler	-	**20**	1800	90	0,9	-	-	-	30000	30 yıl	-
	-	**50**	5800	115	0,9	-	250	-	100000	60 yıl	-
	-	**100**	10900	120	0,9	-	490	-	100000	60 yıl	-
	-	**150**	18400	125	0,9	-	735	-	100000	60 yıl	-
	-	**200**	24400	130	0,9	-	980	-	100000	60 yıl	-
LED Avize Armatürler	-	**40**	4800	120	0,9	3000-4000	185	-	100000	60 yıl	-
	-	**52**	6050	116	0,9	3000-4000	240	-	100000	60 yıl	-
	-	**54**	6500	120	0,9	3000-4000	255	-	100000	60 yıl	-
	-	**55**	6800	124	0,9	3000-4000	255	-	100000	60 yıl	-
	-	**69**	8350	121	0,9	3000-4000	315	-	100000	60 yıl	-

CEVAP ANAHTARLARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ				AYDINLATMANIN TANIMI, AMACI VE TÜRLERİ			
A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	Y	6.	dekoratif aydınlatma	11.	C	16.	A
2.	D	7.	ışık kirliliği	12.	Ç	17.	D
3.	D	8.	2/6	13.	B	18.	E
4.	Y	9.	noktasal	14.	E	19.	C
5.	Y	10.	yeşil/mavi	15.	A	20.	C

2. ÖĞRENME BİRİMİ				IŞIK VE GÖRME OLAYI			
A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	Y	6.	ışınım	11.	Ç	16.	D
2.	D	7.	görünür ışık	12.	E	17.	B
3.	D	8.	fotometri (ışık ölçümü)	13.	B	18.	E
4.	Y	9.	ışık dağılım (polar fotometrik) yüzeyi,	14.	D	19.	E
5.	D	10.	düzgünlük faktörü	15.	A	20.	E

3. ÖĞRENME BİRİMİ				LAMBALAR			
A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	D	6.	lamba	11.	D	16.	D
2.	Y	7.	nominal ömür	12.	A	17.	B
3.	D	8.	filament (flaman),	13.	E	18.	C
4.	D	9.	sarı/mavi	14.	Ç	19.	E
5.	Y	10.	CW/PS	15.	B	20.	A

4. ÖĞRENME BİRİMİ				AYDINLATMA ARMATÜRLERİ			
A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	Y	6.	armatür	11.	C	16.	E
2.	Y	7.	sıva altı armatür	12.	E	17.	D
3.	D	8.	Yüksek direnç	13.	A	18.	C
4.	D	9.	fonksiyon	14.	D	19.	B
5.	Y	10.	topraklama	15.	B	20.	A

5. ÖĞRENME BİRİMİ — LED TEKNOLOJİSİNİN AYDINLATMADA KULLANIMI

A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	D	6.	power	11.	E	16.	D
2.	Y	7.	FR-4	12.	D	17.	B
3.	D	8.	paralel	13.	A	18.	C
4.	Y	9.	pozitif (+)	14.	B	19.	B
5.	Y	10.	goniofotometre	15.	C	20.	A

6. ÖĞRENME BİRİMİ — LED SÜRÜCÜLER

A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	D	6.	Elektrolitik kondansatör	11.	C	16.	C
2.	D	7.	0,9	12.	A	17.	B
3.	Y	8.	dim edebilme	13.	E	18.	D
4.	Y	9.	Wi-Fi	14.	Ç	19.	C
5.	Y	10.	Sabit	15.	D	20.	D

7. ÖĞRENME BİRİMİ — LED'LERDE VERİMLİLİK

A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	D	6.	mavi	11.	C	16.	C
2.	Y	7.	RGBW	12.	D	17.	D
3.	D	8.	ters	13.	A	18.	A
4.	D	9.	görünen	14.	Ç	19.	C
5.	Y	10.	reaktif güç	15.	E	20.	A

8. ÖĞRENME BİRİMİ — AYDINLATMADA KONTROL

A. Doğru/Yanlış		B. Boşluk Doldurmalı		C. Eşleştirmeli		Ç. Çoktan Seçmeli	
1.	D	6.	sensör	11.	C	16.	D
2.	Y	7.	fotosel	12.	A	17.	B
3.	Y	8.	dimmer	13.	B	18.	D
4.	D	9.	RGB LED	14.	D	19.	C
5.	D	10.	piksel LED	15.	Ç	20.	A

KAYNAKÇA

- Elektrik-Elektronik Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı, 2020.
- TDK Güncel Türkçe Sözlük
- TDK Yazım Kılavuzu

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇASI

Ders materyalin genel ağ kaynakçası ve görsel kaynakçasına buradan ulaşılır. Karekoda ulaşılamaması durumunda aşağıdaki linki kullanabilirsiniz.

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=3582

NOT ALINIZ

NOT ALINIZ

NOT ALINIZ