

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 978-975-11-6194-9

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

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ANALOG-DİJİTAL ELEKTRONİK ATÖLYESİ 10 DERS MATERYALİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI

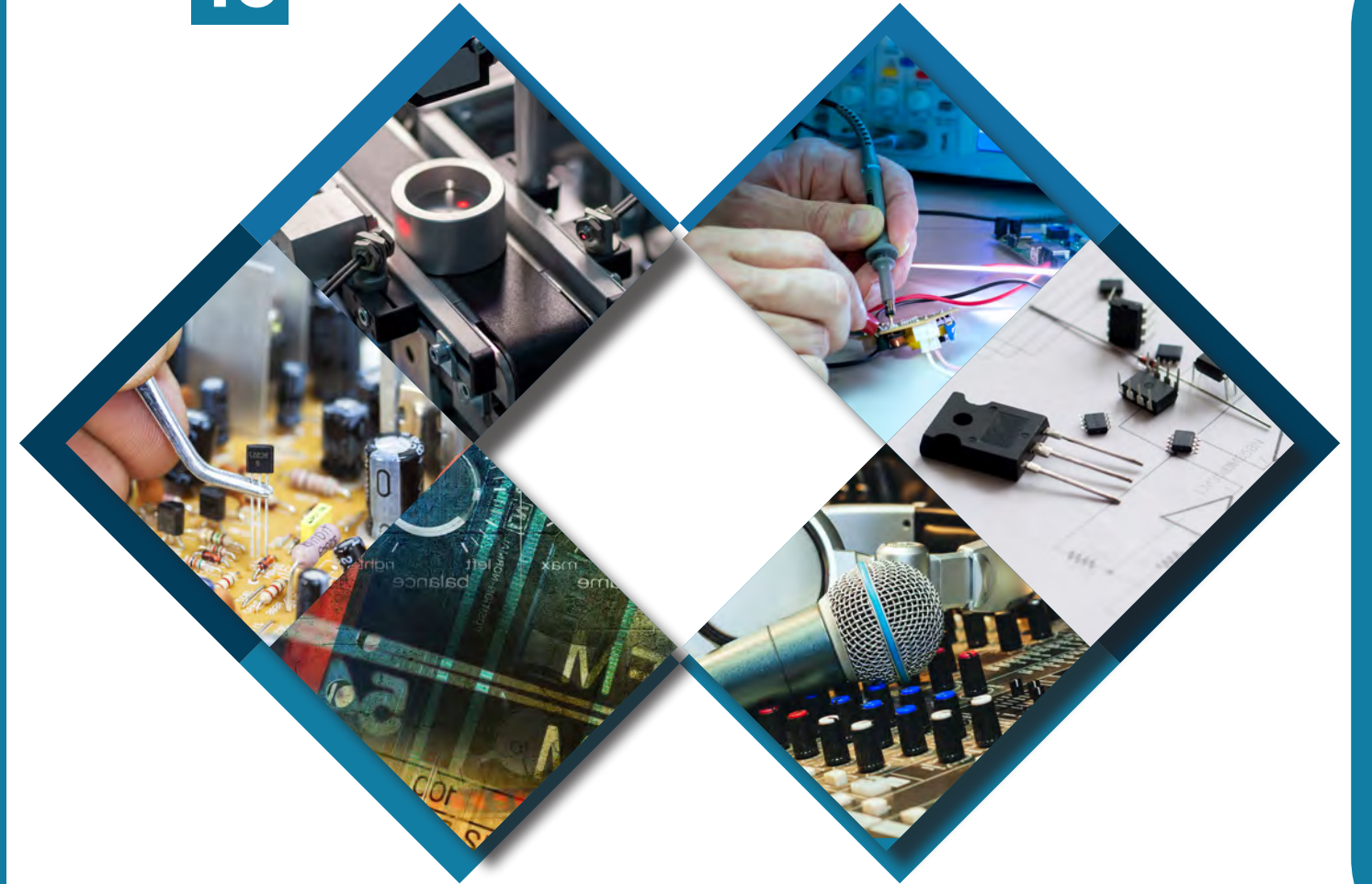
ANALOG-DİJİTAL

ELEKTRONİK

ATÖLYESİ

DERS MATERYALİ

10



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ ALANI

ANALOG-DİJİTAL ELEKTRONİK ATÖLYESİ

 10

DERS MATERYALİ

 Yazarlar

Ahmet Zeki AKKAYA
Bekir İŞENGİR
Erhan UYTUN
Fatih AKÇAÖZOĞLU
Fatih ÇANKAYA
İsmail SÖNMEZ
Murat ŞAŞAL
Nazım YILDIZ



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....	7892
DERS KİTAPLARI DİZİSİ.....	1820

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



HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı

Neşe Can TÜRK

Rehberlik Uzmanı

Fatih DÜĞENCİ

Görsel Tasarım Uzmanı

Firdevs ŞIK

ISBN 978-975-11-6194-9

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğüne 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,
Medeniyet 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 cerâhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;
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

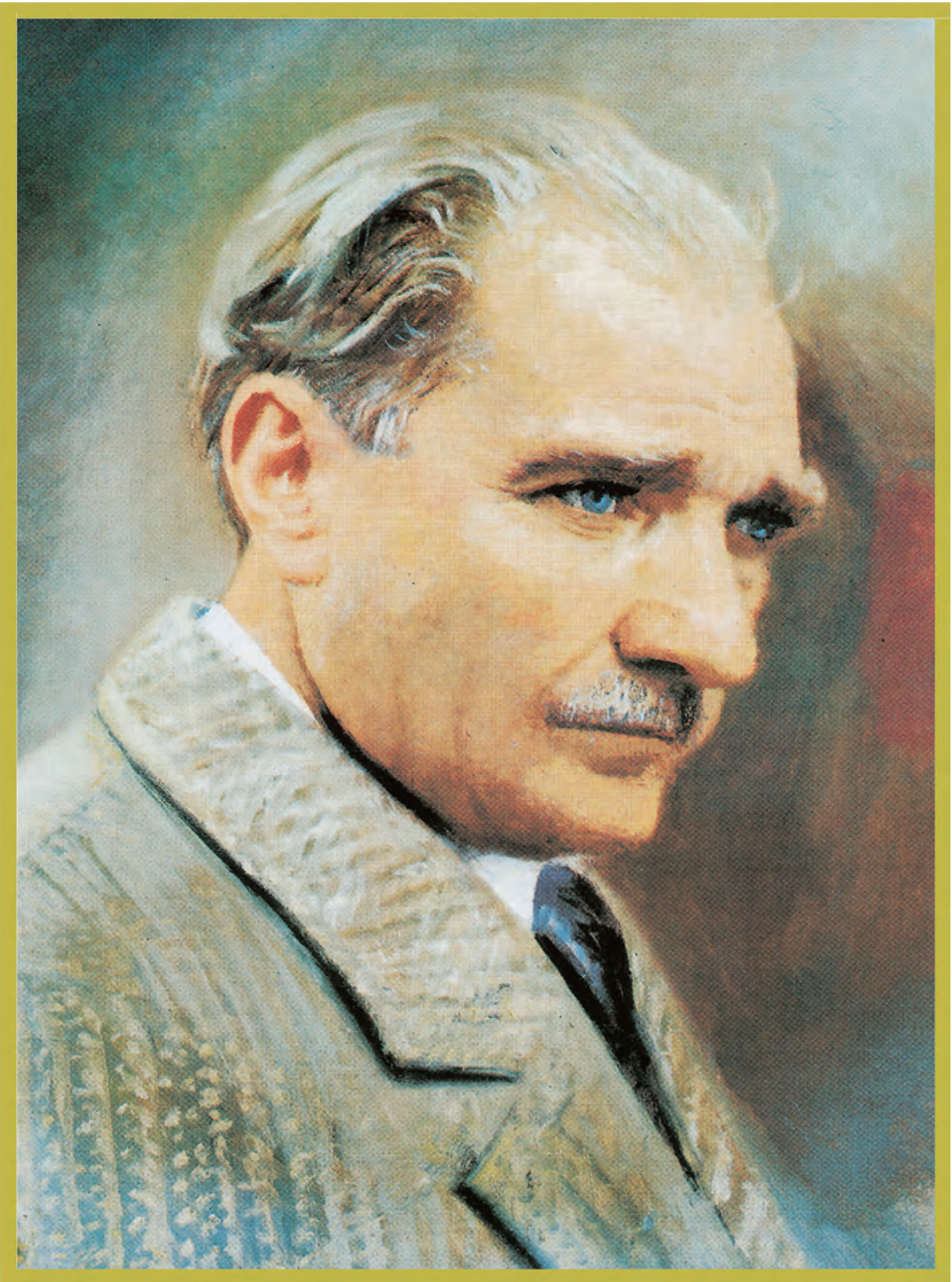
GENÇLİĞE HİTABE

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 isteyen 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 namüsaît 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 Materyalinin Tanıtımı	15
Güvenlik İşaretleri	18



1. ÖĞRENME BİRİMİ

ANAHTARLAMA DEVRELERİ

1.1. ARIZA ARAMA YÖNTEMLERİ	20
1.1.1. Arıza Tespiti	20
1.1.1.1. Arızanın Ön Kontrolleri ve Çalışmaları	20
1.1.1.2. Elektronik Malzeme Testleri	21
1.1.2. Arıza Giderme Yöntemleri	21
1.2. RÖLELİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ	22
1.2.1. Manyetik Rölenin Yapısı	22
1.2.2. Manyetik Röle Üzerindeki Değerlerin Anlamları	23
1.2.3. Manyetik Rölenin Çalışma Prensibi	23
1.2.4. Röleler İçin Koruma Diyotları	23
1.2.5. Röle Arızaları ve Sebepleri	23
1. TEMRİN Röle Uçlarının Bulunması Uygulamaları	24
2. TEMRİN Röle İle Mühürleme Uygulaması	26
3. TEMRİN Röle İle Motor Yönü Uygulaması	29
1.3. TRANSİSTÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ	29
1.3.1. Transistörün Anahtar Olarak Kullanımı	29
1.3.1.1. Transistörün Kesim Bölgesi	29
1.3.1.2. Transistörün Doyum Bölgesi	30
1.3.2. Transistörlü Zaman Gecikmeli Devreler	31
1.3.2.1. R-C Seri (Kapasitif Özellikli) Devrelerde Zaman Sabitesi	31
1.3.2.2. Zaman Gecikmeli Duran Devre (Turn Off)	32
1.3.2.3. Zaman Gecikmeli Çalışan Devre (Turn On)	32
1.3.3. Schmitt (Şimit) Trigger (Tiriger-Tetikleyici) Devresi	33
4. TEMRİN Transistörün Anahtar Olarak Kullanımı Uygulaması	35
5. TEMRİN Transistörün Potansiyometre İle Anahtarlama Uygulaması	37
6. TEMRİN Zaman Gecikmeli Çalışan Devre (Turn On) Uygulaması	39
7. TEMRİN Zaman Gecikmeli Duran Devre (Turn Off) Uygulaması	41
8. TEMRİN Transistörlü Schmitt Trigger Devresi Uygulamaları	43
1.4. FET VE MOSFETLİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ	45
1.4.1. FET [(Field Effect Transistör) Alan Etkili Transistörler]	45
1.4.2. FET Transistör Çeşitleri	45
1.4.2.1. JFET Transistörler	45
1.4.2.2. MOSFET Transistörler	46
1.4.3. JFET ve MOSFET'in Sağlamlık Kontrolü	47
9. TEMRİN FET'li Zaman Gecikmeli Duran Devre Uygulaması	49
10. TEMRİN MOSFET'in Sağlamlık Kontrolü Uygulaması	51
11. TEMRİN MOSFET İle DC Motor Hız Kontrolü Uygulaması	53
1.5. IGBT'Lİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ	55
1.5.1. IGBT	55
1.5.2. IGBT'nin İçyapısı	55
1.5.3. IGBT Çeşitleri	55
12. TEMRİN IGBT İle Dimmer Uygulaması	56
1.6. TRİSTÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ	58
1.6.1. Tristörün Yapısı	58
1.6.2. Tristörlerin Çalışması	58
1.6.3. Tristörü Tetikleme (İletime Geçirme) Yöntemleri	58



1.6.4. Tristörü Durdurma (Kesime Sokma) Yöntemleri	59
1.6.5. Tristörlerin Uçlarının Tespiti	59
13. TEMRİN Tristörün DC'de Tetiklenmesi Uygulamaları	60
14. TEMRİN Tristörün Durdurulması Uygulamaları	62
15. TEMRİN Tristörün AC'de Çalışması Uygulamaları	64
1.7. TRİYAKLI ANAHTARLAMA DEVRELERİ	66
1.7.1. Triyakın Yapısı ve Çalışması	66
1.7.2. Triyakın Yapısı	67
1.7.3. Triyakların Çalışması	67
1.7.4. Triyak Tetikleme Şekilleri	67
1.7.5. Triyakın AVometre ile Sağlamlık Kontrolü	68
1.7.6. Triyakın AVometre ile Uçlarının Tespiti	68
16. TEMRİN Triyakın DC'de Uygulamaları	69
17. TEMRİN Triyaklı Dimmer Devresi Uygulamaları	71
1.8. OPTOKUPLÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ	72
1.8.1. Optokuplörün Görevi	72
1.8.2. Optokuplör Çeşitleri	72
18. TEMRİN Optokuplörün Sağlamlık Kontrolü Uygulaması	74
19. TEMRİN Opto Triyak İle Flaşör Devresi Uygulamaları	76



2. ÖĞRENME BİRİMİ

SENSÖR UYGULAMALARI

2.1. SENSÖRLER VE TRANSDÜSERLER	80
2.1.1. Sensör ve Transdüserlerin Özellikleri	80
2.1.2. Sensör ve Transdüserlerin Çeşitleri	81
2.1.3. Kullanım Alanları	82
2.1.4. Sensör ve Transdüserlerin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	82
2.1.5. Sensörler ve Transdüserlerin Çıkış Sinyalleri	82
2.2. SICAKLIK SENSÖR UYGULAMALARI	83
2.2.1. Termistörler (Thermistors)	83
2.2.2. Termokupl (Thermocouple)	85
2.2.3. Rezistans Termometreler (RTD-Resistance Temperature Detector)	86
2.2.4. Termostat	87
2.2.5. Entegre Tipi Sıcaklık Sensörü	88
20. TEMRİN NTC'li Sıcaklıkta Çalışan Devre Uygulaması	89
21. TEMRİN PTC'li Sıcaklıkta Çalışan Devre Uygulaması	91
22. TEMRİN Termokupl Uygulaması	93
23. TEMRİN PT100 Uygulaması	95
24. TEMRİN LM35'li Sıcaklıkta Çalışan Devre Uygulaması	97
2.3. MANYETİK SENSÖR UYGULAMALARI	99
2.3.1. Reed Röle	99
2.3.2. Hall Sensörü	99
25. TEMRİN Reed Röle (Dil Kontak) Uygulaması	101
26. TEMRİN Manyetik Sensör (Hall Sensörü) Uygulaması	103
2.4. BASINÇ SENSÖR UYGULAMALARI	105
2.4.1. Kapasitif Basınç Ölçme Sensörleri	105
2.4.2. Rezistif Basınç (Kuvvet) Algılama Sensörleri	106
2.4.3. Piezodirençli Basınç (Kuvvet) Algılama Sensörleri	107
2.4.4. Piezoelektrik Özellikli Basınç Ölçme Sensörleri	107
2.4.5. Strain Gauge (Gerinim Ölçer) Sensörleri	108
2.4.6. Load Cell (Yük Hücresi) Kuvvet Sensörleri	109
27. TEMRİN Piezo Sensörlü Devre Uygulaması	110



28. TEMRİN Ağırlık Sensör Uygulaması	111
2.5. OPTİK SENSÖR UYGULAMALARI	113
2.5.1. Foto Direnç (LDR–Light Dependent Resistor)	113
2.5.2. Foto Diyot (Photo Diode)	114
2.5.3. Foto Transistör (Photo Transistor)	115
2.5.4. Fotovoltaik Pil (PV)	115
29. TEMRİN LDR'li Karanlıkta Çalışan Devre Uygulaması	117
30. TEMRİN Işık (LDR) Kontrollü Dimmer Uygulaması	119
31. TEMRİN IR Alıcı Verici Uygulaması	121
32. TEMRİN Kumanda Test Devresi Uygulaması	123
33. TEMRİN IR Alıcıyla Yük Kontrolü Uygulaması	125
34. TEMRİN Güneş Pili Uygulaması	127
2.6. SES SENSÖR UYGULAMALARI	129
2.6.1. Mikrofon (Microphone)	129
2.6.2. Hoparlör (Speakers, Loudspeakers)	130
35. TEMRİN Alkışla Çalışan Devre Uygulaması	132



3. ÖĞRENME BİRİMİ

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇ DEVRE UYGULAMALARI

3.1. İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLERİN ÖZELLİKLERİ	136
3.1.1. Genel Yükselteçler	136
3.1.2. İşlemsel Yükselteçlerin Yapısı	137
3.1.3. İşlemsel Yükselteçlerin Devreye Uygulanması	138
3.1.4. İşlemsel Yükselteçlerde Negatif Geri Besleme	140
3.2. İŞLEMSEL YÜKSELTEÇ UYGULAMALARI	140
3.2.1. Eviren Yükselteç Uygulaması	140
36. TEMRİN Eviren Yükseltecin AC Giriş Uygulaması	142
37. TEMRİN Eviren Yükseltecin DC Giriş Uygulaması	144
3.2.2. Evirmeyen Yükselteç Uygulaması	146
38. TEMRİN Evirmeyen Yükseltecin AC Giriş Uygulaması	147
39. TEMRİN Evirmeyen Yükseltecin DC Giriş Uygulaması	149
3.2.3. Gerilim İzleyici Uygulaması	151
40. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Gerilim İzleyici Uygulaması	152
3.2.4. Karşılaştırıcı Devre Uygulaması	153
41. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Karşılaştırıcı Devre Uygulaması	154
42. TEMRİN LDR'li Karşılaştırıcı Devre Uygulaması	156
43. TEMRİN NTC'li Karşılaştırıcı Devre Uygulaması	158
44. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Turn On Devre Uygulaması	160
45. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Turn Off Devre Uygulaması	162
3.2.5. Çıkarıcı Devre Uygulaması	164
46. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Çıkarıcı Devre Uygulaması	165
3.2.6. Toplayıcı Devre Uygulaması	167
47. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Toplayıcı Devre Uygulaması	168
3.2.7. Türev Alıcı Devre Uygulaması	170
48. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Türev Alıcı Devre Uygulaması	171
3.2.8. İntegral Alıcı Devre Uygulaması	172
49. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli İntegral Alıcı Devre Uygulaması	173
3.2.9. Doğrultmaç Devre Uygulaması	175
50. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Yarım Dalga Doğrultmaç Uygulaması	176
3.2.10. Enstrümantasyon Yükselteç Devre Uygulaması	177
51. TEMRİN Enstrümantasyon Yükselteç Devre Uygulaması	178
3.2.11. İşlemsel Yükselteçli Schmitt Trigger Devre Uygulaması	180
52. TEMRİN İşlemsel Yükselteçli Schmitt Trigger Devre Uygulaması	181



4. ÖĞRENME BİRİMİ

OSİLATÖRLER VE FİLTRE DEVRELERİ

4.1. OSİLATÖR	184
4.1.1. LC Osilatörler	185
4.1.2. Kristal Osilatörler	190
4.1.3. RC Osilatör	191
4.1.4. Multivibratörler	193
53. TEMRİN Colpitts Osilatör Devresi Uygulamaları	195
54. TEMRİN Hartley Osilatör Devresi Uygulamaları	197
55. TEMRİN Kristal Osilatör Devresi Uygulamaları	199
56. TEMRİN RC Faz Kaymalı Osilatör Devresi Uygulamaları	201
57. TEMRİN Wien Köprü Osilatör Devresi Uygulamaları	203
58. TEMRİN Transistörlü Tek Kararlı Multivibratör Devresi Uygulamaları	205
59. TEMRİN Transistörlü Çift Kararlı Multivibratör Devresi Uygulamaları	207
60. TEMRİN Transistörlü Kararsız Multivibratör Devresi Uygulamaları	209
4.2. PALS DEVRELERİ	211
4.2.1. Kırpıcı Devreler (Clipping Circuits)	211
4.2.2. Kenetleyici (Kilitleme) devreleri (Clamper Circuits)	216
4.2.3. Pals Üreteçleri	219
61. TEMRİN Kırpıcı Devreleri Uygulaması	225
61. TEMRİN Kenetleyici Devreleri Uygulaması	227
63. TEMRİN Miller Devresi Uygulamaları	229
64. TEMRİN Boot Strobe Devresi Uygulamaları	231
65. TEMRİN Schmitt Trigger Devresi Uygulamaları	233
66. TEMRİN 555'li Osilatör Devresi Uygulamaları	235
67. TEMRİN 555'li PWM Devresi Uygulamaları	237
68. TEMRİN 555'li Tek Kararlı Multivibratör Devresi Uygulamaları	239
69. TEMRİN 555'li Çift Kararlı Multivibratör Devresi Uygulamaları	241
4.3. FİLTRE DEVRELERİ	243
4.3.1. Pasif Filtreler	244
4.3.2. Aktif Filtreler	247
70. TEMRİN Alçak Geçiren Aktif Filtre Devresi Uygulamaları	249
71. TEMRİN Yüksek Geçiren Aktif Filtre Devresi Uygulamaları	251
72. TEMRİN Bant Geçiren Aktif Filtre Devresi Uygulamaları	253
73. TEMRİN Bant Durduran Aktif Filtre Devresi Uygulamaları	255



5. ÖĞRENME BİRİMİ

RADYO FREKANS DEVRELERİ

5.1. MODÜLASYON DEMODÜLASYON	258
5.1.1. Genlik Modülasyon Demodülasyonu	258
5.1.2. Frekans Modülasyonu Ve Demodülasyonu	261
5.2. VERİCİ DEVRELERİ	263
5.2.1. GM Vericiler	263
5.2.2. FM Vericiler	264
74. TEMRİN FM Verici Devre Uygulaması	266
5.3. ALICI DEVRELERİ	267
5.3.1. Genlik Modülasyonlu (GM) Alıcılar	267
5.3.2. Frekans Modülasyonlu (FM) Alıcılar	268
75. TEMRİN FM Alıcı Devre Uygulaması	270





6. ÖĞRENME BİRİMİ

DİJİTAL ELEKTRONİK UYGULAMALARI

DİJİTAL ELEKTRONİK UYGULAMALARI.....	272
6.1. TEMEL MANTIK DEVRELERİ	272
6.1.1. Sayı Sistemleri	272
6.1.1.1. Onluk (Desimal, 10 Tabanlı, Decimal) Sayı Sistemi	272
6.1.1.2. İkili (Binary, 2 Tabanlı) Sayı Sistemi	273
6.1.1.3. Onaltılık (Heksadesimal, 16 Tabanlı, Hexadecimal) Sayı Sistemi.....	278
6.1.1.3.4. Onaltılık Sayı Sisteminin İkili Sayı Sistemine Çevrilmesi.....	279
6.1.2. Lojik Kapılar	280
6.1.2.1. AND (VE) Kapısı	280
6.1.2.2. OR (VEYA) Kapısı	280
6.1.2.3. NOT (DEĞİL) Kapısı	281
6.1.2.4. NAND (VE DEĞİL) Kapısı	281
6.1.2.5. NOR (VEYA DEĞİL) Kapısı	282
6.1.2.6. EX-OR (ÖZEL VEYA) Kapısı	283
6.1.2.7. EX-NOR (ÖZEL VEYA DEĞİL) Kapısı	283
6.1.2.8. BUFFER (TAMPON) Kapısı	284
76. TEMRİN AND (VE) Kapısı Uygulamaları	285
77. TEMRİN OR (VEYA) Kapısı Uygulamaları	286
78. TEMRİN NOT (DEĞİL) Kapısı Uygulamaları	287
79. TEMRİN BUFFER (TAMPON) Kapısı Uygulamaları	288
80. TEMRİN NAND (VE DEĞİL) Kapısı Uygulamaları	289
81. TEMRİN NOR (VEYA DEĞİL) Kapısı Uygulamaları	290
82. TEMRİN EXOR (ÖZEL VEYA) Kapısı Uygulamaları	291
83. TEMRİN EXNOR (ÖZELVEYA DEĞİL) Kapısı Uygulamaları	292
6.1.3. Boolean Matematiği	293
6.1.3.1. Boolean Özdeşlikleri	293
6.1.3.2. Boolean Kuralları	293
6.1.3.3. Boolean İfadeleriyle Sadeleştirme	295
6.1.3.4. Boolean İfadelerinin Lojik Kapılarıyla Gösterimi	295
6.1.3.5. Lojik Kapıların Boolean İfadeleriyle Gösterimi	297
6.1.4. Karnaugh Haritaları.....	298
6.1.4.1. İki Değişkenli Karnaugh Haritası	299
6.1.4.2. Üç Değişkenli Karnaugh Haritası	300
6.1.4.3. Dört Değişkenli Karnaugh Haritası	301
6.2. BİRLEŞİK MANTIK DEVRELERİ	305
6.2.1. Kod Çözücüler (Decoder)	305
6.2.1.1. İki Girişli Dört Çıkışlı Kod Çözücü	305
6.2.1.2. Üç Girişli Sekiz Çıkışlı Kod Çözücü	306
6.2.1.3. BCD Giriş Desimal Çıkış Kod Çözücü	307
6.2.1.4. BCD Giriş 7 Segment Çıkış Kod Çözücü	308
6.2.2. Kodlayıcılar (Encoder)	309
6.2.2.1. 2 Bitlik Kodlayıcı	309
6.2.2.2. 3 Bitlik Kodlayıcı	310
6.2.2.3. Desimal Giriş BCD Çıkış Kodlayıcı	311
6.2.3. Multiplexer	312
6.2.4. Demultiplexer	312
84. TEMRİN Encoder (Kodlayıcı) Uygulaması	314
85. TEMRİN Decoder (Kod Çözücü) Uygulaması	316
86. TEMRİN 7 Segment Display Kod Çözücü Uygulaması	318
87. TEMRİN Multiplexer (Veri Seçici) Uygulaması.....	320
88. TEMRİN Demultiplexer (Veri Dağıtıcı) Uygulaması.....	322



6.3. ARİTMETİK MANTIK DEVRELERİ	324
6.3.1. Toplayıcı (Adder) Devreleri	324
6.3.1.1. Yarım Toplayıcı (Half Adder)	324
6.3.1.2. Tam Toplayıcı (Full Adder)	324
6.3.2. Çıkarıcı Devreleri (Subtractor)	325
6.3.2.1. Yarım Çıkarıcı (Half Subtractor)	325
6.3.2.2. Tam Çıkarıcı (Full Subtractor)	325
6.3.3. Karşılaştırıcı (Comparator) Devreleri	326
89. TEMRİN Tam Toplayıcı Uygulaması	327
90. TEMRİN Tam Karşılaştırıcı Uygulaması	329
6.4. ARDIŞIK MANTIK DEVRELERİ	330
6.4.1. Flip-Floplar (FF)	330
6.4.1.1. RS Flip-Flop	330
6.4.1.2. Tetiklemeli RS Flip-Flop	330
6.4.1.3. JK Flip-Flop	331
6.4.1.4. D Tipi Flip-Flop	332
6.4.1.5. T (Toogle) Tipi Flip-Flop	332
91. TEMRİN RS Flip-Flop Uygulaması	333
92. TEMRİN JK, D ve T Flip Flop Uygulaması	334
6.5. SAYICI VE KAYDEDİCİ DEVRELERİ	337
6.5.1. Asenkron Sayıcılar	337
6.5.1.1. 3 Bitlik Asenkron Yukarı Sayıcı	337
6.5.1.3. 3 Bitlik Asenkron Aşağı Sayıcı	338
6.5.1.5. Programlanabilen Asenkron Sayıcılar (Modlu Sayıcılar)	339
6.5.2. Senkron Sayıcılar	339
6.5.2.1. 3 Bitlik Senkron Yukarı Sayıcı	339
6.5.2.3. 3 Bitlik Senkron Aşağı Sayıcı	340
6.5.3. Yürüyen Halka Sayıcı	341
6.5.4. Kaydediciler	342
6.5.4.1. Seri Giriş-Seri Çıkışlı Kaydediciler	342
6.5.4.2. Seri Giriş-Paralel Çıkışlı Kaydediciler	343
6.5.4.3. Paralel Giriş-Paralel Çıkışlı Kaydediciler	344
6.5.4.4. Paralel Giriş-Seri Çıkışlı Kaydediciler	344
6.5.4.5. Kaydırmalı Kaydediciler	345
93. TEMRİN Asenkron Yukarı Sayıcı Uygulaması	346
94. TEMRİN Senkron Yukarı Sayıcı Uygulaması	348
95. TEMRİN Johnson Sayıcı Uygulaması	350
96. TEMRİN 0-9 Yukarı Sayıcı Uygulaması	352
97. TEMRİN Ring (Halka) Sayıcı Uygulaması	353
98. TEMRİN Kaydedici Uygulaması	354
6.6. ADC-DAC DEVRELERİ	356
6.6.1. ADC Devreleri	356
6.6.2. DAC Devreleri	356
99. TEMRİN ADC Uygulaması	358
100. TEMRİN DAC Uygulaması	360
KAYNAKÇA	362



DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme biriminin kapağını gösterir.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin içeriğine uygun görseli gösterir.

Karekodu gösterir.
Detaylı bilgi için
<http://kitap.eba.gov.tr/karekod>

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme birimi içeri-
sinde neler öğrenilece-
ğini gösterir.

Konu başlığı ile numarasını gösterir.

Bilgi sayfalarını gösterir.

Örnekleri gösterir.

[illegible]

Metin içeriğini destekleyen görseli gösterir.

Sayfa numaralarını gösterir.

Temrin adını gösterir.

Temrin numarasını gösterir.

İşlem basamaklarını gösterir.

TEHMİR ADI

RÖLE İLE MOTOR YÖNİ DEĞİŞTİRME

NUMARASI: 1

AMAC: Röle ile motor yönü değiştirmek.

Devreye enerji verildiğinde normalde kapalı kontaktların enerjisi alınır ve motor, istenilen yönünde dönmeye başlar. Yön değiştirme butonuna basıldığında DC motorun uçları rölelerin normalde açık kontaktlarından gelen kaynağına ters (Kıyılmış bir- fazlı- kaynağı) olarak yönlendirilir. Böylece motorun yeni yönünde hareket etmesi sağlanır. DC motorun yön kontrolünü sağlayan bu uygulamaya H-Adaptör (H-bridge) denir.

Gözetil 1-9'daki devrede motorun A noktası rölelerin birinci kutbunun normalde kapalı kontaktından pozitif besleme alırken B noktası rölelerin ikinci kutbunun normalde kapalı kontaktından negatif beslenmektedir.

Yön değiştirme butonuna basıldığında röle kontaktları kurum değiştirilmekte. Motorun A noktası, istenilen ikinci kutbunun normalde açık kontaktından pozitifye bağlanırken B noktası rölelerin birinci kutbunun normalde açık kontaktından pozitif besleme alır. Kullandığınız yön değiştirme DC motoru diğer yönü döner.

Gözetil 1-9: Röle ile H-Adaptör uygulaması.

MALZEME LİSTESİ

Aci	Özellik
Röle	Bir kutuplu bir kontaktör (DPDT)
Buton	Puşon buton (Bağlamaya) NC
Çipset	TH4002
Motor	12 V DC

İŞLEM BASAMATLARI

- Gözetil 1-9'daki devreyi kurunuz.
- Yön değiştirme butonuna basıldığında devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
- Volmetre ile motor uçlarını (A-B uçları) bağlayınız ve butonu açık ve kapalı konumlarına atarak uçları indolaj verim değeri olan Tablo 1.4'e yazınız.
- Ametre ile devreye (A-C uçları) bağlayınız ve butonu açık ve kapalı konumlarına atarak geçen akım değerlerini tablo 1.4'e yazınız.

[illegible]

Malzeme listesini gösterir.

Görsel ile ilgili açıklamaları

Uygulamanın değerlendirileceği
özellikleri gösterin.

[illegible]

Görsel numarasını gösterir.

Konunun not bölümünü gösterir.

GÜVENLİK İŞARETLERİ



ELEKTRİK GÜVENLİĞİ

Yapılacak işlemlerde elektriği şehir hattından kullanmak gerektiğini, güç kaynağı kullanırken iletken kısımlara dokunmanın tehlikeli olacağını belirtir.



KIRILABİLİR CAM GÜVENLİĞİ

Cam malzemelerin kırılabileceğini gösterir. Cam malzemelerin aşırı ısıtılmaması ve ani sıcaklık değişimlerine maruz kalmaması sağlanmalıdır.



SICAK CİSİM GÜVENLİĞİ

Bir ısıtıcı ya da sıcak bir cisim olduğunu gösterir. El, ayak ve diğer organların yanmaması için özen gösterilmelidir.



GÖZ GÜVENLİĞİ

Deneye başlamadan önce gözlük takmak gerektiğini belirtir. Gözlüksüz çalışılması göz sağlığı için zarar vericidir.



KESİCİ/DELİCİ CİSİM GÜVENLİĞİ

Yapılacak işlemlerde kesici/delici gereçlerin kullanıldığını ve işlemler sırasında yaralanmalara yol açabileceğini belirtir.



PATLAYICI

Kıvılcım, ısınma, alev, vurma, çarpma ve sürtünmeye maruz kaldığında patlayabilir. Ateş, kıvılcım ve ısıdan uzak tutulmalıdır.



OKSİTLEYİCİ, YAKICI MADDE

Havasız ortamda bile yanabilir. Yanabilen maddelerle karıştırılırsa patlayabilir. Tutuşturucularla teması önlenmelidir.



ISI GÜVENLİĞİ

Yapılacak işlemde çok sıcak bir yüzeyin veya ısıtıcının olduğunu gösterir. El, ayak ve diğer organların yanmaması için ısıya dayanıklı eldiven kullanılmalıdır.



ELBİSE GÜVENLİĞİ

Laboratuvar deneylerinde kullanılan malzemelerin elbiselere sıçrayarak aşındırıcı etkisinden korunmak için önlük veya tulum kullanılmasının uygun olacağını gösterir.



TOKSİK (ZEHİRLİ)

Ağız, deri ve solunum yoluyla zehirlenmelere neden olur. Kanserojen etkilidir. Vücut ile temas ettirilmemelidir. Zehirlenme belirtileri görüldüğünde tıbbi yardım alınmalıdır.



YANGIN GÜVENLİĞİ

Yapılacak işlemlerde yangın çıkmaması için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini ifade eder.



RADYOAKTİF

Radyasyona neden olur. Canlı dokularına kalıcı hasar veren kanserojen etki yayar. Bu işaretin bulunduğu yerlerden uzak durulmalıdır.



TAHİRİŞ EDİCİ

Alerjik deri reaksiyonlarına neden olur. Ozon tabakasına zarar verebilir. Vücuda ve göze temasından kaçınılmalıdır. Koruyucu giysi giyilmelidir.



KOROZİF (AŞINDIRICI)

Metalleri ve canlı dokuları aşındırabilen maddelerdir. Bu maddeler deriye ve göze hasar verir. Göz ve deriyi korumak için önlemler alınmalıdır.





1. ÖĞRENME BİRİMİ

ANAHTARLAMA DEVRELERİ

NELER
ÖĞRENECEKSİNİZ ?

ARIZA ARAMA YÖNTEMLERİ

RÖLELİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

TRANSİSTÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

FET VE MOSFET'Lİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

IGBT'Lİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

TRİSTÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

TRİYAKLI ANAHTARLAMA DEVRELERİ

OPTOKUPLÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ



1.1. ARIZA ARAMA YÖNTEMLERİ

Elektrik-elektronik sistemin ya da devrenin çalışmasını engelleyen ve müdahale edildiğinde düzeltilen tüm olumsuzluklara **arıza** denir. Arıza, normal olmayan bir durumdur. Elektrik-elektronik sistemlerde kararlı çalışma çok önemlidir. Sistem, kararlı çalışma şartlarının dışına çıkıp kararlı çalışma şartlarına geri dönemezse arızalı sayılır.

Arıza; sistem, cihaz, kart (devre) ve malzeme (eleman) sıralaması ve tümdengelim metodu ile bulunur. Arıza belirleme sistematik bir çalışmayı gerektirir. Tümdengelim metoduna göre sistemin bütününden arızalı malzemeye gidilirken bir hata belirleme sıralaması kullanılmalıdır. Bu sıralama arızanın yani şikâyetin olduğu elektronik devre blokları takip edilerek yapılmalıdır.

Elektrik-elektronik cihazlarda arızayı en aza indirmek için cihazların bulunduğu ortam toz, kir ve manyetik etkilerden uzak, temiz, parazitsiz ve kabul edilebilir sıcaklıkta olmalıdır.

1.1.1. Arıza Tespiti

Arızalı sistemin veya devrenin verdiği belirtiler öncelikli olarak tespit edilmelidir. Bazı hâllerde özel bir belirti, arızalı bölgeyi işaret edebilir ve sorunun nereden başladığı hakkında bir fikir verebilir. Sistem veya cihaz arızasının kart bazına indirildiği öngörülerek elektronik kartta yapılması gereken arıza bulma işlemi kısaca iki adımda özetlenebilir. Bu adımlar, öncelikli yapılması gerekenlere göre dizilmiştir. Arızanın en hızlı ve mümkün olan en basit yaklaşımlarla çözülmesi gerekir. Şikâyetin olduğu kısımda arızalı malzeme veya bağlantı problemi bulunduyorsa diğer testler yapılmadan son işlemler adımına atlanabilir.

1.1.1.1. Arızanın Ön Kontrolleri ve Çalışmaları

Enerji Kontrolü: Arızalı bir devrede yapılması gereken ilk adım devreye enerjinin gelip gelmediğinin kontrolüdür. Enerji kablusunun prize takılı olması, sigortanın yanmamış olması, batarya (pil) kullanılan sistemlerde bataryanın dolu ve çalışır durumda olması gerekir.

Duyusal Kontrol: Enerji kontrolünün ardından duyu organları ile yapılan inceleme gelir. Yanık bir direnç, kopmuş teller, konektör ve bağlantı uçları, zayıf lehim bağlantıları ve atmış sigortalar gözle görülebilir. Bunun yanı sıra elemanların arızalanması sırasında veya hemen sonra devreden çıkan duman ve yanık kokusu da arızanın kaynağı hakkında bilgi verebilir.

Malzeme (Eleman) Değiştirme: Bu metot, önceden tamir edilen elektronik kartlardaki tecrübelere dayalı tahmin yürütmeye bağlıdır. Benzer devrelerde belli arızaları belli elemanlar gösterir. Bu metot kullanılarak, bozuk olduğu muhtemel malzemeler değiştirilip, devrenin düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.

Sinyal İzleme: Bu metotta temel olarak yapılacak işlem, devrede veya sistemde izlenen sinyalin nerede kaybolduğu veya yanlış farklı bir sinyalin ilk görüldüğü yerin tespit edilmesidir.

Bir devrede bilinen elektriksel bir sinyalin ölçüldüğü noktaya **test noktası (Test Point-TP)** denir. Elektronik kartlarda arızanın hangi kısımda olduğunun hızlı belirlenmesi için TP noktaları vardır. Öncelikle bu noktalarda test yapılır ve arızanın hangi katmanda olduğu sınırlandırılır (lokalize edilir.).

Sinyal izlemede üç metot vardır.

Sinyal İzleme Metodu 1: Devrenin girişinden başlanarak çıkışına doğru girişte bilinen sinyal izlenir. Sıra ile dizilmiş test noktalarındaki sinyal şekli veya gerilimi yanlış bir ölçüm değerini buluncaya kadar kontrol edilir. Devre arızası sinyalin kaybolduğu veya yanlış bir sinyal bulunduğu TP noktasına izole edilir.

Sinyal İzleme Metodu 2: Çıkıştan başlanarak girişe doğru sinyal izlenir. Her TP noktasındaki sinyal şekli veya gerilimi kontrol edilir. Doğru sinyal bulununca bu noktada problem izole edilir.

Sinyal İzleme Metodu 3: Bu metot ikiye bölme metodu olarak bilinir. Devrenin ortasındaki TP noktası ölçülerek başlanır. Sinyal doğruysa test noktasına kadar olan kısımda devre düzgün çalışıyor demektir yani arıza, test noktası ile çıkış arasında başka bir noktadadır. TP noktasında sinyal yok veya yanlış bir sinyal varsa arıza giriş ile TP noktası arasındadır ve ölçümler bu arada yapılmalıdır.



1.1.1.2. Elektronik Malzeme Testleri

Elektronik arıza bulma test cihazları iki başlık altında incelenebilir.

ATE (Automatic Test Equipments-Otomatik Test Akiupmınts) Sistemleri: Elektronik cihaz, modül veya kartları komple otomatik şekilde test edebilen test sistemleridir.

Elektronik Malzeme Test Cihazları: Elektronik karttaki malzemeleri tek tek test etmeye imkân veren ve arızalı malzemeyi bulmaya yardımcı olan test cihazlarıdır.

Elektronik malzeme test cihaz ve metotlarından bazıları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Empedans Testi: Her elektronik malzemenin empedans karakteristik eğrisi vardır. Malzemenin empedans karakteristik eğrisi düzgün değilse elektronik malzeme arızalanmıştır. Empedans test cihazı ile malzemelerin karakteristik eğrileri ölçülür ve arızalı olup olmadıkları tespit edilir.

Programlı Malzeme Testi: Bu test cihazı ile programlayıcı kullanarak program bulunduran malzemelerin test edilmesi, program yedeklerinin alınması ve sağlam programın malzemeye yüklenmesi işlemleri yapılır. Program yedeğinin arıza yapmadan önce alınması tavsiye edilir. Yedek program alınmışsa kartın onarımı kolaylaşır.

Kısa Devre Testi: Elektronik kartta besleme (Vcc) ve toprak (ground-ground-GND) arasında kısa devre olan malzemelerin bulunmasını sağlar.

LCRmetre Testi: Elektronik atölyeler için önemli test cihazlarından. Bobin, kondansatör ve dirençlerin değerini hassas ölçerek arızalarını test eder.

Fonksiyonel Test: Elektronik malzemelerin devre içinde veya dışında enerji verilerek test edilmesi yani bizzat çalıştırılmasıdır.

Boundaryscan-Baundarisıkeyn Testi: Izgaralı lehim küreleri (Ball Grid Array-bol grid ırey-BGA) kılıf yapısındaki malzemelerin karta bağlantı uçları kılıfın altındadır ve test edilirken prop ile dokunularak test edilemez. Bu ve benzeri komplike entegreleri devre içinde test etmeye yarayan metottur. Bu entegre devreler boundaryscan testine uygun imal edilmiştir. Ayrıca bu kılıf, yapısında ve içerisinde yazılım bulunan programlı malzemeleri de devreden sökmeden okuyup yazabilir.

Termal Test: Elektronik karta kendi besleme enerjisi belirli süreyle verilip termal kamera çekimi yapılır. Aynı işlem sağlam elektronik karta da yapılır. Bilgisayar ortamında iki görüntü karşılaştırılarak farklar tespit edilir. Daha fazla ısınan malzeme arızalıdır.

TP (Test Point): Birer adet sağlam ve arızalı elektronik kart karşılaştırılmak üzere hazırlanır. Elektronik kartlara enerji verilerek TP noktalarındaki elektriksel sinyaller karşılaştırılır. Arızalı karttaki yanlış sinyalin olduğu TP noktasının noktasının bulunduğu, arızanın olduğu yerdir.

1.1.2. Arıza Giderme Yöntemleri

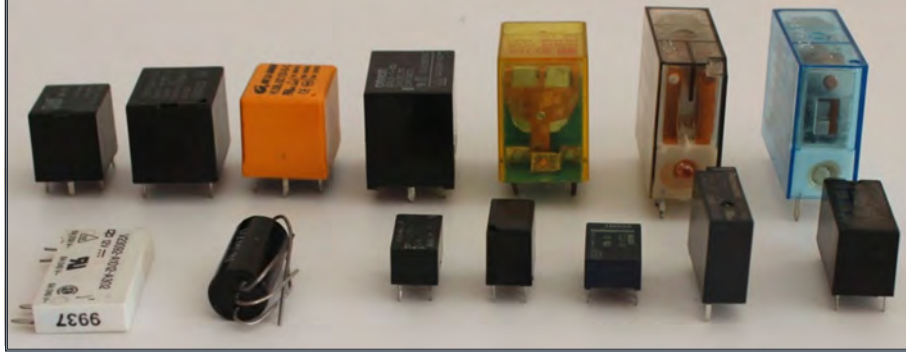
Arızanın giderilmesi için arızalı elektronik malzemelerin değiştirilmesi, yolların düzeltilmesi (yanık, kopuk vb.), muhtemel çatlak ve paslı lehimlerin tazelenmesi, selülozik tiner veya benzeri elektronik kart temizlik malzemeleriyle temizlik yapılması, gerekli ayarların yapılması ve elektronik kartın denenmesi gibi işlemlerin yapılması gerekir.

Elektronik kart çalışmazsa arıza çeşidine göre ilgili adımlara dönülüp işlemlerin tekrar edilmesi gerekir.



1.2. RÖLELİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

Röleler; elektrik devrelerinde düşük akım ve gerilimle yüksek akım ve gerilimi kontrol eden anahtarlama elemanı olarak kullanılır. Görsel 1.1'de anahtarlama devrelerinde kullanılan çeşitli röleler görülmektedir.

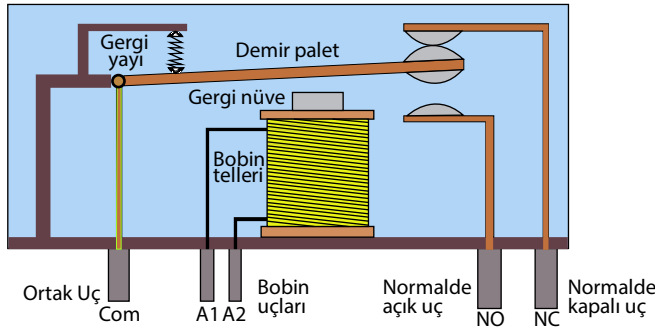


Görsel 1.1: Çeşitli röleler

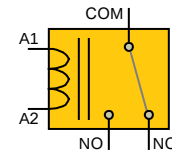
1.2.1. Manyetik Rölenin Yapısı

Röle elektromanyetik bir anahtardır. Görsel 1.2.a'da rölenin iç yapısı görülmektedir. Röle; bobin, yumuşak demir nüve, palet, yay ve kontaklardan meydana gelir. Rölenin bobin kısmı giriş kısmıdır. Bobinler 5 V, 9 V, 12 V, 24 V, 36 V, 48 V, 110V ve 220V AC/DC gibi gerilimlerde çalışacak şekilde üretilir. Rölelerin bobinleri ise genellikle 5 mA-150 mA arasında akım çeker. DC ile çalışan mini röleler en çok elektronik sistemlerde kullanılmaktadır. Palet ve kontak kısmının bobin ile herhangi bir elektriksel bağlantısı yoktur. Röleler iki sistem arasında elektriksel (galvonik) izolasyon amaçlı da kullanılır.

Görsel 1.2.b'de rölenin sembolü görülmektedir. Röle üzerinde genellikle normalde açık [Normally Open-normili opın (NO)], normalde kapalı [Normally Closed-normili klosıd (NC)] ve ortak uç [Common-kamın (COM)] yazan üç adet bağlantı bulunur. NO olan bağlantı; röleye enerji verilmediği durumda COM ucu ile açık devredir, dolayısıyla iletim geçekleşmez. Rölenin bobinine enerji verildiğinde NO ile COM uçları kısa devre olur ve elektrik akımının geçişi sağlanır. NC ucu, NO ucunun tam tersi şekilde çalışır. Bobine enerji verilmediğinde NC ve COM uçları kısa devredir. Enerji verildiğinde ise açık devre olur.



Görsel 1.2.a: Rölenin iç yapısı



Görsel 1.2.b: Rölenin sembolü

Anma Gerilimi: Rölenin çalışmak için ihtiyaç duyduğu giriş gerilimidir.

Tutma Gerilimi: Rölenin çalışması için gerekli minimum gerilimdir. Bu gerilim yaklaşık anma geriliminin %70'i kadar bir değerdir.

Bırakma Gerilimi: Çalışan bir rölenin kontaklarının açılır duruma gelmesi için gerekli maksimum gerilimdir. Bobin voltajının, kontakların tekrar açık konuma gelmesi için ne kadar düşük bir seviyeye gitmesi gerektiğini gösterir. Bu gerilim, yaklaşık anma geriliminin %10'u kadar bir değerdir.

Tutma gerilimi bırakma geriliminden her zaman büyüktür.

1.2.2. Manyetik Röle Üzerindeki Değerlerin Anlamları

- 1 Numarayla Gösterilmiş Değer:**
DC 12 V anma gerilimidir.
- 2 Numarayla Gösterilmiş Değer:**
277 V AC çalışma gerilimi ve 10 A çalışma akımına sahiptir.
- 3 Numarayla Gösterilmiş Değer:**
Amerika standartlarıdır.
- 4 Numarayla Gösterilmiş Değer:**
Avrupa ve Çin standartlarıdır.
(Görsel 1.3).



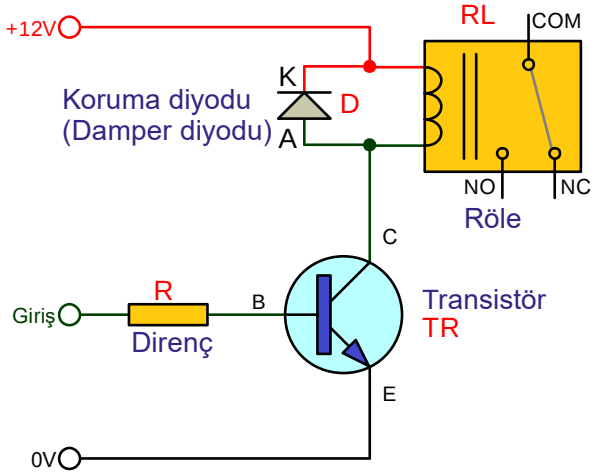
Görsel 1.3: Rölenin üstündeki ifadeler

1.2.3. Manyetik Rölenin Çalışma Prensibi

Röle içerisindeki yumuşak demir nüvenin üzerine çok turlu olarak sarılmış ince telin oluşturduğu bobine akım uygulandığında manyetik alan oluşur. Bu alan, bobinin içinde bulunan yumuşak demir nüveyi elektromıknatis hâline getirir ve paletin kontaklarının konumunu değiştirmesini sağlar. Akım kesildiğinde demir nüve elektromıknatis özelliğini kaybettiği için esnek gergi yayı paleti geri çeker ve kontakları ilk konumuna getirir. Kontakların oksitlenmesini azaltmak için kontak yüzeyleri platin veya tungsten üzerine ince bir gümüş tabaka ile kaplanır.

1.2.4. Röleler İçin Koruma Diyotları

Röle bobinleri, enerji kesildiğinde kısa yüksek voltaj (ani yükselmeler) üretir ve bu durum, devredeki transistörleri ve entegre devreleri bozabilir. Transistörler ve entegre devreler, bir röle bobini kapatıldığında üretilen kısa yüksek voltajdan korunmalıdır. Hasarın önlenmesi için röle bobinine Görsel 1.4'teki gibi bir koruma diyodu bağlanması gereklidir. Koruma diyodu, indüklenen voltajın bobin (ve diyot) üzerinden kısa bir akım çekmesine izin verir. Böylece manyetik alan hızlı bir şekilde etkisizleştirilir. Bu işlem, indüklenen voltajın transistörlere ve entegre devrelere zarar verecek kadar yüksek olmasını önler.



Görsel 1.4: Röle için koruma diyot bağlantısı

1.2.5. Röle Arızaları ve Sebepleri

Röle Arızaları

- Bobinin kopması veya kısa devre olması
- Kontak yapışması
- Kontakların oksitlenerek direnç veya yalıtım göstermesi
- Kontakların aşınarak direnç veya yalıtım göstermesi
- Palet yayının özelliğini yitirmesi
- Sesli çalışması

Röle Arıza Sebepleri

- Röle bobinine taşıyabileceği miktardan fazla akım veya gerilim uygulanması
- AC çalışan bir rölenin DC ile beslenmesi ya da tam tersi olması
- Çalışma sıcaklıkları dışında kullanılması
- Mekanik veya elektriksel ömrünün dolması
- Nemli, tozlu veya titreşim altındaki bir ortamda bulunması ve bobine yeterli enerjinin gitmemesi



AMAÇ: Röle uçlarını bulmak.

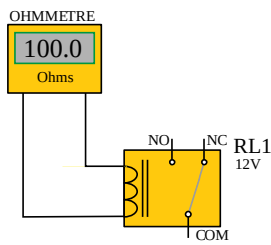
Röle içerisinde uçlarından enerji verildiğinde elektromıknatıs özelliği gösteren bir bobin vardır. Bu bobin 10 Ω üzerinde bir dirence sahiptir. Bobin uçları dışında kalan diğer üç uç ise iki konumlu anahtardır. Bunlardan ortak uca (COM) bağlı palet, normalde kapalı kontakla (NC) temas hâlinindedir. Bobin enerjilendiğinde paleti çeker ve enerji kesilene kadar palet, normalde açık kontakta (NO) temas eder. Röle sekiz uçlu ise diğer üç uç ikinci kontak grubudur.

Görsel 1.5'te tek kutuplu iki konumlu [(Single Pole Double Throw-singil pul dabl trov (SPDT)] rölenin alt görünüşü görülmektedir.

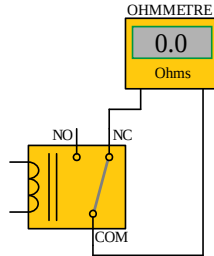


KOD=23118

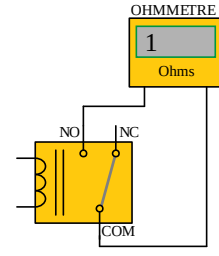
Görsel 1.5: Tek kutuplu iki konumlu (SPDT) röle alt görünüşü ve örnek numaralandırma



1.adım: Bobin direnci ölçme

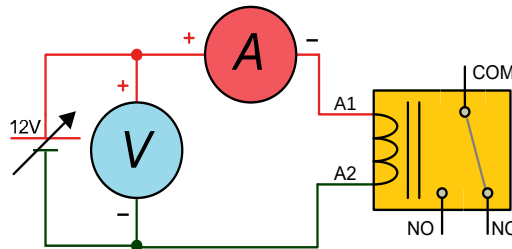


2. adım: Normalde kapalı kontağı (NC) bulma



3. adım: Normalde açık kontağı (NO) bulma

Görsel 1.6: Bobin uçlarını bulma



Görsel 1.7: Röle tutma ve bırakma gerilimi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Röle	Tek kutuplu iki konumlu (SPDT)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. AVOMETREYİ ohm kademesine alınız.
2. Görsel 1.6'daki 1. adımdaki ölçümde rölenin bobin uçlarında $10\ \Omega$ üzerinde bir direnç okunması gereklidir. Bu direnç okunana kadar ölçü aletinin (AVOMETRE) uçlarını değiştirerek bobin uçlarını bulunuz.
3. Okunan bobin direnci değerini Tablo 1.1'e yazınız.
4. Görsel 1.6'daki 2. adımdaki ölçümle röleye enerji vermeden $0\ \Omega$ olan uçları bulunuz.
5. Görsel 1.6'daki 3. adımdaki ölçümle röleye enerji vererek hangi uçlarının $0\ \Omega$ olduğunu bulunuz. Her ikisinde de ortak olan uç rölenin ortak ucudur. Ortak uçla enerji vermeden $0\ \Omega$ olan uç normalde kapalı kontak (NC), boşta kalan uç ise normalde açık kontak (NO).
6. Görsel 1.5'teki numaralandırılmış uçların karşılığını Tablo 1.2'ye yazınız.
7. Görsel 1.7'deki ayarlı güç kaynağını $0\ \text{V}$ 'tan itibaren yavaşça artırınız. Kontakların konum değiştirdiği anda okunan gerilimi, tutma gerilimi ve akımı olarak kaydediniz.
8. Güç kaynağından gerilim değerini yavaşça azaltınız. Kontakların konum değiştirdiği anda okunan gerilim ve akım değerini, bırakma gerilimi ve akımı olarak Tablo 1.3'e kaydediniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.1: Bobin Direnci

Bobin Direnci (Ω)	

Tablo 1.2: Bobin Uçları

Bobin Uçları	Numara
Bobin ucu	
Bobin ucu	
Ortak uç	
Normalde açık kontak	
Normalde kapalı kontak	

Tablo 1.3: Röle Tutma, Bırakma Gerilim ve Akım Değerleri

Bobin	Gerilim (V)	Akım (A)
Tutma		
Bırakma		

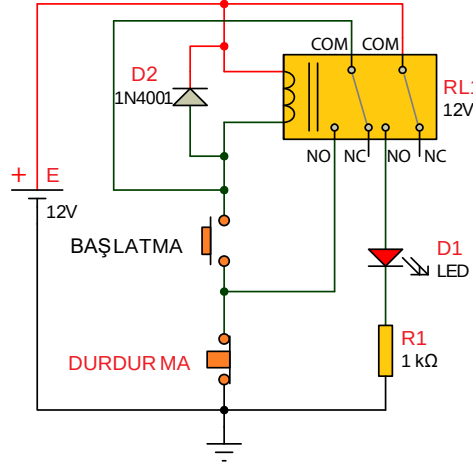
SORULAR

1. Rölelerin çalışma gerilimleri nelerdir? Kısaca açıklayınız.
2. $12\ \text{V}$ röle kaç voltta iletme geçer? Yazınız.
3. $12\ \text{V}$ röle kaç voltta kesime gider? Yazınız.
4. Elektromıknatıs nedir? Nereelerde kullanılır? Belirtiniz.
5. Röle uçlarından 1-5 normalde $0\ \Omega$ ve enerjiliyken $0\ \Omega$ gösteriyorsa bu röle için ne söylenebilir? Yazınız.
6. Arıza, elektronik sistemlerde olması istenmeyen bir olaydır ve çoğunlukla tamiri mümkündür. Arızanın giderilmesinde malzemeyi tanımanın önemini açıklayınız.
7. Rölenin çalışması için ihtiyaç duyduğu giriş gerilimine ne denir? Açıklayınız.



AMAÇ: Röle ile mühürleme yapmak.

Görsel 1.8'deki devrede iki kutuplu iki konumlu [(Double Pole Double Throw-dabl pul dabl trov (DPDT))] röle kullanılmıştır. Başlatma butonuna basıldığında normalde açık kontaklar kapanır. Bobinin ikinci kutbu LED'i yakarken birinci kutbu röle bobininin toprak bağlantısını (GND) yapar. Başlatma butonundan el çekildiğinde röle bobini, toprak bağlantısını durdurma butonu ve rölenin birinci kutbu üzerinden almaya devam edecektir. Bu işleme **mühürleme** denir. Kapalı konumda olan durdurma butonuna basıldığında röle bobininin toprak bağlantısı kesildiğinden röle enerjisi kesilir ve kontaklar ilk konumuna döner.



Görsel 1.8: Röle ile mühürleme devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Röle	İki kutuplu iki konumlu (DPDT)
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Buton	IC199 6 pin push buton (Başlatma) NO ucu
Buton	IC199 6 pin push buton (Durdurma) NC ucu
Diyot	1N4001

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.8'deki devreyi kurunuz.
2. Başlatma ve durdurma butonlarıyla devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Başlatma butonuna basıldığında rölenin birinci kutbunun normalde açık (NO) kontağından mühürleme gerçekleşir. Başlatma butonundan elinizi çekiniz. Durdurma butonu üzerinden şaseye (0 V) bağlanmış olan röle bobini enerjisini almaya devam eder.
4. Durdurma butonuna basınız. Enerjisi kesilen rölenin kontakları ilk durumuna dönecektir.

SORULAR

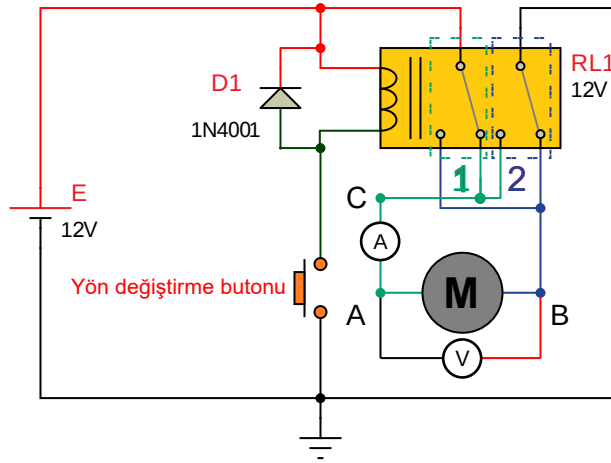
1. Mühürleme nedir? Açıklayınız.
2. Röle bobinine neden ters paralel bir diyot bağlanmışır? Yazınız.
3. R1 direnci 10 kΩ'luk bir direnç ile değiştirildiğinde devrenin çalışması nasıl etkilenir? Açıklayınız.

AMAÇ: Röle ile motor yönü değiştirmek.

Devreye enerji verildiğinde normalde kapalı kontaklardan enerjisini alan motor, bir yönde dönmeye başlar. Yön değiştirme butonuna basılınca DC motorun uçları rölenin normalde açık kontaklarından gerilim kaynağına ters (Kaynağın artı-eksi kutupları yer değiştirir.) olarak bağlanmış olur. Böylece motorun ters yönde hareket ettiği görülür. DC motorun yön kontrolünü sağlayan bu uygulamaya **H-köprüsü (H-Bridge)** denir.

Görsel 1.9'daki devrede motorun A noktası rölenin birinci kutbunun normalde kapalı kontağından pozitif besleme alırken B noktası rölenin ikinci kutbunun normalde kapalı kontağından toprak bağlantısı almaktadır.

Yön değiştirme butonuna basıldığında röle kontakları konum değiştirecektir. Motorun A noktası, rölenin ikinci kutbunun normalde açık kontağından toprağa bağlanırken B noktası rölenin birinci kutbunun normalde açık kontağından pozitif besleme alır. Kutupları yön değiştiren DC motor diğer yöne döner.



Görsel 1.9: Röle ile H-köprüsü uygulaması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Röle	İki kutuplu iki konumlu (DPDT)
Buton	Push buton (Başlatma) NO
Diyot	1N4001
Motor	12 V DC

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.9'daki devreyi kurunuz.
2. Yön değiştirme butonuna basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Voltmetreyi motor uçlarına (A-B uçları) bağlayınız, butonu açık ve kapalı konumlarına alarak uçlarındaki gerilim değerlerini Tablo 1.4'e yazınız.
4. Ampermetreyi devreye (A-C uçları) bağlayınız, butonu açık ve kapalı konumlarına alarak geçen akım değerlerini Tablo 1.4'e yazınız.

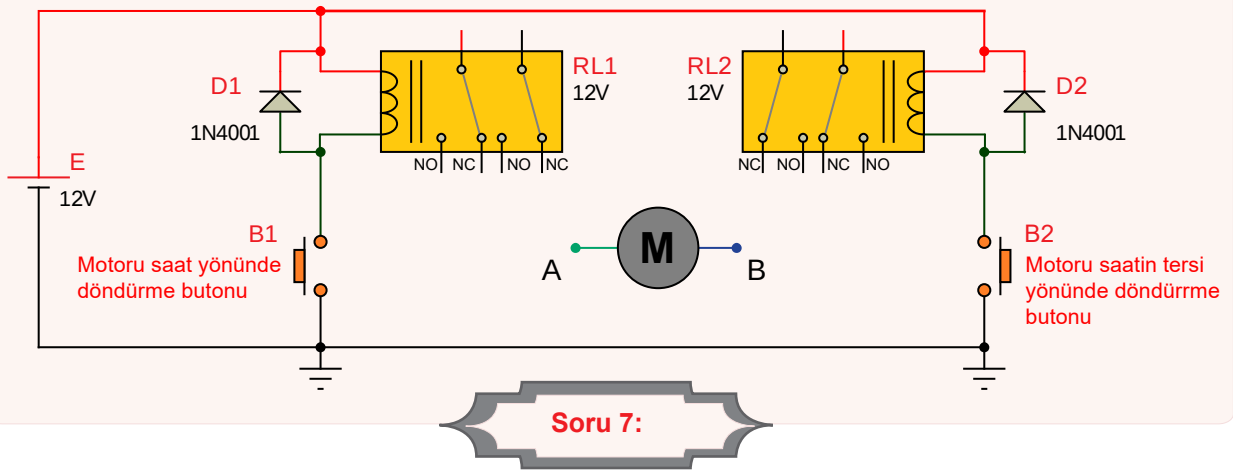
DEĞERLENDİRME

Tablo 1.4: Motor Uçlarındaki Gerilim ve Akım

	Gerilim (V)	Akım (A)
Buton açık		
Buton kapalı		

SORULAR

1. Butona basılınca voltmetre ve ampermetrede değişen nedir? Açıklayınız.
2. H köprüsü başka hangi elemanlarla yapılır? Yazınız.
3. Röle kontak uçlarından birinin yapışması devrenin çalışmasını nasıl etkiler? Yazınız.
4. Başlıca röle arızaları nelerdir? Belirtiniz.
5. Röle arızası tespit edilirken hangi ölçü aletlerine ihtiyaç vardır? Belirtiniz.
6. Bobin uçlarında meydana gelen ters EMK'yi yok etmede kullanılan ters diyot yerine kullanılabilecek yarı iletken malzemeler nelerdir? Yazınız.
7. Aşağıda uçları boş bırakılmış iki adet röleden oluşan devrenin iki buton ile kontrol edilmesi istenmektedir. Motorun B1 butona basıldığında saat yönünde, B2 butona basıldığında ise saat yönünün tersine döneceği şekilde gerekli bağlantılarını tamamlayınız.



NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



1.3. TRANSİSTÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

Mekanik anahtarlar, iyi bir anahtarlama elemanıdır ancak gürültülü çalışır ve hızları da düşüktür. Devreden çekilecek akıma göre boyutları ve anahtarlama gerilimleri büyür. Bunun için devrelerde anahtarlama elemanı olarak transistörler kullanılır.

1.3.1. Transistörün Anahtar Olarak Kullanımı

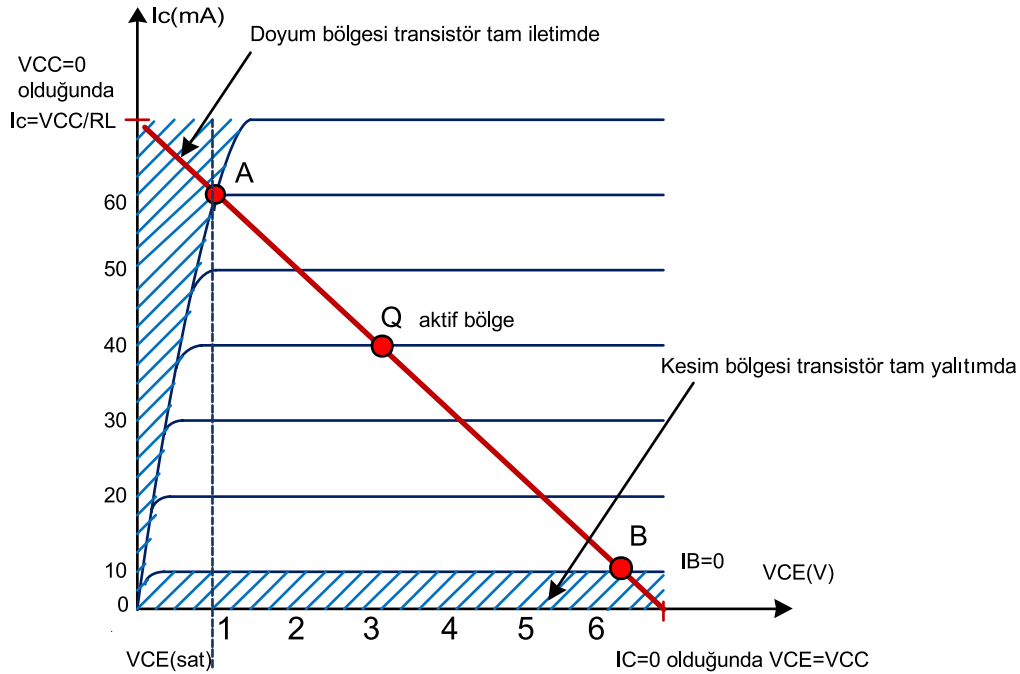
Transistör, düşük değerli elektrik sinyallerini yükseltme veya anahtarlama amacıyla kullanılan yarı iletken devre elemanıdır.

Entegre devrelerin sürebildiği akım değeri genel olarak 20 mA civarındadır. Daha fazla akım ile çalışan LED, röle, motor, buzzer (bazır) gibi devre elemanlarının anahtarlama devrelerinde transistörler kullanılır.

Transistörlerin doyum bölgesi, kesim bölgesi ve aktif bölge olmak üzere üç çalışma bölgesi vardır. Aktif bölge, yükseltme (amplifikasyon) işleminde kullanılır. Doyum (saturasyon) ve kesim [(cut off) (kat of)] bölgeleri ise anahtarlama işleminde kullanılır.

Transistörler, anahtarlama devrelerinde kesim (cut off) bölgesinde çalışırken **anahtar açık**, doyum (saturasyon) bölgesinde çalışırken **anahtar kapalı** gibi çalışır.

Görsel 1.10'da transistörün çalışma bölgeleri ile ilgili bilgi verilmektedir. Bu grafikte kollektör akımı I_c 'nin transistör üzerine düşen kollektör-emiter gerilimi V_{ce} 'ye göre değişimi verilmektedir. Farklı beyz (base) akımı I_b değerleri için farklı grafikler çıkmaktadır.

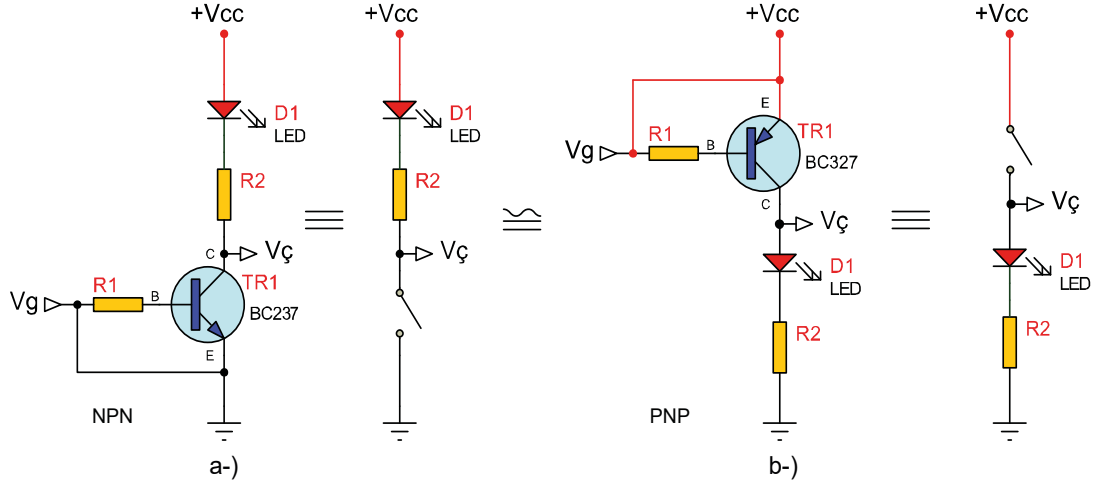


Görsel 1.10: Transistörün 4. bölge karakteristiği grafiği

1.3.1.1. Transistörün Kesim Bölgesi

Görsel 1.11'deki devrede transistör kesimdedir. Transistör kesim bölgesinde tamamiyle yalıtkandır. Beyz-emiter gerilimi V_{be} 0,7 V'tan daha az olduğu için transistör iletime geçmez ve I_c akımı sıfır olur. V_{ce} gerilimi ise en üst seviyededir.

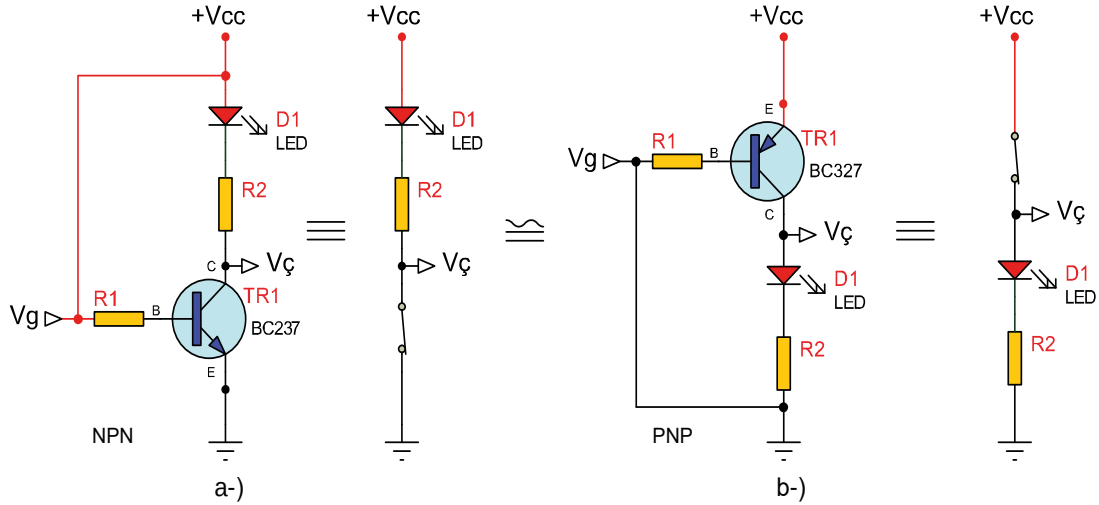




Görsel 1.11: Transistörün kesimde çalışması

1.3.1.2. Transistörün Doyum Bölgesi

Görsel 1.12'de transistörün doyumda çalışması görülmektedir. Transistör doyumdayken tamamıyla iletkenidir. Beyz-emiter gerilimi V_{be} 0,7 V'tan daha büyük olduğu için transistör iletme geçer ve I_c akımı en üst seviyeye çıkar. Kollektörden emitere doğru en üst seviyede akım geçtiğinden kollektör ile emitör arası kısa devre gibidir ve V_{ce} gerilimi sıfırdır.



Görsel 1.12: Transistörün doyumda çalışması

Tablo 1.5: Transistörün Kesim ve Doyum Bölgelerinde Değerler

	V_{be}	V_{ce}	I_c	Anahtar	LED
Kesim	$<0,7V$	V_{CC}	0mA	Açık	Işık vermez.
Doyum	$>0,7V$	0V	En Yüksek	Kapalı	Işık verir.

Transistörlerin Anahtar Elemanı Olarak Kullanılmasının Avantajları

- Hızlı çalışır.
- Gürültüsüz çalışır.
- Ark (kıvılcım) aralığı bulunmaz.
- Periyodik bakıma ihtiyaç duyulmaz.

Transistörlerin Anahtar Elemanı Olarak Kullanılmasının Dezavantajları

- Kumanda devreleri ve güç devreleri birbirinden bağımsız değildir.
- Isıdan ve elektriki gürültüden etkilendir.

1.3.2. Transistörlü Zaman Gecikmeli Devreler

Genellikle transistörün beyzine bağlı kondansatörün şarj ve deşarjıyla transistörün iletim ve kesim durumunu kontrol eden, zaman gecikmeli çalışan devrelere **transistörlü zamanlayıcılar** denir.

Kondansatör ve bobinin DC gerilim altındaki şarj ve deşarj süreleri zaman sabitesini verir. Kondansatör gerilimi bobin akımı depo eder.

1.3.2.1. R-C Seri (Kapasitif Özellikli) Devrelerde Zaman Sabitesi

Boş bir kondansatörün direnç üzerinden şarj olurken uçlarındaki gerilimin besleme geriliminin %63,2'sine çıkması için geçen zamana veya dolu bir kondansatörün uçları arasındaki gerilimin deşarj esnasında ilk gerilim değerinin %36,8'ine düşmesi için geçen zamana **zaman sabitesi** denir.

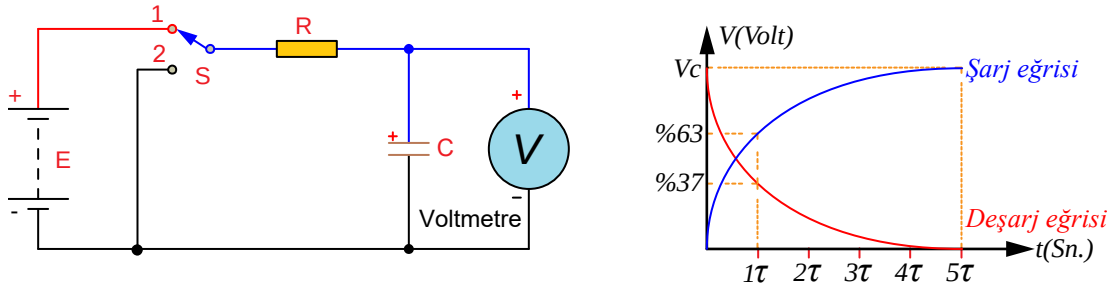
Kondansatörler bir DC kaynağına bağlandığında ampermetrenin ibresi önce yüksek bir değer gösterir. Daha sonra 0 A değerine doğru iner.

Görsel 1.13'te verilen devrede anahtar 1 konumundayken kondansatör R direnci üzerinden kaynak gerilimine şarj olmaya başlar. Anahtar 2 konumuna alındığında ise kondansatör R direnci üzerinden deşarj olmaya başlar. Bu iki durum için de zaman sabitesi

$$\tau = R \times C \text{ denkleminde bulunur.}$$

Burada τ zaman (saniye), R Ω (ohm) olarak direnç değeri, C Farad (F) olarak kondansatör değeri alınır.

Kondansatörler 5 τ 'luk (tau) zaman aralığında tam şarj ya da tam deşarj olur.



Görsel 1.13: R-C seri devrede kondansatörün şarj ve deşarj eğrileri

Yapılan deneylerde bulunan doluluk oranları Tablo 1.6'daki gibi olmaktadır.

Tablo 1.6: Kondansatörün Zamana Göre Doluluk Oranları

τ (Zaman Sabitesi)	I (Şarj Akımı)	V (Şarj Gerilimi)
1 τ sonra	%36,8	%63,2
2 τ sonra	%13,5	%86,5
3 τ sonra	%4,98	%95,02
4 τ sonra	%1,83	%98,17
5 τ sonra	%0,67	%99,33





Örnek: 1000 μF 'lık kondansatör, 22 k Ω 'luk direnç üzerinden şarj olmaktadır.

- a) Kondansatörün zaman sabitesini,
b) Kondansatörün tam olarak dolması için geçen zamanı bulunuz.

Çözüm:

a) $\tau = R \times C \Rightarrow 22000 \times 0,001 \Rightarrow \tau = 22\text{sn}.$

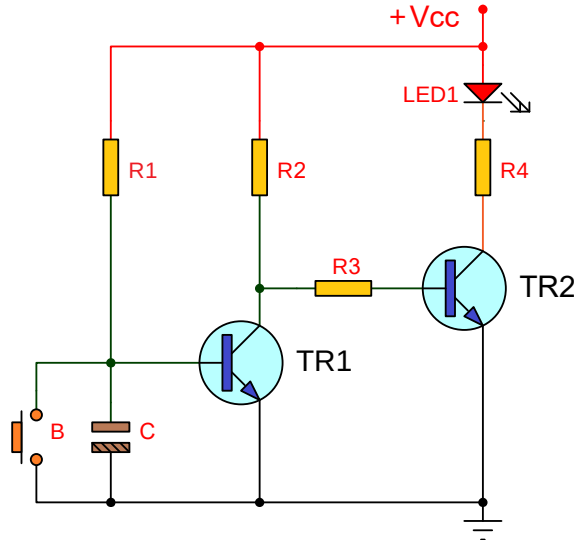
b) Kondansatörün tam dolma zamanı= $5 \times \tau = 5 \times 22 \Rightarrow 110\text{sn}.$

1.3.2.1. Zaman Gecikmeli Duran Devre (Turn off)

Butona basıldığında çıkışındaki yükün çalışmasını sağlayan, buton bırakıldıktan bir süre sonra yükün çalışmasını durduran devreye **turn off devresi** denir (merdiven otomatiği, sensörlü otomatik lambalar gibi).

Görsel 1.14'teki devreye gerilim verildiğinde LED yanar. Devrede butona basıldığında TR1 transistörünün B-E uçları kısa devre olur ve TR1 transistörü kesime gider. TR2'nin beyzi R2 ve R3 üzerinden gerekli polarmayı alır ve TR2 iletme geçer, LED yanar.

Buton serbest bırakıldığında C kondansatörü R1 direnci üzerinden şarj olmaya başlar. Kondansatör üzerindeki gerilim TR1 transistörünün B-E eşik gerilimini geçtiği an (yaklaşık 0,7 V) TR1 transistörü iletme geçer. TR1 transistörünün iletme geçmesi, TR2 transistörünün beyz geriliminin şase seviyesine inmesine ve kesime gitmesine yol açar. TR2 transistörünün yalıtkan olması sonucu LED söner. LED'in yanık kalma süresi C kondansatörünün ve R1 direncinin değerine bağlıdır.



Görsel 1.14: Zaman gecikmeli duran devre

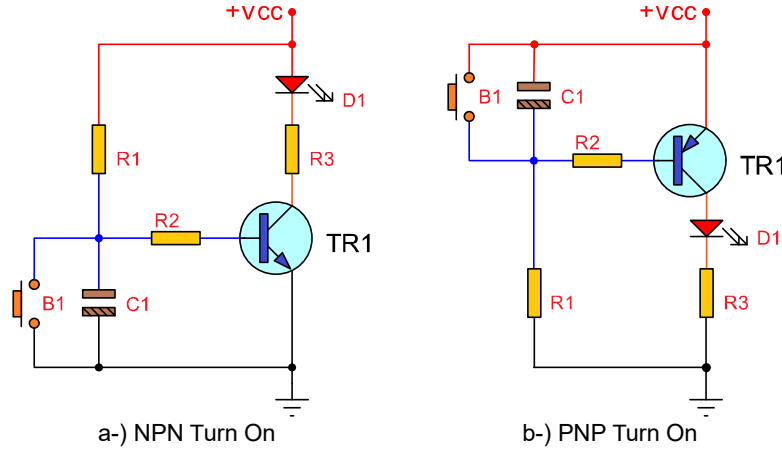
1.3.2.3. Zaman Gecikmeli Çalışan Devre (Turn on)

Normalde çıkışındaki yükü çalıştıran, buton basıldığında yükün çalışmasını durduran, buton bırakıldıktan bir süre sonra yükün tekrar çalışmasını sağlayan devreye **turn on devresi** denir.

Görsel 1.15'teki devreye enerji verildiğinde C kondansatörü R1 direnci üzerinden şarj olmaya başlar. Kondansatör üzerindeki gerilim transistörünün Vbe eşik gerilimini geçtiği an (yaklaşık 0,7 V) transistör iletme geçer ve LED yanar. Devrede butona basıldığında transistörün beyzi şaseye (PNP'de Vcc'ye) bağlı olduğundan transistör kesime gider ve LED söner.

Buton bırakıldığında ise beyz ucu şaseden kurtulur, kondansatör boş olduğundan transistör kesimde kalmaya devam eder. Kondansatör uçlarındaki gerilim, Vbe eşik gerilimine ulaştığında transistör iletme geçer ve LED yanar. LED'in sönük kalma süresi C kondansatörü ve R1 direncine bağlıdır.



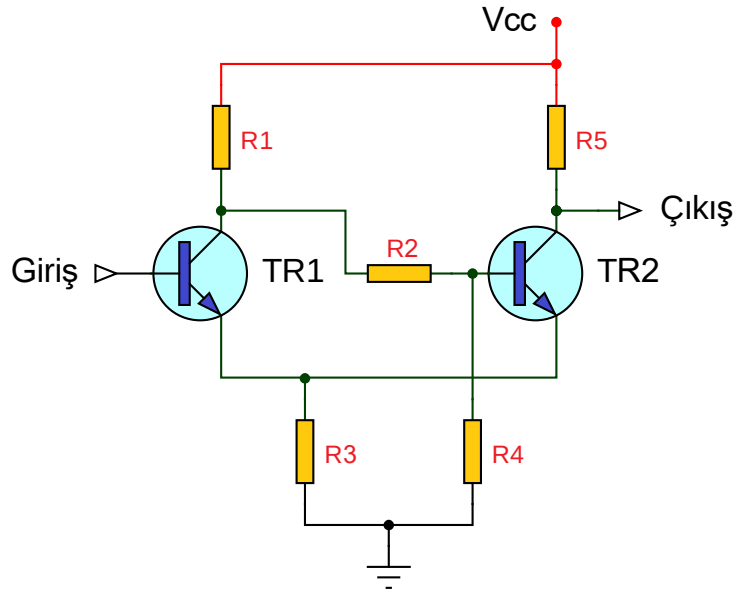


Görsel 1.15: Zaman gecikmeli çalışan devre

1.3.3. Schmitt Trigger (Şimit Tiriger-Tetikleyici) Devresi

Schmitt tetikleme devreleri, kare dalga üretmede kullanılan iki konumlu devrelerdir.

Bu devrelerde çıkış, girişe bağlı olarak iki farklı konumda bulunmaktadır. Devrenin çıkışında 0 V veya Vcc bulunur. Schmitt tetikleyecisinin en önemli uygulaması yavaş değişen bir işaretten hızla değişen bir dalga şeklinin elde edilmesidir. Schmitt tetikleme devresi ile sinüzoidal bir işaretten kare dalga elde edilebilir (Görsel 1.16).



Görsel 1.16: Schmitt trigger devresi

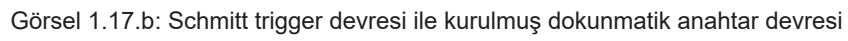
Görsel 1.17. a'da görüldüğü gibi

V1 gerilimi; **TR1** transistörünün iletime geçmesi, **TR2** transistörünün yalıtıma geçmesi ve çıkışın **Vcc** olması için gerekli en düşük giriş gerilimidir.

V2 gerilimi, **TR1** transistörünün yalıtıma geçmesi, **TR2** transistörünün iletime geçmesi ve çıkışın **0 V** olması için gerekli en yüksek gerilimdir.

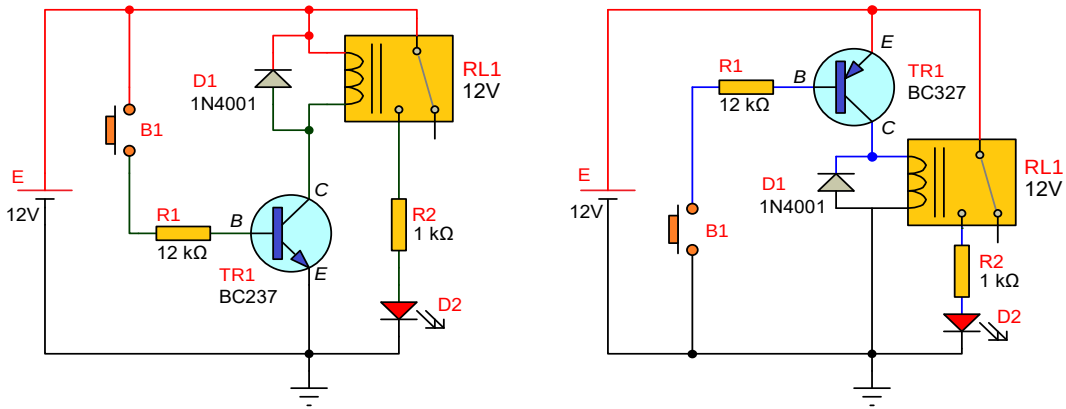
Çıkış geriliminin Vcc olması için giriş geriliminin V1'den büyük olması gereklidir. V1 değerine ulaşıncaya kadar çıkış gerilimi 0 V'dir. Çıkış gerilimi Vcc olduktan sonra çıkış geriliminin tekrar 0 V olması için giriş geriliminin V2'den küçük olması gerekir.

Diğer giriş gerilim değerlerinde çıkış ya 0 V ya da Vcc'dir. Bu durum, değişken giriş değerlerinde yükü kontrol edecek (sürülecek) transistörün aktif bölgede çalışmasını engeller. Böylece transistörün ısınmasını ve bozulmasını engellediği gibi anahtarlama devrelerinin daha kararlı çalışmasını sağlar.



AMAÇ: Transistörü anahtarlama elemanı olarak kullanmak.

Transistörün ilettime geçebilmesi için polarmalandırılması (bacaklarına uygun yönde ve miktarda gerilim verilmesi) gerekir. Görsel 1.18'de B1 butonu açık konumda olduğundan beyz polarması almayan TR1 transistörü kesimdedir. Butona basıldığında yaklaşık 0,7 V eşik gerilimine ulaşan beyz polarması transistörü ilettime geçirecektir. C-E arası kapalı anahtar gibi davranacak ve rölenin toprak bağlantısı (PNP için +Vcc) sağlanacaktır. Enerjilenen röle kontakları konum değiştirecek ve LED yanacaktır. Besleme gerilimi kaç volt olursa olsun beyz gerilimi yaklaşık 0,7 V'u aşmayacak, kalan gerilim beyz direnci (R1) üzerine düşecektir.



Görsel 1.18: Transistörün anahtar olarak kullanımı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
Transistör	BC327 (TO-92 kılıf)
Röle	İki kutuplu tek konumlu (DPST)
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	12 kΩ
Buton	Push buton (Başlatma) NO
Diyot	1N4001

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.18'deki devreyi kurunuz.
2. Butonuna basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Rölenin bobin uçlarındaki direncini devre bağlantısı olmadan ölçüp Tablo 1.7'ye yazınız.
4. $I_C = \frac{V_{CC}}{R_L}$ den kollektör akımını hesaplayınız ($V_{CC}=12V$).
5. $I_b = \frac{I_C}{\beta}$ den beyz akımını hesaplayınız ($\beta = 120$).
6. $R_1 = \left(\frac{V_{CC} - V_{be}}{I_b} \right)$ den beyz direncini hesaplayınız ($V_{be} = 0,7V$). Hesaplanan değerleri Tablo 1.7'ye yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.7: R1 Direnci Hesaplama

Rb Hesaplama	Değer
Bobin Direnci (R_L)	
I_c	
I_b	
R1	

Tablo 1.8: Ölçüm Sonuçları

Buton Açık	Gerilim (V)	Akım (A)	Buton Kapalı	Gerilim (V)	Akım (A)
V_{be}		-	V_{be}		-
I_b	-		I_b	-	
I_c	-		I_c	-	

SORULAR

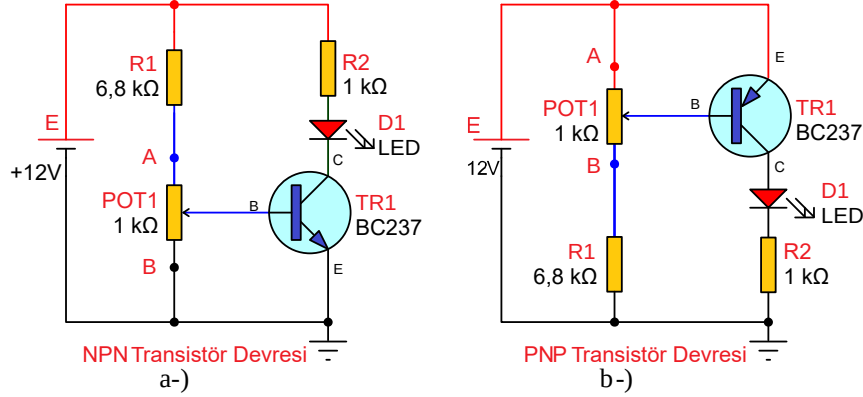
1. Eşik gerilimi nedir? Açıklayınız.
2. Transistörün doyumda ve kesimde çalışması nedir? Açıklayınız.
3. Transistörün doyumda ve kesimde çalışması hangi uygulamalarda istenir? Açıklayınız.
4. R1 direncinin değerinin büyük seçilmesinin devreye etkisi ne olur? Belirtiniz.
5. R1 direncinin değerinin küçük seçilmesinin devreye etkisi ne olur? Belirtiniz.
6. Besleme gerilimi 10 V olsaydı R1 üzerine düşen gerilim kaç volt olurdu? Hesaplayınız.
7. Transistörün beyzi ile emiteri arasında 0,7 V üzerinde bir değer okunuyorsa transistör için ne söylebilir? Düşüncelerinizi açıklayınız.
8. Transistörün açık devre olmasıyla doyum bölgesinde çalışması arasındaki fark nedir? Yazınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Transistörün potansiyometre ile anahtarlamasını yapmak.

Görsel 1.19'daki transistörlerin iletme geçebilmesi için beyz gerilimin yaklaşık 0,7 V eşik gerilimine ulaşması gereklidir. Potansiyometrenin orta ucu, gerilim bölücü direnç olarak görev yapmaktadır. Potansiyometrenin orta ucu (Aynı zamanda transistörün beyz ucudur.) A noktasına yaklaştıkça üzerine düşen gerilim artmaktadır. Bu gerilim eşik gerilime ulaştığında transistör iletme geçerek kollektör emiter arası kapalı anahtar gibi çalışacaktır. Şase bağlantısı (PNP için +Vcc) sağlanmış olan LED üzerinden akım akar ve LED yanar. B noktasına yaklaştıkça üzerine düşen gerilim azalır, transistör kesime gider ve LED söner.



Görsel 1.19: Transistörün potansiyometre ile anahtarlanması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
Transistör	BC327 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	6,8 kΩ
Potansiyometre	1 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.19'daki devrelerden birisini kurunuz.
2. Potansiyometrenin orta ucunu A ve B konumlarına alarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Potansiyometrenin orta ucu A konumundayken I_b akımını ve V_{be} gerilimini Tablo 1.9'a yazınız.
4. Potansiyometrenin orta ucu B konumundayken I_b akımını ve V_{be} gerilimini Tablo 1.9'a yazınız.
5. Potansiyometrenin orta ucu B konumundayken üzerinden akım geçmeyen üç elemanın adını Tablo 1.10'a yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.9: Beyz Akım ve Gerilimini Ölçme

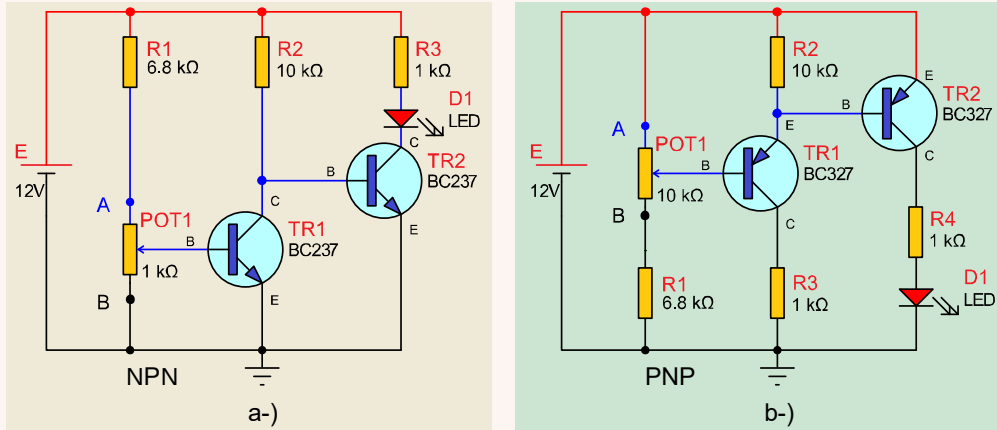
Konum	Akım (mA)	Gerilim (V)
A		
B		

Tablo 1.10: Potansiyometre B Konumundayken Üzerinden Akım Geçmeyen Elemanlar

1. Eleman	2. Eleman	3. Eleman

SORULAR

1. Dirençle gerilim nasıl bölünür? Açıklayınız.
2. R2 direncinin görevi nedir? Açıklayınız.
3. LED'in parlaklığını değiştirmek için hangi direncin değerini değiştirmeliyiz? Açıklayınız.
4. NPN tipi transistör kullanılan devrede R2 direnci takılmaz potun A ucu direkt beslemeye bağlanırsa ne tür arızalar meydana gelir? Belirtiniz.
5. Transistörün anahtar olarak çalışabilmesi için hangi çalışma bölgeleri kullanılır? Yazınız.
6. Transistörlerin anahtarlama elemanı olarak kullanılmasının avantajları nelerdir? Belirtiniz.
7. Aşağıdaki devreler ile Görsel 1.19'daki devreler arasındaki fark nedir? Açıklayınız.



Soru 7:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

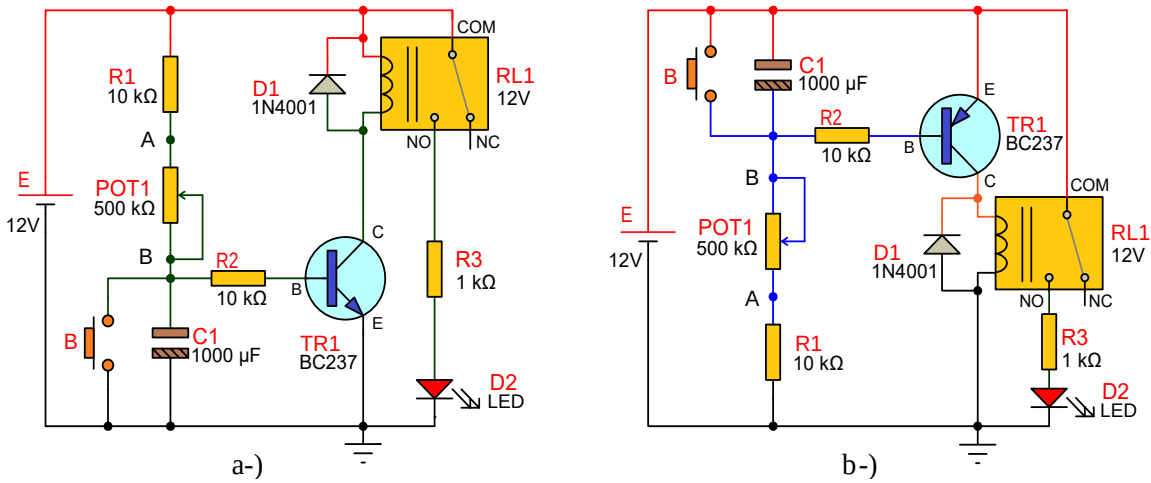


AMAÇ: Zaman gecikmeli çalışan devre yapmak.

Görsel 1.20'deki devrede butona basıldığında beyz polarması 0 V olan (PNP için +Vcc)TR1 transistörü kesime gidecek ve LED sönecektir. El butondan çekildiğinde kondansatör R1 ve potansiyometre üzerinden şarj olmaya başlayacaktır. Kondansatör gerilimi yaklaşık 0,7 V'a yükseldiğinde transistör iletime geçecek, röle enerjilenecek ve LED yanacaktır. Potansiyometreyi B konumuna yaklaştırdıkça kondansatör daha yavaş dolacak, transistörün iletime geçmesi ve LED'in yanması için geçen süre uzayacaktır.



KOD=26501



Görsel 1.20: Zaman gecikmeli çalışan devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
Transistör	BC327 (TO-92 kılıf)
Röle	İki kutuplu tek konumlu (DPST)
Buton	Push buton
Diyot	1N4001
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	1000 µf/16V
Potansiyometre	500 kΩ



İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.20'deki devreyi kurunuz.
2. B butonuna basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Potansiyometrenin orta ucu A ve B noktalarındayken butona basınız. Devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
4. Potansiyometrenin orta ucunu B noktasına alınız (500 k Ω dirence ayarlayınız).
Kondansatör $R = R_1 + \text{Pot} = 510 \text{ k}\Omega$ direnç üzerinden şarj olmaktadır.
5. $\tau = R \cdot C$ formülüyle zaman sabitesini (τ) hesaplayıp Tablo 1.11'e yazınız. Dolan bir kondansatörde zaman sabitesi (τ), boş bir kondansatörün %63'üne doluncaya kadar geçen süredir.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.11: Zaman Sabitesi Hesaplama

Süre	Değer
Zaman Sabitesi	

SORULAR

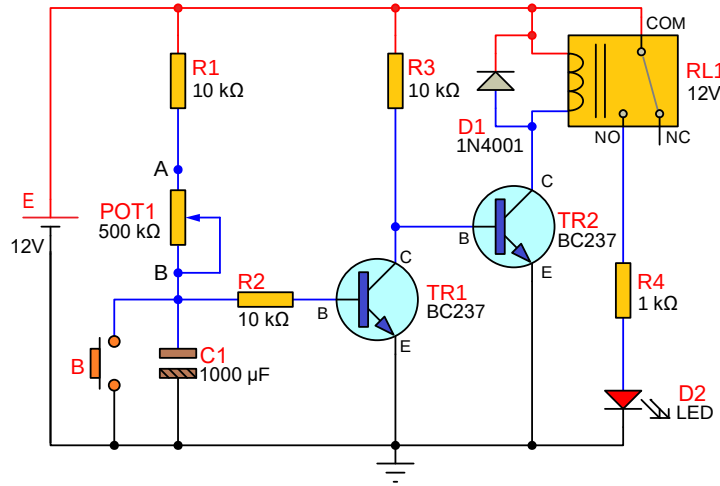
1. Görsel 1.20' deki kondansatör neden tam olarak dolmamaktadır (0,7 V'u geçememektedir.)? Yazınız.
2. 10 k Ω 'luk R1 direnci kısa devre yapılırsa devredeki hangi elemanın bozulma ihtimali oluşur? Belirtiniz.
3. Zaman gecikmeli çalışan birçok farklı devre vardır. Bunları araştırıp çiziniz. Bu devre ile karşılaştırıp aynı işi yapan farklı devre tasarımları hakkında yorum yapınız.
4. Transistörün iletme geçme süresinin doğal logaritmayla olan ilişkisini araştırınız.
5. Kondansatörler bir DC kaynağına bağlandığında ampermetrenin ibresi önce yüksek bir değer gösterir ve daha sonra 0 A değerine doğru iner. Bunun nedenini açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ : Zaman gecikmeli duran devre yapmak.

Görsel 1.21'deki devrede butona basıldığında beyz polarması 0 V olan TR1 transistörü kesime gidecektir. C-E arası açık anahtar gibi davranan TR1 transistörü, TR2 transistörünün şase bağlantısını kesecektir. R3 üzerinden doğru polarmalandırılan TR2 transistörü iletime geçecek, röle enerjilenecek ve LED yanacaktır. El butondan çekildiğinde kondansatör R1 ve potansiyometre üzerinden şarj olmaya başlayacaktır. Kondansatör gerilimi yaklaşık 0,7 V'a yükseldiğinde TR1 transistörü iletime geçecek, C-E arası kapalı anahtar gibi davranacaktır. Bunun sonucunda TR2 transistörünün beyzi şaseye bağlanmış olacaktır. Doğru polarmalandırılmayan TR2 transistörü kesime gidecek, röle enerjisi kesilecek ve LED sönecektir. Potansiyometreyi B konumuna yaklaştırdıkça kondansatör daha yavaş dolacak ve LED'in yanık kalma süresi uzayacaktır.



Görsel 1.21: Zaman gecikmeli duran devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
Röle	İki kutuplu tek konumlu (DPST)
Buton	Push buton
Diyot	1N4001
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Potansiyometre	500 kΩ
Kondansatör	1000 µf/16V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.21'deki devreyi kurunuz.
2. Butona basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Potansiyometrenin orta ucu A ve B noktalarındayken butona basınız. Devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
4. LED'in sönmük ve yanık durumunda transistörlerin beyz gerilimlerini ölçüp Tablo 1.12'ye yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.12: Transistör Beyz Gerilimi Ölçme

Beyz Gerilimi	LED Yanık	LED Sönük
T1 beyz gerilimi		
T2 beyz gerilimi		

SORULAR

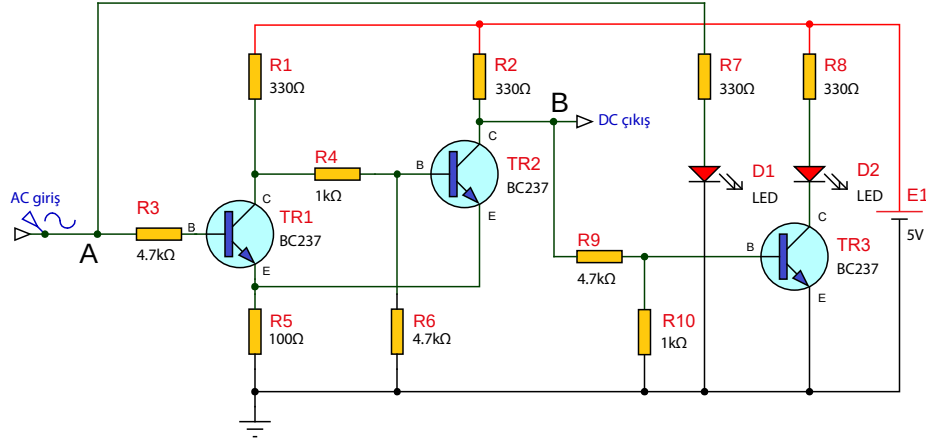
1. İki transistör neden aynı anda aktif değildir? Belirtiniz.
2. Tersleme (değilini alma) işlemini hangi transistör yapmaktadır? Yazınız.
3. Zaman gecikmeli duran birçok farklı devre vardır. Bunları araştırıp çiziniz. Bu devre ile karşılaştırıp aynı işi yapan farklı devre tasarımları hakkında yorum yapınız.
4. C1 kondansatörü açık devre olursa devrenin çalışması nasıl etkilenir? Açıklayınız.
5. Transistörlü zaman gecikme devrelerinin günlük hayatta kullanım örnekleri nelerdir? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

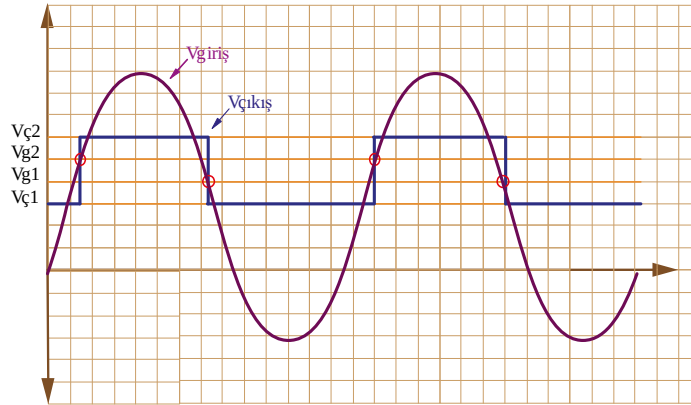


AMAÇ: Transistörlü Schmitt trigger devresi yapmak.

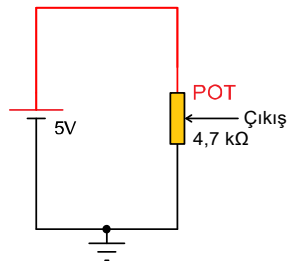
Schmitt trigger devresi iki eşik gerilimine sahip (histeresis) karşılaştırıcı bir devredir (Görsel 1.22). AC veya karışık analog sinyali (değişken gerilimi) çıkışta ya yüksek seviye (dijital 1) ya da düşük seviye (dijital 0) olarak veren dönüştürücüdür. TR1 ile TR2 birbirlerini tersleyerek çalışmaktadır. Biri iletimdeyken diğeri kesimdedir. R1 ve R2 direnç değerleri, Vg1 ve Vg2 eşik gerilimlerinin değerini belirler (Görsel 1.23). D1 ve D2; LED'lerinin çalışma şekli, analog ve dijital kavramlarını basitçe gösterir.



Görsel 1.22: Transistörlü Schmitt trigger devresi



Görsel 1.23: Transistörlü Schmitt trigger giriş ve çıkış sinyalleri



Görsel 1.24: DC giriş devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1 k Ω
Direnç	330 Ω
Direnç	100 Ω
Direnç	4,7 k Ω
Potansiyometre	4,7 k Ω

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.22'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörü kullanarak AC giriş ucundan $f=0,2$ Hz 10 Vpp'lik sinyal uygulayınız.
3. Osiloskopun bir kanalını AC giriş ucuna (A noktası) diğer kanalı DC çıkış ucuna (B noktası) bağlayarak sinyalleri ve LED'leri gözlemleyiniz.
4. A noktasına Görsel 1.24'teki potansiyometrenin orta ucunu bağlayınız.
5. A noktası ile şase arasına ve B noktası ile şase arasına voltmetre bağlayınız.
6. Potansiyometreyi ayarlayarak çıkışta ölçülen en yüksek gerilim değerini bulup Tablo 1.13'teki Vç2 hanesine yazınız.
7. Potansiyometreyi ayarlayarak çıkışta ölçülen en düşük gerilim değerini bulup Tablo 1.13'teki Vç1 hanesine yazınız.
8. Potansiyometreyi yavaşça ayarlayarak D2 LED'in yandığı ilk anda A noktasındaki gerilimi ölçüp Tablo 1.13'teki Vg2 hanesine B noktasındaki gerilimi ölçüp Tablo 1.13'teki Vç2 hanesine yazınız.
9. Potansiyometreyi yavaşça ayarlayarak D2 LED'in söndüğü ilk anda A noktasındaki gerilimi ölçüp Tablo 1.13'teki Vg1 hanesine, B noktasındaki gerilimi ölçüp Tablo 1.13'teki Vç1 hanesine yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.13: Transistörlü Schmitt Trigger Devresi Giriş ve Çıkış Gerilimleri

Giriş Çıkış Gerilimleri	Değer
Vç2	
Vg2	
Vg1	
Vç1	

SORU

1. Analog ve dijital kavramları nedir? LED1 ve LED2'nin bu kavramlarla ilişkisini kurunuz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



1.4. FET VE MOSFET'Lİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

Anahtarlama devrelerinde diğer transistörlere göre giriş akımının olmaması ve daha yüksek çıkış akım ve gerilimlerinin anahtarlatabilmesi için JFET ve MOSFET'ler kullanılır.

1.4.1. FET [(Field Effect Transistör- Fild Efekt Trensistir Alan Etkili Transistör)]

İki kutuplu transistör (Bipolar Junction Transistor- baypolır cankşın transistir-BJT) elektron akımının ya da oyuk akımının kullanıldığı akım kontrollü transistörlerdir. NPN ve PNP tipi olarak adlandırılan klasik tip transistörler alçak giriş empedansına sahiptir.

Alan etkili transistör (Field Effect Transistör) FET ise yüksek giriş empedansına sahip, tek kutuplu tek bileşenli basit yapıda, gerilim kontrollü bir transistördür. Elektrik alanı prensiplerine göre çalıştığından alan etkili transistörler olarak bilinir.

BJT'lerde olduğu gibi FET'lerde de üç terminal vardır. Bunlar; oluk (Drain-dreyn), kapı (Gate-geyt) ve kaynaktır (Source-sörs). Transistörlerde kollektörün karşılığı drain, emiterin karşılığı source, beyzin karşılığı geyttir.

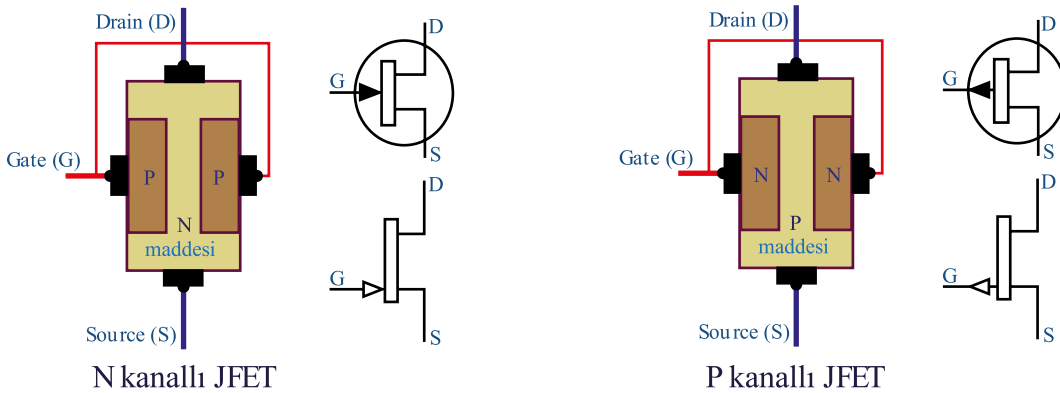
BJT ile FET arasındaki tek fark, BJT transistörün kollektör emiter arasından geçen akımın beyzinden verilen akımla FET transistörün ise drain source arasından geçen akımın geytten verilen gerilimle kontrol edilmesidir. FET'ler geyt ucundan hiçbir akım çekmez.

1.4.2. FET Transistör Çeşitleri

Eklem alan etkili transistör [(Jmction Field Effect Transistor-cimşın fild efekt transistir- (JFET)] ve metal oksit yarı iletken alan etkili transistör [(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistör- metal oksit semikındaktır fild efekt transistir (MOSFET)] olmak üzere ikiye ayrılır.

1.4.2.1. JFET Transistörler

Geyt ucuna uygulanan ters polariteli gerilimin değerine göre drain-source uçları arasından geçen akımı kontrol edebilen elemanlara **JFET** denir. Sembölü ve içyapısı Görsel 1.25'te verilmektedir.



JFET'in sembolündeki geyt terminali üzerinde bulunan okun JFET'in kanal tipini belirler. N kanal JFET'de okun yönü içeri, P kanal JFET'de okun yönü dışarı doğrudur.

JFET Transistörün Çalışması: N kanal JFET'in geyt ucuna uygulanan gerilim ile N-tipi maddeden oluşan kanal daralarak veya genişleyerek akımın seviyesinin değişmesine sebep olur. Geyt ucundan verilen gerilimin değeri ile D-S arasından geçen akım kontrol edilir. P kanal JFET'lerin çalışma sistemi de N kanal JFET'lerle aynıdır.

Tek farkı polarizasyon yönünün ve P-N maddelerinin yerlerinin ters olmasıdır.

1.4.2.2. MOSFET Transistörler

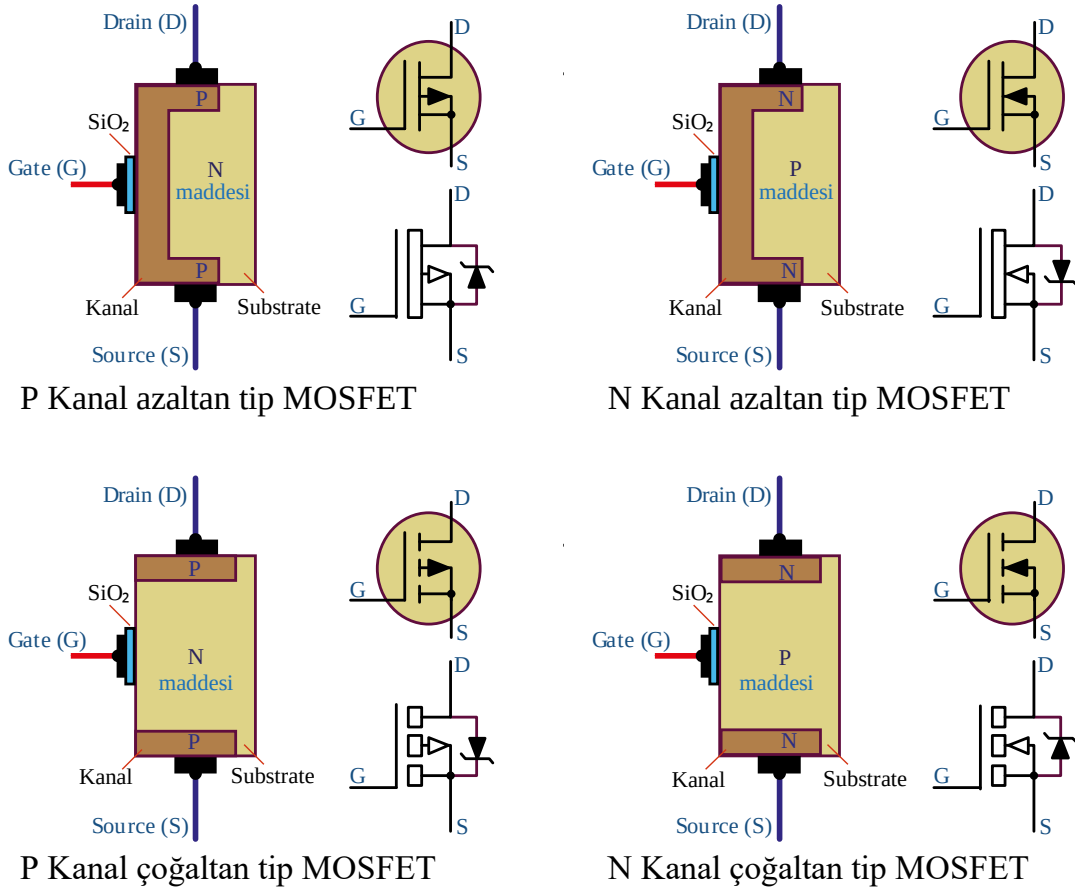
FET transistörlerin geyt terminalinin kanaldan yalıtılmış (izole edilmiş) şekilde üretilen çeşitlerine **MOSFET** denir.

MOSFET'te geyt ile kanal arasında JFET'teki gibi bir P-N birleşimi yoktur. MOSFET'in kapısı silisyum dioksit (SiO_2) tabakası ile kanaldan izole edilmiştir. Bu nedenle MOSFET'lerin giriş empedansları BJT ve JFET'lerden çok daha yüksektir.

MOSFET transistörler fiziksel olarak bir alt katman üzerine yapılandırılmıştır. Bu alt katmana **substrate=sub** adı verilir. SUB şematik sembollerde terminal olarak gösterilir.

MOSFET'ler, **azaltan (depletion)** tip MOSFET ve **çoğaltan (enhancement)** tip MOSFET olarak iki şekilde üretilir.

Azaltan tip MOSFET'lere **D-MOSFET**, çoğaltan tip MOSFET'lere **E-MOSFET** denir. Farklı yapıda olan iki MOSFET'in N kanal ve P kanal olarak tipleri vardır. Uygulamalarda genellikle çoğaltan tip MOSFET kullanılır. MOSFET tipleri ve sembolleri Görsel 1.26'da verilmiştir.



Görsel 1.26: MOSFET'lerin içyapıları ve sembolleri

D-MOSFET sembollerinde SUB terminali üzerindeki okun yönü D-MOSFET'in tipini belirler. N kanal D-MOSFET'te okun yönü içeriye, P kanal D-MOSFET'te okun yönü dışarıya doğrudur.

Azaltan (Boşluk Şarjlı, Depletion) Tip MOSFET: Geytte gerilim yoksa D-S arası iletkenidir. Geyte gerilim uygulandığında ve gerilim seviyesi artırıldıkça D-S arasındaki kanaldan geçen akım da azalır.

Çoğaltan (Enhancement) Tip MOSFET : Geytte gerilim yoksa D-S arası yalıtkandır. Geyte gerilim uygulandığında ve gerilim seviyesi artırıldıkça D-S arasındaki kanaldan geçen akımın miktarı da artar.

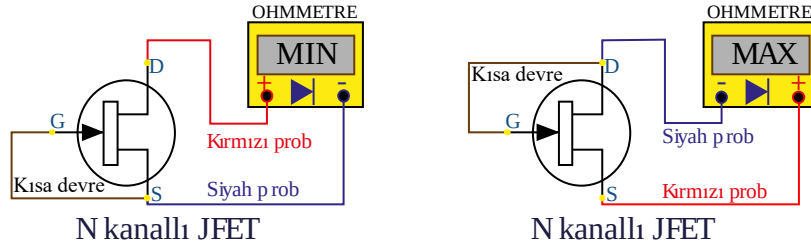
1.4.2. JFET ve MOSFET'in Sağlamlık Kontrolü

FET'ler temas anında cihazlar ve insan vücudundaki statik elektrikten dolayı bozulabilir. Bu nedenle özel ambalajlarında korunmaya alınmalı, FET'e dokunmadan önce kullanıcı, üzerindeki elektrostatik yükü topraklayarak boşaltmalıdır. FET'in devre üzerinde montajı yapılırken veya sökülürken düşük güçlü havya kullanılmalı ve havya mutlaka topraklanmalıdır. JFET ve MOSFET'lerin uçları kataloğlardan bulunmalıdır. Ölçü aleti ile bulunması zordur.

N-kanal JFET'in sağlamlık kontrolü aşağıda verildiği gibidir (Görsel 1.27.a).

- AVÖmetre ohm (Ω) kademesine alınır.
- G-S uçları birleştirilir. Kırmızı (+) prob **D**, siyah (-) prob **S** ucuna dokundurulur. Okunan direnç değeri düşük değer olur.
- G-D uçları birleştirilir. Kırmızı (+) prob **S**, siyah (-) prob **D** ucuna dokundurulur. Okunan direnç değeri yüksek (sonsuz) değer olur.

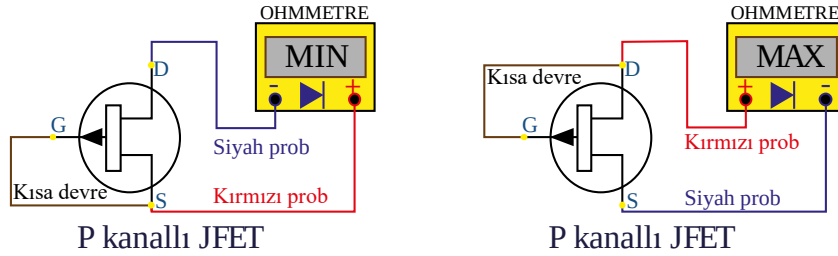
NOT: Ölçüm sırasında geyte gelebilecek manyetik etkileri yok etmek için N veya P kanal JFET'lerde G-S ve G-D uçları birleştirilir.



Görsel 1.27.a: N kanal JFET'in ölçü aleti ile sağlamlık kontrolü

P-kanal JFET'in sağlamlık kontrolü aşağıda verildiği gibidir (Görsel 1.27.b).

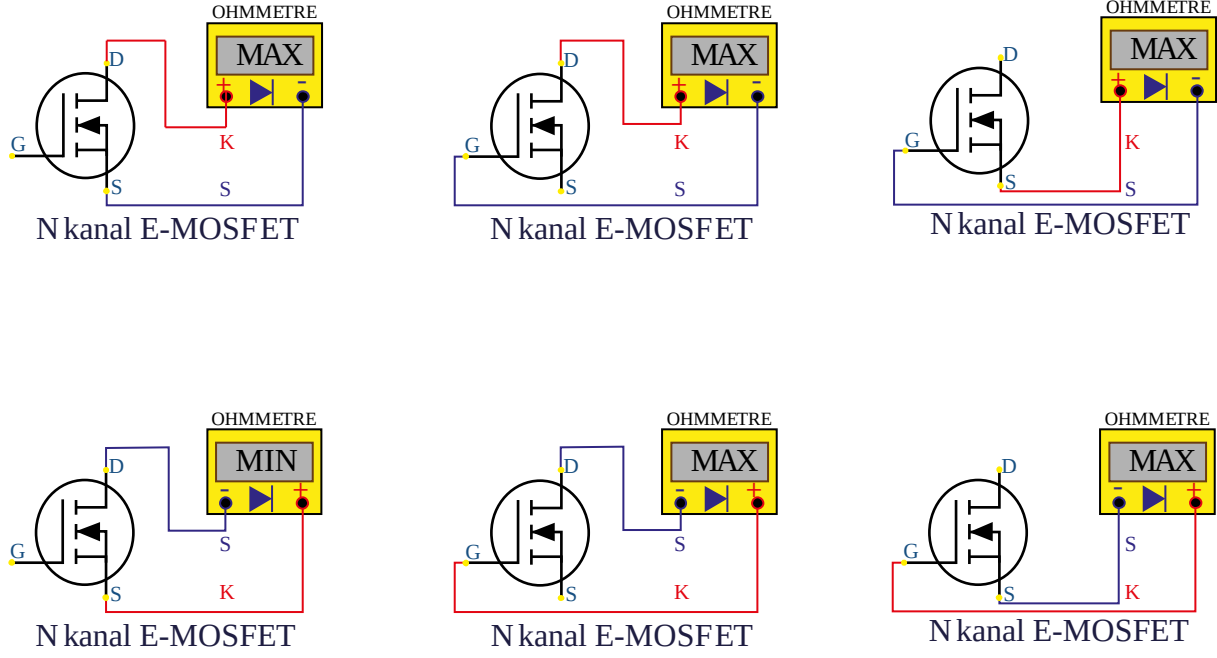
- AVÖmetre ohm (Ω) kademesine alınır.
- G-S uçları birleştirilir. Kırmızı (+) prob **S**, siyah (-) prob **D** ucuna dokundurulur. Okunan değer düşük değer olmalıdır.
- G-D uçları birleştirilir. Kırmızı (+) prob **D**, siyah (-) prob **S** ucuna dokundurulur. Okunan direnç değeri yüksek (sonsuz) değer olmalıdır.



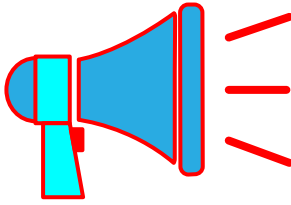
Görsel 1.27.b: P kanal JFET'in ölçü aleti ile sağlamlık kontrolü

N kanal E-MOSFET'in sağlamlık kontrolü aşağıda verildiği gibidir (Görsel 1.28).

- AVÖmetre ohm (Ω) kademesine alınır.
- D-S uçları arasında bir yönde düşük, diğer yönde yüksek direnç okunur.
- D-G uçları arasında her iki yönde yüksek direnç okunur. (-) prob S ucundayken (+) prob önce G ucuna ardından D ucuna dokundurulursa D-S arası düşük direnç okunur.
- S-G uçları arasında her iki yönde yüksek direnç okunur.



Görsel 1.28: N kanal E-MOSFET'in ölçü aleti ile sağlamlık kontrolü



MOSFET transistörleri ölçülürken drain ile source arasında kısa devre göstermemesi gereklidir. Ölçümünde dikkat edilmesi gereken durum şudur:

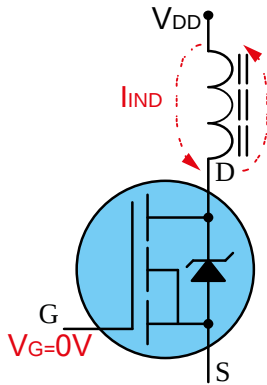
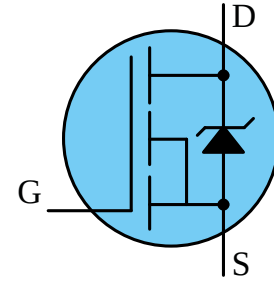
Bazı MOSFET'lerin drain-source arasına tümleşik olarak ters yönde Schottky hızlı diyodu konulmaktadır. Bu Schottky diyot, ölçüm sırasında yanıltıcı olabilmektedir.

Schottky diyodun buradaki görevi damper diyot olmaktır. Damper diyotları, endüktif yük (motor veya transformatör vb.) çalışılan devrelerde transistör kesime gittiği anda endüktif yük üzerinde meydana gelen ters

indükleme akımının besleme gerilimi ve akımına yapacağı ters yönlü etkiyi yok etmek için gereklidir.

Bu ters bağlı diyot yoksa MOSFET'in drain-source arasında her iki ölçümde de yüksek direnç, diyot bağlıysa bir yönde düşük direnç diğer yönde yüksek direnç görülmelidir. Ölçmeye başlanmadan önce ölçülecek MOSFET transistörün bilgi sayfasına (datasheet) bakılarak içyapısı hakkında bilgi alınmalıdır.

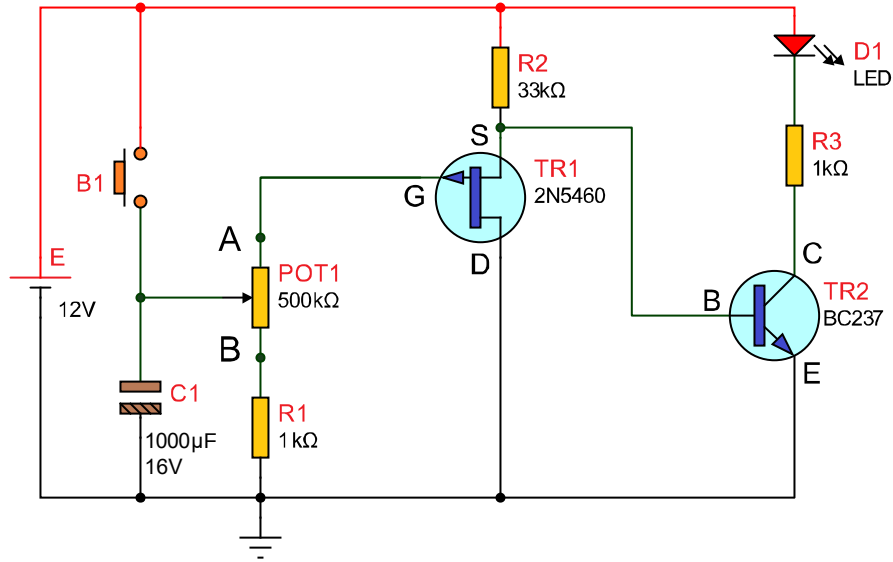
Bilgi sayfalarına her üreticinin internet sayfasından ya da bu konuda yayın yapan farklı internet sitelerinden kolayca ulaşılabilir.



AMAÇ : FET'li zaman gecikmeli duran devre yapmak.

Görsel 1.29'daki devrede buton basılı değilken P kanal JFET (TR1) iletimde, TR2 transistörü kesimde ve LED sönmüktür. Butona basıldığında kondansatör, kaynak gerilimi olan 12 V'a şarj olur. Ters polarma olan JFET kesime giderken pozitif beyz polarması alan TR2 iletime geçecek ve LED yanacaktır.

Kondansatör potansiyometre ve R1 üzerinden deşarj olacaktır. Potansiyometrenin orta ucu A noktasına yakınsa kondansatörün deşarj olması uzun sürecektir. Kondansatör üzerindeki gerilim yaklaşık 2,5 V'un altına indiğinde JFET iletime geçecek, beyz polarması şaseye bağlanmış olan TR2 transistörü kesime gidecek ve LED sönecektir.



Görsel 1.29: FET'li zaman gecikmeli duran devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
FET	2N5460 (TO-92 kılıf)
Buton	Push buton
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	33 kΩ
Potansiyometre	500 kΩ
Kondansatör	1000 µf/16 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.29'daki devreyi kurunuz.
2. B1 butonuna basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Potansiyometrenin orta ucu A ve B konumlarındayken butona basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
4. Kondansatörü 1 k Ω direnç üzerinden deşarj edecek şekilde potansiyometrenin orta ucunu B konumuna alınız. Butona basıp çekerek LED'in söndüğü (transistörün kesime gittiği) anda FET'in geyt ucundaki gerilimi ölçüp Tablo 1.14'e yazınız. FET'in geyt ucundaki gerilim 0 V olduğunda D-S üzerindeki akımı ölçüp Tablo 1.14'e yazınız.
5. Potansiyometrenin orta ucunu A konumuna alarak 500 k Ω dirence ayarlayınız. Kondansatör $R = R1 + Pot = 501$ k Ω direnç üzerinden deşarj olmaktadır.
6. $\tau = R \times C$ formülüyle zaman sabitesi (τ) hesaplayıp Tablo 1.15'e yazınız. Boşalan bir kondansatörde zaman sabiti (τ), boş bir kondansatörün kaynak geriliminin %36,8'ine düşünceye kadar geçen süredir.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.14: Gerilim ve Akım Ölçme

Ölçüm	Değer
Geyt gerilimi	
D-S akımı	

Tablo 1.15: Zaman Sabitesi Hesaplama

Süre	Değer
Zaman sabitesi (τ)	

SORULAR

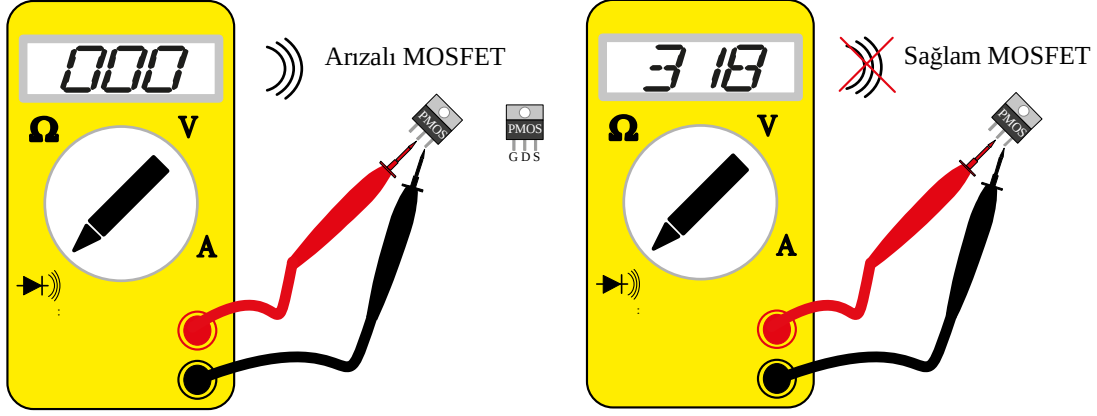
1. Görsel 1.29'daki 1 k Ω 'luk R1 direnci neden kullanılmıştır? Belirtiniz.
2. FET'in D-S arası akımını artırmak için hangi direncin değeri küçültülmelidir? Yazınız.
3. LED'in yanık kalma süresini artırmak için hangi değerlerde artış yapılmalıdır? Yazınız.
4. Zaman gecikmeli duran birçok farklı devre vardır. Bunları araştırıp çiziniz. Bu devre ile karşılaştırıp aynı işi yapan farklı devre tasarımları hakkında yorum yapınız.
5. Boşalan kondansatör ucundaki gerilimin belli bir değere inmesi için geçen süreyi hesaplayan (τ) logaritmik formülü araştırınız.
6. Devre çalıştırıldığında LED ışık vermiyorsa sırası ile arıza aramak için ölçüm noktaları ve elemanları neler olmalıdır? Maddeler şeklinde yazınız.
7. Alan etkili transistörlerin BJT'ye göre avantajları nelerdir? Kısaca belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

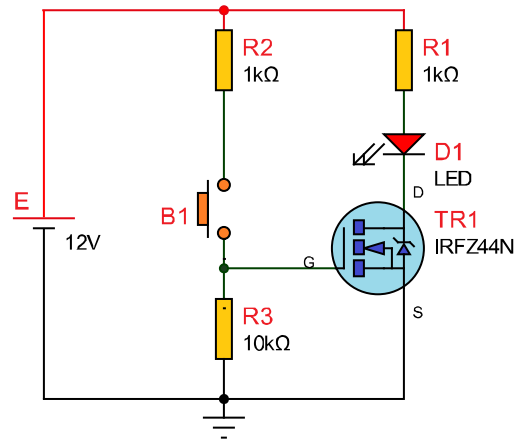


AMAÇ: MOSFET'in sağlamlığını kontrol etmek.

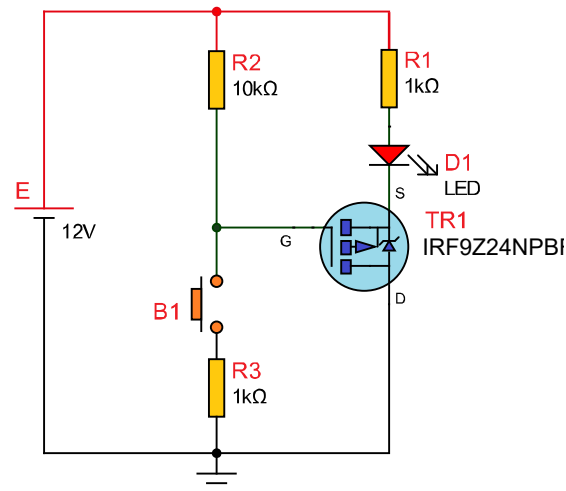
MOSFET'in sağlamlığını kontrol etmek için aşağıdaki adımları takip edip verilen devreleri kullanabilirsiniz.



Görsel 1.30: MOSFET sağlamlık kontrolü



Görsel 1.31: N kanal MOSFET sağlamlık kontrolü



Görsel 1.32: P kanal MOSFET sağlamlık kontrolü

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
MOSFET	IRFZ44N (TO-220 kılıf)
MOSFET	IRF9Z24NPBF (TO-220 kılıf)
Buton	Push buton
LED	Kırmızı
Direnç	1 k Ω
Direnç	10 k Ω

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Dijital ölçü aletini buzzer konumuna alınız.
2. Ölçü aletinin uçlarını (Kırmızı ve siyah ucun yönü fark etmez.) Görsel 1.30'daki şekilde (P veya N kanal fark etmez.) MOSFET'in D-S uçlarına bağlayınız. Ölçü aletinden ses geliyorsa MOSFET arızalıdır. Ölçü aletinden ses gelmiyorsa MOSFET sağlamdır.
3. Görsel 1.31'deki devreyi kurunuz.
4. B1 butonuna bastığınızda LED yanıyorsa MOSFET sağlamdır. LED yanmıyorsa MOSFET arızalıdır.
5. N kanal MOSFET'in durumunu Tablo 1.16'ya yazınız.
6. Görsel 1.32'deki devreyi kurunuz.
7. B2 butonuna basıldığında LED yanıyorsa MOSFET sağlamdır. LED yanmıyorsa MOSFET arızalıdır.
8. N kanal MOSFET'in durumunu Tablo 1.16'ya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.16: MOSFET'in Sağlamlık Ölçüm Durumu

Mosfet	Durum (Arızalı/Sağlam)
N Kanal MOSFET	
P Kanal MOSFET	

SORULAR

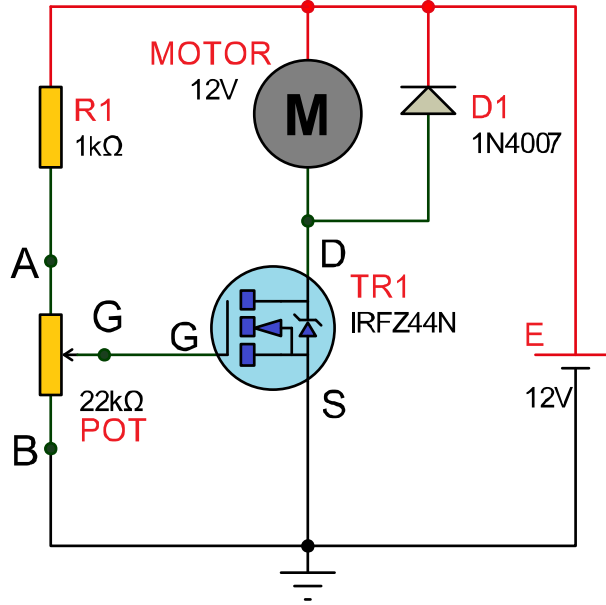
1. MOSFET ile BJT transistör arasındaki farklar nelerdir? Belirtiniz.
2. MOSFET'i tetikleyen geyt gerilimi en fazla kaç voltur? Yazınız.
3. Pull-down ve pull-up dirençleri nedir? Araştırınız.
4. Devrede MOSFET'in bozulması için hangi elemanların değerinin değişmesi ya da bozulması gerekir?

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: MOSFET ile DC motor hız kontrolü yapmak.

Görsel 1.33'teki devrede potansiyometrenin orta ucu B noktasından A noktasına doğru yaklaştırıldığında G noktasındaki (MOSFET geyt ucu) gerilimi artacaktır. Geyt gerilimi arttıkça MOSFET'in D-S arası akımı artacak ve motor daha hızlı dönecektir.



Görsel 1.33: MOSFET ile DC motor hız kontrol

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
MOSFET	IRFZ44N (TO-220 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Potansiyometre	22 kΩ
Diyot	1N4007
Motor	12 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.33'teki devreyi kurunuz.
2. Potansiyometrenin orta ucunu (G), A ve B noktaları arasında gezdirerek devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. Potansiyometre orta ucu A noktasındayken MOSFET'in geyt bacağından (G noktası) ölçülen gerilimi ve D-S hattından çekilen akım değerini Tablo 1.17'ye yazınız.
4. Potansiyometre orta ucu B noktasındayken MOSFET'in geyt bacağından (G noktası) ölçülen gerilimi ve D-S hattından çekilen akım değerini Tablo 1.17'ye yazınız.

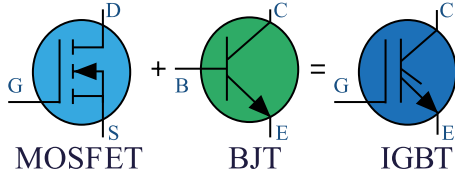
1.5. IGBT'Lİ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

Güç elektroniğinde en yaygın olarak kullanılan anahtar elemanları BJT ve MOSFET transistörlerdir ancak bu transistörlerin her ikisi de çok yüksek akım uygulamalarında kullanılırken bazı sınırlamalara sahiptir. Bu yüzden IGBT adı verilen bir başka güç elektronik anahtarlama elemanı kullanılmaktadır.

1.5.1. IGBT

Yalıtılmış kapılı iki kutuplu transistör [(Insulated Gate Bipolar Transistor- insiledid geyt baypolr transistör (IGBT)], birçok elektronik cihaz türünde yüksek verimlilikle hızlı anahtarlama için kullanılabilen üç terminalli bir yarı iletken anahtarlama elamandır. IGBT, MOSFET ve BJT transistörlerin özellikleri ile donatılmış bir komponenttir. Terminallerinin isimleri geyt, kollektör ve emiterdir.

Görsel 1.34'te N tipi IGBT'nin sembolü ve BJT ve MOSFET eş değeri görülmektedir.

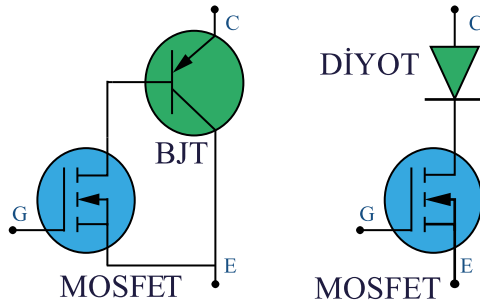


IGBT'nin MOSFET ve BJT'den oluşumu ve sembolü

1.5.2. IGBT'nin İçyapısı

IGBT, BJT transistör ve MOSFET'ten oluşan BJT ve MOSFET eş değeri ile inşa edilebilir. IGBT'ler hem MOSFET hem de BJT transistörlerin özelliklerini barındırmaktadır. IGBT, bir transistörün düşük doygunluk voltajını bir MOSFET'in yüksek giriş empedansı ve anahtarlama hızı ile birleştirir. Bu kombinasyondan elde edilen sonuç, bir BJT'nin giriş özelliklerine ve bir MOSFET'in çıkış özelliklerine sahiptir. Bir başka ifade ile bir BJT transistörün çıkış anahtarlama ve iletim özelliklerini sağlar ancak voltaj bir MOSFET gibi kontrol edilir. IGBT'ler MOSFET'lerin yüksek empedanslı geyt, kolay sürülme ve BJT transistörlerin çıkış aynı zamanda da düşük iletim kayıpları karakteristiklerini taşır.

Görsel 1.35'te solda IGBT'nin içyapısı, sağda ise MOSFET eş değeri görülmektedir. IGBT'de yer alan BJT'nin iletimde olduğu zamanki durumu sağda sadece diyot ile gösterilmektedir.



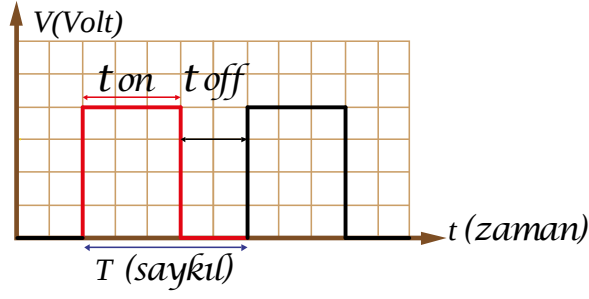
Görsel 1.35: IGBT'nin içyapısı ve MOSFET eş değeri

IGBT'lerin MOSFET ve BJT transistörlere göre üstünlükleri, yüksek geyt direnci ve iletimdeyken kollektör emiter geriliminin düşük olması sebebiyle düşük enerji kaybıdır. Ayrıca yüksek akım ve gerilim çalışma değerlerine sahip olduğu için daha az devre elemanı ile yüksek güçlü yüklerin kontrol edilebilmesidir.

1.5.3. IGBT Çeşitleri

İki IGBT türü vardır. Bunlar: PT ve NPT IGBT'leridir.

PT IGBT'leri, içyapısında N+tampon katmanı bulunduran IGBT'lerdir. NPT olanlarda ise bu katman bulunmaz.



Görsel 1.38: Kare dalga sinyalde bir saykıl

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
IGBT	IXGC16N60C2
Direnç	330 Ω
Direnç	1 k Ω
Direnç	4,7 k Ω
Direnç	100 k Ω
Potansiyometre	100 k Ω
Kondansatör	10 nf/16 V
Kondansatör	100 nf/16 V
Kondansatör	100 μ f/400 V
Diyot	1N5408
Diyot	1N4007
Diyot	BZV85C12
Optokuplör	4N35 (DIL-06 kılıf)
555	IC (Entegre) (DIL-08 kılıf)
Lamba	220 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.36'daki devreyi kurunuz.
2. Görsel 1.37'deki devreyi kurunuz.
3. Görsel 1.37'deki 555'in 3 numaralı bacağına osilaskop bağlayınız.
4. Potansiyometreyi en az ve en çok direnç ayarlarına alarak osilaskop ekranını gözlemleyiniz.
5. İki devrenin PWM giriş ve çıkışlarını birleştiriniz.
6. IGBT dimmer devresi 220 V ile çalışmaktadır. **Bu yüzden devreye sadece öğretmenin enerji vermelidir!**
7. Potansiyometreyi en az ve en çok direnç ayarlarına alarak lambanın çalışmasını gözlemleyiniz.
8. Devredeki elemanları araştırıp inceleyiniz. Devredeki görevlerini defterinize yazıp öğretmenin gözetiminde arkadaşlarınızın yazdıkları ile karşılaştırınız.

SORULAR

1. Lambanın parlaklığını arttıran ve azaltan sebep nedir? Açıklayınız.
2. PWM sinyali nedir? Açıklayınız.
3. PWM sinyalini üreten devreler nelerdir? Yazınız.
4. Duty cycle (görev zamanı) kavramı nedir? Açıklayınız.

1.6. TRİSTÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

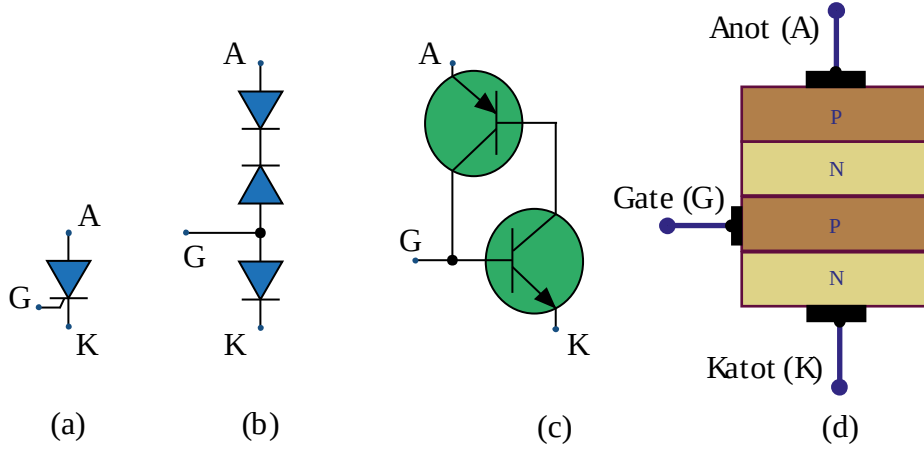
Tristörler yüksek akım ve gerilimin anahtarlama ile AC gerilimin doğrultulması istenen devrelerde kullanılır.

1.6.1. Tristörün Yapısı

Elektrik-elektronikte güç kontrolü işlemlerinde kullanılan, küçük bir geyt akımıyla büyük akımların kontrolünü yapabilen tek yönlü akım geçiren yarı iletken devre elemanına **silisyum kontrollü doğrultucu** [(Tristör = **Silicon Controlled Rectifier-tristır = silikan kontrollid rektıfayr**) (**SCR**)] denir.

Tristör PNP ya da NPN olmak üzere dört yarı iletken maddenin birleşiminden meydana gelir. Tristörlerde anot, katot ve geyt adı verilen üç uç vardır. Tristörler hem DC hem de AC akım ve gerilimlerde çalışır.

Tristörün sembolü, diyot eş değeri, transistör eş değeri ve içyapısı Görsel 1.39'da verilmiştir.



(a) Sembolü, (b) Diyot eş değeri, (c) Transistör eş değeri, (d) İçyapısı
Görsel 1.39: P kapılı tristör

1.6.2. Tristörlerin Çalışması

P kapılı bir tristörü doğru polarize etmek için anoduna (+), katoduna (-), geytine (+) gerilim verilmelidir. A-K doğru polarize edildikten sonra geyte bir gerilim verildiğinde tristör iletme geçer ve A-K arasından bir akım geçişi olur.

Tristörlerde yük, anot veya katot uçlarına bağlanır. Anahtarlama işlemini yaptıracak düşük tetikleme akımı ise geyt ucuna uygulanır.

DC gerilimde, tristör iletken olduktan sonra geyt tetikleme gerilimi kesilse dahi çalışmaya devam eder. Ancak AC gerilimde tristör çalışılırken geyt tetikleme gerilimi kesildiğinde iletkenliği kaybolur ve yalıtkan hâle geçer. AC akımda geyt sürekli olarak (alternans değişiminden ötürü) tetiklenmelidir.

Değişik güçte tristörler imal edilmektedir. Çalışma aralığı 50 V-8000 V, 0,4 A-4500 A arasında olabilmektedir.

1.6.3. Tristör Tetikleme (İletime Geçirme) Yöntemleri

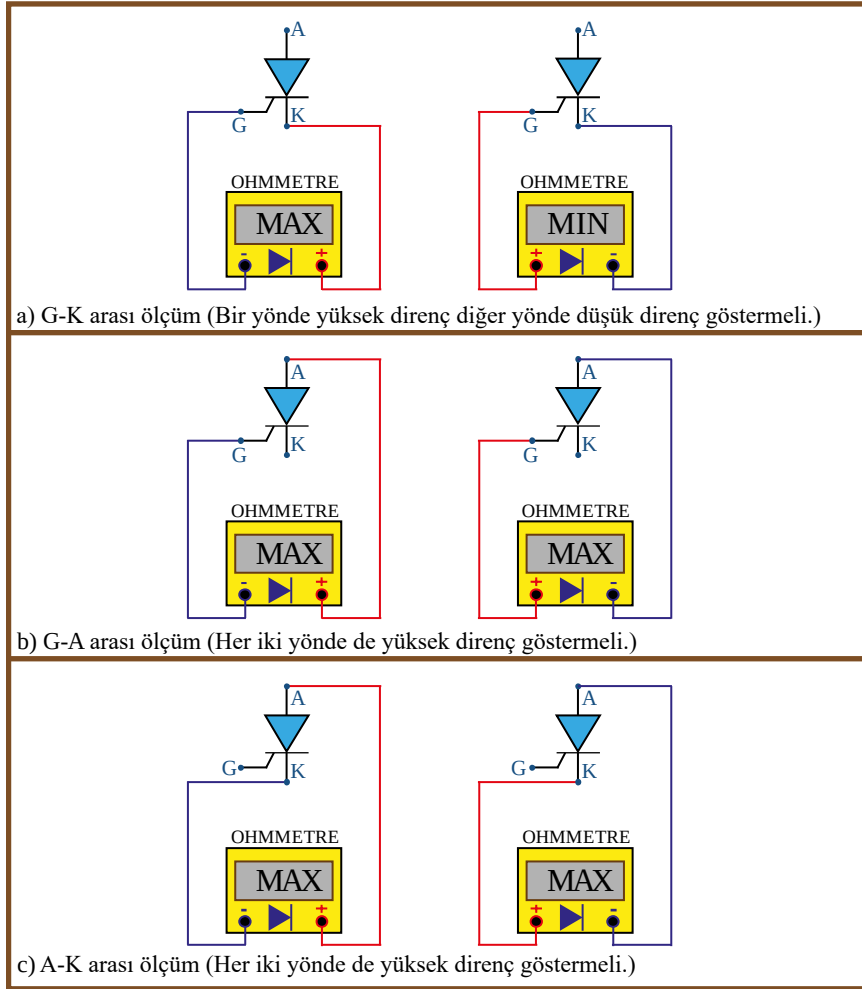
- Geyt akımıyla tetikleme
- İzolasyon trafosuyla tetikleme
- Optokuplörle tetikleme
- Anot-katot arasına yüksek gerilim uygulayarak tetikleme
- Yüksek sıcaklıkla tetikleme
- Işıkla tetikleme

1.6.4. Tristörü Durdurma (Kesime Sokma) Yöntemleri

- Seri anahtarla durdurma yöntemi (akımı keserek)
- Paralel anahtarlarla durdurma yöntemi (akımı anahtardan geçirerek)
- Kapasitif (tersleyici) ile durdurma yöntemi
- Rezonanslarla durdurma yöntemi
- Alternatif akımla durdurma yöntemi

1.6.5. Tristörlerin Uçlarının Tespiti

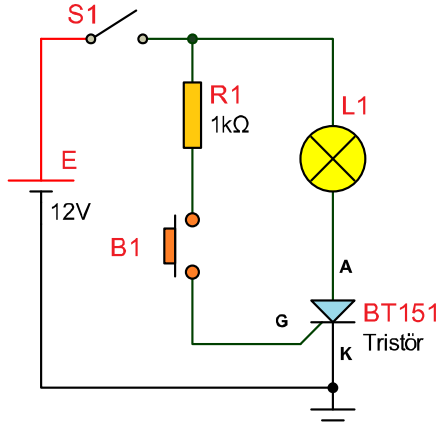
AVOmetrenin direnç konumunda yapılan ölçümlerde A-G her iki yönde de yüksek direnç ölçülmelidir. K-G arası yapılan her iki yönlü ölçümde bir yönde yüksek, diğer yönde düşük direnç ölçülmelidir. Düşük direnç okunduğu anda AVOmetrenin kırmızı probunun dokunduğu uç geyt ucu, siyah probunun dokunduğu uç katot ucudur. A-K arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç ölçülmelidir (Görsel 1.40).



Görsel 1.40: Tristörün uçlarının tespiti

AMAÇ: Tristörü DC'de tetiklemek.

Görsel 1.41'deki devrede S1 anahtarı kapatılır. Ardından B1 butonuna basıldığında geyt tetiklemesi alan tristör iletime geçer ve L1 lambası yanar. Tristörün bir kere tetiklenmesi ile tristör sürekli iletimde kalacaktır. B1 butonuna tekrar basmak herhangi bir şeyi değiştirmeyecektir. Tristörü kesime götürmek için S1 anahtarı açılır.



Görsel 1.41: Tristörün DC'de tetiklenmesi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Tristör	BT151 (TO-220 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Lamba	12 V oto teyp ampul 3 mm
Buton	Push buton
Anahtar	3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.41'deki devreyi kurunuz.
2. Aşağıdaki işlemlerde lambanın durumunu Tablo 1.18'e yazınız.
3. S1 ve B1 açıkken devreye enerji uygulayınız.
4. S1 açıkken B1'e basınız. V_{A-K} ve V_{R1} değerlerini ölçüp Tablo 1.19'a yazınız.
5. S1 kapalıyken B1'e basınız. V_{A-K} ve V_{R1} değerlerini ölçüp Tablo 1.19'a yazınız.
6. S1 anahtarını açınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.18: Tristör Tetikleme

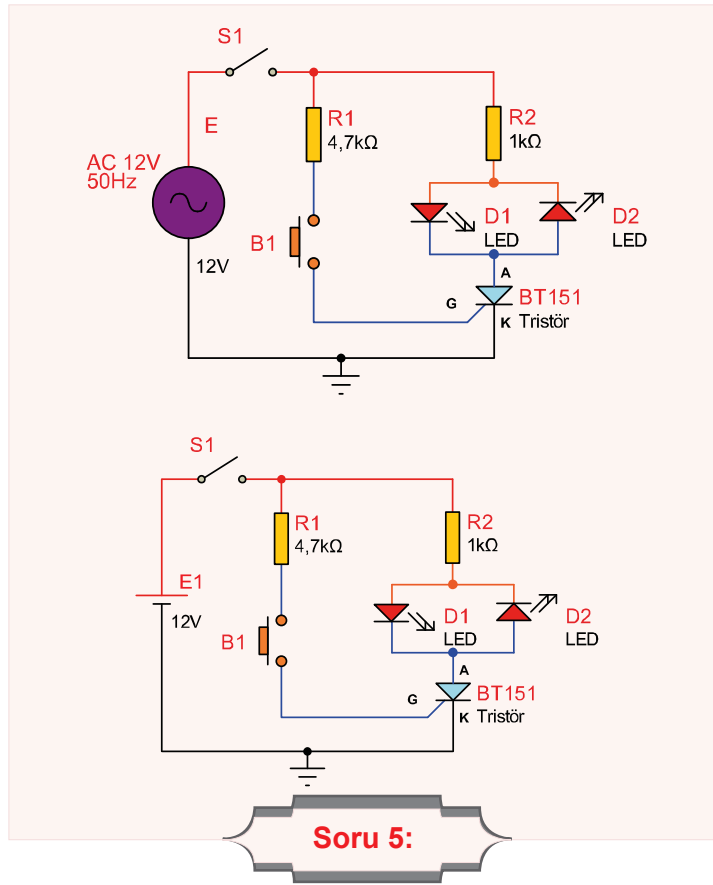
S1	B1	Lambanın Durumu
Açık	Açık	
Kapalı	Açık	
Kapalı	Kapalı	

Tablo 1.19: Gerilim Ölçme

Lambanın Durumu	V_{A-K}	V_{R1}
Lamba sönmük		
Lamba yanık		

SORULAR

1. Tristör ile transistörün iletme geçmesindeki fark nedir? Yazınız.
2. S1 kapalıyken B1 butonuna birçok kez basınız. Tristör nasıl tepki vermektedir? Belirtiniz.
3. Devre çalıştırıldığında lamba ışık vermiyorsa işlem sırasına dikkat edilerek arıza aramak için hangi ölçüm noktaları ve elemanları kullanılmalıdır? Maddeler hâlinde yazınız.
4. Devrede DC kaynak yerine AC kaynak kullanılırsa nasıl sonuçlar meydana gelir? Kısaca belirtiniz.
5. Aşağıdaki devrelerin bağlantısını inceleyerek devredeki tristör ve LED'in davranışı nedir? Açıklayınız.

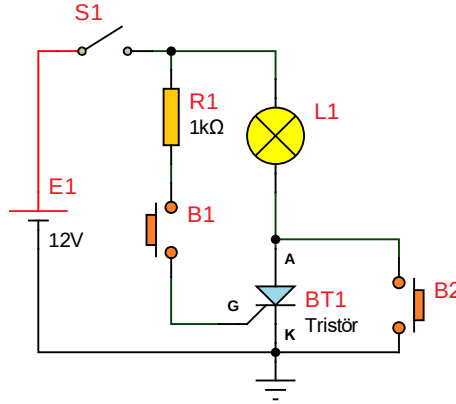


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



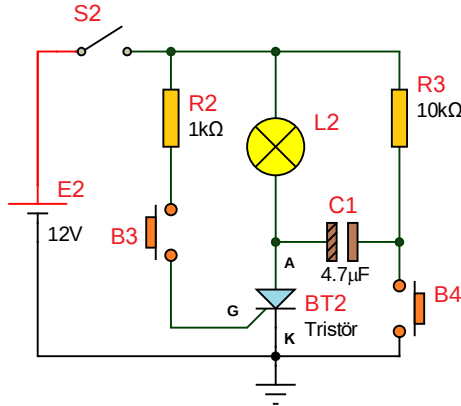
AMAÇ: Tristörün durdurulması uygulamalarını yapmak.

Görsel 1.42'deki devrede S1 anahtarı kapatılır. Ardından B1 butonuna basılır. Geyt tetiklemesi alan tristör iletime geçer ve lamba yanar. Tristörü kesime götürmek için tristörün A-K uçlarına paralel bağlı B2 butonuna basılır. Tristör kesime gider ancak el butondan çekilene kadar buton üzerinden şase bağlantısı alan lamba yanmaya devam edecektir. El butondan çekildiği zaman lamba sönecektir. Tristör iletimdeyken S1 anahtarı açıldığında tristör kesime gider ve lamba söner.



Görsel 1.42: Tristörün seri anahtar ve paralel butonla durdurulması

Görsel 1.43'teki devrede S2 anahtarı kapatılır. Ardından B3 butonuna basılır. Geyt tetiklemesi alan tristör iletime geçer ve lamba yanar. C1 kaynak gerilimine şarj olur. B4 butonuna basıldığı anda tristör kesime gider. Lambanın şase bağlantısı kesildiğinden aynı anda söner.



Görsel 1.43: Tristörün kapasitif anahtarla durdurulması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Tristör	BT 151 (TO-220 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	1 kΩ
Lamba	12 V oto teyp ampul 3 mm
Buton	Push buton
Anahtar	3 Pin SPDT Mini On Off Switch
Kondansatör	4,7 μf/16 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.42'deki devreyi kurunuz.
2. Aşağıdaki işlemlerde lambanın durumunu Tablo 1.20'ye yazınız.
3. S1 ve B1 açıkken devreye enerji uygulayınız.
4. S1 açıkken B1'e basınız.
5. S1 kapalıyken B1'e basınız.
6. S1 ve B1 açıkken B2'ye basılı tutunuz.
7. B2'den elinizi çekiniz.
8. Görsel 1.43'teki devreyi kurunuz.
9. Aşağıdaki işlemlerde lambanın durumunu Tablo 1.21'e yazınız.
10. S2 ve B3 açıkken devreye enerji uygulayınız.
11. S2 açıkken B3'e basınız.
12. S2 kapalıyken B3'e basınız.
13. S2 ve B3 açıkken B4'ye basınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.20: Tristörü Seri Anahtar ve Paralel Butonla Durdurma

Adım	S1	B1	B2	Lambanın Durumu (Yanık/Sönük)
1.	Açık	Açık	Açık	
2.	Kapalı	Açık	Açık	
3.	Kapalı	Kapalı	Açık	
4.	Açık	Açık	Kapalı	
5.	Açık	Açık	Açık	

Tablo 1.21: Tristörü Kapasitif Anahtarla Durdurma

Adım	S2	B3	B4	Lambanın Durumu (Yanık/Sönük)
1.	Açık	Açık	Açık	
2.	Kapalı	Açık	Açık	
3.	Kapalı	Kapalı	Açık	
4.	Açık	Açık	Kapalı	
5.	Açık	Açık	Açık	

SORULAR

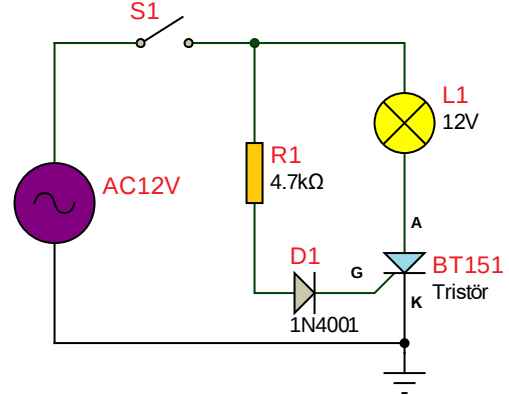
1. Paralel buton ile durdurma ve kapasitif anahtarla durdurma arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
2. Görsel 1.43'teki devrede tristör iletime geçtikten sonra kesime geçmiyorsa hangi elemanlar arızalı olabilir? Yazınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



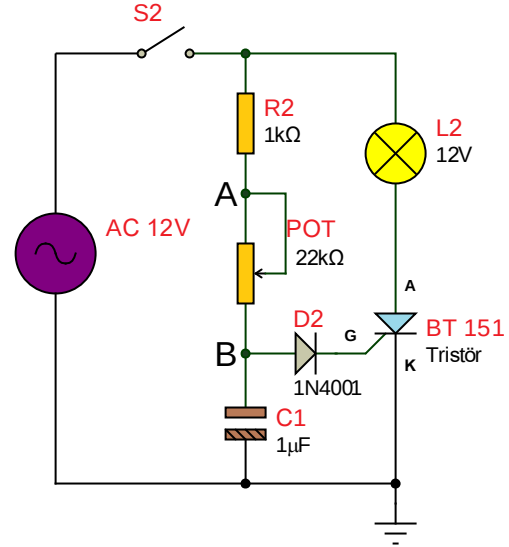
Amaç: Tristörü AC'de çalıştırmak.

Görsel 1.44'teki devrede S1 anahtarı kapatılır. Tristörün A-K arası AC sinyalin pozitif alternanslarında doğru polarıma olur. Aynı pozitif alternanslarda geyt tetiklemesi alan tristör AC gerilimin sadece pozitif alternanslarında iletimde olacak ve lamba yarım güçte çalışacaktır.



Görsel 1.44: Tristörün AC'de çalışması

Görsel 1.45'teki devrede kondansatörün dolma süresi değişikçe tristörün geyt tetikleme gerilimine ulaşma süresi değişecektir. Potansiyometre ile bu değişim ayarlanarak tristör pozitif alternansların bir kısmında iletimde kalacaktır. Tristörün alternansın bir kısmında çalışacak şekilde ayarlanması **faz kaydırma** olarak adlandırılmaktadır.



Görsel 1.45: Tristörün AC'de faz kaydırmalı çalışması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Tristör	BT151 (TO-220 kılıf)
Diyot	1N4001
Direnç	1 kΩ
Direnç	4,7 kΩ
Kondansatör	1 μf/25 V
Anahtar	3 Pin SPDT Mini On Off Switch
Lamba	12 V oto teyp ampul 3 mm
Potansiyometre	22 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.44'teki devreyi kurunuz.
2. S1 anahtarını kapatıp devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
3. V_{L1} gerilimini AC voltmetre V_{A-K} gerilimini DC voltmetre ile ölçüp Tablo 1.22'ye yazınız.
4. Görsel 1.45'teki devreyi kurunuz.
5. S2 anahtarını kapatıp, potansiyometrenin orta ucunu A ve B noktalarına getirerek devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
6. Potansiyometrenin orta ucu A ve B noktalarındayken V_{L2} ve V_{A-K} gerilimlerini ölçüp Tablo 1.23'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.22: Tristörün AC'de Çalışması

Voltmetre	Değer
VL1	
VA-K	

Tablo1.23: Tristörün AC'de Faz Kaydırmalı Çalışması

Potansiyometre	V_{L2}	V_{A-K}
Pot orta ucu A noktasında		
Pot orta ucu B noktasında		

SORULAR

1. Görsel 1.44'teki devrede lamba neden tam parlaklıkta yanmamaktadır? Yazınız.
2. Görsel 1.45'teki devrede potansiyometre ve kondansatörün görevi nedir? Açıklayınız.
3. Temrinde kullanılan tristöre bağlı yük en fazla kaç volt ve kaç amper olabilir? Kataloğundan inceleyerek yazınız.
4. Devrede tristörü neden sürekli tetiklemek gerekir? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



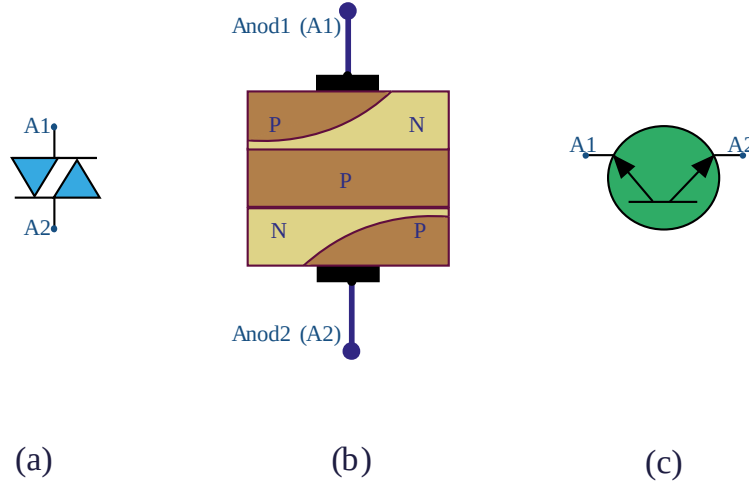
1.7. TRIYAKLI ANAHTARLAMA DEVRELERİ

AC akım ile çalışan devrelerin anahtarlanmasında triyak kullanılır. Triyak ise geyt ucuna bağlanacak bir diyak ile tetiklenir.

1.7.1. Diyakın Yapısı ve Çalışması

Her iki yönde akım geçiren, iki adet PNP (dört bölge) diyodun birbirlerine ters paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş tetikleme elemanına **diyak** denir.

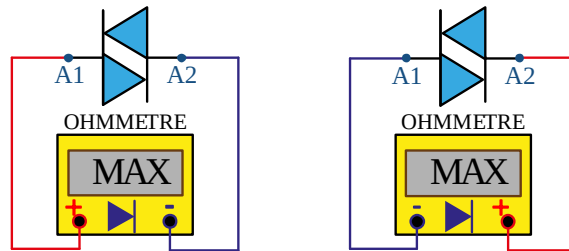
Diyakın sembolü, içyapısı ve transistör eş değeri Görsel 1.46'da verilmiştir.



Görsel 1.46: Diyak a) Sembolü b) İçyapısı c) Transistör eş değeri

Diyakın kırılma (geçirme) gerilimi 24-36 volt aralığındadır. Diyak, bu gerilimlerin altında yalıtımda olduğu için akım geçirmez. Üzerine uygulanan gerilim diyak geriliminin üstüne çıktığında diyak iletme geçer ve bağlı olduğu tristör veya triyak iletme geçirir.

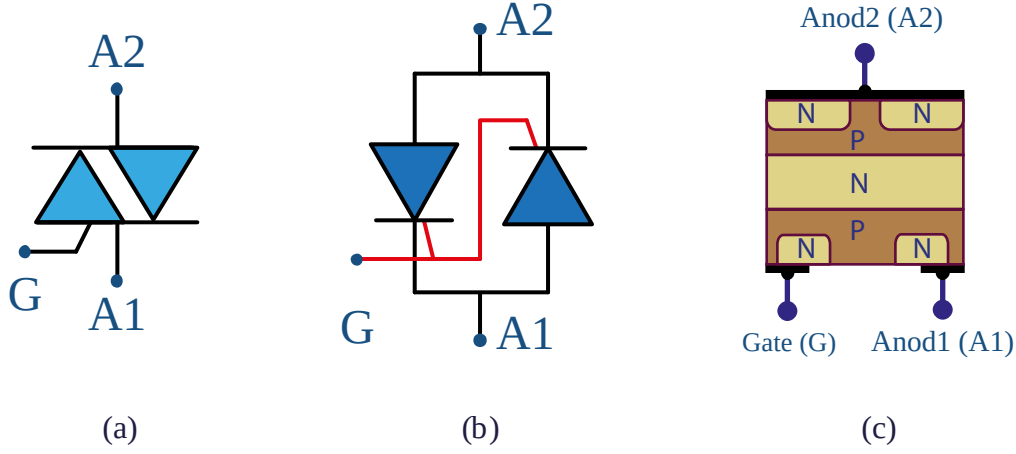
Diyakın AVOMetre ile Sağlamlık Kontrolü: AVOMetre ile diyakın sağlamlık kontrolü yapılırken ölçü aleti diyot kademesine alınır. Yapılan ölçümde her iki yönde de yüksek direnç görülmelidir. Diyak arızalıysa her iki yönde de düşük direnç ölçülür. Güvenilir sağlamlık kontrolü ancak diyak devrede, iletimde ve yalıtımdayken yapılacak ölçümle ya da basit bir triyak tetikleme devresi kurulup burada denenerek yapılabilir. (Görsel 1.47).



Görsel 1.47: Diyakın AVOMetre ile sağlamlık kontrolü

1.7.2. Triyakın Yapısı

Geytleri ortak bağlı iki adet tristörün ters paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş alternatif akımda her iki yönde de akım geçiren yarı iletken anahtarlama elemanına **triyak** denir. Triyakta anot1 (A1), anot2 (A2) ve geyt (G) olmak üzere üç uç bulunur. Triyakın sembolü, tristör eş değeri ve içyapısı Görsel 1.48'de verilmiştir.



Görsel 1.48: Triyak a) Sembolü b) Tristör eş değeri devresi c) İçyapısı

1.7.3. Triyakların Çalışması

Triyaklar, genellikle alternatif akım devrelerini kumanda etmede kullanılır. Triyak alternatif akımda çalışırken pozitif alternansta bir tristör negatif alternansta ise diğer tristör iletime geçer. Alternansın 0 olduğu durumda triyak kesime gider. Triyakın tekrar iletime geçmesi için geytin bir kez daha tetiklenmesi gerekir. Triyakın iletimde kalması için geytin pozitif veya negatif palsler ile sürekli tetiklenmesi gerekir.

Triyaklar, DC akımda tristör gibi çalışır.

Yüksek akımların küçük akımlarla kontrol edebilir olması kullanım alanlarını artırmıştır. Ayrıca sessiz çalışması, bakım gerektirmemesi, problemsiz ve rölelere göre oldukça hızlı açma kapama yapması, açma kapama esnasında ark oluşmaması triyakları üstün kılan özelliklerdir. Triyak, 220 V altında 10 A gibi yüksek bir akım geçirirken uçlarında bulunan gerilim 1,5 V civarındadır. Bu anda triyak üzerindeki harcanan güç 15 W dolayında iken yük üzerinde harcanan güç 2200 W'tır. Triyaklar uygun şekilde soğutulursa üzerlerinde harcanan güç kaybının oluşturacağı ısı dağıtılarak ömürlerinin uzun olması sağlanır.

1.7.4. Triyak Tetikleme Şekilleri

- DC geyt gerilimi ile tetikleme
- AC geyt gerilimi ile tetikleme
- Direnç ile tetikleme
- Diyak ile tetikleme (en çok kullanılan yöntem)
- UJT ile tetikleme
- PUT ile tetikleme
- Transistör ile tetikleme
- R-C faz kontrol devresi ile tetikleme
- Neon lamba ile tetikleme

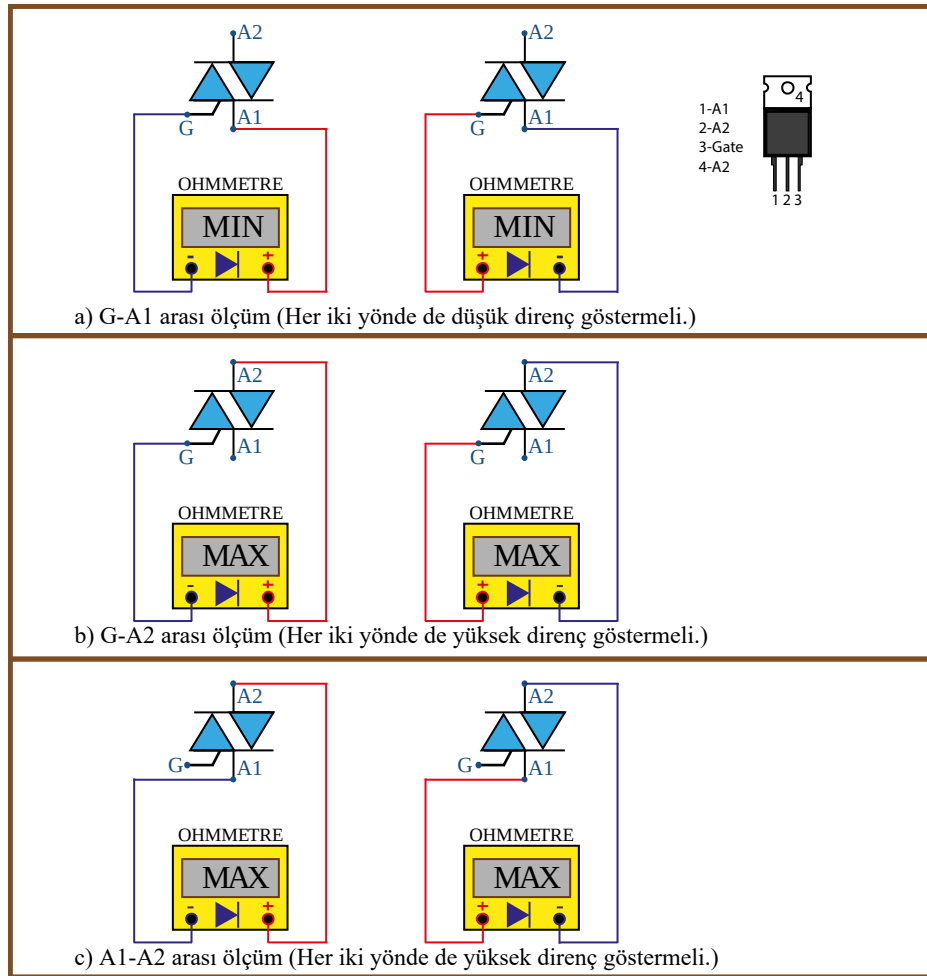
1.7.5. Triyakın AVOMetre ile Sağlamlık Kontrolü

AVOMetrenin direnç konumunda yapılan ölçümlerde A1-G arası çift yönlü tristör olduğu için her iki yönde de düşük direnç ölçülmelidir. A2-G arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek ölçülmelidir. A1-A2 arası ölçüm yapılırken AVOMetrenin uçlarından herhangi biri geyt ucuna dokundurulup çekildiğinde okunan direnç değeri düşüyorsa triyak iletme geçiyor demektir. AVOMetrenin uçları değiştirilip işlem tekrarlandığında aynı şekilde direnç düşüyorsa triyak her iki tetikleme hâlinde de iletme geçtiği için sağlamdır. Bu anlatılanlardan biri gerçekleşmezse ya da A1-A2 arası düşük direnç değeri gösteriyorsa triyak arızalıdır.

1.7.6. Triyakın AVOMetre ile Uçlarının Tespiti

AVOMetrenin problemleri sırayla triyakın uçlarına değiştirilir. Ölçü aletinde bir değer görülünceye kadar işlem sürdürülür. Değer görüldüğünde ekrandaki direnç değeri okunur. Problar ters çevrilir, tekrar direnç değeri okunur. Bu iki değer arasında çok küçük bir değer farkı vardır. Küçük direnç okunduğunda AVOMetrenin siyah probunun bağlı olduğu uç G (geyt), kırmızı probun bağlı bulunduğu uç A1'dir (anot1). Geri kalan diğer uç ise A2'dir (anot2) (Görsel 1.49). Örneğin BT 136'nın yazısı okunacak şekilde uçları aşağıya doğru çevrildiğinde soldan 1. uç A1, 2. uç A2, 3. uç ise geyt şeklinde olur.

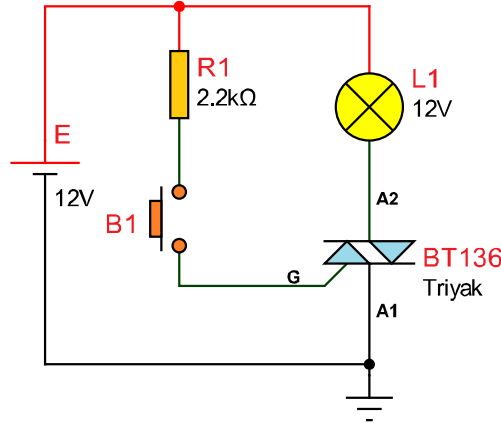
Triyaklar çalıştıkça ısınır ve bu yüzden tetikleme akım ve gerilim değerleri değişir. Bunu önlemek için uygun soğutucular kullanılarak gövde ısıları çalışma sınırları içerisinde tutulur.



Görsel 1.49: Triyakın AVOMetre ile uçlarının tespiti

AMAÇ: Triyakı DC'de çalıştırmak.

Görsel 1.51'deki devreye enerji uygulandığında geyt tetiklemesi almayan triyak kesimdedir. B1 butonuna basıldığında geyt tetiklemesi alan triyak iletme geçer ve lamba yanar. B1 butonundan el çekildiğinde triyak iletimde kalmaya devam eder. DC'de triyak tristör gibi çalışır.



Görsel 1.51: Triyakın DC'de tetiklenmesi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Triyak	BT136 (TO-220 kılıf)
Direnç	2,2 kΩ
Lamba	12 V oto teyp ampul 3 mm
Buton	Push buton

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.51'deki devreyi kurunuz.
2. B1 butonu açık konumdayken gerilimleri (V_{L1}, V_{A1-A2}) ölçüp Tablo 1.24'e yazınız.
3. B1 butonu kapalı konumdayken gerilimleri (V_{L1}, V_{A1-A2}) ölçüp Tablo 1.24'e yazınız.
4. DC güç kaynağının (batarya) uçlarını yer değiştirerek 2 ve 3. işlem basamaklarını tekrarlayınız. Sonuçları Tablo 1.25'e kaydediniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.24: Doğru Yönde Gerilim Ölçme

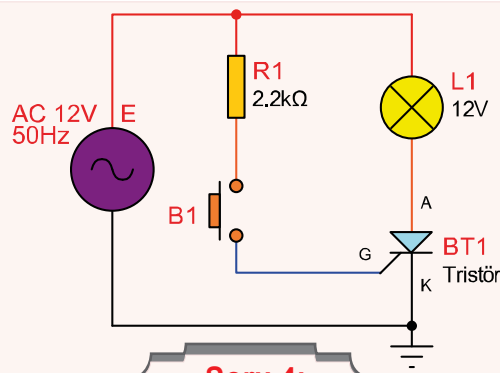
Ölçüm	V_{L1}	V_{A1-A2}
Buton açık		
Buton kapalı		

Tablo 1.25: Ters Yönde Gerilim Ölçme

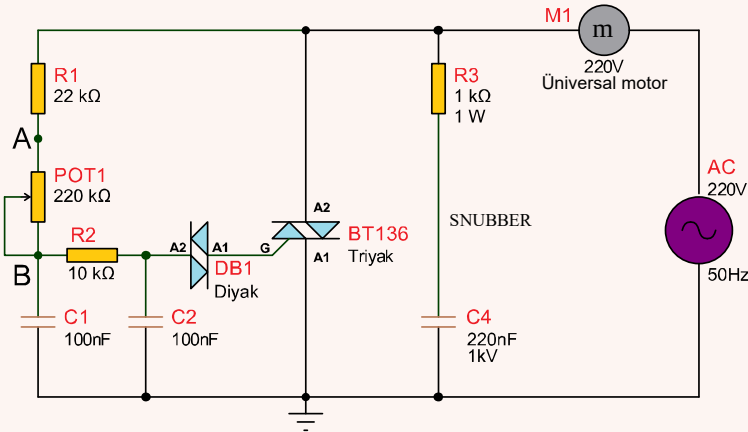
Ölçüm	V_{L1}	V_{A1-A2}
Buton açık		
Buton kapalı		

SORULAR

1. Triyakın DC'de her iki yönde çalışması ne anlama gelir? Açıklayınız.
2. Triyak ile tristör arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
3. Temrinde kullanılan triyakın geyt tetikleme gerilimi en fazla kaç volt olabilir? Kataloğundan inceleyerek yazınız.
4. Görsel 1.51'deki devreye aşağıda görülen devredeki gibi bir triyak sökölüp tristör takılırsa çalışmada ne gibi farklılıklar oluşur? Yazınız.
5. Aşağıdaki devreye göre devre elemanlarının görevleri nelerdir? Açıklayınız.



Soru 4:

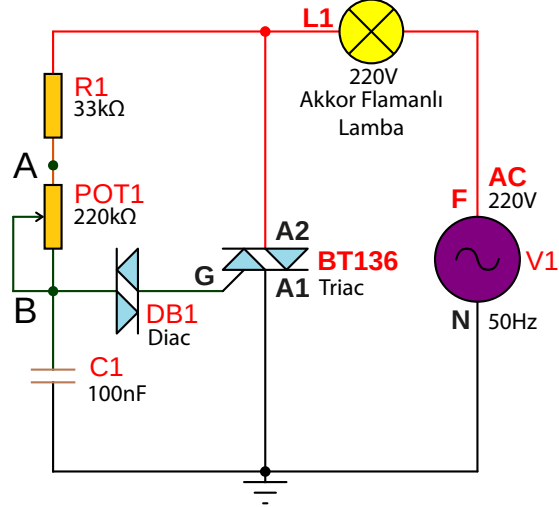


Soru 5:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: Triyaklı dimmer devresi yapmak.

Görsel 1.52'deki devrede C1 kondansatörü R1 ve potansiyometre üzerinden şarj olmaktadır. C1 gerilimi (B noktası) diyak tetikleme gerilimine ulaştığında geyt polar-ması alan triyak iletme geçecek ve lamba yanacaktır. C1 kondansatörünün diyakın tetikleme gerilimine ulaşma süresi potan-siyometre ile ayarlanarak faz kaydırma gerçekleştirilmektedir. Triyak ve diyak AC sinyalinin her iki alternansında da iletme geçebilmektedir. Diyakın iletme geçme gerilimi kesime gitme gerilimden fazladır.



Görsel 1.52: Triyaklı dimmer devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Triyak	BT136 (TO-220 kılıf)
Diyak	DB3 DO-35
Direnç	4,7 kΩ
Potansiyometre	500 kΩ
Kondansatör	100 nf/400 V
Lamba	220 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.52'deki devreyi kurunuz.
2. Devrede yüksek gerilim ve akım olduğundan devreye sadece **öğretmeniniz enerji vermelidir**.
3. Potansiyometrenin orta ucunu A ve B konumlarına alarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.

SORULAR

1. Devrede diyak olmasaydı (kısa devre olsaydı) devrenin çalışması nasıl olurdu? Yazınız.
2. Dimmer devresi hangi tip lambalarda kullanılır? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



KOD=23145



1.8. OPTOKUPLÖRLÜ ANAHTARLAMA DEVRELERİ

Anahtarlama devrelerinde farklı gerilimlerle çalışan devreleri elektriksel olarak birbirlerinden ayırmak için **optokuplörler (Optocoupler-optokaplır)** kullanılır.

1 8.1. Optokuplörün Görevi

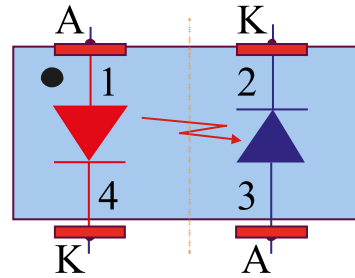
Optokuplör, tek bir kılıf içerisinde girişi ile çıkışı arasında elektriksel izolasyon sağlayan devre elemanıdır. Optik yalıtıcı olarak da isimlendirilir. İçinde bir infrared diyot (IR LED) ve onun karşısında bir foto alıcı vardır. Optokuplörde ışık yardımıyla iletişim sağlanır. Optokuplörlerin IR LED bağlı olan ucuna gerilim uygulandığında IR LED ışık verir.

Çıkış ucuna bağlı ışığa hassas olan alıcı eleman iletime geçer. Alıcı olarak LED, transistör, triyak, diyak, tristör gibi çeşitleri vardır. Optokuplörler devreler arasında izolasyonu sağlamanın yanı sıra farklı işler içinde kullanılabilir (geri besleme elemanı veya anahtarlama elemanı gibi).

1.8.2. Optokuplör Çeşitleri

LED-Foto Diyottan Yapılmış Optokuplörler

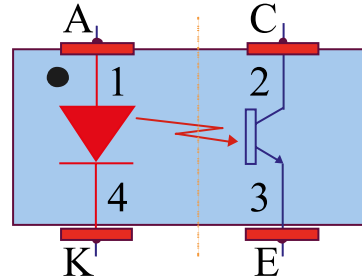
Görsel 1.53'te optokuplörde foto diyot kullanıldığında LED'den yayılan ışığın şiddeti artmaya başladıkça foto diyot iletime geçer ve üzerinden geçen akım ışık şiddetiyle doğru orantılı artar. Bu şekilde foto diyot, anot-katot arası iletime geçerek istenen bir devre elemanını kontrol eder.



Görsel 1.53: LED-foto diyottan yapılmış optokuplör sembolü

LED-Foto Transistörden Yapılmış Optokuplörler

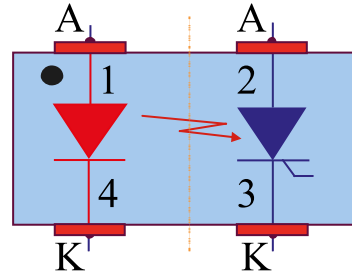
Görsel 1.54'te optokuplörde foto transistör kullanıldığında beyz yüzeyine düşen ışığın şiddeti artmaya başladıkça foto transistör, emiter-kollektör arası iletime geçerek istenen bir devre elemanını kontrol eder.



Görsel 1.54: LED-foto transistörden yapılmış optokuplör sembolü

LED-Foto Tristörden Yapılmış Optokuplörler

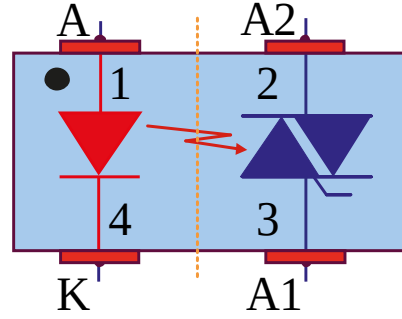
Görsel 1.55'te optokuplörde foto tristör kullanıldığında geyt yüzeyine düşen ışık tristörü tetikler ve foto tristör, anot-katot arası iletime geçerek istenen bir devre elemanını kontrol eder.



Görsel 1.55: LED-foto tristörden yapılmış optokuplör sembolü

LED-Foto Triyakdan Yapılmış Optokuplörler

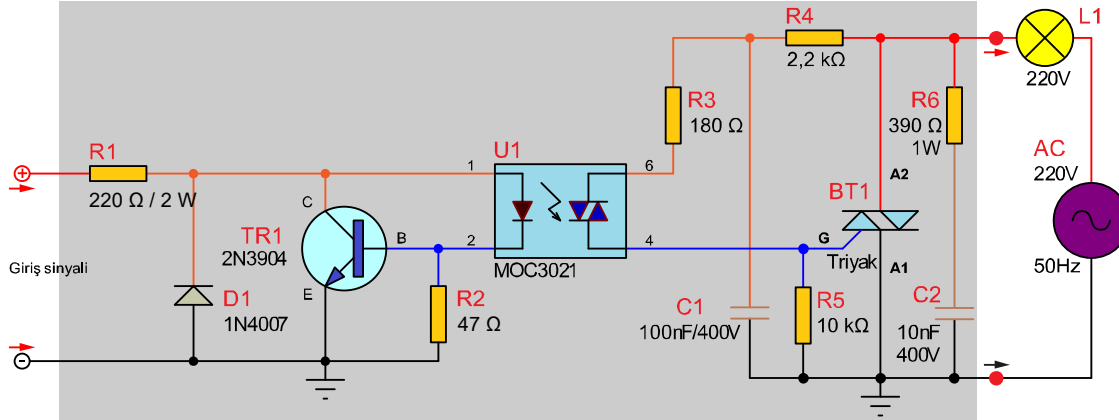
Görsel 1.56'da optokuplörde foto triyakın geyt yüzeyine düşen ışık triyaki tetikler ve triyak A2-A1 arası ilettime geçer. Opto kuplördeki LED ışık verdiği sürece foto triyak başka bir triyağı tetikleyerek bir yükü kontrol eder. MOC serileri AC devrelerde en çok tercih edilen optokuplör modellerindendir.



Görsel 1.56: LED-foto triyaktan yapılmış optokuplör sembolü

SSR-Solid State Relay (Katı Hal Rölesi)

Opto triyak ile triyak kullanılarak yapılan ve kullanıma hazır hâlde oluşturulan anahtarlama devreleridir (SSR-Solid State Relay). SSR'ler girişlerindeki 3 V-32 V arası DC giriş sinyali ile 48 V-220 V arasında değişik güçlerdeki yükleri çalıştırmak için kullanılır. Giriş sinyalinin farklı değerlerde olabilmesi için opto triyakın girişindeki LED'in akımı transistör ile sabitlenmiştir. SSR'nin iç devresi ve iç yapısı Görsel 1.57.a'da verilmiştir.

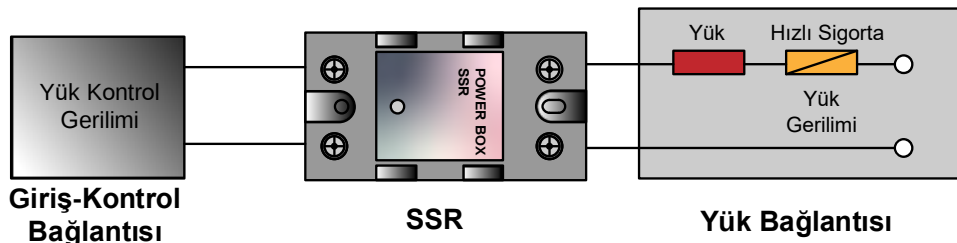


Görsel 1.57.a: SSR röle iç devresi

SSR'ler; hızlı çalışması, uzun ömürlü olması, kıvılcım çıkarmaması, manyetik parazit yapmaması ve çok düşük giriş sinyalleri ile çalışabilmesinden dolayı röleler ve kontaktörlerin yerine kullanılmaktadır. Görsel 1.57.b'de SSR rölenin iç devresinin iç yerleşim resmi, Görsel 1.57.c'de ise SSR'nin kullanım şekli verilmiştir.

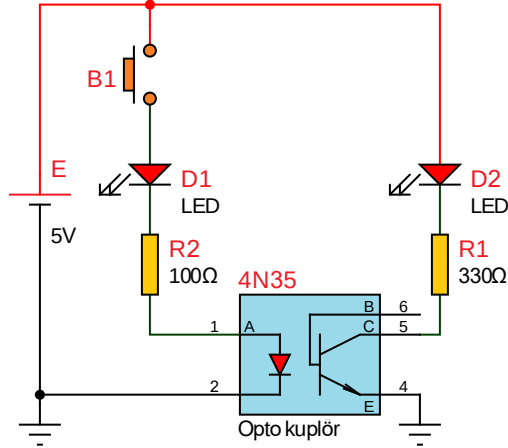


Görsel 1.57.b: SSR röle iç devresi yerleşimi

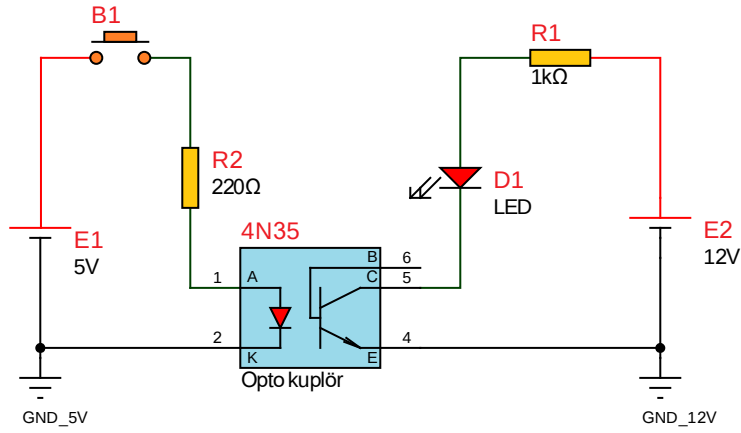


Görsel 1.57.c: SSR röle yük bağlantı devresi

Amaç: Optokuplörün sağamlık kontrolünü yapmak.



Görsel 1.58.a: Optokuplörün sağamlık kontrolü



Görsel 1.58.b: Optokuplörlü anahtarlama devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Optokuplör	4N35 (DIL-06 kılıf)
Direnç	220 Ω
Direnç	1 k Ω
Direnç	100 Ω
Direnç	330 Ω
LED	Kırmızı
Buton	Push buton

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.58.a'daki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi optokuplörün 4 ve 5 numaralı pinlerine bağlayınız.
3. Butona basılmadığında optokuplördeki LED ve transistör iletimde olmayacağından Vce'de kaynak gerilimi görülecektir.
4. B1 butonuna basıldığında optokuplördeki transistör iletimde olacağından Vce yaklaşık 0 V görülecektir. Bu değerler optokuplörün sağlam olduğunu göstermektedir.
5. LED'in yanması optokuplör içindeki infrared LED'in de sağlam olduğunu göstermektedir.
6. B1 butonunun açık ve kapalı konumlarında Vce değerini Tablo 1.26'ya yazınız.
7. Görsel 1.58.b'deki devreyi kurunuz.
8. Görsel 1.58.b'de optokuplörlü anahtarlama devresinde butona basıldığında LED yanıyorsa optokuplörün sağlam olduğu anlaşılır.
9. Görsel 1.58.b'de B1 butonunun açık ve kapalı konumlarında Vce ölçtüğünüz değerini Tablo 1.27'e yazınız.

Tablo 1.26: Optokuplörün Sağlamlık Kontrolü Ölçümü

Buton	Vce (V)
Açık	
Kapalı	

Tablo 1.27: Optokuplörlü Anahtarlama Devresinde Ölçüm

Buton	Vce (V)
Açık	
Kapalı	

SORULAR

1. Optokuplör devre elemanının kullanım alanlarını yazınız.
2. Optokuplör devre elemanının kullanıma nedenlerini yazınız.
3. Görsel 1.58.b'de optokuplör, kumanda ve güç devresini ayırmıştır. Kumanda ve güç devresini görsel üzerinde işaretleyiniz.
4. Devrede R2 direncinin değeri devredeki çalışmayı nasıl etkilemektedir? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

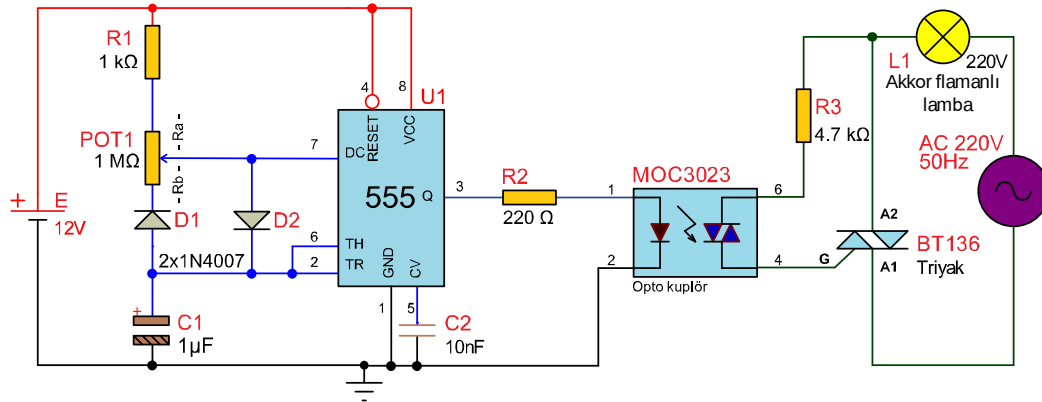


KOD=23152



AMAÇ: Opto triyak ile flaşör devresi yapmak.

Görsel 1.59'daki devre frekansı potansiyometre ile ayarlanan kare dalga sinyal üretir. Kare dalga'nın her yüksek seviyesinde optokuplördeki LED ve triyak iletime geçer. Aynı zamanda triyak da iletime geçer ve lamba yanar. Kare dalga'nın her düşük seviyesinde optokuplördeki LED ve triyak kesime gider. Aynı zamanda triyak da kesime gider ve lamba söner.



Görsel 1.59: Opto triyak ile flaşör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Triyak	BT136 (TO-220 kılıf)
Optokuplör	MOC3023 (DIL-06 kılıf)
Direnç	220 Ω
Direnç	1 kΩ
Direnç	4,7 kΩ
Potansiyometre	1 MΩ
Kondansatör	10 nf/16 V
Kondansatör	1 µf/16 V
555	IC (Entegre) (DIL-08 kılıf)
Lamba	220 V
Diyot	1N4007

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 1.59'daki devreyi kurunuz.
2. Devrede yüksek gerilim ve akım olduğundan devreye **sadece öğretmeniniz enerji vermelidir.**
3. Potansiyometreyi ayarlayarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
4. 555 entegresinin 3 numaralı bacağından kare dalga üretilmektedir. 555'in 3 numaralı bacağına bağlayınız. Potansiyometrenin konumunu değiştirerek çıkış şeklini osilaskoptan gözlemleyiniz.
5. Potansiyometrenin 1 MΩ ve 1 kΩ konumlarındaki frekansını $F = \frac{1}{T} \Rightarrow F = \left(\frac{1,44}{(R_1 + 2 \times POT) \times C_1} \right)$ formülüyle hesaplayınız. Değerleri Tablo 1.28'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 1.28: Frekans Hesaplama

Potansiyometre	Frekans (Hz)
1 M Ω ayarlı	
1 k Ω ayarlı	

SORULAR

1. Opto triyak BT 136 triyakın hangi bacağına bağlıdır? Belirtiniz.
2. Osilaskop kullanılarak devrede arızanın oluştuğu nokta tespit edilebilir mi? Edilirse nasıl tespit edilir? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



DERS NOTLARI

A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.

A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.

A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.

A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.

A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.

A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.

A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.





2. ÖĞRENME BİRİMİ

SENSÖR UYGULAMALARI

NELER
ÖĞRENECEKSİNİZ ?

SENSÖRLER VE TRANSDÜSERLER

SICAKLIK SENSÖR UYGULAMALARI

MANYETİK SENSÖR UYGULAMALARI

BASINÇ SENSÖR UYGULAMALARI

OPTİK SENSÖR UYGULAMALARI

SES SENSÖR UYGULAMALARI

2.1. SENSÖRLER VE TRANSDÜSERLER

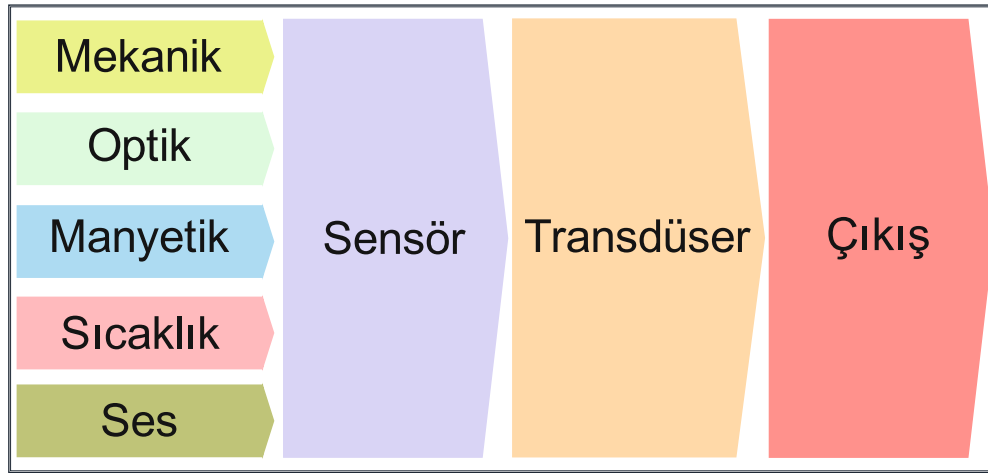
Isı, ışık, basınç ve ses gibi büyüklüklerin etkileri duyu organlarıyla algılanır, varlıklarından haberdar olunur. Bu fiziksel büyüklükleri insanlar gibi algılayan ve bu algılama sonucunda ekipmanlara gerekli sinyal üreten elemanlar sensörler ve transdüserlerdir.

Sensör; ingilizce **sense (his)** kelimesinden, **transducer [(transdüser) (çevirici, dönüştürücü)]** kelimesinden gelmektedir. Fiziksel ortam değişikliklerini (ısı, ışık, basınç, ses vb.) algılayan cihazlara **sensör (algılayıcı)**, algıladığı bilgiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara transdüser (dönüştürücü) denir. Ayrıca transdüserin çıkışını standart kontrol sinyallerine (4-20 mA, 0-10 V) çeviren cihazlara **transmitter (gönderici)** denir.

2.1.1. Sensör ve Transdüserlerin Özellikleri

Görsel 2.1'deki görselde görüldüğü gibi sensörler, fiziksel ortamdaki değişiklikleri algılayarak fiziksel ortam ile elektrik-elektronik cihazları birbirine bağlayan devre elemanlarıdır.

Sensör ve transdüser kavramı aşağıdaki özellikler ile ifade edilir. Sensör ve transdüserlerin Algıladönüştür döngüsü tanımlanırken niteliklerin doğru ifade edilebilmesi en önemli özellik olmalıdır.



Görsel 2.1: Sensör-transdüser sistemi

Ölçüm Aralığı (Measurement Range-Mejumınd Renc)

Ölçüm aralığı, sensörün algılayabileceği en üst ve en alt çıkış değeridir. Örneğin evde insan vücut sıcaklığını ölçmek için kullanılan ateş ölçerlerdeki sensörün ölçüm aralığının 20 °C ile 50 °C olması yeterlidir.

Hassasiyet (Precision-Presijın)

Hassasiyet, ölçülmek istenen değerin gerçek değere yakınlığı olarak tanımlanır. Başka bir ifade ile ölçümde olabilecek hata oranıdır. Sensörlerin belli bir hassasiyet aralığı vardır. Örneğin eldeki termometrenin hassasiyeti ± 1 °C ise termometrede okunan değerin bu aralıkta yorumlanması gerekir. Başka bir ifadeyle termometrede gözlemlenen değer 20 °C ise gerçek sıcaklık 19 °C ile 21 °C arasındadır. Sensörlerin kullanılacağı yere göre bu hassasiyetlere dikkat edilmelidir.

Tekrarlanabilirlik (Repeatability-Ripıtıbililiti)

Belirli bir süre içindeki giriş değerleri ile çıkış değerlerinin aynı olması veya birbirine yakın olması demektir. Sensörün kararlılığı, değişen çevresel faktörlerden etkilenmeden sürekli aynı değerleri vermesidir.

Tepki Süresi (Response Time-Response Time)

Tepki verme süresi, değişen fiziksel değerin algılanıp ilgili devrelere aktarılmasına kadar geçen süredir. Sensör algıladığı değeri, uygun sürede değerin işlendiği devrelere gönderemezse çalışan sistemin kararlılığını bozar.

Doğruluk (Accuracy-Akurezi)

Ölçülen değerin beklenen değerle ne kadar bağdaştığını gösteren bir ölçüdür. Beklenen (teorik) değer ile ölçülen değer arasındaki fark ise **hata** olarak tanımlanır. Aslında doğruluk, yüzde olarak transdüserin en fazla ne kadar hata yaptığını ifade eder.

2.1.2. Sensör ve Transdüserlerin Çeşitleri

Sensör ve transdüserleri sınıflandırmada birçok ölçüt kullanılabilir. Örneğin algıladığı fiziksel değişimler, çıkış sinyalleri, besleme türleri gibi çeşitli kaynaklarda farklı sınıflandırmalara rastlamak mümkündür. Bu sınıflandırmalar kesin sonuç olmayıp değişkenlik gösterebilir.

Algıladığı Fiziksel Büyüklüklere Göre

Algıladığı fiziksel büyüklüklere göre sensör ve transdüser çeşitleri Tablo 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1: Algıladığı Fiziksel Büyüklüklere Göre Sensör ve Transdüser Çeşitleri

Fiziksel Değişken	Sensör, Transdüser
Sıcaklık	Termokupl (ısı çifti) Termistor (NTC, PTC) Termostat RTD (resistive temperature detectors-resistiv temperatur detektors)
Ses	Dinamik mikrofön Kapasitif mikrofön Hoparlör Piezo kristal
Işık (Optik)	LDR Foto diyot Foto transistör Fotovoltaik pil (solar cell)
Basınç (Gerilme)	Gerilme ölçer (strain gauge, streyn geyç) Basınç anahtarı (pressure switch) Yük hücresi (loadcells)
Manyetizma	Reed röle Hall Sensörü
Yaklaşım	Endüktif sensörler Kapasitif sensörler Optik sensörler

Çıkış Sinyaline Göre Sensörler

Analog Sensörler: Analog çıkış sinyali veren sensörlerdir. Örneğin termokuplun sıcaklığı arttıkça çıkışından elde edilen gerilim artmaktadır. Analog sensörlerin çıkışındaki sinyaller mikrovolt (μV) ve millivolt (mV) seviyelerinde çok küçük değerlerde olabilir. Bu sinyaller yükselteç devreleriyle artırılır.





Dijital Sensörler: Lojik 1 ve lojik 0 olmak üzere sayısal çıkış sinyali verir. Bu, bir dijital sinyalin yalnızca tek bir **bit** olarak veya tek bir **byte (bayt)** üretmek için bitlerin birleştirilmesiyle çıkarılabilen değerler ürettiği anlamına gelir.

2.1.3. Kullanım Alanları

Sağlık ve Kozmetik: Hastanın günlük aktivitesini ve vücudunda meydana gelen değişiklikleri anlık takip eden sensörler mevcuttur. İlaç ve kozmetik alanında da kalite kontrollerinin yapılmasında sensör teknolojisi kullanılır.

Endüstri ve Üretim: Endüstri alanındaki verim, kalite ve güvenilirlik sensörlerin özellikleri ile doğru orantılıdır. Endüstriyel ekipmanların sıkıştırma, sıcaklık, nem ve titreşim gibi durumları sensörler ile kontrol edilmektedir.

Gıda ve Tarım: Tarımda üretim ve ürün kontrolünde, gıda tazeliği ve kontrolünde sensörler kullanılmaktadır. Bu işlemler sensörler sayesinde hızlı, maliyeti düşük ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Otomotiv: Elektronikte birlikte oldukça hızlı ilerleyen otomotiv sektöründe araçlar, bilgisayarlar aracılığıyla kontrol edilmektedir. Sensörlerden gelen verilerle araçların yakıt bakımından verimli, güvenli ve istenilen özelliklerde çalışması sağlanmaktadır.

Haberleşme: Kablosuz ve kablolu haberleşme cihazlarında sensörler yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu sensörler sayesinde haberleşme kalitesi ve cihazların konforu artırılmıştır. Bu amaçla cep telefonlarında birçok sensör bulunmaktadır.

Savunma ve Güvenlik: Savunma sanayinde kullanılan ekipman ve teçhizatlar sensörler sayesinde daha kararlı ve verimli çalışmaktadır. Ayrıca birçok sektörde sensörlerden giriş ve çıkışlarda güvenlik ekipmanı yapmak için yararlanılmaktadır.

2.1.4. Sensör ve Transdüserlerin Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Fiziksel ortamlardaki değişikliklere göre mekanik bir makineyi veya elektronik bir devreyi çalıştırmak gerektiğinde sensörler ve transdüserler kullanılır. Amaca uygun sensör ve transdüseri seçmek, sonuca daha erken ulaşılmasını sağlayacaktır.

Sensörlerin başarısını belirleyebilmek ve çeşitli sensörler arasından seçim yapabilmek için kullanılan bazı parametrelerin tanımlanması gerekmektedir.

Kullanılacak yere göre uygun ölçüm aralığına sahip sensör seçmek, yüksek doğrulukla ölçüm yapabilmek ve maliyeti düşürmek için gereklidir. Örneğin mutfak fırınında kullanılan bir termometre ile endüstriyel fırında kullanılan bir termometrenin ölçüm aralığı ve fiyatları farklıdır. Sensör seçilirken belirlenmesi gereken ilk şey sensörün nerede kullanılacağıdır.

Aynı görevi yapan onlarca sensör tipi vardır. Bu sensörlerin üretim amacı kullanım yerlerine göre değişmektedir. Optik ölçüm yapılmak istenen bir cihazın içine basınç sensörü koyulamaz veya bir basınç sensörü suya dayanıklı üretilmişken diğer basınç sensörü suya dayanıksız olabilir. Bu durumda projede kullanım yerine göre sensör tercihi yapılır. Aynı görevi yapan ve aynı özelliklere sahip olan farklı hassasiyette ve ölçme aralığında sensör tipleri mevcuttur. Projeye, aynı işlevi yapacak olan en ekonomik sensör seçilmelidir. Projenin verimli çalışması için hassasiyeti iyi ve tepki süresi kısa olan sensör seçilmesi maliyeti artırabilir. Önemli olan projenin verimli çalışmasıdır.

2.1.5. Sensörler ve Transdüserlerin Çıkış Sinyalleri

Anahtarlama Sinyali Çıkışı: Bu tip sensörler çıkışında elektrik var ya da yok şeklinde olan sensörlerdir. Temassız algılayıcı anahtarlar, basınç anahtarları, sınır seviye anahtarları, çift metal (bimetal) anahtarları örnek verilebilir.

Darbe Frekanslı Çıkışı: Bu tip sensörler ölçülen değerleri çıkışına frekans değişimi veya darbe genlik değişimi şeklinde gönderen sensörlerdir. Artan uzunluk ve dönme açısı algılayıcıları gibi sensör çıkışları bu şekilde olabilir.

Dolaylı, Küçük Sinyal Çıkışı: Bu tip sensörler çok küçük sinyaller üreten veya dolaylı olarak sinyal elde edilen sensörlerdir. Piezorezistif ya da pizoelektriksel algılayıcı elemanları, Pt-100 ya da termoelemanlar, alan levhası ve hall (hal) efekt algılayıcı elemanları, pH ve iletkenlik test sondaları, doğrusal potansiyometreler gibi sensörlerdir.



Direkt Sinyal Çıkışı: Çıkışındaki sinyalden direkt yararlanılabilen çıkış sinyalleri üreten, yükseltici ve dönüştürücü elektroniği monte edilmiş, analog çıkışlı sensörlerdir. Tipik çıkış sinyali örnekleri aşağıdaki şekillerde olabilir.

- 0 ... 10 V, 0 ... 20 mA
- -5 ... +5 V, -10 ... +10 mA
- 1 ... 5 V, 4 ... 20 mA

Standart Veri Çıkışı: Çıkış sinyali standartlaştırılmış sinyal çıkışlı sensörlerdir. Bunlar; RS-232-C, RS-422-A, RS-485 ya da veri yolu ara birimli linbus (linbas), canbus fieldbus (kenbas fildbas), profibus (profaybıs), sensor activebus (sensöt aktivbas) standart çıkışlı sensör sistemleridir.

2.2. SICAKLIK SENSÖR UYGULAMALARI

Ortamdaki sıcaklık değişimini algılayan elemanlara **sıcaklık sensörleri** denir. Birçok maddenin elektriksel direnci sıcaklıkla değişmekte ve bunun sonucunda fiziksel, elektronik, kimyasal, mekanik, biyolojik vb. sistemler sıcaklıktan etkilenmektedir. Üretim aşamasında sıcaklığı gerekli sınırlar içinde tutmak, fazla veya az olduğunda bunun farkına varabilmek ve gerekli müdahaleleri yapabilmek önemlidir. Sıcaklığa karşı hassas olan maddeler kullanılarak sıcaklık kontrolü ve sıcaklık ölçümü yapılır.

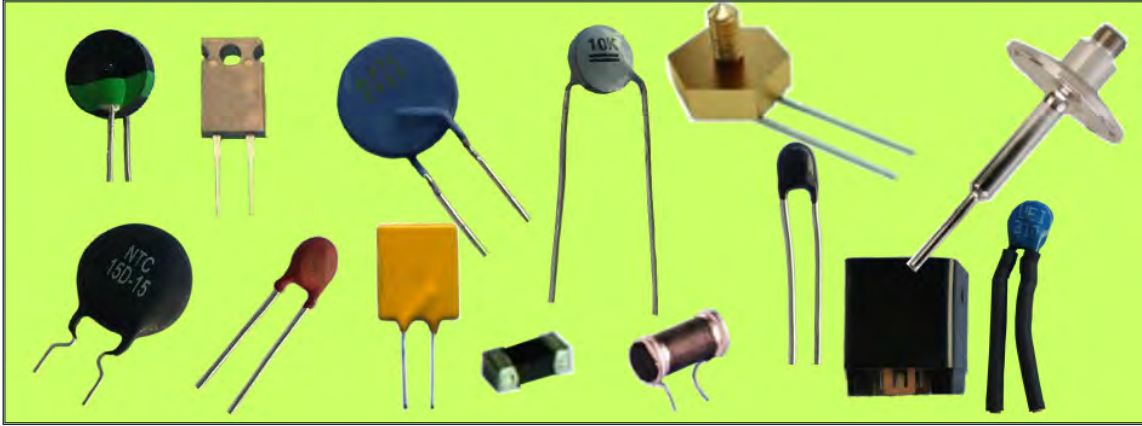
Farklı ihtiyaç alanları için farklı sıcaklık sensörleri kullanılır. Ölçüm yapılacak ortam, sıcaklık ölçümü değer aralıkları, ölçüm hassaslığı gibi sebeplerden dolayı kullanılacak sensörün tipi ve niteliği değişir.

2.2.1. Termistörler (Thermistors)

Direnci sıcaklıkla değişen elektronik devre elemanlarına **termistör** denir. **Therm** [(term) (sıcaklık)] ve **resistor** [(rezistor) (direnc)] kelimelerinin birleşmesinden thermistor (termistör) ismi meydana gelmiştir. Termistörler genellikle yarı iletken malzemelerden üretilir. Termistör yapımında çoğunlukla oksitlenmiş manganez, nikel, bakır veya kobaltın karışımı olan maddeler kullanılır.

Termistörlerden bir çıkış sinyali almak için üzerlerinden bir akım geçirilmelidir. Sıcaklık ölçümü yapılacak ortama yerleştirilen termistörlerde sıcaklık değişimleri hızlı bir şekilde direnç değişimine yansır ve her sıcaklıkta farklı bir gerilim çıkışı elde edilir ancak çalışma sıcaklıkları düşüktür. Termistörler; elektronik termometrelerde, araba radyatörlerinde, ısı ayarlı havyalarda, elektrik motorunun ısı koruması gibi fazla ısınmaya engel olacak devrelerde akım ve gerilim sınırlayıcı olarak kullanılır.

Görsel 2.2'de çeşitli termistörlerin görselleri bulunmaktadır. Termistörler pozitif sıcaklık katsayılı (**PTC**) ve negatif sıcaklık katsayılı (**NTC**) olmak üzere ikiye ayrılır.



Görsel 2.2: Termistör çeşitleri

PTC (Positive Temperature Coefficient-Positiv Temperitür Koefişin, Pozitif Sıcaklık Katsayısı)

Bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça elektriksel direnci de artan termistörlere **PTC** denir. Görsel 2.3'te PTC'nin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanlarına örnek ve sağlamlık testini gösteren tablo görülmektedir.

Resmi	Karakteristiği	Sembol	Kullanım alanları	PTC'nin sağlamlık testi

Görsel 2.3: PTC'nin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

Kullanım Alanları: PTC'ler -60°C ile $+150^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. $0,1^{\circ}\text{C}$ 'a kadar duyarlılıkta olanları vardır. Sıcaklık seviyesinin belirli bir değer aralığında tutulması gereken tüm sistemlerde kullanılabilir. PTC'ler doğrusal bir çıkış değerine sahip değildir. Bu nedenle ölçme amacıyla kullanılamaz. Koruma ve kumanda amacıyla sıkça kullanılır. Örneğin elektrik motorlarında sargı sıcaklığını korumada, ev tipi ısıtıcılarda ve şarjlı pillerde sıkça kullanılır. Bu kullanımı elektrik motorlarında sargı sıcaklığını korumada, ev tipi ısıtıcılarda ve şarjlı pillerde görmek mümkündür.

Sağlamlık Testi: PTC'nin sağlamlık kontrolü AVOMETRENİN ohm kademesinde yapılır. PTC bir direnç olduğu için uçlarına bakılmadan rastgele AVOMETREYE bağlanır. AVOMETREDE okunan ilk değer PTC'nin oda sıcaklığındaki direnç değeridir. Bu değer, aynı zamanda PTC üzerinde yazılı olan değerdir. PTC ısıtıldığında direnci yükseliyorsa sağlamdır. Bunun dışında bir durum gerçekleşiyor ise PTC bozuktur.

NTC (Negative Temperature Coefficient-Negativ Temperitür Koefişin, Negatif Sıcaklık Katsayısı)

Bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça elektriksel direnci azalan termistörlere **NTC** denir. Sıcaklık değişimine PTC'lerin tam tersi tepki verir. NTC'ler kısmen doğrusala yakın çıkış verebilir. Genellikle ölçme amacıyla kullanılır.

Görsel 2.4'te NTC'nin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanlarına örnek ve sağlamlık testini gösteren tablo görülmektedir.

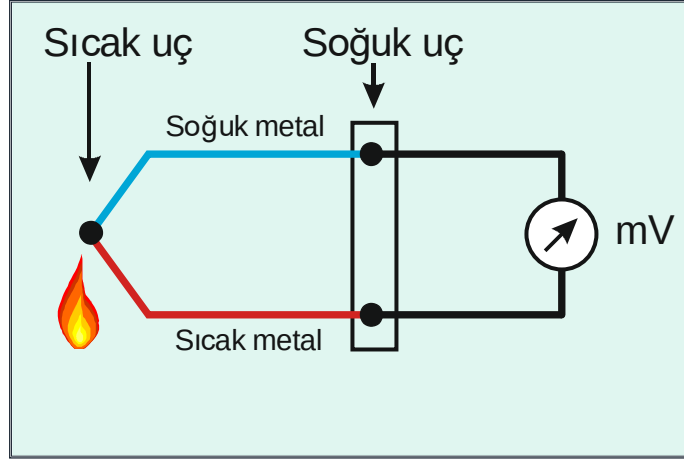
Resmi	Karakteristiği	Sembol	Kullanım alanları	NTC'nin sağlamlık testi

Kullanım Alanları: NTC'ler -60°C ile $+150^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. $0,1^{\circ}\text{C}$ 'a kadar duyarlılıkta olanları vardır. Daha çok elektronik termometrelerde, arabaların radyatörlerinde, amplifikatörlerin çıkış güç katlarında, ısı denetimli iklimlendirme cihazlarında kullanılır. PTC'lere göre kullanım alanları daha fazladır.

Sağlamlık Testi: NTC'nin sağlamlık kontrolü AVOMETRENİN ohm kademesinde yapılır. NTC bir direnç olduğu için uçlarına bakılmadan rastgele AVOMETREYE bağlanır. AVOMETREDE okunan ilk değer NTC'nin oda sıcaklığındaki direnç değeridir. Bu değer aynı zamanda NTC üzerinde yazılı olan değerdir. NTC herhangi bir araç ile ısıtıldığında direnci düşüyorsa sağlamdır. Bunun dışında bir durum gerçekleşiyorsa NTC bozuktur.

2.2.2. Termokupl (Thermocouple, Termokapl)

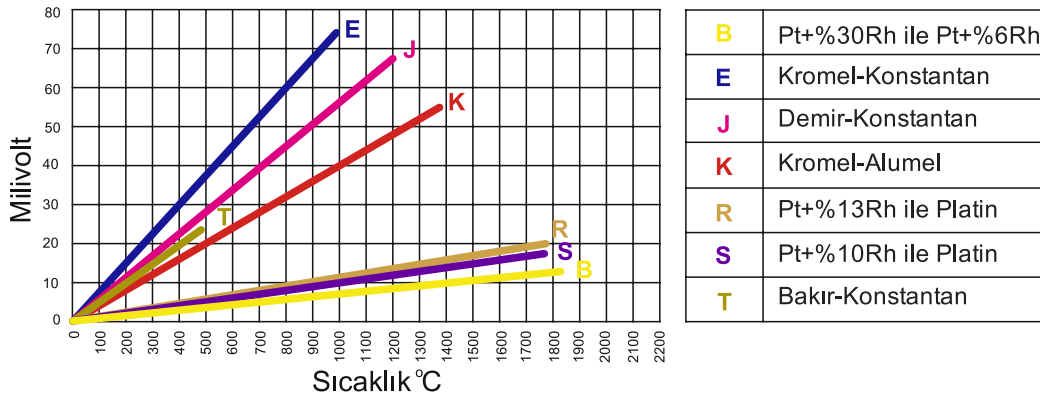
Termokupl ısı çifti olarak da bilinir. Birbirinden farklı iki ayrı metalin birer ucunun birleşmesiyle oluşan bir sensördür. İki iletkenin birleşim noktasına **sıcak uç**, metallerin ölçüm alınan diğer uçlarına **soğuk uç** denir. Termokuplun yapısı ve ölçümü Görsel 2.5'te verilmiştir.



Görsel 2.5: Termokupl (ısı çifti) yapısı ve ölçümü

Birleşim ucu ısıtıldığında ölçüm uçları arasında mV mertebesinde gerilim farkı meydana gelir. Elde edilen gerilim, birleşim noktasına uygulanan sıcaklık ile doğru orantılıdır. Bu gerilimin değeri, kullanılan malzemenin cinsine ve birleşim noktasının ısınma miktarına bağlıdır.

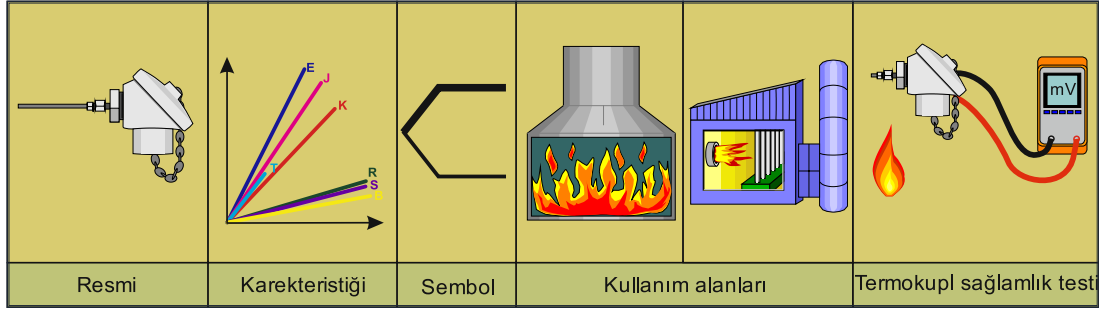
Görsel 2.6'da termokupl çeşitleri, ölçebildiği en yüksek sıcaklık ve buna karşın üretebildiği gerilim grafiği gösterilmiştir.



Görsel 2.6: Termokupl çeşitleri ve sıcaklık gerilim grafiği

Termokuplun çıkış uçları gerilim ölçme sistemine bağlanır. Termokupl iki bağlantı ucu arasındaki sıcaklık farkını gerilime dönüştürdüğü için soğuk bağlantının yani sensör bağlantı tarafının 0 °C'ta tutulması veya ortam sıcaklığının eklenmesi gerekir. Termokupl ile kullanılan metal çiftinin uygun seçimiyle -200 °C ile +2000 °C arasındaki sıcaklıklar ölçülebilir.

Termokupl sensörlerde metaller genellikle tel şeklindedir. Termokupllar, kullanıldıkları ölçüm ortamına göre sensörün fiziksel etkilere ve zararlara maruz kalmaması için özel kaplamalar ve koruma kılıfları içine yerleştirilerek kullanılır. Genel olarak metal ve seramik kılıflar tercih edilir. Görsel 2.7’de termokuplun resmini, karakteristiğini, sembolünü, kullanım alanlarını ve sağlamlık testini içeren tablo yer almaktadır.



Görsel 2.7: Termokuplun resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

Kullanım Alanları: Termokupllar genellikle yüksek sıcaklık ölçümünde kullanılır. Demir çelik sektöründe eritme potalarının sıcaklık kontrolünde -260°C ile 1800°C arasında sıcaklık ölçümü gerektiren durumlarda kullanılır. Demir-çelik, çimento, seramik, cam, kimya, petrol, gıda, kâğıt vb. sektörlerde termokupl sıcaklık ölçme düzenekleri kullanılmaktadır.

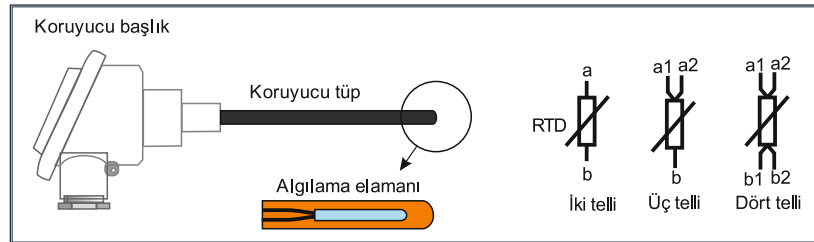
Sağlamlık Testi: Termokuplun sağlamlık kontrolü AVOMETRENİN mV kademesinde yapılır fakat öncelikle uçlarına kısa devre testi uygulanır. Uçlarında kısa devre varsa termokuplun ucu ısıtılır. AVOMETREDE mV mertebesinde gerilim okunuyorsa termokupl sağlamdır. Gerilim okunmuyorsa termokupl arızalıdır.

2.2.3. Rezistans Termometreler (RTD-Resistance Temperature Detector)

Rezistans termometre (RTD), iletken platin veya nikel telin direnç değerinin sıcaklıkla değişmesinden yararlanılarak edilerek oluşturulan bir sıcaklık sensördür. Sargılı direnç, sıcaklığı ölçülmek istenen ortama daldırılır, üzerinden sabit akım geçirilir.

Sıcaklığın değişimi ile sargılı direncin değeri değişir ve üzerinden geçen sabit akımla değişen bir gerilim elde edilir.

Görsel 2.8’de RTD’nin genel kullanım şekli verilmiştir. Algılama elemanı seramik üzerine sarılı iletken kılıfın içine izoleli olarak yerleştirilir. Bu kısma **inset** denir. Bağlantının yapılacağı kısım koruyucu başlık olarak ifade edilir. RTD’ler iki telli, üç telli veya dört telli olarak imal edilir. Uzun bağlantı kablolarındaki direnç değişimini etkisiz kılarak ölçüm sonucunu etkilemesini önlemek için çok telli bağlantı kullanılır.

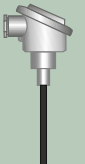
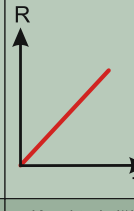
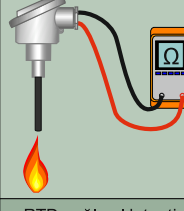


Görsel 2.8: RTD’nin genel kullanım şekli

PT100, PT1000, Ni100 RTD’ler arasında en çok kullanılan sensör tipidir. PT100, 0°C ’ta $100\ \Omega$ ’luk direnç değerine sahipken 100°C ’da $138\ \Omega$ direnç değerine sahiptir ve $^{\circ}\text{C}$ başına $0,385\ \Omega$ değişim gösterir. PT100’ün çalışma sıcaklık aralığı -200°C ile $+850^{\circ}\text{C}$ ’dir.

RTD’ler termistörlere göre daha yüksek sıcaklıklarda, termokupllara göre daha düşük sıcaklık aralığında kullanılır. Yüksek doğrulukla ölçüm yapar ve ölçüm sonuçları oldukça doğrusaldır. Rezistans termometre; inset, dış koruyucu kılıf ve bağlantı parçalarından meydana gelmiştir. Asıl sıcaklığı ölçen rezistans termometre elemanı inset içine yerleştirilir. Boru içine metal oksit tozları doldurulur. Eleman ile klemens arasındaki tel, izolator ile bir bütün şekilde izole edilir. Genel olarak 6 mm veya 8 mm boru içine yerleştirilen R/T elemanı, seramik klemensi ile bir bütün olarak inset diye adlandırılır.

Görsel 2.9'da RTD'nin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testini gösteren tablo yer almaktadır.

				
Resmi	Karakteristiği	Sembol	Kullanım alanları	RTD sağlamlık testi

Görsel 2.9: RTD'nin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

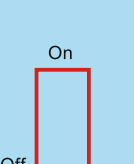
Kullanım Alanları: RTD'ler klima sistemlerinde, tekstil alanında, mikro elektronikte, egzoz gazı sıcaklık ölçümlerinde ve birçok uygulama alanında tercih edilip kullanılır.

Sağlamlık Testi: RTD'nin sağlamlık testi AVometre ile yapılır. AVometre direnç ölçme kademesine alınır. Üç uçlu RTD'nin herhangi iki ucunda direnç ölçümü yapılır. Değer 0 Ω ise a1 ve a2 uçlarıdır. Değer 100 Ω ile 200 Ω arasında ise a1 veya a2 ile b ucudur. Uçlar arasında herhangi bir kombinasyonda açık devre ölçülmesi RTD'nin arızalı olduğunu gösterir.

2.2.4. Termostat

Termostatlar, içyapısına göre elektronik, elektromekanik ve mekanik olmak üzere üçe ayrılabilir. Bunun yanında ayarlı veya sabit değerli termostatlar da bulunmaktadır. Görsel 2.10'da Termostat'ın resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanlarına örnek ve sağlamlık testini gösteren tablo görülmektedir.

Termostatlar, içyapısına göre elektronik, elektromekanik ve mekanik olmak üzere üçe ayrılabilir. Bunun yanında ayarlı veya sabit değerli termostatlar da bulunmaktadır (Görsel 2.10).

				
Resmi	Karakteristiği	Sembol	Kullanım alanları	Termostat sağlamlık testi

Görsel 2.10: Termostatın resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

Elektronik termostatlar; sıcaklığı, içinde bulunan elektronik devreler aracılığı ile algılayarak yine elektronik devreler aracılığı ile uyarı veya anahtarlama yapar. Bunun yanında elektromekanik termostatlar içyapısında bulunan elektronik ve mekanik aksam yardımı ile algılama ve anahtarlama yapar. Mekanik aksam genellikle sıcaklıkla genleşme katsayıları birbirinden farklı bimetal malzemelerden oluşmuştur. Mekanik termostatlar ise sadece mekanik ekipmanlardan oluşur.

Belli bir değer aralığında ayarlanabilen termostatlardan elektronik termostatlar, yine içyapısındaki elektronik ekipmanlar aracılığı ile işlem yaparken elektromekanik ve mekanik olanlar genellikle yay gibi mekanik sistemler ile ayar işlemi yapar.

Sabit değerli termostatlar imalatı sırasında ayarlanan sıcaklığa göre içinde bulunan kontakların konum değiştirmesi esasına göre çalışır.

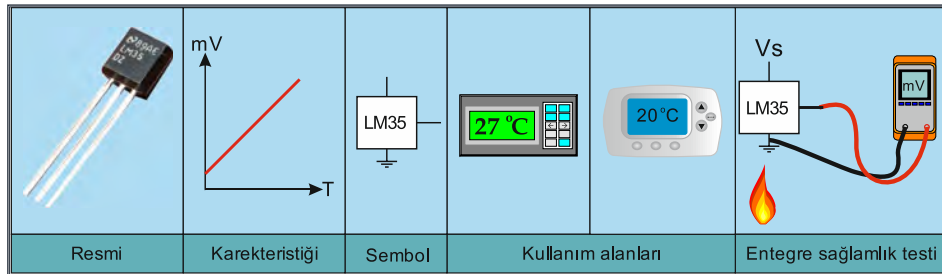
Yukarıda sayılan termostat çeşitlerinin kullanım alanlarına göre örnekleri şunlardır:

Klimalarda kullanılan sıcaklık ayar termostadı elektronik termostattır. Oda sıcaklığını ayarlamak için odaya yerleştirilen ve kombiye bağlanan termostatlar elektromekanik termostattır. Su ısıtıcılarında kullanılan suyun kaynamasıyla elektriği kesen termostatlar ise mekanik ve sabit değerli termostatlardır.

2.2.5. Entegre Tipi Sıcaklık Sensörü

Yarı iletken entegre devrelerin gelişmesi ile entegre sıcaklık sensörleri ortaya çıkmıştır. Germenyum kristal malzemelerin dirençleri sıcaklık ile ters orantılı, silisyum kristal malzemelerin dirençleri ise doğru orantılıdır. Germanyum ve silisyum malzemelerin sıcaklık sensörü olarak çalışma mantığı, normal germanyum silisyum PN birleşmeli diyotlarda oluşan nötr bölgenin sıcaklığının artırılarak aşılması sonucu bu bölgeden akım geçmesinin sağlanmasıdır. Sıcaklık arttıkça bu bölgeden geçen akım da artar. Yarı iletken sıcaklık sensörleri, yarı iletken silikon malzemeden yapılan elektronik sensörlerdir. Çalışma sıcaklığı aralığı -50°C ile $+150^{\circ}\text{C}$ arasındadır ve doğrusal çıkış değerlerine sahiptir.

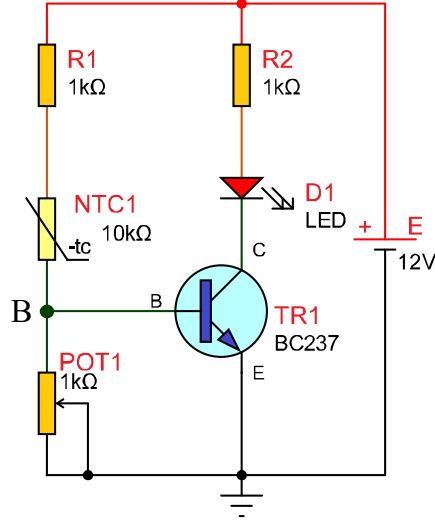
Yarı iletken entegrenin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi Görsel 2.11’de verilmiştir



Görsel 2.11: Yarı iletken entegrenin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

AMAÇ: NTC'li sıcaklıkta çalışan devre yapmak.

Görsel 2.12'deki devrede NTC ve potansiyometre gerilim bölücü direnç olarak çalışmaktadır. Oda sıcaklığında (yaklaşık 25 °C) NTC'nin direnci yaklaşık 8 kΩ ile 10 kΩ arasındadır. Oda sıcaklığında 0,7 V'luk pozitif polarmasını NTC üzerinden alamayan transistörün beyz ucu transistörü kesimde tutar ve LED sönük kalır. NTC ısıtıldığında (100 °C'de 1 kΩ'un altına düşer.) beyz polarması alan transistör iletime geçer ve LED yanar. İletime geçme sıcaklığı potansiyometre ile ayarlanabilir.



Görsel 2.12: NTC'li sıcaklıkta çalışan devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Potansiyometre	1 kΩ
NTC	10 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. NTC'nin devreye bağlantısını yapmadan önce oda sıcaklığında ve ısıtıldığında (Havya kullanılabilir.) direncini ölçüp Tablo 2.2'ye yazınız.
2. Görsel 2.12'deki devreyi kurunuz.
3. Devreye enerji veriniz. LED'in oda sıcaklığında ve ısıtıldığında verdiği en iyi tepkiyi (veya referans sıcaklığını) potansiyometre ile ayarlayınız.
4. Voltmetreyi transistörün beyz ucuna (B noktasına) bağlayınız.
5. LED'in durumunu ve voltmetreyle ölçülen değeri Tablo 2.2'ye yazınız.
6. NTC'yi havya ile ısıtınız.
7. LED'in durumunu ve voltmetreyle ölçülen değeri Tablo 2.2'ye yazınız.
8. NTC ile potansiyometreyi yer değiştiriniz. Potansiyometrenin değerini 100 kΩ yaparak devrenin şemasını yeniden çizin.
9. Çizdiğiniz devreyi kurup çalışmasındaki değişimi gözlemleyiniz.

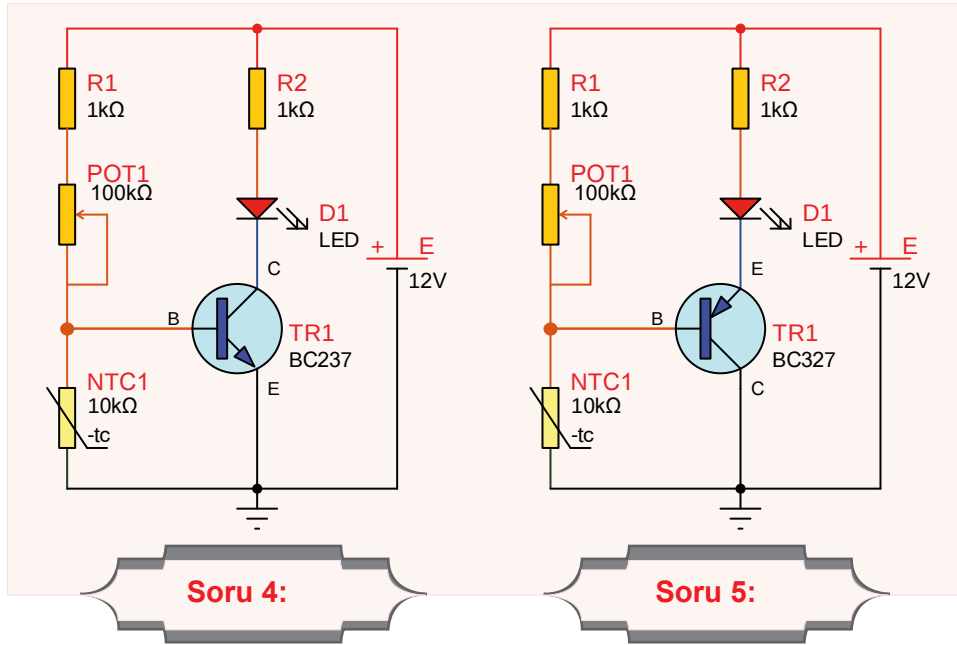
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.2: NTC Devresi Ölçümleri

NTC	Direnç (Ω)	Beyz Gerilimi (V)	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Oda sıcaklığında			
Isıtıldığında			

SORULAR

1. LED'in NTC ısıtıldığında sönmesi için devrede nasıl değişiklik yapmak gerekir? Açıklayınız.
2. NTC'nin sıcaklık direnç değişimi doğrusal mıdır? Nedenini belirtiniz.
3. NTC'nin sağlamlık kontrolü nasıl yapılır? Yazarak açıklayınız.
4. Aşağıdaki NTC'li devre ile Görsel 2.12'deki NTC'li devre arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
5. Aşağıdaki PNP transistör kullanılarak tasarlanmış NTC'li devrenin çalışmadaki fark nedir? Açıklayınız.

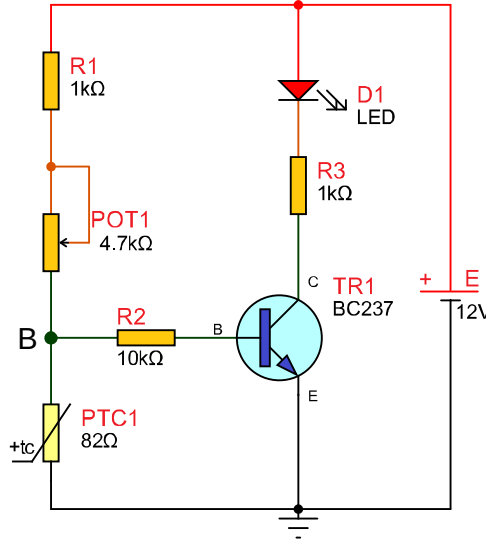


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: PTC'li sıcaklıkta çalışan devre yapmak.

Görsel 2.13'teki devrede oda sıcaklığında (yaklaşık 25 °C) PTC'nin direnci yaklaşık 82 Ω 'dur. Oda sıcaklığında 0,7 V'luk pozitif polarmasını R1 ve potansiyometre üzerinden alamayan transistörün beyz ucu transistörü kesimde tutacak ve LED sönük kalacaktır. PTC ısıtıldığında direnci artacak ve üzerine düşen gerilim de artacaktır. Vbe gerilimi yaklaşık 0,7 V'a ulaştığında beyz polarması alan transistör iletme geçecek ve LED yanacaktır. İletime geçme sıcaklığı potansiyometre ile ayarlanabilir.



Görsel 2.13: PTC'li sıcaklıkta çalışan devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1 k Ω
Direnç	10 k Ω
Potansiyometre	4,7 k Ω
PTC	82 Ω

İŞLEM BASAMAKLARI

1. PTC'nin devreye bağlantısını yapmadan önce oda sıcaklığında ve ısıtıldığında (Havya kullanılabilir.) direncini ölçüp Tablo 2.3'e yazınız.
2. Görsel 2.13'teki devreyi kurunuz.
3. Devreye enerji veriniz. LED'in oda sıcaklığında ve ısıtıldığında verdiği en iyi tepkiyi (veya referans sıcaklığını) potansiyometre ile ayarlayınız.
4. Voltmetreyi transistörün beyz ucuna (B noktasına) bağlayınız.
5. LED'in durumunu ve voltmetreyle ölçülen değeri Tablo 2.3'e yazınız.
6. PTC'yi havya ile ısıtınız.
7. LED'in durumunu ve voltmetreyle ölçülen değeri Tablo 2.3'e yazınız.

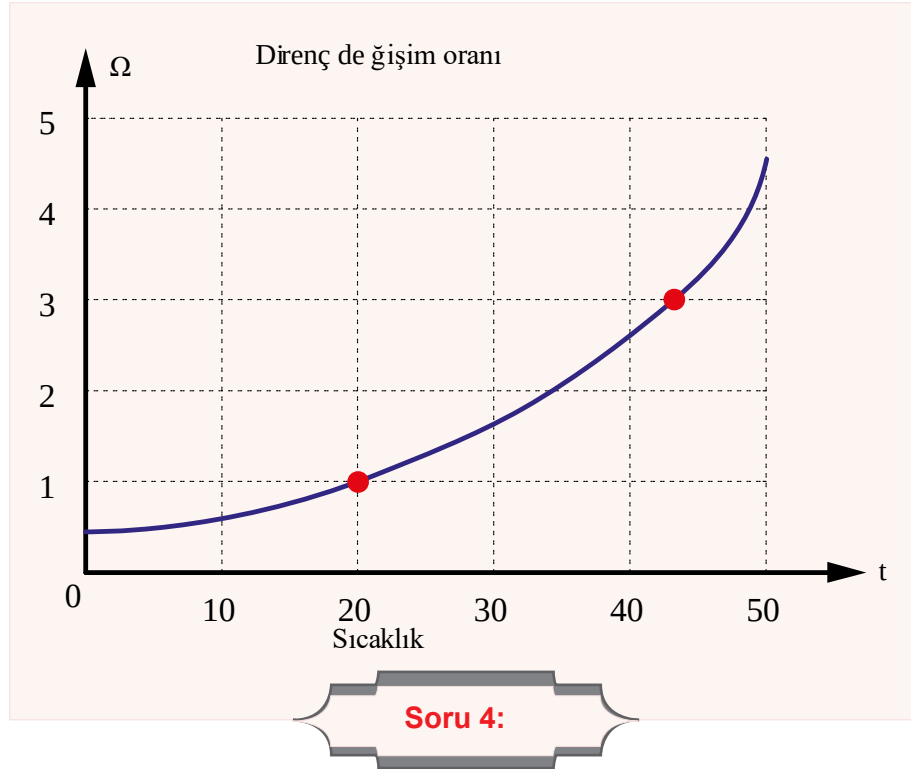
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.3: PTC Üzerine Düşen Gerilim

PTC	Direnç (Ω)	Beyz Gerilimi (V)	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Oda sıcaklığında			
Isıtıldığında			

SORULAR

1. LED'in PTC ısıtıldığında sönmesi için devrede nasıl değişiklik yapmak gerekir? Açıklayınız.
2. PTC'nin sağlamlık kontrolü nasıl yapılır? Açıklayınız.
3. Devrede PTC yerine NTC kullanılması devrenin çalışmasını nasıl etkiler? Açıklayınız.
4. Aşağıda sıcaklıkla direnç değişim oranı (katı) verilen PTC grafiğinde PTC direnci 20 °C'de 80 Ω ise 43 °C'de kaç Ω olur? Yazınız.

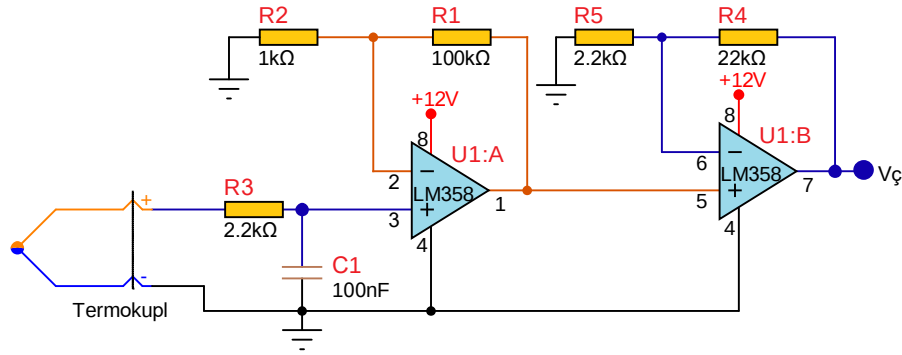


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Termokupl uygulaması yapmak.

Görsel 2.14'teki termokupl ısıtıldığında uçlarında mV seviyesinde bir gerilim oluşur. Devrede iki yükselteç ile yaklaşık 1000 kat yükseltilebilir sinyal çıkışta, V seviyesine ulaşmaktadır.



Görsel 2.14: Termokupl uygulaması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	LM358(DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	2,2 kΩ
Direnç	22 kΩ
Direnç	100 kΩ
Kondansatör	100 nF/16 V
Termokupl	K tipi

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.14'teki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi Vç noktasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz. Oda sıcaklığında voltmetreyle okuduğunuz değeri Tablo 2.4'e yazınız.
4. Voltmetreyi gözlemleyerek termokuplun sıcaklığını artırınız.
5. Sıcaklık yaklaşık 50 °C'ın üstündeyken voltmetreyle okuduğunuz değeri Tablo 2.4.'e yazınız.
6. Devreyi 100 °C'da fan çalıştıracak şekilde tasarlayınız.

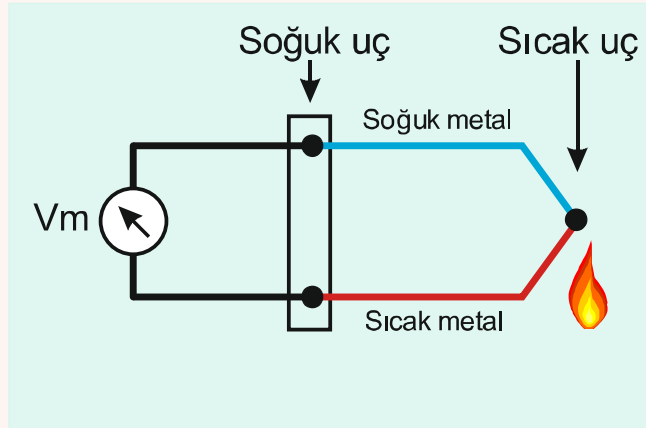
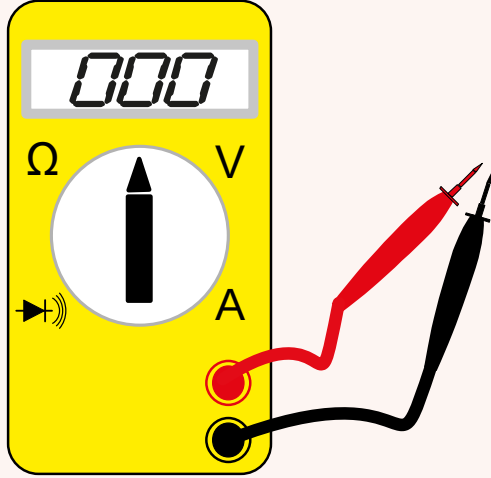
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.4: Termokupl Uygulaması

Termokupl	Vç
Oda sıcaklığında	
Isıtıldığında	

SORULAR

1. Termokupl ucunda oluşan 0,001 V, devrenin çıkışında 1 V olarak ölçülüyorsa devre giriş gerilimini kaç kat yükseltmiş olur? Hesaplayınız.
2. Termokupl ucunda oluşan gerilim (potansiyel fark) LED'i çalıştırmaya yeterli midir? Nedenini açıklayınız.
3. Termokupla bağlanan devrenin görevi nedir? Açıklayınız.
4. Termokupl uçları multimetrenin hangi konumunda ölçülür? İşaretleyiniz.

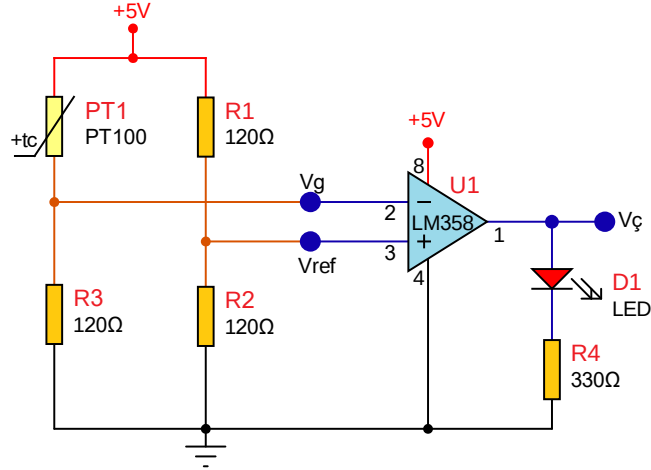


Soru 4:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: PT100 uygulaması yapmak.

Görsel 2.15'teki devrede PT100'ün oda sıcaklığında (25 °C) direnci yaklaşık 110 Ω 'dur. PT100 ısıtıldığında direnci doğrusal olarak artacaktır. PT100 120 Ω 'un üstedeki değerlere ulaştığında (>55 °C) R3 üzerindeki gerilim düşümü azalacak yükselteç çıkışı +5 V olacak ve LED yanacaktır.



Görsel 2.15: PT100 uygulaması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
PT100	Sonda tipi, iki telli
Opamp	LM358 (DIL-08 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	120 Ω (karbon film)
Direnç	330 Ω

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.15'teki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz. LED'in durumunu Tablo 2.5'e yazınız.
3. PT100'ü ısıtınız (Havya kullanılabilir.).
4. LED'in durumunu Tablo 2.5'e yazınız

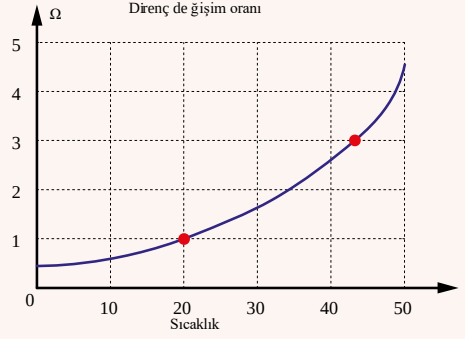
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.5: Çıkış Gerilimini Ölçme

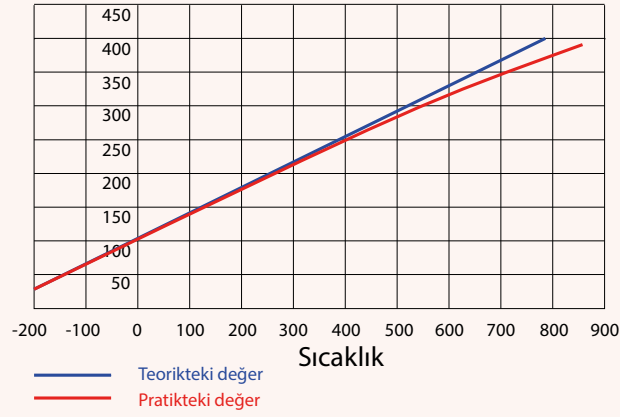
PT100	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Oda sıcaklığında (25 °C)	
Isıtıldığında (>55 °C)	

SORULAR

1. PT100 nerelerde kullanılmaktadır? Belirtiniz.
2. Sıcaklıkla direnci doğrusal olarak artan PT100'ün grafiğini araştırıp çiziniz.
3. Daha yüksek sıcaklıkta LED'in yanması için hangi direncin değeri büyütülmelidir? Belirtiniz.
4. Aşağıdaki grafiklerden hangisi PT100'e ait olabilir? Nedenlerini maddeler hâlinde açıklayınız.



Direnç de ğişim oranı



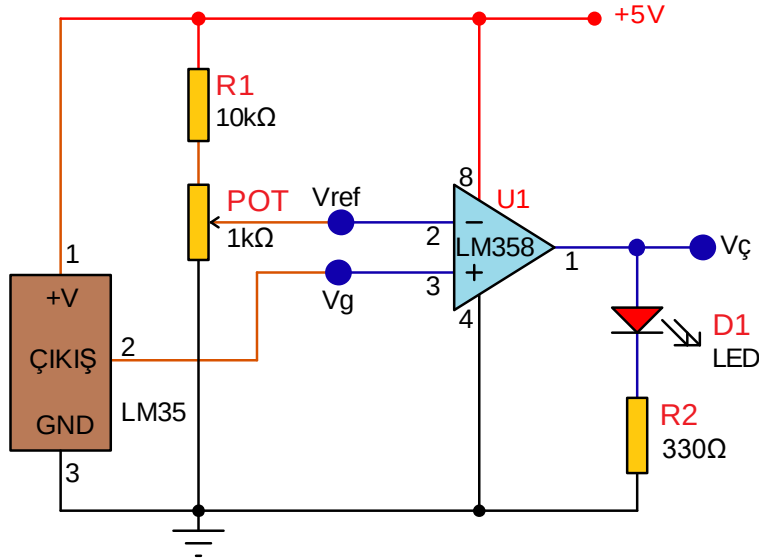
Soru 4:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: LM35'li sıcaklıkta çalışan devre yapmak.

LM35 sıcaklık sensörü 4-20 V ile beslenebilmektedir. Çıkış ucu ise 25 °C'de 250 mV gerilim vermektedir. Bu değer her 1 °C'de 10 mV değişim göstermektedir. Görsel 2.16'daki devrede potansiyometre ile Vref noktasındaki gerilim ayarlanarak sıcaklık alarm değeri belirlenir (280 mV $\equiv$ 28 °C gibi). LM35'in sıcaklığı ayarlanan sıcaklığa (Vref değerine) ulaştığında LED yanacaktır.



Görsel 2.16: LM35'li sıcaklıkta çalışan devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
LM35	(TO-92 kılıf)
Opamp	LM358 (DIL-08 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Potansiyometre	1 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.16'daki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi Vref noktasına bağlayınız.
3. Potansiyometreyi ayarlayarak Vref = 500 mV (50 °C) yapınız.
4. LED'in durumunu Tablo 2.6'ya yazınız.
5. Voltmetreyi Vg noktasına bağlayınız.
6. LM35'i ısıtınız. Vg > Vref olduğunda LED'in durumunu Tablo 2.6'ya yazınız.
7. Devreyi 35 °C'de fan çalıştıracak şekilde tasarlayınız.

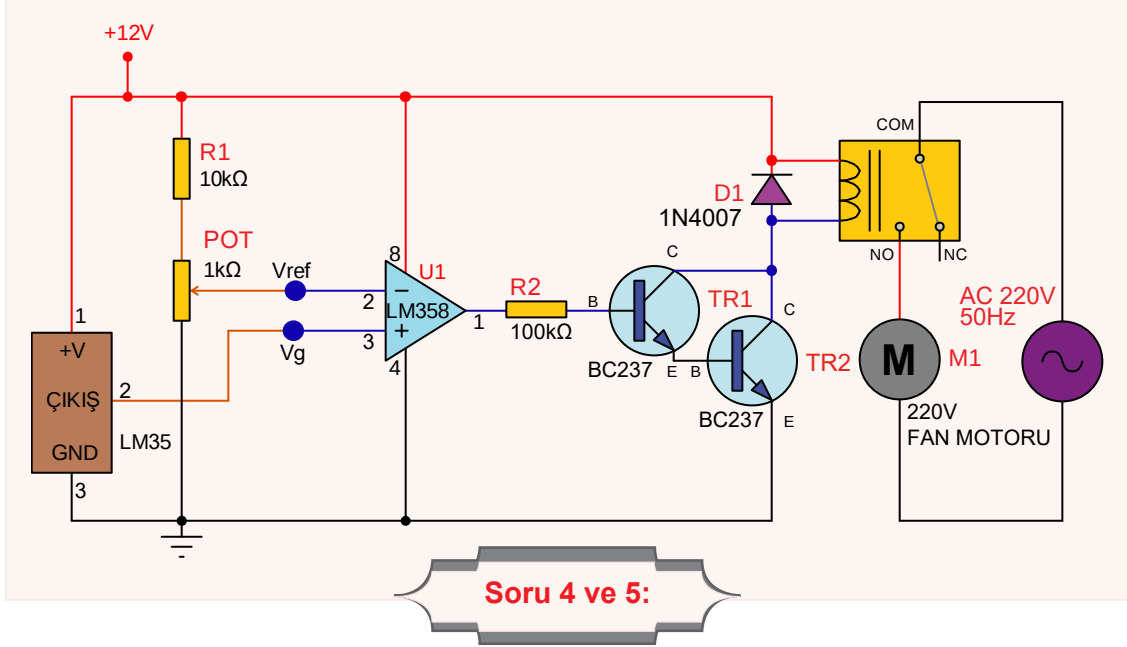
DEĞERLENDİRMELER

Tablo 2.6: LM35'li Sıcaklıkta Çalışan Devre

LM35	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Oda sıcaklığında	
Isıtıldığında	

SORULAR

1. LM35 çıkışı doğrusal (lineer) midir? Yazınız.
2. LM35 25 °C'de 250 mV, 30 °C'de 300 mV veriyorsa 40 °C'de kaç mV verir? Deneyerek gözlemleyiniz.
3. Sıcaklık ve ısı kavramlarını açıklayınız.
4. Aşağıdaki devrenin çalışmasını açıklayınız. Devrenin kullanım alanları nedir? Belirtiniz.
5. Aşağıdaki devredeki elemanların, devredeki kullanım amaçları nelerdir? Açıklayınız.
6. Aşağıdaki devredeki transistörlerin bağlantı şekli ve bu bağlantı şeklinin tercih edilme nedeni nedir? Açıklayınız.



NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



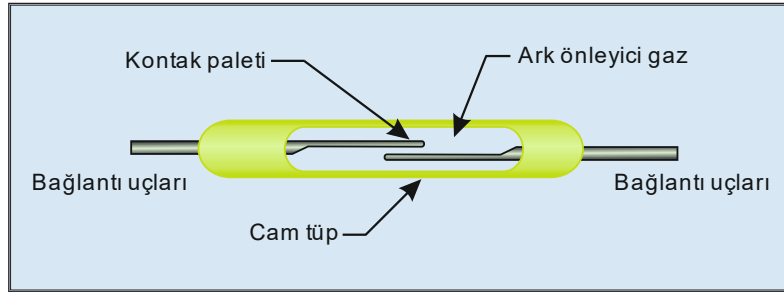
2.3. MANYETİK SENSÖR UYGULAMALARI

Manyetik sensörler, manyetik alan etkileşimine tepki veren malzemelerden üretilmiş sensörlerdir. En bilinen doğal manyetikler mıknatıslardır. Demir nüve üzerine sarılmış bobinine uygulanan akımın meydana getirdiği mıknatıslanma etkisi yapay mıknatıs örneği sayılır.

2.3.1. Reed (Rid) Röle

Cam tüp içine konmuş kontaklara sahip elemanlara **reed röle** denir. Reed röleler mıknatıs ve elektromıknatıs ile kontrol edilebilen manyetik kontaklardır. Temel olarak reed röle içinde gaz olan bir tüpün içine iki adet kontağın konulmasıyla oluşturulmuş bir anahtarlama elemanıdır.

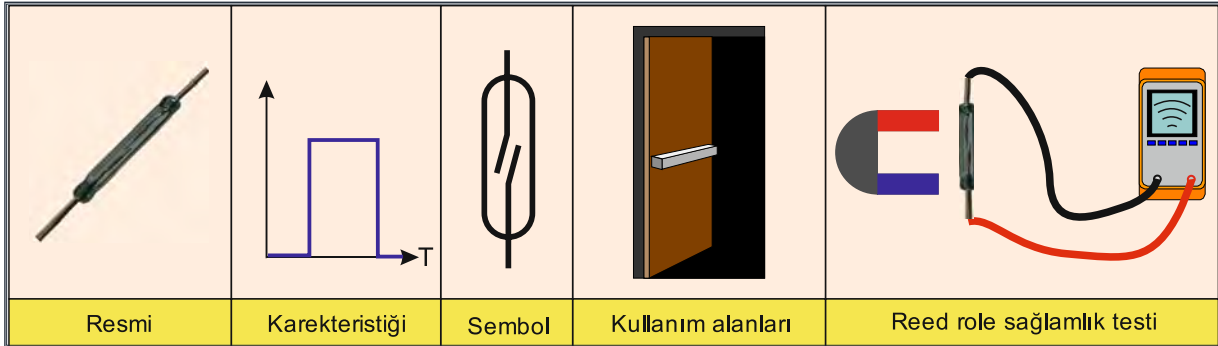
Görsel 2.17’de reed rölenin yapısı görülmektedir. Reed rölelerin cam tüpünün içi, akım akışını kolaylaştırmak ve elektrik arkını önlemek için %97 azot ve %3 hidrojen karışımı gaz ile doldurulmuştur. Reed rölelerde kontakların konumu doğal mıknatısla ya da elektromıknatısla değiştirilebilmektedir. Normalde açık ya da kapalı tipleri vardır.



Görsel 2.17: Reed rölenin iç yapısı

Reed rölelerin çok çeşitli kullanım alanları vardır. Özellikle güvenlik sistemlerinde kullanılır. Temasız kontak yapısından dolayı kapı pencere gibi hareketli sistemlerin açılıp kapandığını anlamada kullanılır.

Görsel 2.18’de reed rölenin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım örneği ve sağlamlık testi yer almaktadır. Reed röle manyetik bir anahtardır.

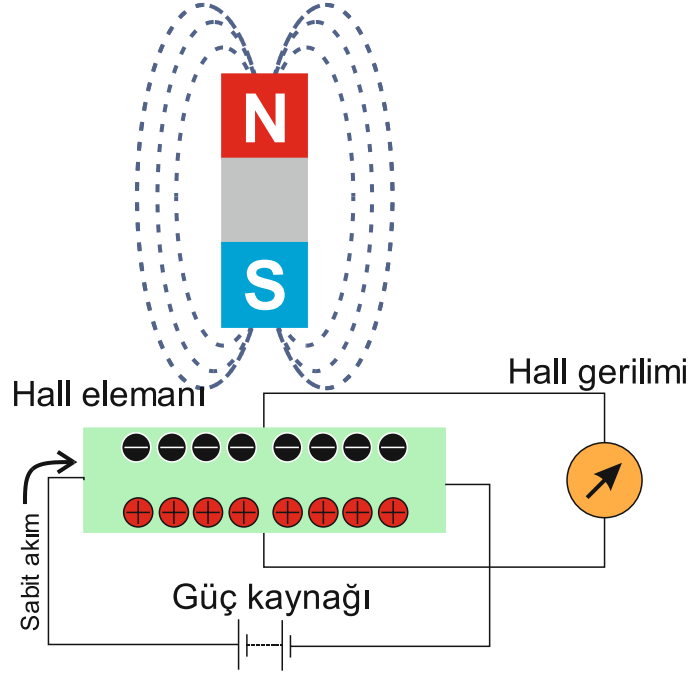


Görsel 2.18: Reed rölenin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

2.3.2. Hall Sensörü

Hall sensör, manyetik veya manyetik olarak kodlanmış bilgileri elektronik devreler tarafından işlenmek üzere elektrik sinyallerine dönüştürür. Hall sensörler; konum algılama, hız veya yön hareketi gibi birçok farklı uygulama türünde kullanılabildikleri için giderek daha popüler hâle gelen sensörlerdir. Temassız çalışması, düşük bakım maliyeti, sağlam tasarımı ve katı yapısı titreşim, toz ve suya karşı dayanıklı olması nedeniyle elektronik tasarımcısı için de popüler bir sensördür.

Görsel 2.19'da görüldüğü gibi hall sensörleri harici bir manyetik alan tarafından etkinleştirilen cihazlardır. Bir manyetik alan, manyetik akı yoğunluğu (B) ve polarite (kuzey ve güney kutupları) olmak üzere iki önemli özelliğe sahiptir. Bir hall sensöründen gelen çıkış sinyali, cihazın etrafındaki manyetik alan yoğunluğunun işlevidir. Sensörün çevresindeki manyetik akı yoğunluğu, önceden belirlenmiş eşik seviyesini aştığında sensör bunu algılar ve hall gerilimi adı verilen bir çıkış voltajı üretir.

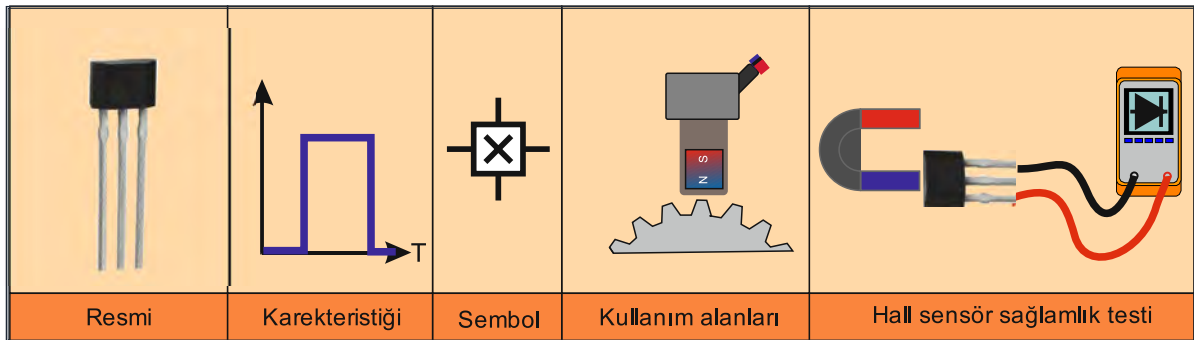


Görsel 2.19: Hall sensörünün çalışma prensibi

Hall etkisi sensörleri, temelde kendi içinden sürekli bir akım geçiren galyum arsenit (GaAs), indiyum antimonid (InSb) veya indiyum arsenik (InAs) gibi ince bir dikdörtgen p tipi yarı iletken malzemeden oluşur. Cihaz bir manyetik alan içine yerleştirildiğinde manyetik akı çizgileri yarı iletken malzemeye yük taşıyıcılarını, elektronları ve oyukları yarı iletken levhanın her iki tarafına saptıran bir kuvvet uygular. Bu elektronlar ve oyuklar yan taraflara doğru hareket ettikçe yarı iletken malzemenin iki tarafı arasında potansiyel bir fark oluşur.

Hall sensörleri ve anahtarları, manyetik alan olmadığında **NO** (normalde açık devre) olacak şekilde tasarlanmıştır. Yalnızca yeterli güç ve polariteye sahip bir manyetik alana maruz kaldıklarında kapalı duruma geçerler.

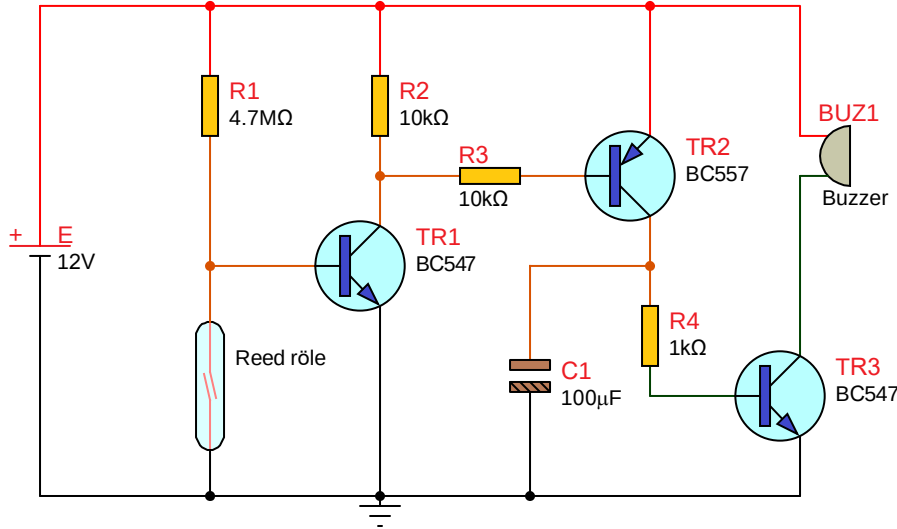
Entegre yapıda olduğu için standart hall sensörleri sağlamlığı kontrol edilirken diyot kademesinde transistör şeklinde ölçülebilir. Görsel 2.20'de hall sensörün resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanı örneği ve sağlamlık testi gösterilmektedir.



Görsel 2.20: Hall sensörün resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanı, sağlamlık testi

AMAÇ: Reed röle uygulaması yapmak.

Görsel 2.21'deki devreye enerji verildiğinde reed röle kontakları açık olduğu için TR1 transistörü iletimdedir. TR1'in iletimde olması PNP TR2 transistörünü de iletime geçirir. TR2 transistörü de TR3 transistörünü iletime geçirir ve aktif buzzer sinyal verir. Reed röleye mıknatıs yaklaştırıldığında röle kontakları kapanır. TR1 transistörü kesime gider. TR1'in kesime gitmesi TR2 ve TR3 transistörlerini kesime götürür, aktif buzzer susar. Mıknatıs reed röleden uzaklaştırıldığında buzzer tekrar sinyal vermeye başlar.



Görsel 2.21: Reed röle devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Reed röle	14 mm
Transistör	BC547 (TO-92 kılıf)
Transistör	BC557 (TO-92 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Direnç	4,7 MΩ
Kondansatör	100 μF/16 V
Buzzer	Aktif buzzer

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.21'deki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz. Mıknatısı reed röleye yaklaştırınız. BUZZER'in durumunu Tablo 2.7'ye yazınız.
3. Mıknatıs reed röleye yaklaştırılınca buzzerin ses vereceği şekilde devreyi tasarlayıp çalıştırınız.



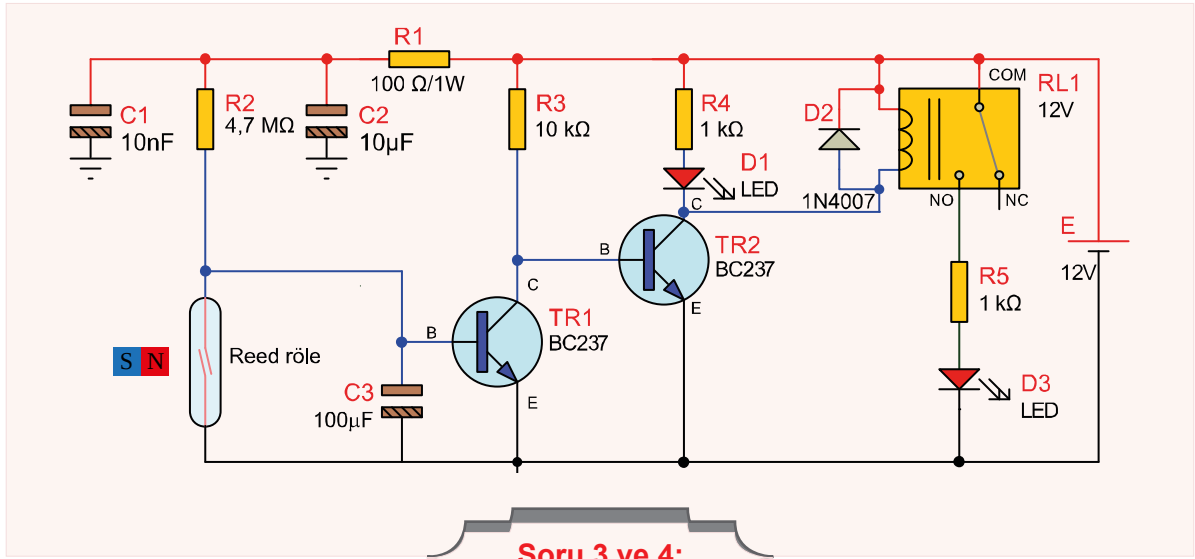
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.7: Reed Röle

Mıknatıs	Buzzer Durumu (Ses Var/Ses Yok)
Yakın	
Uzak	

SORULAR

1. Reed röle nerelerde kullanılmaktadır? Belirtiniz.
2. Reed röle normal röle olarak kullanılabilir mi? Nedenini açıklayınız
3. Aşağıdaki devreyi inceleyiniz. TR1 ve TR2 transistörlerinin bağlantısı nedir? Açıklayınız.
4. C3 kondasatörünün görevi nedir? Açıklayınız.



Soru 3 ve 4:

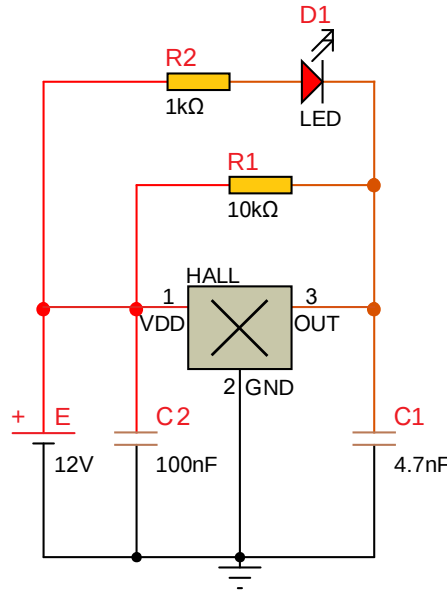
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Manyetik sensör uygulaması yapmak.

Hall effect sensörleri temel olarak bipolar ve unipolar olmak üzere iki çeşittir. Bipolar sensörler çalışmak için pozitif manyetik alana yani S kutbuna, S kutbunun etkisinin ortadan kalkması için de negatif manyetik alana yani N kutbuna ihtiyaç duyar. S kutbu ile çıkış veren hall sensörünün çıkışını kesmesi için N kutbu yaklaştırılmalıdır. Unipolar sensörler ise S kutbu yaklaştırıldığında çıkış veren sensörlerdir. Manyetik alan ortadan kalktığında çıkış kesilir.

Görsel 2.22'deki devrede US1881 bipolar hall sensör kullanılmıştır. Çıkış open-drain'dır (aktif 0). Miknatısın S kutbu yaklaştırıldığında çıkış verir. Aktif sıfır çıkışlı olduğundan çıkışı 0 volt olur ve LED yanar. Miknatısın N kutbu yaklaştırılana kadar da yanmaya devam eder.



Görsel 2.22: Manyetik sensör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Hall Sensör	US1881
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	100 nF/16 V
Kondansatör	4,7 nF/16 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.22'deki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz. Miknatısın S kutbunu hall sensörüne yaklaştırınız. LED'in durumunu Tablo 2.8'e yazınız.
3. Miknatısın N kutbunu hall sensörüne yaklaştırınız. LED'in durumunu Tablo 2.8'e yazınız.

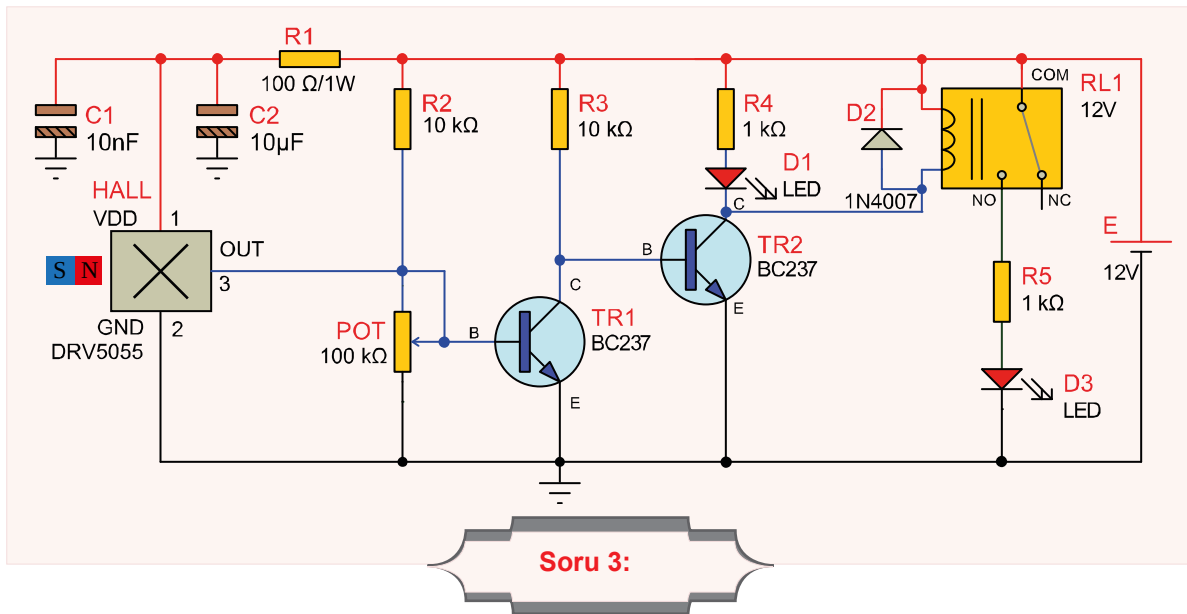
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.8: Karşılaştırmacı Devrede Ölçme

Miknatis	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
N kutup	
S kutup	

SORULAR

1. Hall sensörü nerelerde kullanılmaktadır? Belirtiniz.
2. Hall etkisi nedir? Açıklayınız.
3. Aşağıdaki devreyi inceleyiniz. Bilmediğiniz elemanlar varsa araştırınız. Devrenin çalışması hakkında açıklama yapınız.
4. Aşağıdaki devredeki R1 direnci, C1 ve C2 kondansatörlerinin bağlantısı ve görevi nedir? Açıklayınız. Kısmı 4. Soru olarak ayrı kullanılmalıdır.

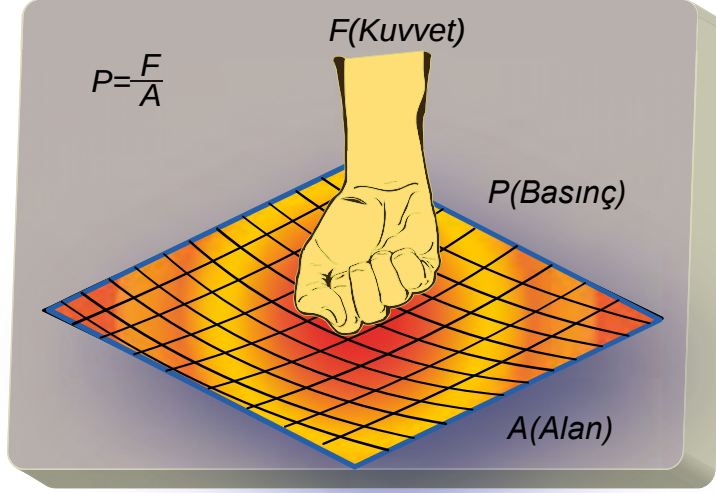


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

2.4. BASINÇ SENSÖR UYGULAMALARI

Basınç, birim yüzeye uygulanan kuvvettir. Canlı hayatının devam etmesinde önemli bir etkidir. İnsandaki basınç, küçük ve büyük tansiyon diye isimlendirilen kan basıncıdır. Çevrede araba, bisiklet lastikleri ile top ve balonu şişiren hava basıncı en bilinen basınç örnekleridir.

Basınç sensörlerinin temel yapısı aslen kuvvet ölçümüne dayanır. Kuvvet ölçümü yapılabilirse basınç buna bağlı olarak hesaplanabilir. Görsel 2.23'te basıncın kuvvet ve uygulandığı alan ile ilişkisi gösterilmekte ve formülü verilmiştir.



Görsel 2.23: Basıncın oluşumu ve formülü

Basınç ölçümünde elektrik sinyali üretmeyen ve sadece gözlem amaçlı kullanılan birçok ölçü aleti mevcuttur. Basıncı elektrik sinyallerine dönüştüren transdüserler ise genellikle kuvvet ölçüm esaslıdır.

Basınç sensörleri, çalışma prensibine göre altı ayrı grupta incelenebilir.

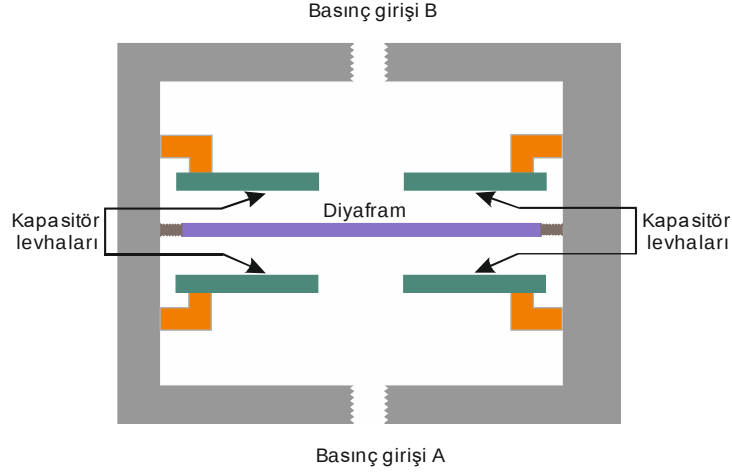
- Kapasitif basınç ölçme sensörleri
- Rezistif basınç (kuvvet) algılama sensörleri
- Piezodirençli basınç (kuvvet) algılama sensörleri
- Piezoelektrik özellikli basınç ölçme sensörleri
- Strain gauge (şekil değişikliği) sensörleri
- Loadcell (yük hücresi) kuvvet sensörleri

2.4.1. Kapasitif Basınç Ölçme Sensörleri

Kapasitif basınç göstergeleri, genellikle diferansiyel basınç ölçümü için kullanılır. Sıcaklığın etkisi iyi ayarlanabilir. Elastik diyaframın ve karşısındaki duvarın üstüne veya gövde yüzeyine bir elektrot konulması ile elde edilir. Bu, kondansatörü oluşturur. Diyaframa basınç uygulanırsa elektrotlar arası mesafe azalır ve kondansatörün kapasitesi (sığası) değişir. Elektrotlar arası mesafe sıvı veya havayla doldurulabilir.

Kapasitif fark basınç sensöründe iki adet basınç girişi vardır. Girişlerden birisi atmosfere açık bırakılırsa sensör çıkışından alınan değer mutlak basınç değeri olarak kabul edilir.

Kapasitif fark basınç sensörünün prensip içyapısı Görsel 2.24'te verilmiştir.



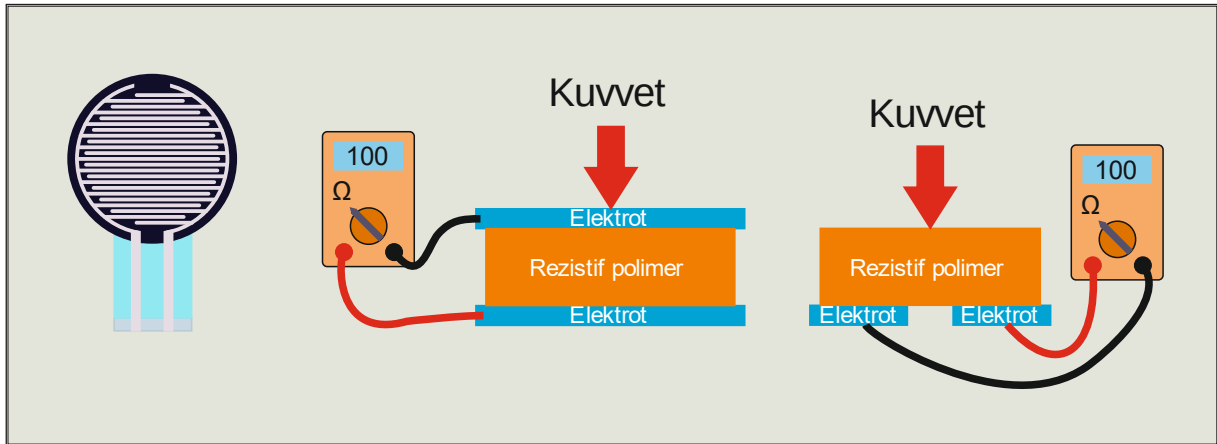
Görsel 2.24: Kapasitif fark basınç sensörünün iç yapısı

Kapasitif basınç sensörleri, genellikle jet motorlarında, araba lastiklerinde, insan vücudunda ve diğer birçok yerde gaz veya sıvı basınçları ölçmek için kullanılır. Mekanik olarak yapısı basit olduğu için birçok yerde ve fiziki olarak zor şartlarda kullanılır. Kapasitif sensörler; mutlak, gösterge, bağıl veya diferansiyel basınçlarını ölçmek için kullanılabilir.

2.4.2. Rezistif Basınç (Kuvvet) Algılama Sensörleri

Uygulanan basınç kuvveti ile direnç değeri değişen sensörlere, **rezistif kuvvet algılama sensörü** adı verilir. Kısaca FSR (Force Sensitive Resistor-fors sentitiv resistör) harfleri ile gösterilir. Sensör çıkışlarında elde edilecek direnç değişimi uygulanan kuvvete bağlıdır. Sensörün basınç uygulanmamış hâldeki normal direnci yaklaşık 1 MΩ civarındadır. Elle basınç kuvveti uygulandığında uçlarındaki direnç yaklaşık 100 kΩ civarına iner.

Görsel 2.25'te rezistif sensörün resmi ve prensip blok şekli yer almaktadır. İki iletken elektrot arasında veya temasında rezistif polimer malzemeden meydana gelir. Sensöre kuvvet uygulandığında direnci hızla düşer.



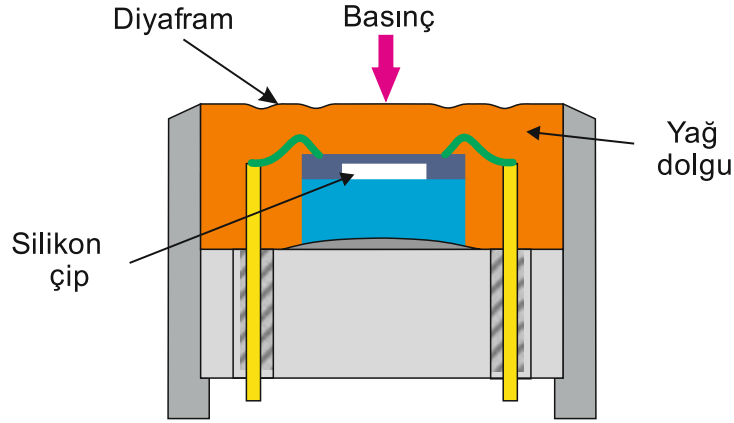
Görsel 2.25: Rezistif basınç (kuvvet) algılama sensörünün resmi ve prensip blok şekli

Dokunmatik gösterge panelleri, hız kontrolleri, müzik enstrüman kontrolörleri, infüzyon pompaları, pediatri ayak analizi, motor hız kontrolü, robotik parmak uçları, koltuk, yatak doluluk algılama gibi birçok uygulama alanına sahiptir.

2.4.3. Piezodirençli Basınç (Kuvvet) Algılama Sensörleri

Piezodirençli basınç sensörlerinde ölçüm elemanı, silikon bazlı bir veston (wheatstone) köprüsüdür. Bu şekilde elektrik direncini değiştirerek basınç altında minimum düzeyde uzar. Bu etki genellikle piezodirençli etki olarak adlandırılır. Piezodirençli basınç sensörleri büyük ölçüde sapmasızdır ve bu nedenle statik basınçların ölçümü için ilk tercihtir.

Ölçülecek basınç, Görsel 2.26'da piezodirençli basınç sensörünün yapısında görüldüğü gibi ölçülecek basınç, bir diyafram ve sıkıştırılmaz silikon yağı aracılığıyla silikon çip tarafından algılanır. Basınç sinyali çıkışı mV seviyelerindedir.

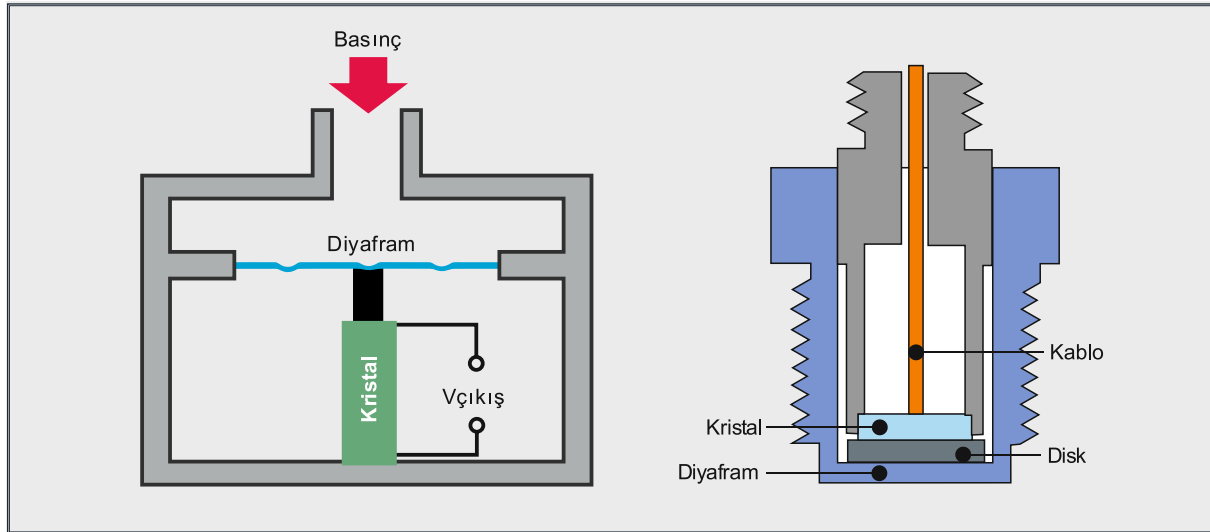


Görsel 2.26: Piezodirençli basınç sensörünün yapısı

2.4.4. Piezoelektrik Özellikli Basınç Ölçme Sensörleri

Piezoelektrik, mekanik bir gerilim uygulandığında belirli malzemeler arasında oluşan yükür. Piezoelektrik basınç sensörleri, uygulanan basınç tarafından üretilen bir piezoelektrik eleman boyunca voltajı ölçerek bu etkiden yararlanır. Çok sağlam olup çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Piezoelektrik malzemeye kuvvet uygulandığında kristalin yüzeyi boyunca bir elektrik yükü üretilir. Bu, basınçla orantılı bir gerilim olarak ölçülebilir.

Görsel 2.27'de piezoelektrik basınç sensörü prensip şeması ve kesit görünüşü verilmiştir. Ayrıca, malzemeye gerilim uygulanma şeklinin değişmesine neden olacağı ters bir piezoelektrik etkisi de vardır.



Görsel 2.27: Piezoelektrik basınç sensörü prensip şeması ve kesit görünüşü

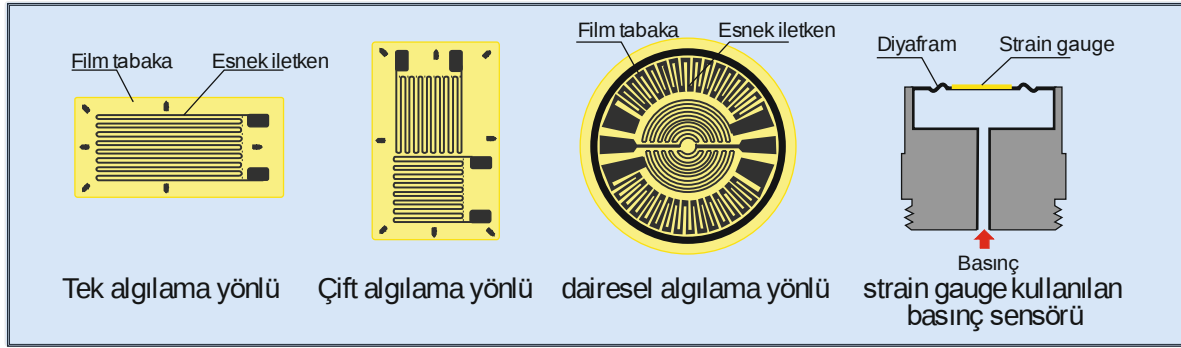
Piezoelektrik sensörler normalde statik basıncı ölçmek için uygun değildir. Çıkış sinyali, sabit basınç varlığında bile kademeli olarak sıfıra düşecektir. Bununla birlikte geniş bir frekans ve basınç aralığında dinamik basınç değişikliklerine duyarlıdır. Bu dinamik hassasiyet, çok yüksek basınçlı bir ortamda bile basınçtaki küçük değişiklikleri ölçmede iyi oldukları anlamına gelir.

Piezoelektrik basınç sensörlerinin sağlamlığı, yüksek frekansı ve hızlı tepki süresi, yüksek sıcaklıklara ve basınçlara maruz kalacakları çok çeşitli endüstriyel ve havacılık uygulamalarında kullanılabilecekleri anlamına gelir. Genellikle türbülans, patlama ve motor yanması gibi durumlarda dinamik basıncı ölçmek için kullanılır. Bunların tümü hızlı yanıt, sağlamlık ve geniş bir çalışma yelpazesi gerektirir. Hassasiyetleri ve düşük güç tüketimleri, onları bazı tıbbi uygulamalar için de faydalı kılar. Örneğin cilde ince film plastik bir sensör takılabilir ve arteriyel nabızın gerçek zamanlı izlenmesi için kullanılabilir.

2.4.5. Gerinim Ölçer (Strain Gauge) Sensörleri

Gerinim ölçer, gerinimdeki değişikliklerle elektrik direnci değişen bir sensördür. Gerinim, bir malzemenin uygulanan kuvvetten kaynaklanan eğilmesi, bükülmesi veya yer değiştirmesidir. Stres, bir malzeme üzerine uygulanan kuvvetin malzemenin kesit alanına bölünmesidir. Gerinim ölçerler; uygulanan kuvveti, basıncı ve torku vb. ölçülebilen bir elektrik sinyaline dönüştürür. Kuvvet, gerilmeye neden olur ve bu daha sonra elektrik direncindeki bir değişiklik yoluyla gerinim ölçer ile ölçülür.

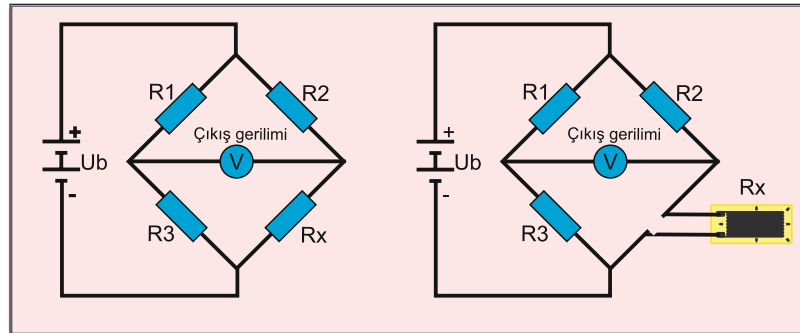
Görsel 2.28'de çeşitli strain gaugeler gösterilmiştir. Bu sensörler çok ince bir film tabakası üzerine serilmiş esnek iletkenlerden meydana gelir ve boyutları oldukça küçüktür.



Görsel 2.28: Çeşitli yapıda strain gaugeler (gerinim ölçerler)

Sensördeki direnç değişikliği genellikle bir wheatstone köprü devresi kullanılarak ölçülür. Bu durum, sensörün direncindeki küçük değişikliklerin bir çıkış voltajına dönüştürülmesine izin verir. Sensör yaklaşık 300 Ω direnç değerine sahiptir. Sağlamlık kontrolü ancak direnç ölçümü yapılarak sağlanır.

Wheatstone köprüsü ve strain gaugenin köprüye bağlantısı Görsel 2.29'da verilmiştir.



Görsel 2.29: Wheatstone köprüsü bağlantı şekilleri

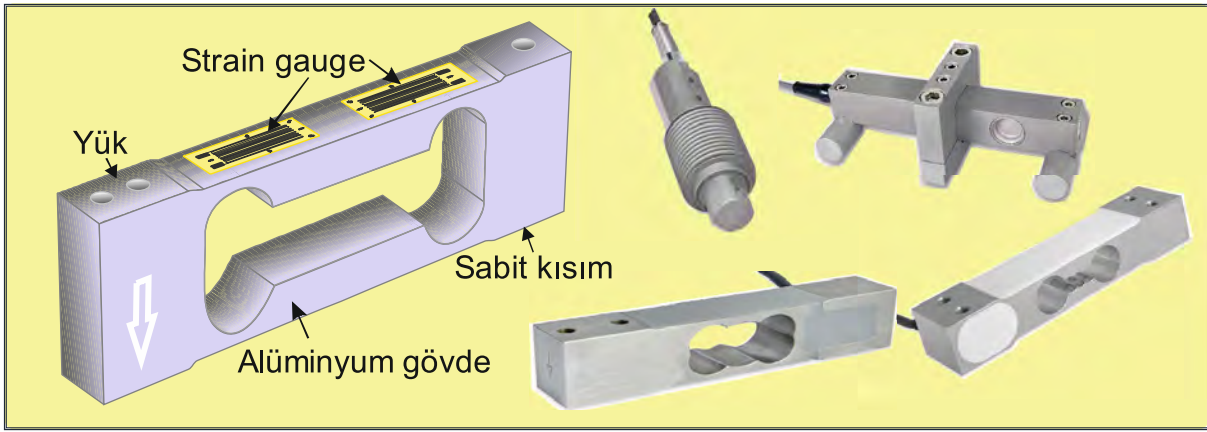
$R_1 \times R_x = R_2 \times R_3$ seçilirse köprüye uygulanan giriş gerilimi ne olursa olsun voltmetreden okunacak değer 0 (sıfır) voltur. Bu denkleme **köprünün denge denklemi** adı verilir. R_x direncinin ölçülmesi

için R_x bu denklemden çekilir. $R_x = \frac{R_2 \times R_3}{R_1}$ R_1 , R_2 veya R_3 dirençlerinden birisi ayarlı olursa işlem daha da kolaylaşır. Yukarıdaki R_x formülünden bilinmeyen direnç değeri bulunur. Farklı direnç değerinden (R_x) dolayı köprünün dengesi bozulunca voltmetrede bir değer okunur. Ayarlı olan direnç ile voltmetrede okunan değer 0 volt oluncaya kadar ayarlanır. Voltmetre değeri 0 volt olunca köprü dengededir.

2.4.6. Yük Hücresi (Load cell) Kuvvet Sensörleri

Ağırlığın oluşturduğu gerilmeyi ya da burkulmayı elektronik yöntemle ölçmeyi sağlayan dönüştürücülere **load cell** denir. Gerilme ya da burkulma genellikle load celler ile ölçülür. Dolayısıyla load cell yapımında strain gaugelerden faydalanılır.

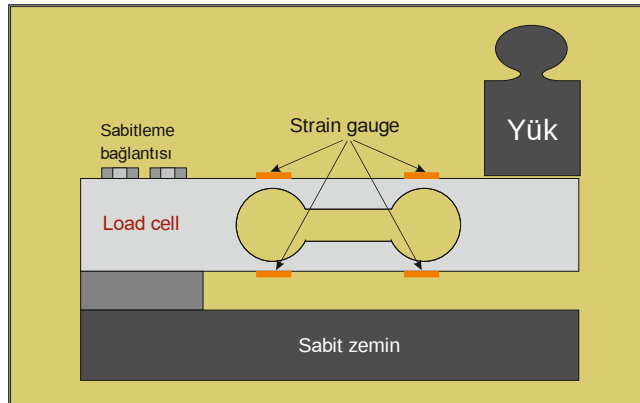
Görsel 2.30'da çeşitli load cell tipleri ve platform tipi load cell yapısı görülmektedir. Burada kullanılan dört adet strain gaugeden sadece biri kuvvet ölçerken diğerleri dengeleme amacı ile kullanılır.



Görsel 2.30: Çeşitli load cell tipleri ve platform tipi loadcell yapısı

Sanayi ve teknolojinin hızla gelişmesi ile load cell kullanım alanları da hızla artmıştır. Kantar ve basküllerin dışında otomasyon sektöründe, paketlenme ve torba dolum makinelerinde, tartılı etiketleme makinelerinde, kuvvet test makinelerinde, otomatik kontrol terazilerinde, madencilik alanında sürekli tartım yapan bant kantarlarında, dozajlama sistemlerinde olduğu kadar kuyumculuk ve medikal alanda oldukça sık kullanılmaktadır.

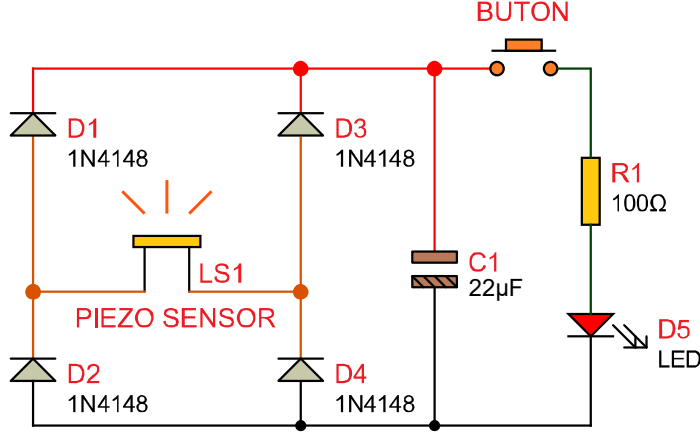
Görsel 2.31'de görüldüğü gibi load cellin bir ucu zemine sabitlenirken ağırlık serbest uca konur. Ağırlık load cellin gövdesinde gözle görülemeyecek kadar küçük bükülmeye yol açar. Strain gaugeler ise bu gerinimi algılar ve gerilime çevirir. Wheatstone köprüsünden elde edilen gerilim, operasyonel amplifikatörlü enstrüman yükseltici ile yükseltilerek kullanılabilir seviyeye getirilir.



Görsel 2.31: Load cell montaj şekli

AMAÇ: Piezo sensörlü devre yapmak.

Görsel 2.32'deki piezoelektrik sensör üzerine değişen basınç uygulanır (parmakla bas çek şeklindeki tekrarlar şeklinde). Bu basınçla sensör uçlarında oluşan küçük değerlikli değişken gerilim diyotlarla doğrultularak kondansatör üzerinde biriktirilir. Butona basıldığında kondansatör üzerindeki gerilim kısa süreliğine LED'i yakacaktır.



Görsel 2.32: Piezo sensörlü devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Piezo Sensör	Piezo disk-kablolu-15 mm çap
Diyot	1N4148
Kondansatör	22 µF/16 V
Buton	Push buton (Başlatma) NO
LED	Kırmızı
Direnç	100 Ω

İŞLEM BASAMAKLARI

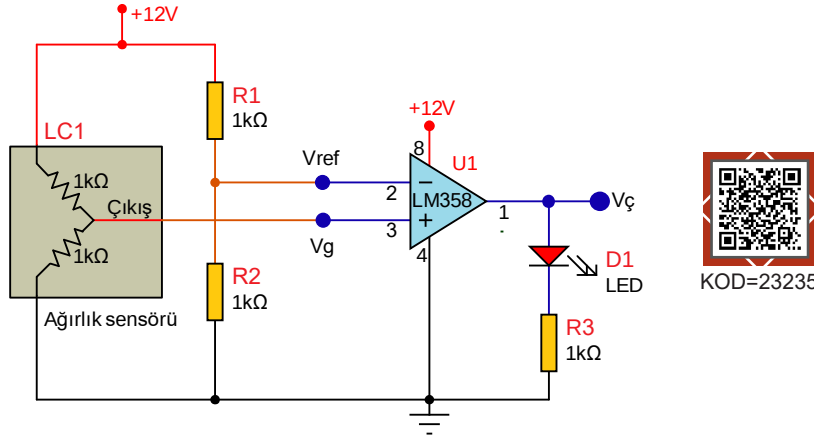
1. Görsel 2.32'deki devreyi kurunuz.
2. Piezo disk üzerine parmakla birkaç defa bas çek yapınız. Basınçla üretilen elektrik, kondansatörde depolanacaktır.
3. Butona basınız. Kondansatör üzerinde biriken gerilim LED'i yakacaktır.
4. Adımları tekrarlayarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.

SORULAR

1. Devredeki hangi eleman enerji üretmektedir? Yazınız.
2. Devredeki hangi eleman enerji depolamaktadır? Belirtiniz.
3. Piezo sensör ile üretilen elektrik enerjisi kaynak olarak kullanılmaya yeterli midir? Nedenini açıklayınız.
4. Devredeki diyotların görevi nedir? Açıklayınız.

AMAÇ: Ağırlık sensörlü devre yapmak.

Görsel 2.33'teki devrede R1 ve R2 gerilim bölücü dirençleriyle Vref noktasında 6 V'luk gerilim oluşmaktadır. Kare ağırlık sensörüne parmakla güç uygulandığında sensör çıkış gerilimi referans gerilimini aşacak ve LED yanacaktır. Daha büyük ağırlıklar için referans gerilimi R1 veya R2'nin değerleriyle ayarlanabilir.



Görsel 2.33: Ağırlık sensörlü devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Ağırlık Sensörü	Kare loadcell yarım köprü
Opamp	LM358 (DIL-08 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.33'teki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi Vref noktasına bağlayınız.
3. LED'in durumunu Tablo 2.9'a yazınız.
4. Ağırlık sensörüne baskı uygulayınız.
5. LED'in durumunu Tablo 2.9'a yazınız.

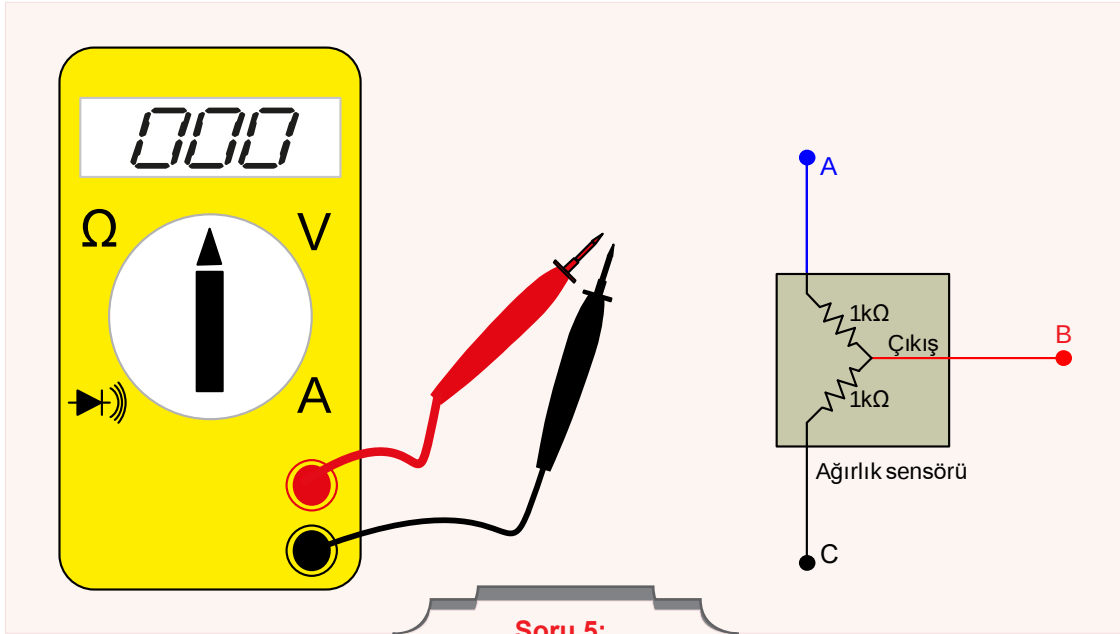
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.9: Ağırlık Sensörlü Devre

Ağırlık Sensörü	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Ağırlıklı,	
Ağırlıksız	

SORULAR

1. Kare load cell ağırlık sensöründe çıkış ucu, sensörün diğer iki ucuna uygulanan gerilimin kaç katıdır? Açıklayınız.
2. Wheatstone köprüsü nedir? Şeklini çiziniz.
3. Load cellin içyapısı nasıldır? Açıklayınız.
4. Ağırlık sensörüne daha büyük bir ağırlık uygulanmak istendiğinde LED'in yanması için hangi direncin değeri büyütülmelidir? Belirtiniz.
5. Aşağıdaki ağırlık sensörünün uçlarındaki değer multimetrenin hangi kademesinde ölçülür? İşaretleyiniz. Ölçüm kademesi seçilirken hangi ölçütler dikkate alınır? Açıklayınız
6. Load cell ile kullanılan INA125P sensör yükseltici entegresini de inceleyiniz. Bu entegrenin görevi nedir? Açıklayınız. Load cell ile bir devre bağlantı şekli çiziniz.

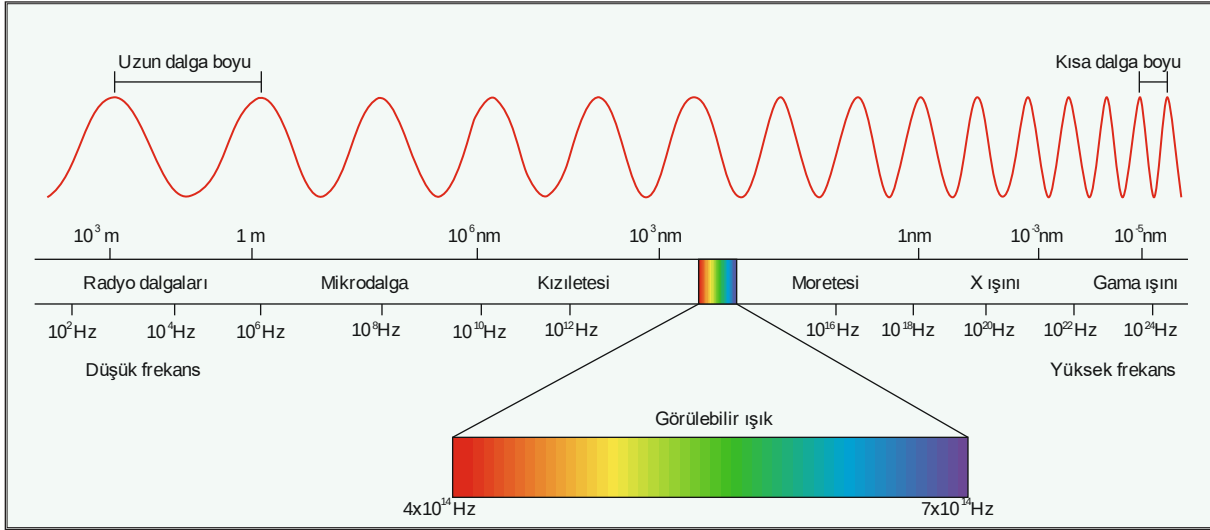


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

2.5. OPTİK SENSÖR UYGULAMALARI

Üzerine düşen ışık miktarına bağlı olarak elektriksel büyüklükler üreten (akım değişimi, direnç değişimi, gerilim değişimi) elemanlara **optik eleman** denir. Optik transdüserler ise ışık miktarındaki değişimleri elektriksel işaretlere dönüştürür. Bu elemanlar genellikle küçük akımlıdır. Optik transdüserler, yüksek akım çeken ve yüksek gerilim ile çalışan yükler için bir devrenin girişinde algılayıcı olarak kullanılır.

Optikten söz edilirken ışık tayfına da değinilmelidir. Görsel 2.34'te ışık tayfı görülmektedir. Kızılötesi (infrared), görülebilir ışık (visible light) ve mor ötesi ışık (ultra violet) bu tayfı meydana getiren öğelerdendir. Kızılötesi, düşük frekanslı bir ışıktır. Uzaktan kumanda aletlerinde kullanılan ışık olarak kullanılır. Mor ötesi, yüksek frekanslı bir ışıktır. Tehlikeli ışık türüne girer. Örneğin röntgen cihazlarında görüntüleme amaçlı olarak kullanılmaktadır. İnsan gözü BURADA sadece görülebilir ışık kısmını görebilir. Görülebilir ışık kırmızıdan başlar; sarı yeşil, mavi ve morla sonlanır.



Görsel 2.34: Işık tayfı

Optik sensörler, ışığın fiziksel miktarını ölçer. Ardından bu miktarı, sensörle birlikte entegre olan ölçüm cihazı tarafından okunabilen bir forma dönüştürür. Genelde ölçüm ve analiz; temassız algılama, parçaların sayılması veya konumlandırılması için kullanılır. Çalışma ışık dalga boylarına göre yapılandırılır.

Ortam ışığı sensörü, bölgedeki ışığın toplamını algılayan bir cihazdır. Erişilebilir ışığa göre ekran parlaklığını değiştirmek için bir akıllı telefon veya tablete bir ortam ışığı sensörü dâhil edilebilir.

Kızılötesi sensörler, kızılötesi radyasyon üreterek veya potansiyel olarak tanımlayarak çevresinin belirli niteliklerini tespit etmek için kullanılan elektronik cihazlardır. Ayrıca bir nesnenin yaydığı ısıyı ölçer ve hareketi algılayabilir.

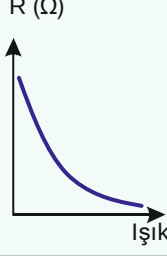
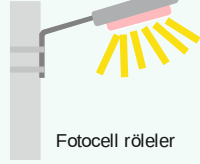
Fotoelektrik sensörler; bir nesnenin uzaklığını, yokluğunu veya varlığını keşfetmek için ışık demetini kullanan ekipmandır. Işık yayan elemandan bir ışık huzmesi yayılır ve ışık alıcı eleman tarafından alınır. Garaj kapısı güvenlik sensörü buna bir örnektir.

2.5.1. Foto Direnç

(LDR–Light Dependent Resistor-Layt Dipindid Resistır)

Üzerine ışık düştüğünde direnci azalan, karanlıkta ise direnci artan elemana **foto direnç (LDR)** denir. Foto direncin direnci, ışık ile ters orantılı olarak değişim gösterir.

LDR'nin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi Görsel 2.35'te verilmiştir.

				
Resmi	Karakteristiği	Sembol	Kullanım alanları	LDR'nin sağlamlık testi

Görsel 2.35: LDR'nin resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

Kullanım Alanları: Işığa bağlı olarak kontrol edilmek istenen tüm devrelerde kullanılabilir. Alarm devrelerinde, sayıcılarda, flaşlı fotoğraf makinelerinde park, bahçe ve sokak aydınlatmalarında kullanılır.

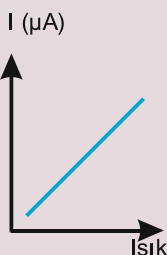
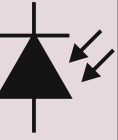
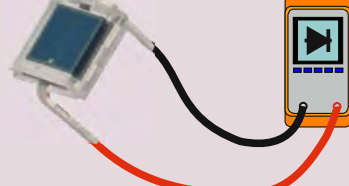
Sağlamlık Kontrolü: LDR'nin sağlamlık kontrolü AVOMETRENİN ohm kademesinde yapılır. LDR bir direnç olduğu için uçlarına bakılmadan AVOMETREYE rastgele bağlanır. LDR'nin üzeri ışık almayacak şekilde tamamen kapatılır. AVOMETREDE bir değer okunur. LDR'nin üzeri tamamen ışık alacak şekilde açılır. Bir lamba ışığı veya güneş ışığı direkt uygulanabilir. Bu durumda ölçülen direnç değeri azalıyorsa LDR sağlamdır.

2.5.2. Foto Diyot (Photo Diode)

Ters gerilim altında (anoda -, katoda +), üzerlerine uygulanan ışık ile ilettime geçen diyotlara **foto diyot** denir.

Foto diyot, üzerine düşen ışıkla orantılı olarak gerilim üretir. Ancak bu özelliği yerine genellikle uygulamada ters polaritede beslenir. Sızıntı akımının ışıkla orantılı değişmesi özelliğinden yararlanır. İdeal olarak karanlıkta açık devre ve aydınlıkta kısa devre gibi kabul edilebilir.

Foto diyodun resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi Görsel 2.36'da verilmiştir.

				
Resmi	Karakteristiği	Sembol	Kullanım alanları	Foto diyotun sağlamlık testi

Görsel 2.36: Foto diyotun resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

Kullanım Alanları: Foto diyotların uygulama alanları foto dirençlere benzer.

Foto diyotun tepki zamanı foto dirençten daha hızlıdır. Bu nedenle foto diyotlar ışık değişimleri hızlı olan yüksek frekanslı uygulamalarda kullanılır.

Pozometrelerde, hırsız alarm sistemlerinde, tv, müzik seti vb. uzaktan kumanda aletlerinde, otomatik açılır kapanır kapı sistemlerinde, otomatik çalışan gece lambalarında ışık algılayıcısı olarak kullanılmaktadır.

Sağlamlık Testi: Foto diyot, bir diyot türü olduğundan ölçülmesi için AVOMetre diyot kademesine alınır. Siyah prob katot, kırmızı prob anot ucuna değiştirilir. Diyot, bu durumda doğru polarma edilmiştir. Foto diyot üzerine ışık uygulanır. Foto diyot, ters polarma altında çalıştığı için yüksek bir direnç göstermelidir.

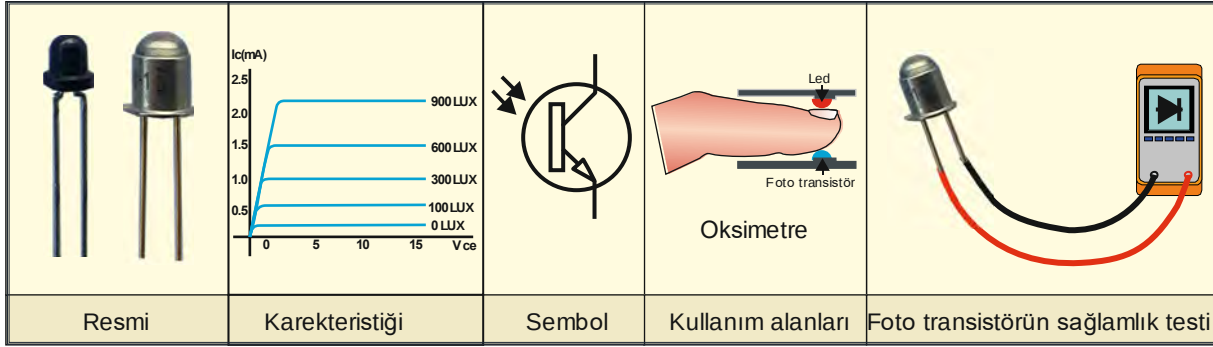
AVOMetre uçları ters çevrilerek siyah prob anot, kırmızı prob katot ucuna değiştirilir ve foto diyot üzerine ışık uygulanır. Diyot, ters polarma altında olduğu için ilettime geçer. AVOMetre düşük bir değer göstermelidir. Bu değerlerde foto diyot sağlamdır.

2.5.3. Foto Transistör (Photo Transistor)

Işığa duyarlı transistörlere **foto transistör** denir. Çalışma prensibi normal transistöre benzese de ondan farklılıkları vardır. Foto transistör, beyz polarma gerilimini, üzerinde bulunan mercekli bir pencereden giren ışık fotonları yardımı ile alır. Mercekli pencereden giren ışık fotonları, beyz gerilimini sağlayarak transistörün ilettime geçmesini sağlar. Foto transistörün PNP ve NPN olan tipleri mevcuttur. Darlington bağlantılı foto transistörler de vardır.

Foto diyot ve bir transistöre bağlanarak foto transistör eş değeri elde edilebilir. Foto transistör sembolü beyz ucunda ışık fotonlarını gösteren ok işaretleri ile normal transistörden ayrılır.

Foto transistörün resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi Görsel 2.37'de verilmiştir.



Görsel 2.37: Foto transistörün resmi, karakteristiği, sembolü, kullanım alanları ve sağlamlık testi

Kullanım Alanları: Tepki süresi LDR'den hızlıdır ve iyidir. Foto diyot ile karşılaştırıldığında tepki süresinin ve hızının daha iyi olduğu görülür. Foto diyotların kullanıldığı yerlerde kullanılır. Devre bağlantıları açısından foto diyot daha fazla basitlik ve sadelik sunduğu için foto transistöre göre daha fazla tercih edilir. Biyomedikal alanda endüstriyel ışık ölçüm teknolojilerinde sıkça kullanılır.

Sağlamlık Testi: AVOMetre ile sağlamlık kontrolü, normal transistör ile aynıdır.

2.5.4. Fotovoltaik Pil (PV)

Güneş enerjisi sistemlerinde önemli bir yeri olan fotovoltaik güneş hücreleri, üzerine ışık enerjisi (fotonlar) düştüğünde ışık enerjisini doğrudan DC elektrik enerjisine çevirir. Işık enerjisini elektrik enerjisine çevirme işlemi silikon, galyum, arsenit, kadmiyum tellurid ya da bakır indiyum diselenid gibi yarı iletken materyallerin kimyasal tepkimelerinin bir sonucudur.

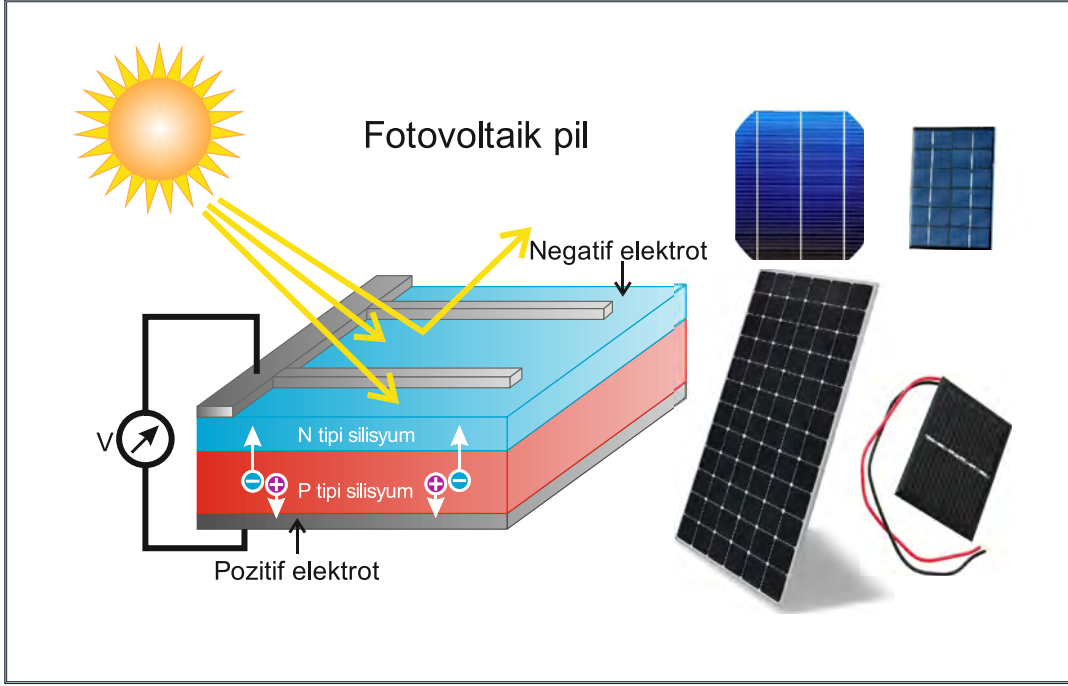
Günümüz teknolojisinde güneş pilinin yapısına bağlı olarak ışık enerjisini en fazla %20 verimle elektrik enerjisine çevirebilmektedir.

Görsel 2.38'de de görüldüğü gibi PV hücresindeki yarı iletken malzemeler, dâhili bir elektrik alanı olarak PN yapısını oluşturmak için katkılı silisyumlar içerir. P-tipi (pozitif) silisyum, elektronları bırakma ve oyukları alma eğilimindeyken N-tipi (negatif) silisyum elektronları alır.

Güneş ışığı hücreye çarptığında ışıktaki fotonlar yarı iletkenlerdeki bazı elektronları negatif-pozitif

çiftleri hâline getirmek için uyarır. Dâhili bir elektrik alanı olduğu için bu çiftlerin ayrılması ile gerilim indüklenir.

Elektronlar negatif elektroda hareket ederken oyuklar pozitif elektroda hareket eder. Haricî yükü beslemek için bir elektrik akımı üretilir. Görsel 2.38’de fotovoltaik pilin yapısı verilmiştir.



Görsel 2.38: Fotovoltaik pilin yapısı ve resimleri

Kullanım Alanları: Trafik işaret lambalarının çalışması için güneş enerjisi sistemlerinden faydalanılmaktadır. Genellikle şehir şebekesinden uzak alanlardaki trafik lambaları için tercih edilen güneş enerjisi hem gündüz ışıkların kullanılmasını sağlar hem de gece kullanım için enerji depolar.

Çeşitli alanlarda kullanılan solar lambalar, sokak aydınlatmaları ve bahçe aydınlatması gibi dış mekân enerji ihtiyaçlarının da güneş panellerinden elde edilen elektrik ile kullanılması sağlanmaktadır.

Güneş panelleri, büyüklüklerine paralel olarak elektrik enerjisi üretir. Bu da bina ya da bir evin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin tamamını karşılamaya yetecek düzeydedir. Tüketimi karşılayacak kadar enerji üretecek büyüklükte güneş panelleri ile ömür boyu tüm enerji ihtiyacı karşılanabilir.

Bina çatılarına yerleştirilen güneş kollektörleri sayesinde evlerde ihtiyaç duyulan sıcak su, güneş panellerinin suyu ısıtması ile gerçekleşir. Bu, aynı zamanda uygun büyüklükteki panellerle ısıtma (kaloriferler) için ihtiyaç duyulan sıcak suyun da karşılanmasını sağlayan bir sistemdir.

Elektrik enerjisi ile çalışan hybrid (hibrit) araçlar yolla çıkmaya başlamıştır. Güneş panelleri ile üretilen elektrik enerjisi kullanılarak hybrid araçların ihtiyacı olan elektrik enerjisinin karşılanması da mümkündür.

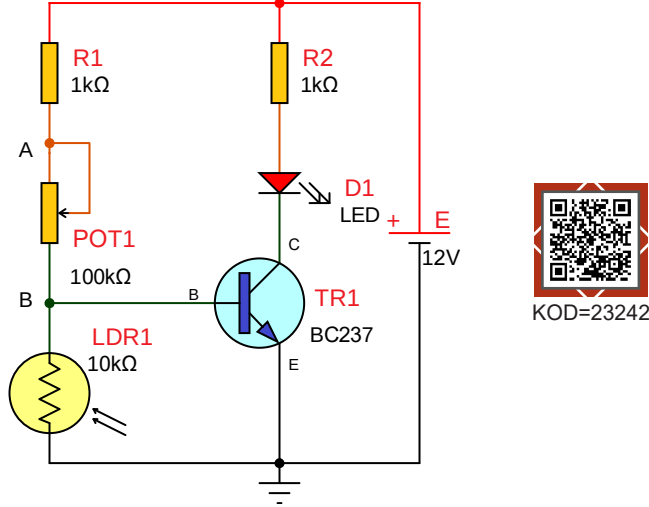
Tarımsal alanlarda duyulan elektrik ihtiyacının giderilmesi için de güneş panellerinden faydalanılmaktadır. Isıtma ve soğutma, sulama, aydınlatma gibi tarımda ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi güneş panelleri ile sağlanabilmektedir.

Sanayi tipi işletmelerin uygun alanlarının varlığı hâlinde kurulan güneş enerjisi tarlaları sayesinde tüm işletmenin elektrik enerjisi karşılanmaktadır. Daha küçük işletmeler için binanın üzerinde veya bahçesi gibi alanlarda kurulacak panellerle de ihtiyaç giderilebilmektedir.

Sağlamlık Testi: AVOMETRE ile sağlamlık kontrolünde DC gerilim ölçme kademesine alınır. Fotovoltaik pilin uçlarında gerilim ölçülür. Fotovoltaik pil güneşe ya da ışığa doğrultulur. Gerilim ölçülürse sağlamdır. Gerilim elde edilemiyorsa bozuktur.

AMAÇ: LDR'li karanlıkta çalışan devre yapmak.

Görsel 2.39'daki devrede LDR'nin aydınlık ortamdaki direnci $10\text{ k}\Omega$ 'un altında kalır. Beyz polarması alamayan transistör iletime geçmez ve LED sönmüş durumda olur. Karanlıkta (LDR elle kapatıldığında) LDR direnci artar ($M\Omega$), üzerine düşen gerilim yaklaşık $0,7\text{ V}$ 'a ulaştığında transistör iletime geçer ve LED yanar. Bu devrede potansiyometre (POT1) karanlık ayarı yapmak için kullanılmaktadır.



Görsel 2.39: LDR'li karanlıkta çalışan devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	$1\text{ k}\Omega$
Potansiyometre	$100\text{ k}\Omega$
LDR	5 mm ($10\text{ k}\Omega$)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. LDR'nin devreye bağlantısını yapmadan önce aydınlıkta ve karanlıkta (LDR'yi elle kapatarak) direncini ölçüp Tablo 2.10'a yazınız.
2. Görsel 2.39'daki devreyi kurunuz.
3. Devreye enerji veriniz. LED'in aydınlıkta ve karanlıkta verdiği en iyi tepkiyi potansiyometre ile ayarlayınız.
4. Voltmetreyi transistörün beyz ucuna (B noktasına) bağlayınız.
5. LED'in durumunu ve voltmetreyle ölçülen değeri Tablo 2.10'a yazınız.
6. LDR'nin üzerini elinizle kapatarak karanlık yapınız.
7. LED'in durumunu ve voltmetreyle ölçülen değeri Tablo 2.10'a yazınız.
8. R1 ve POT yerine ideal tek bir dirençle devreyi tasarlayıp çalıştırınız.

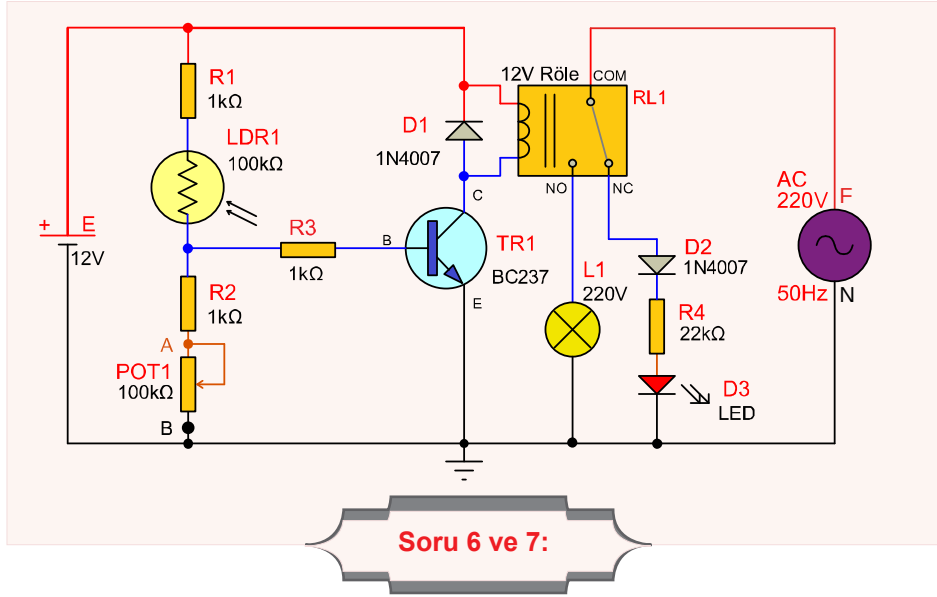
DEĞERLENDİRMELER

Tablo 2.10: LDR Üzerine Düşen Gerilim

LDR	Direnç (Ω)	Beyz Gerilimi (V)	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Aydınlık			
Karanlık			

SORULAR

1. LDR üzerine düşen gerilim nasıl artmaktadır? Açıklayınız.
2. Bu devrede LDR üzerine düşen gerilim neden 0,7 V'u geçememektedir? Açıklayınız.
3. Devrede enerji yokken potansiyometrenin orta ucu ile B ucu arası direnç nedir? Yazınız.
4. LDR üzerine düşen gerilim (B noktası ile şase arası) 0,7 V ise beslemenin pozitif ucuya (kırmızı hat) B noktası arasına kaç volt düşer? Açıklayınız.
5. LED'in aydınlıkta çalışması için devrede nasıl bir değişiklik yapılması gerekir? Belirtiniz.
6. Aşağıdaki devreyi inceleyiniz. Görsel 2.39'daki devre ile arasındaki çalışma farkları ve benzerlikleri nelerdir? Açıklayınız.
7. D1 ve D2 diyotlarının kullanım amaçları nelerdir? Açıklayınız.



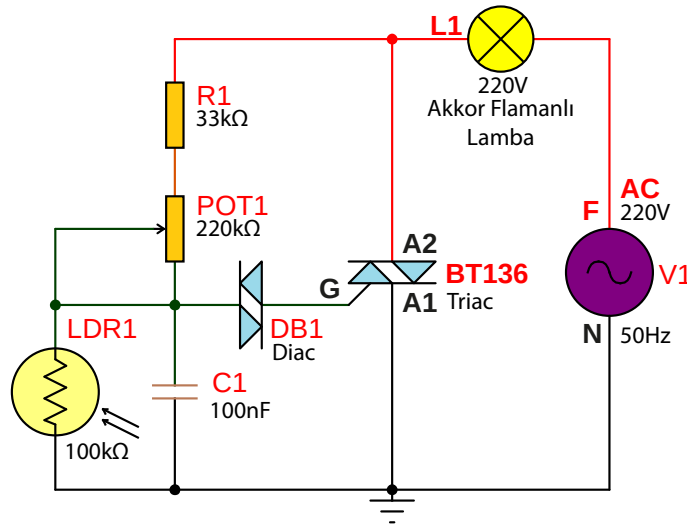
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Işık (LDR) kontrollü dimmer uygulaması yapmak.

Görsel 2.40'taki devrede C1 kondansatörü R1 ve potansiyometre üzerinden şarj olur. C1 kondansatörü üzerindeki gerilim 30 volt civarındaki diyak eşik gerilimi üzerine çıktığında diyak ilettime geçer. Diyak, triyakın tetiklenmesi için gerekli darbe sinyallerini sağlar. Diyağın ilettime geçmesiyle triyak da tetiklenerek ilettime geçer ve lamba yanar. Tetikleme akımının faz açısı kondansatör (C1) yardımıyla değiştirilir ve bu sayede triyak (BT136) ve yük (L1) üzerinde oluşan alternatif gerilimin dalga şekli ve büyüklüğü değişir. Karanlıkta çok yüksek direnç gösteren (M Ω) LDR açık devre gibi davranır. Aydınlıkta ise direnci azaldığından üzerine düşen gerilim de azalır.

LDR'ye paralel kondansatörün tetikleme seviyesine ulaşması daha uzun sürecektir. Tetikleme faz açısı arttığından triyak alternatif gerilimin kısa bir süresinde ilettime geçecektir. AC gerilimin büyük bir kısmı lamba üzerine düşmeyecek ve lamba tam güçte yanmayacaktır. Potansiyometre (POT1) devrede lambanın ışık miktarını (gücünü) ayarlamak için kullanılmaktadır.



Görsel 2.40: LDR kontrollü dimmer devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Triyak	BT136 (TO-220 kılıf)
Diyak	DB1 DO-35
Direnç	33 k Ω
Potansiyometre	220 k Ω
Kondansatör	100 nf/400 V
Lamba	220 V
LDR	5 mm (100 k Ω)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. LDR'nin devreye bağlantısını yapmadan önce aydınlıkta ve karanlıkta (LDR'yi elle kapatarak) direncini ölçüp Tablo 2.11'e yazınız.
2. Görsel 2.40'taki devreyi kurunuz.
3. Devre yüksek gerilimle çalıştığından devreye **enerjiyi öğretmenin vermelidir**.
4. LDR'yi elinizle karanlık ve aydınlık yaparak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. LDR'nin aydınlıkta ve karanlıkta verdiği en iyi tepkiyi potansiyometre ile ayarlayınız.

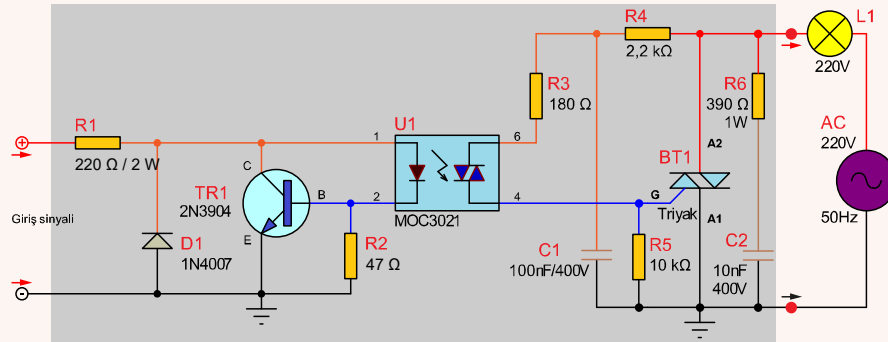
DEĞERLENDİRMELER

Tablo 2.11: LDR Direncini Ölçme

LDR	Direnç (Ω)
Aydınlık	
Karanlık	

SORULAR

1. LDR üzerine düşen gerilim nasıl artmaktadır? Belirtiniz.
2. LDR üzerine düşen gerilim diyak tetikleme gerilimin altında kaldığında ne olur? Açıklayınız.
3. Aşağıdaki devre ile Görsel 2.41'deki devrede kullanılan IR verici LED'in çalışma frekanslarını araştırınız.
4. Solid state röle nedir? Araştırınız.
5. Aşağıdaki devrede triyakı tetiklemek için gerekli olan giriş gerilimi (sinyali) 30 V olmak zorunda mıdır? Araştırınız.



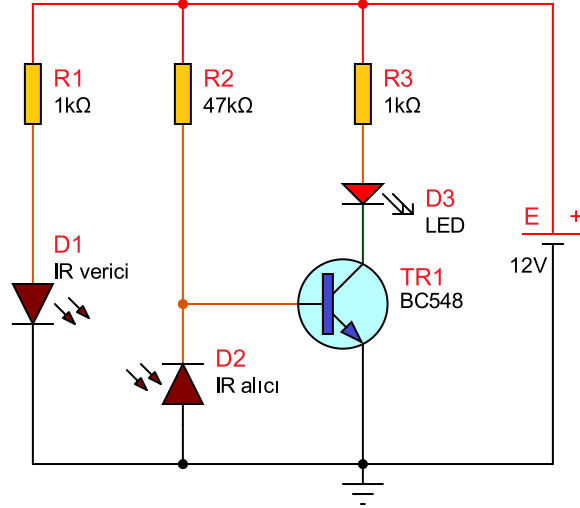
Soru 5:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: IR alıcı verici devre yapmak.

Görsel 2.41’de infrared diyodun (D1 IR-verici) yaydığı ve insan gözünün algılayamadığı kızılötesi ışık, infrared foto diyot (D2 IR-alıcı) tarafından algılanır. Devreye ters bağlı olan infrared foto diyot üzerine gelen kızılötesi ışık, diyodu iletme geçirir ve TR1’in beyz ucunu şaseye çeker. TR1 kesimde olduğu için LED yanmaz. İnfrared diyot (IR-verici) ve infrared foto diyot (IR-alıcı) arasına bir cisim girdiğinde D1 üzerine gelen kızılötesi ışık kesilir ve D2 yalıtkan olur. TR1 iletme geçer ve LED yanar.



Görsel 2.41: IR alıcı verici devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Transistör	BC548 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1 kΩ
Direnç	47 kΩ
IR Alıcı	5 mm SB-5243SC-CT
IR Verici	5 mm SB-5010IRB

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.41’deki devreyi kurunuz.
2. IR alıcı ve IR vericiyi karşılıklı birbirlerine bakacak şekilde, aralarında mesafe bırakarak yerleştiriniz.
3. Devreye enerji veriniz. LED’in durumunu Tablo 2.12’ye yazınız.
4. Alıcı ve verici diyotlar arasına bir cisim yerleştiriniz. LED’in durumunu Tablo 2.12’ye yazınız.

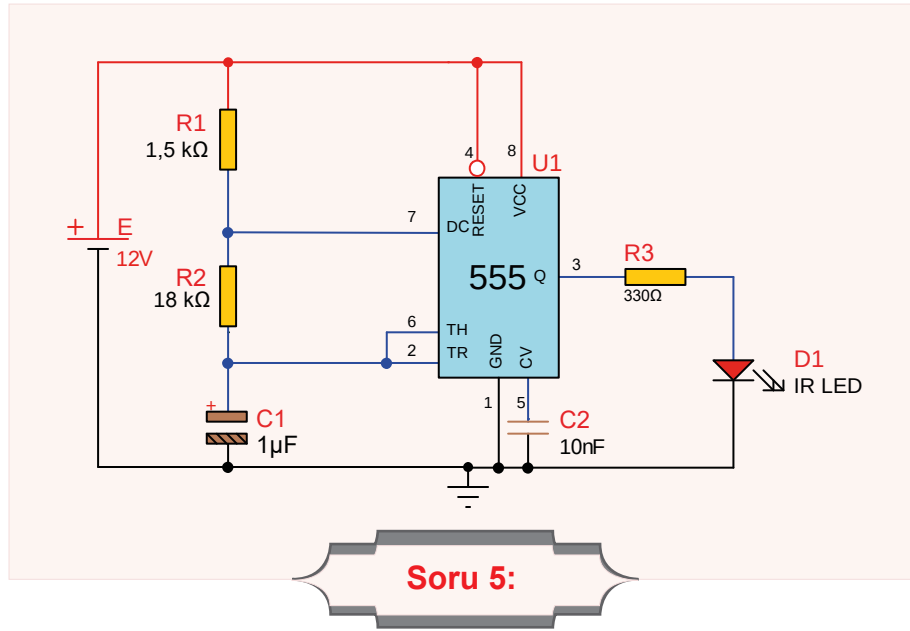
DEĞERLENDİRMELER

Tablo 2.12: IR Alıcı Verici Devre

Alıcı Verici Arası	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Cisim yok.	
Cisim var.	

SORULAR

1. Gün ışığı IR alıcıyı tetikler mi? Açıklayınız.
2. IR verici diyottan çıkan ışık neden görünmemektedir? Açıklayınız.
3. IR verici diyottan çıkan ışığı görebilmek için ne yapılabilir? Açıklayınız.
4. Hayvanlar farklı dalga boyundaki ışıkları görebilir mi? Araştırınız.
5. Aşağıdaki devre ile Görsel 2.41'deki devrede kullanılan IR verici LED'in çalışma frekanslarını araştırınız.



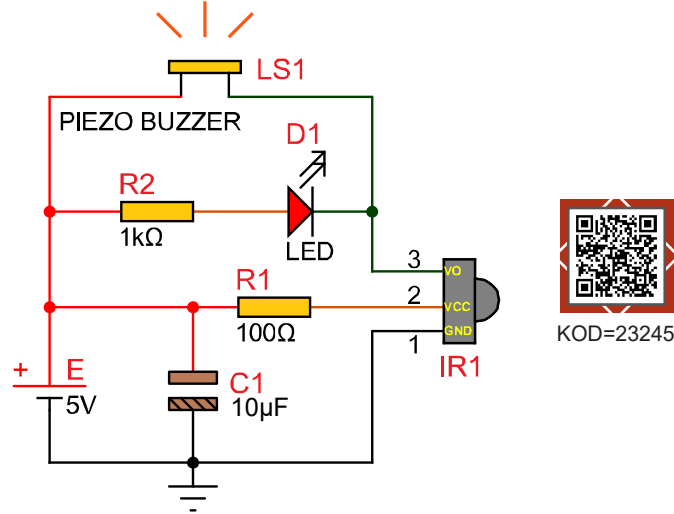
Soru 5:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Kumanda test devresi yapmak.

Görsel 2.42'deki devrede TSOP1738, 38 kHz IR alıcısı olarak kullanılmıştır. Bu alıcı, aktif sıfır çıkışlıdır, 38 kHz'lik bir kızılötesi ışık algıladığında çıkışı 0 V olur. Herhangi bir uzaktan kumanda ile TSOP1738'e sinyal gönderdiğinizde çıkışa bağlı olan LED ve pasif buzzerın gelen sinyale göre tepki verdiği görülür. Bu devre pek çok kumanda için test cihazı olarak kullanılabilir.



Görsel 2.42: Kumanda test devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
IR Alıcı	TSOP1738
LED	Kırmızı
Direnç	100 Ω
Direnç	1 kΩ
Kondansatör	10 µf/16 V
Piezo Hoparlör	Piezo disk-kablolu-15 mm çap

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.42'deki devreyi kurunuz.
2. Herhangi bir kumanda (tv, projeksiyon vb.) kullanarak IR alıcıya doğru herhangi bir tuşa basınız. LED'in durumunu Tablo 2.13'e yazınız.
3. Farklı kumandalarla işlemi tekrarlayınız.

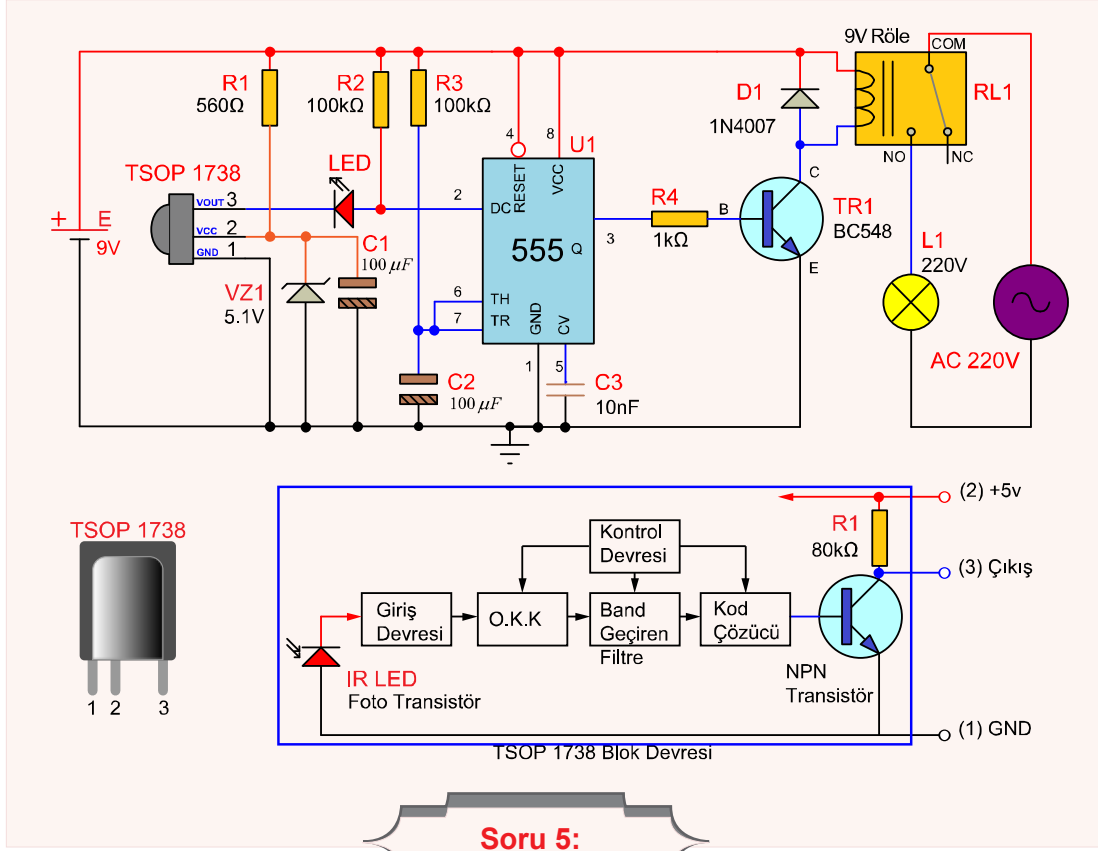
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.13: Kumanda Test Devresi

Kumanda	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Tuşa basıldı.	

SORULAR

1. Foto diyotun çalışmasını açıklayınız ve kullanıldığı yerlere örnekler veriniz.
2. İnfrared diyotun tanımını yapınız. LED diyottan farkı nedir? Açıklayınız.
3. Devrede infrared diyot yerine LED diyot kullanılsaydı devre çalışır mıydı? Nedenini açıklayınız.
4. TSOP 1738 ailesinin IR alıcı çalışmasını araştırınız, açıklayınız. Bunların kullanıldığı yerlere örnekler veriniz.
5. Aşağıdaki devrenin çalışmasını inceleyiniz. Devrenin görevi nedir? Açıklayınız.

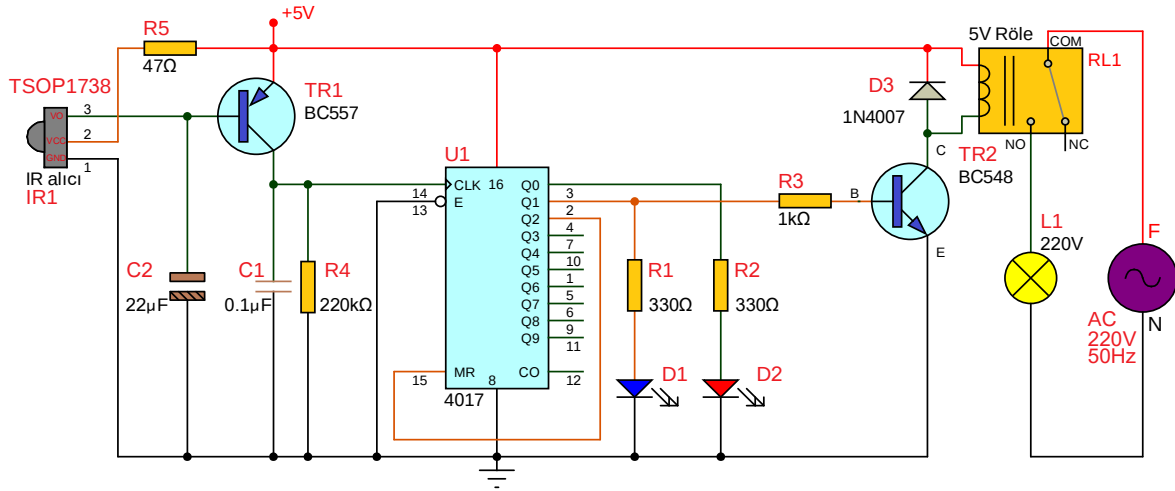


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: IR alıcıyla yük kontrolü yapmak.

Görsel 2.43'teki devrede herhangi bir uzaktan kumanda ile TSOP1738'e sinyal gönderildiğinde IR alıcının 3 numaralı çıkış ucunu sıfıra çeker ve TR1 PNP transistörü iletime geçer. 4017 entegresi, iletime geçen TR1 üzerinden clock sinyalini 14 numaralı bacağından alır. 4017 entegresi clock bacağına gelen tetikleme sinyaliyle çıkışını sırasıyla aktif yapan bir entegredir. Başta Q0 (3 no.lu bacak) aktif olduğundan D1 (kırmızı) yanar. Tetiklemeyle birlikte Q1 çıkışı (2 no.lu bacak) aktif olur. D1 (mavi) yanar diğeri söner. D1 ile birlikte TR2 iletime geçer ve röle çeker. Böylelikle lamba yanar. Q2 çıkışı sıfırlama ucuna bağlandığından döngü iki çıkış arasında tekrar eder.



Görsel 2.43: IR alıcı devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC548 (TO-92 kılıf)
Transistör	BC557 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
LED	Mavi
Diyot	1N4007
Direnç	47 Ω
Direnç	330 Ω
Direnç	1 kΩ
Direnç	220 kΩ
Kondansatör	0,1 μf /16 V
Kondansatör	22 μf/16 V
Röle	İki kutuplu, tek konumlu (DPST)
IR Alıcı	TSOP1738
Entegre	4017 (DIL-16 kılıf)
Lamba	220 V



İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.43'teki devreyi kurunuz.
2. Devre yüksek gerilimle çalıştığından devreye **enerjiyi öğretmeniniz vermelidir!**
3. Herhangi bir kumanda (tv, projeksiyon vb.) kullanarak IR alıcıya doğru herhangi bir tuşa basınız. Lambanın durumunu Tablo 2.14'e yazınız.
4. IR alıcıya doğru herhangi bir tuşa tekrar basınız. Lambanın durumunu Tablo 2.14'e yazınız ve farklı mesafelerden işlemleri tekrarlayınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 2.14: IR Alıcı Devre

Kumanda	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Tuşa basıldı.	
Tuşa tekrar basıldı.	

SORULAR

1. Devre karanlıkta da çalışır mı? Nedenini açıklayınız.
2. Kumandayla alıcı arasına bir cisim girerse devre çalışır mı? Neden?

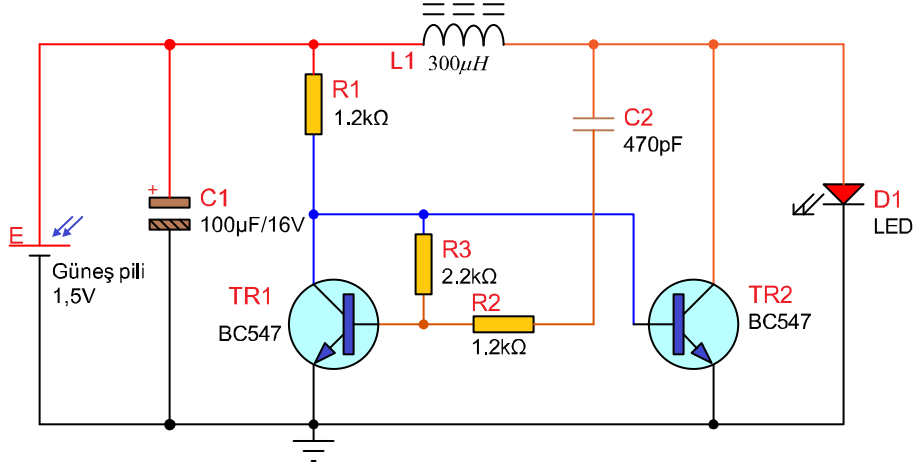
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Güneş pili uygulaması yapmak.

Görsel 2.44'teki devrede güneş pili üzerine güneş ışınları geldiğinde uçlarında bir gerilim oluşur. Oluşan bu gerilim iki adet NPN transistörle oluşturulmuş bir DC/DC dönüştürücü devresine uygulanır. DC/DC dönüştürücü devresinin çalışma frekansı 130 kHz devrede kullanılan bobinin indüktansı 300 mikro Henry (300 μ H) seçildiğinde LED'den tepe değeri 30 mA olan darbeli bir akım geçer. Bu da güneş ışınlarının az olduğu durumlarda bile LED'in yanmasını sağlar.

Güneş panelinin üzeri kapatılıp üzerine güneş ışınlarının ulaşması engellendiğinde uçlarında bir gerilim oluşturamaz. DC/DC dönüştürücü girişindeki gerilim kesilince LED söner.



Görsel 2.44: Güneş pili uygulaması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC547 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	1,2 kΩ
Direnç	2,2 kΩ
Kondansatör	470 pF/16 V
Kondansatör	100 µF/16 V
Bobin	300 µH kondansatör tipi
Güneş Pili	1,5 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Devreyi kurmadan önce güneş pilinin uçlarındaki gerilimi karanlıkta ve aydınlıkta ölçünüz.
2. Görsel 2.44'teki devreyi kurunuz.
3. Güneş pili aydınlıkta iken LED'in durumunu Tablo 2.15'e yazınız.
4. Güneş pili karanlıkta iken (elle kapatarak) LED'in durumunu Tablo 2.15'e yazınız.

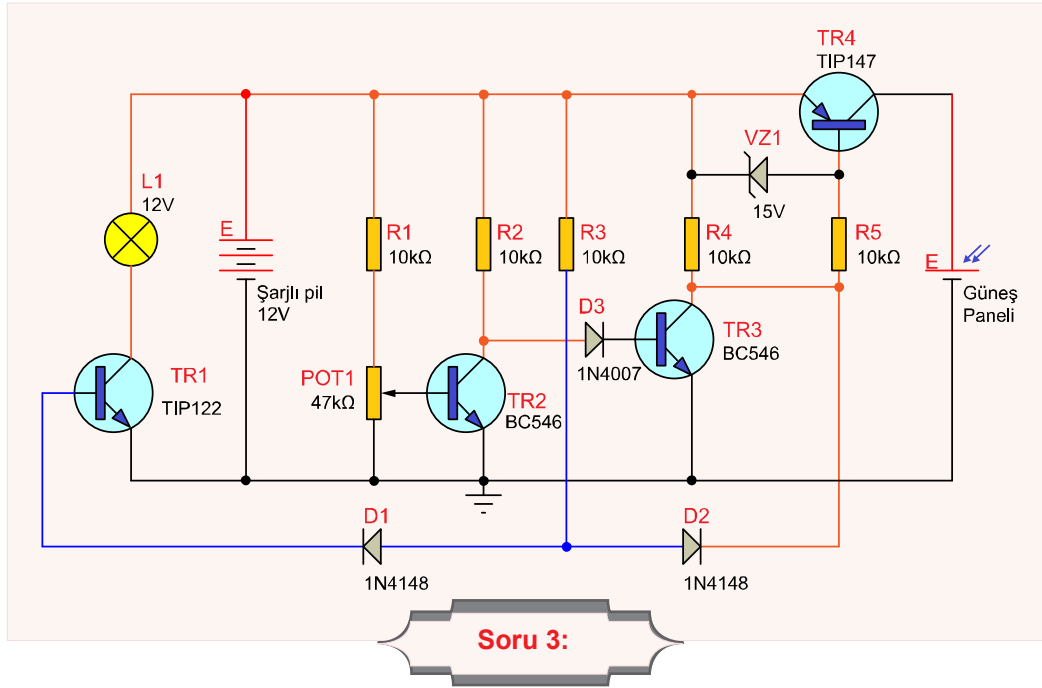
DEĞERLENDİRMELER

Tablo 2.15: Güneş Pili Uygulaması

Güneş Pili	Ölçülen gerilim (V)	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Aydınlık		
Karanlık		

SORULAR

1. Güneş pillerinden daha fazla akım ve gerilim elde etmek için ne yapılmalıdır? Açıklayınız.
2. Devreyi telefon şarj edebilecek şekle dönüştürmek için neler yapılmalıdır? Açıklayınız.
3. Aşağıdaki devrenin çalışmasını anlatınız. Devrenin görevi nedir? Açıklayınız.



NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



2.6. SES SENSÖR UYGULAMALARI

Ses, **akustik dalgalara** verilen genelleştirilmiş addır. Bu akustik dalgaların frekansları sadece 1 Hz'den on binlerce hertz'e kadar değişir. İnsan işitme sınırı 16 Hz ile 20 kHz (20.000 Hz) aralığındadır.

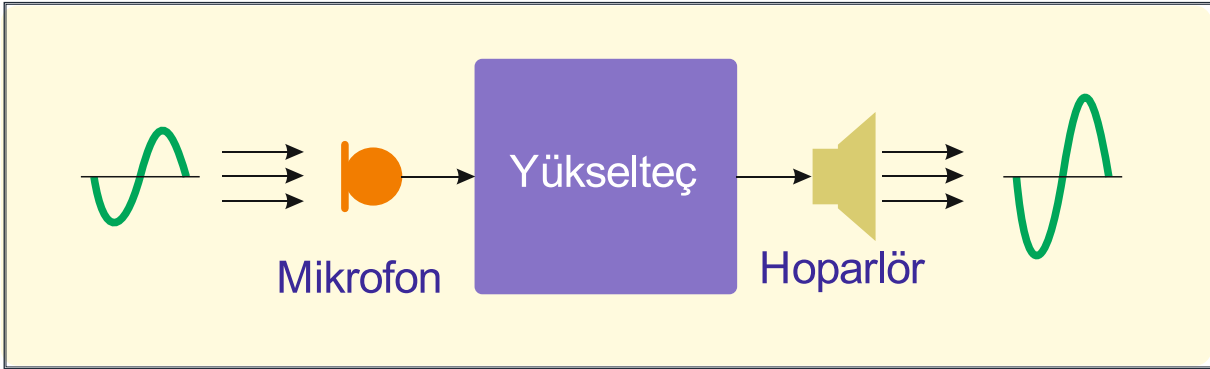
Ses yalnızca insan kulağı tarafından algılanabilen 16 Hz'den 20 kHz'e (tipik bir hoparlör frekans tepkisi) kadar olan frekans aralığında değildir, bu aralıkların ötesinde de vardır. Buna **ultrasound** denir.

Duyulan ses, temelde akustik dalgalarının oluşturulması için kullanılan bir ses dönüştürücüsü tarafından üretilen mekanik titreşimlerden oluşur. Sesin duyulması için havaya, sıvı veya katı yoluyla iletimi için bir ortama ihtiyaç duyulur. Ayrıca gerçek sesin tek bir ton veya bir müzik notası gibi sürekli frekanslı bir ses dalgası olması gerekmez. Ancak mekanik bir titreşimden, gürültüden hatta patlama gibi tek ses darbesinden oluşan bir akustik dalga olabilir.

Ses dönüştürücüleri, sesi ve mikrofon gibi elektrik sinyalini dönüştüren giriş sensörlerini elektrik sinyallerini hoparlör gibi tekrar sese dönüştüren çıkış transdüserlerini içerir.

Ses sinyali, hava moleküllerinde bir basınç meydana getirir. Basınç hava moleküllerinin titreşmesini ve ses dalgalarını taşımalarını sağlar. Bu titreşim, bir akordeon gibi havanın sıkışıp seyrekleşmesini sağlar. Sesin havada yayılma hızı, hava sıcaklığına ve şartlarına bağlıdır. Örneğin 20 °C'lik bir sıcaklıktaki havada ses, saniyede 340 metre hızla yayılır.

Ses dönüştürücülerinin iki ana kategorisi vardır. Birincisi giriş ve ikincisi çıkış dönüştürücülerdir. Görsel 2.45'te ses dönüştürücülerinin görseli verilmiştir.



Görsel 2.45: Ses dönüştürücü sistemi

Giriş dönüştürücüleri ses sinyalini elektrik sinyaline dönüştürür. Mikrofon giriş dönüştürücülere, örnektir.

Çıkış dönüştürücüleri, elektrik sinyalini ses sinyaline dönüştürür. Çıkış dönüştürücülere örnek hoparlördür.

2.6.1. Mikrofon (Microphone)

Mikrofonların çalışma prensibi, ses dalgalarının bir diyaframı titreştirmesi esasına dayanmaktadır. Esnek diyaframına etki eden **akustik** ses dalgasıyla orantılı bir elektriksel analog çıkış sinyali üretmektedir. Bu sinyal, akustik dalga formunun özelliklerini temsil eden bir **elektriksel sinyaldir**. Genel olarak bir mikrofondan gelen çıkış sinyali, gerçek ses dalgasıyla orantılı olan bir voltaj veya akım formunda bir analog sinyaldir.

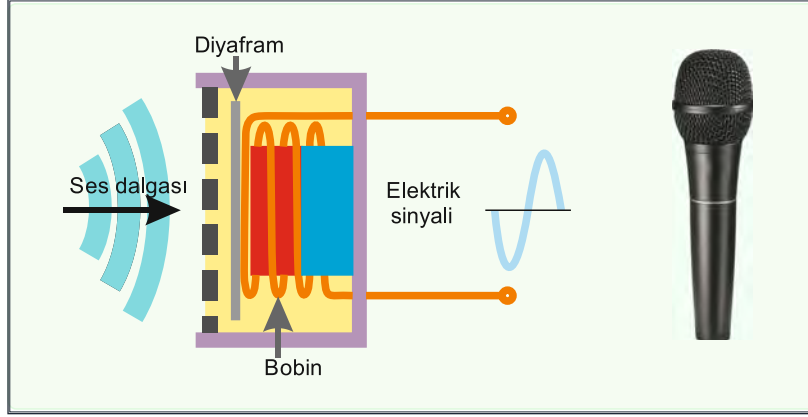
Kullanılmakta olan mikrofon çeşitleri şunlardır:

Dinamik Mikrofon: Ses dalgalarıyla titreşen diyafram, bağlı bulunduğu bobini sabit mıknatıs içerisinde ileri geri hareket ettirir.

Sabit mıknatısın kutupları arasında manyetik alan hatları vardır. Bobin iletkenleri hareket sırasında bu manyetik alan hatlarını kesmektedir. Manyetik alan içerisinde hareket eden iletkenin uçları arasında bir elektriksel sinyal oluşur. Dinamik mikrofon çıkışından elde edilen bu elektriksel sinyal, bir ön yükselteç (preamplifikatör) ile yükseltilecek güç yükselteçlerine uygulanır.



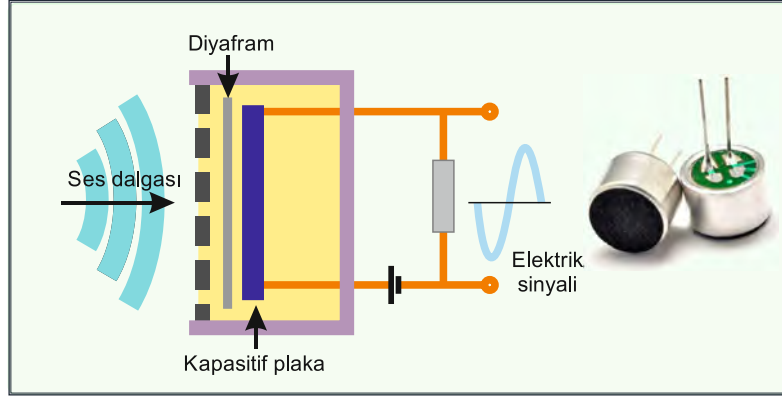
Görsel 2.46'da dinamik mikrofonun temel yapısı ve resmi Görsel 2.46'da verilmiştir.



Görsel 2.46: Dinamik mikrofonun temel yapısı ve resmi

Kapasitif Mikrofonlar (Capacitive, Condenser Microphone): Kapasitif mikrofonlar, sesleri uzak mesafelerden alabilir. Genellikle kapalı mekânlarda, toplantı salonlarında ve stüdyolarda kullanılır. Boyutları oldukça ufaktır. Yaka mikrofonu türünde olanları vardır. Günümüzde kullanılan cep telefonlarının mikrofon kısmı, kapasitif mikrofonlardan oluşmuştur. Birçok ev telefonunun ahize kısmında mikrofon olarak kapasitif mikrofonlar kullanılmıştır.

Görsel 2.47'de görüldüğü gibi bir sabit levha (arka plaka) ve hareketli iletken levha (diyafram) arasında hava boşluğu bırakılarak kapasite elde edilir. Hareketli levha aynı zamanda diyafram görevi de yapar. Şarjlı bir kondansatörün yükü değiştirildiğinde elektrik akımının elde edilmesi esasına dayalı olarak çalışır. DC gerilim kaynağı (1,5-4,5 V) sürekli beslediği için kapasitif mikrofon sürekli şarj hâlinindedir. DC gerilim kaynağı olmazsa mikrofon çalışmaz.



Görsel 2.47: Kapasitif mikrofonun temel yapısı ve kapasitif mikrofon

Ses dalgaları diyaframa çarptığında mekanik titreşimler meydana gelir. Titreşimin plakalar arasındaki hava aralığını daraltıp genişletmesiyle kapasite değişimi sağlar. Kapasitenin değişmesi ile devreden küçük bir akım geçer. Devreden geçen akım, direnç üzerinde bir gerilim düşümü meydana getirir. Bu gerilim küçük olduğu için bir ön yükselteç devresiyle yükseltilerek kullanılır.

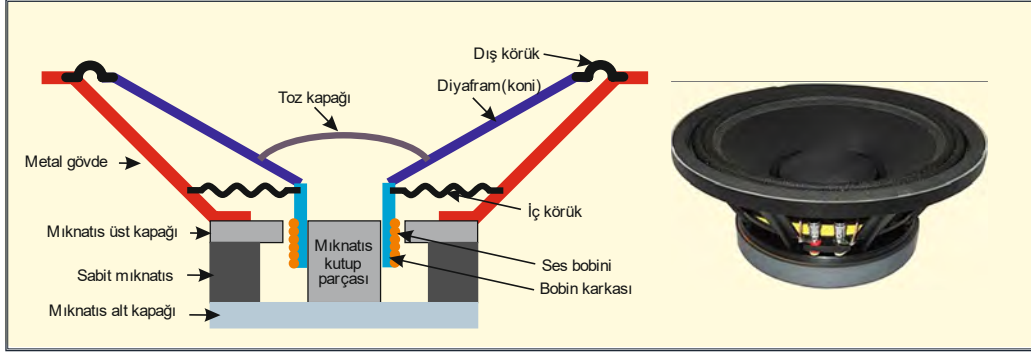
2.6.2. Hoparlör (Speakers, Loudspeakers-Ludspikır)

Hoparlör, ses frekans yükseltici çıkışında elde edilen AC elektriksel sinyalleri ses sinyaline çeviren transdüserdir.

Mikrofonun tersine elektrik sinyalinden hava basıncı üretme esasına göre çalışır. Gelen elektrik sinyali hoparlör konisi veya düzleminde ileri geri hareket oluşturarak havada basınç değişimi oluşturur. Bu değişim kulak tarafından ses olarak algılanır.

Hoparlörler, çalışma sistemlerine göre dinamik (bobinli, mıknatıslı) hoparlör ve piezo (kristal) hoparlör olarak ikiye ayrılır.

Dinamik Hoparlör: Seslendirme sistemlerinde en fazla kullanılan hoparlör çeşididir. Görsel 2.48’de görüldüğü gibi dinamik hoparlörler; bobin, mıknatıs, kon (diyafram) gibi elemanların birleşiminden oluşmuştur. Demirden yapılmış bir silindirin ortasına sabit mıknatıs yerleştirilmiştir. Mıknatısla yumuşak demir arasındaki hava aralığına ise hoparlör diyaframının uzantısı üzerine sarılmış bobin konmuştur. Bobinin sarıldığı diyaframın alt kısmı bir süspansiyon (esnek taşıyıcı) ile gövdeye tutturulmuştur. Bobin, süspansiyonlar sayesinde hava aralığında rahatça hareket edebilmektedir.

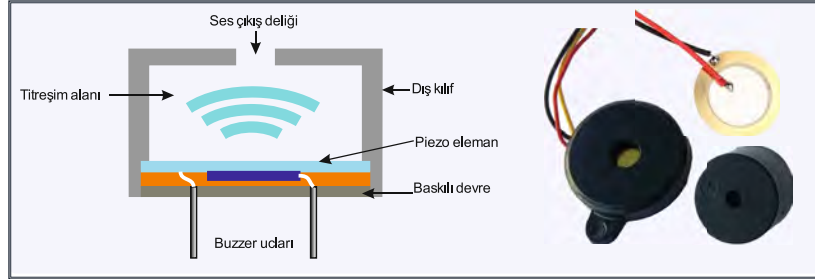


Görsel 2.48: Hoparlörün yapısı

Hoparlör bobinine elektriksel sinyal uygulandığında manyetik alan meydana gelir. Bobindeki manyetik alan sürekli değişkendir. Mıknatısın manyetik alanı içinde sürekli olarak itilir ve çekilir. Bobin hareket hâlindeyken diyafram da ses sinyali meydana gelir.

Piezo (Kristal) Hoparlör: Piezo kristalleri iki türlü davranış gösterir. Piezo kristaline gerilim uygulanırsa titreşmeye başlar. Piezo hoparlörler bu prensibe göre çalışır. Piezo kristaline basınç uygulanırsa uçlarında gerilim üretir. Piezo hoparlörler, genellikle tweeter veya buzzer olarak imal edilip kullanılır. Tweeter, tiz sesler için kullanılırken buzzer endüstriyel devrelerde ses ile ikaz sistemlerinde kullanılır.

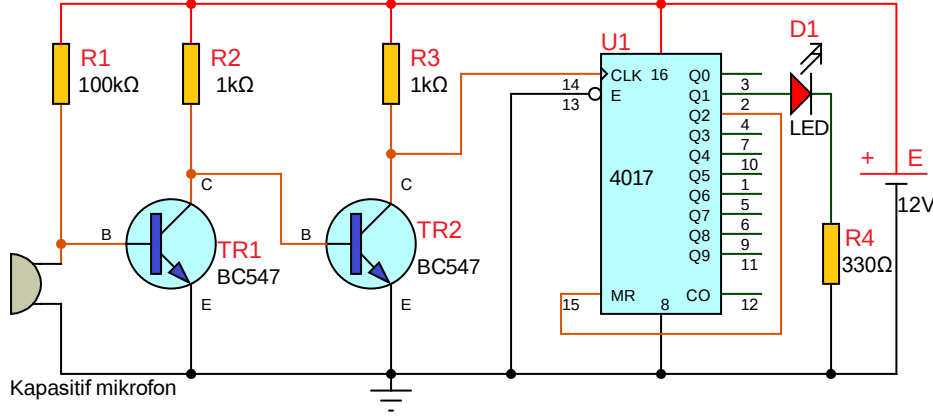
Görsel 2.49’da görüldüğü gibi piezo buzzer, uçlarına uygulanan elektriksel sinyal ile ince ve tiz bir ses çıkaran devre elemanıdır. Buzzer uçlarına elektriksel sinyal uygulandığı zaman, piezo kristali titreşmeye başlar. Kapalı hazne içinde titreşimden dolayı bir ses basıncı oluşur. Bu ses basıncı, buzzer üzerindeki delikten ses olarak dışarıya çıkar.



Görsel 2.49: Piezo hoparlör yapısı ve buzzer çeşitleri

AMAÇ: Alkış sesi ile çalışan devre yapmak.

Görsel 2.50'deki devrede kapasitif mikrofon kondansatör gibi davranır. Başlangıçta TR1 iletimde TR2 kesimdedir. Alkışla birlikte kapasitif mikrofonda meydana gelen titreşim kapasiteyi değiştirir ve kısa süreliğine TR1'in beyzini şaseye çeker. TR2 iletime geçer ve 4017 entegresinin 14 no.lu giriş ucu konum değiştirir. Q1 çıkışı aktif olur ve LED yanar. İkinci alkışta aynı durum tekrar eder. Clock pulsı alan 4017 son-raki konuma geçerek Q0'ı aktif yapar. Her alkışta bu dönüş devam eder.



Görsel 2.50: Alkış sesi ile çalışan devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC547 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	330 Ω
Direnç	1 kΩ
Direnç	100 kΩ
Mikrofon	Kapasitif
Entegre	4017 (DIL-16 kılıf)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 2.50'deki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz. Alkış yaparak LED'in durumu gözlemleyiniz.
3. LED'in durumunu Tablo 2.16'ya yazınız.
4. İkinci kez alkış yaparak LED'in durumu gözlemleyip Tablo 2.16'ya yazınız.



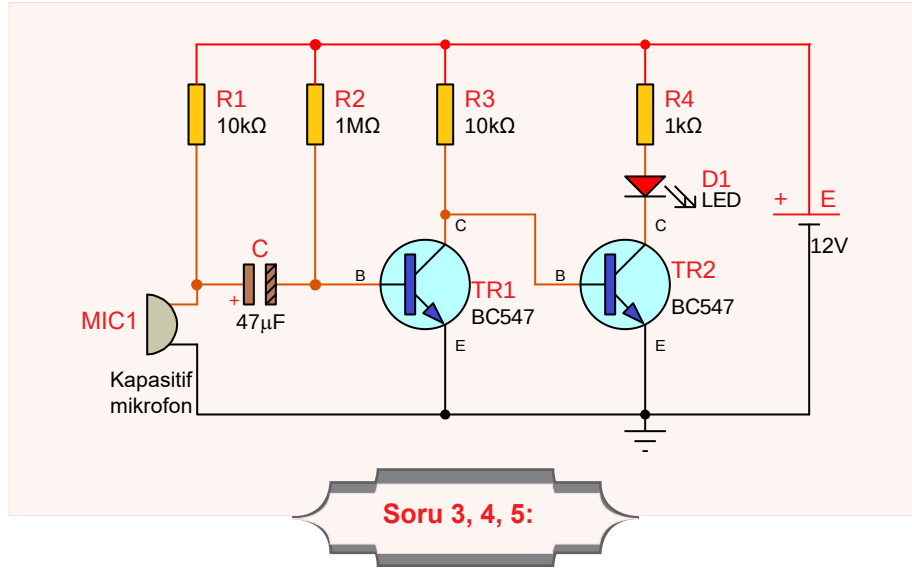
DEĞERLENDİRME

Tablo 2.16: Alkışla Çalışan Devre

Mikrofon	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Birinci alkış	
İkinci alkış	

SORULAR

1. Mikrofon ile hoparlör arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
2. İnsanların duyabildiği ses frekans aralığı nedir? Belirtiniz.
3. Aşağıdaki devre ile Görsel 2.50'deki devre arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
4. Devrede kullanılan elemanların görevleri nedir? Açıklayınız.
5. Bu devrenin kullanılma amacı nedir? Belirtiniz.
6. Kapasitif mikrofon nedir? Kullanım amacını açıklayınız.
7. Kapasitif mikrofon yerine başka hangi tür mikrofon kullanılabilir? Açıklayınız.

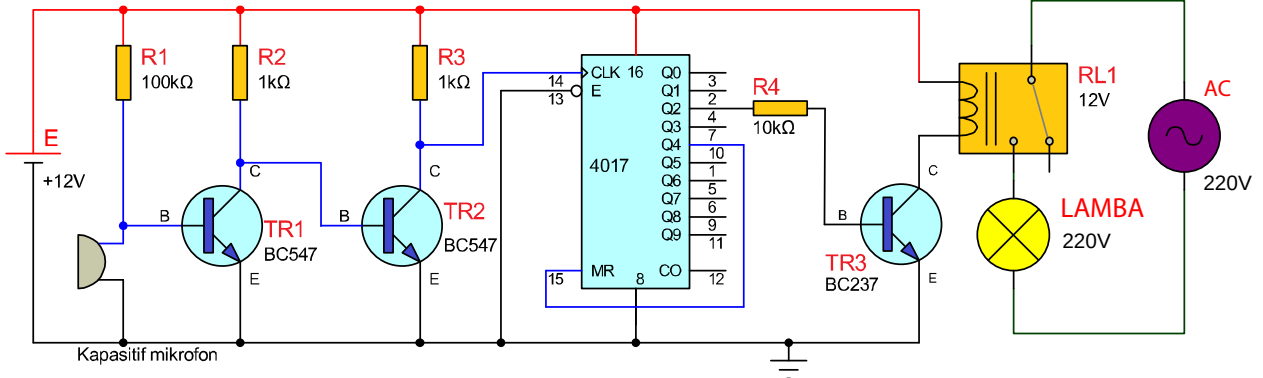


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



Görsel 2.50'deki devrenin bir benzeri aşağıda Görsel 2.50.a'da görülmektedir. Devre çıkışına bir adet röle ilave edilerek ses ile yüksek güçlü bir lambanın kontrolü sağlanabilmektedir.

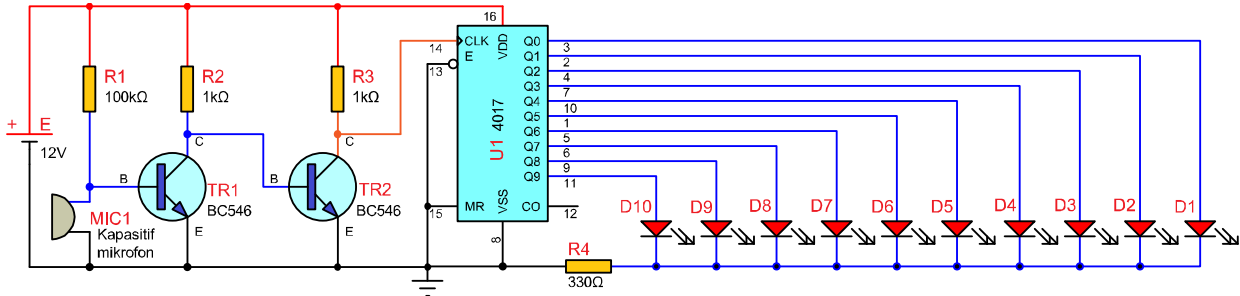
Alkış sesi ile birlikte saat darbesi sinyali alan 4017 entegresinin çıkışları sıra ile aktif olur. Q2 çıkışına bağlı olan transistör aktif olur ve röle konum değiştirir. Bu devre geliştirilerek iki veya üç alkış sesi darbesiyle lambanın yanması veya sönməsi sağlanabilmektedir.



Görsel 2.50.a: Alkış sesi ile yüksek güçlü bir lambanın kontrolü

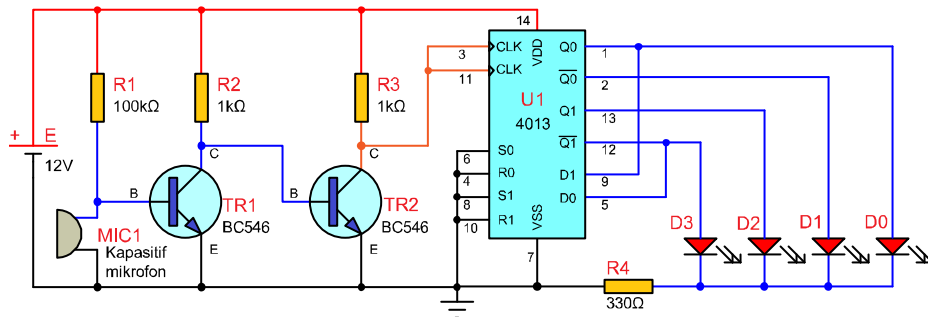
Görsel 2.50.b ise alkış sesi ile on adet LED'in sıralı bir şekilde yakılması devresi görülmektedir. 4017 entegresinin on adet çıkışına on adet LED bağlanarak her ses darbesinde çıkışlardan bir tanesinin aktif olması sağlanabilmektedir.

Bu örnek devrede 4017 entegresi yerine farklı entegreler konularak farklı kullanım amaçlarına yönelik devreler tasarlanabilmektedir. Örneğin 4017 entegresi yerine 4013 entegresi konularak çalışma durumu değiştirilebilmektedir.



Görsel 2.50.b: Alkış sesi ile sıralı yanan LED'ler

Görsel 2.50.c'de görülen devrede ise 4013 entegresi kullanılarak farklı bir uygulama gösterilmiştir. 4013 entegresi yerine 4015 entegresi konularak çalışma durumu kontrol edilebilir.



Görsel 2.50.c: 4013 entegresi ile tasarlanmış alkış sesi yanan LED'ler



3. ÖĞRENME BİRİMİ

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇ DEVRE UYGULAMALARI

NELER
ÖĞRENECEKSİNİZ ?

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLERİN ÖZELLİKLERİ

İŞLEMSEL YÜKSELTEÇ UYGULAMALARI

3.1. İŞLEMSEL YÜKSELTEÇLERİN ÖZELLİKLERİ

İşlemsel yükselteçler (operational amplifier, op-amp), DC ve AC işaretlerin yükseltilmesinde kullanılan çok katlı, direkt kuplajlı, yüksek kazançlı fark yükselteçleridir. Kararlı bir gerilim kazancı sağlamak için devreye dışarıdan bağlanan elemanlarla gerilim geri beslemesi yapılarak kazançları kontrol altına alınabilir. Negatif geri besleme kullanıldığında kesin doğrulukta yüksek kazançlı devreler yapılabilir.

İşlemsel yükselteçler lineer (doğrusal) yükselteçlerdir. Uygun geri besleme elemanlarının seçilmesiyle matematiksel toplama, çıkarma, integral alma, diferansiyel alma işlemleri yapılabilir.

Günümüzde güç kaynaklarında, her türlü işaret kaynağında, haberleşme cihazlarında, bilgisayarlarda, test ve ölçü sistemlerinde, endüstri kontrol sistemlerinde işlemsel yükselteçler yaygın olarak kullanılmaktadır.

İşlemsel yükselteç özellikleri aşağıda verildiği gibi sıralanabilir.

- Gerilim kazancı 45.000-200.000 arasındadır.
- Giriş empedansı 0,3-2 M Ω arasındadır.
- Çıkış empedansı 50-100 Ω arasındadır.
- Band genişliği 1 MHz dolayındadır.
- Çıkış akımları (I çıkış) 10-100 mA dolayındadır.
- Giriş uçlarına 0 volt uygulandığında çıkış uçlarında da 0 volt oluşmaktadır.
- Karakteristikleri sıcaklıkla çok az değişmektedir.
- Giriş uçlarını çektiği akım sıfıra yakındır.

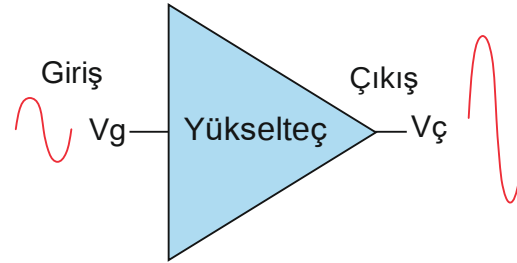
3.1.1. Genel Yükselteçler

Elektronik sistemlerde işlenecek sinyaller genellikle düşük seviyeli elektriksel sinyallerdir. Elektronik sistemlerin pek çoğunda değişik seviyelerde yükseltilmiş elektriksel sinyallere ihtiyaç duyulur. Elektriksel sinyallerin istenen derecede kuvvetlendirilmesi için yükselteç devreleri kullanılır.

Girişine uygulanan düşük seviyeli elektriksel sinyalleri, aktif devre elemanları yardımıyla çıkışına büyütülmüş olarak aktaran devrelere **yükselteç (amplifikatör)** denir. Bunu yaparken güç kaynağından almış olduğu enerji ile giriş sinyalinin aynı özelliklerinde fakat yükseltilmiş bir çıkış sinyali üretir.

Yükselteçler akım ya da gerilim kazancı sağlamak dolayısıyla güç kazancı sağlamak amacıyla kullanılan devrelerdir.

Görsel 3.1'de bir yükseltecin sembolü ve yükseltme işlemi verilmiştir.



Görsel 3.1: Yükselteç sembolü ve yükseltme

Elektrik-elektronik teknolojisinde ihtiyaca göre farklı yükselteç devreleri kullanılmaktadır. Yükselteçler şunlardır:

- Düşük frekans yükselteçleri
- Ses frekans yükselteçleri
- Ultrasonik yükselteçler
- Radyo frekans yükselteçleri
- Geniş bant yükselteçleri
- Küçük sinyal yükselteçleri

- Büyük sinyal yükselteçleri

Her sistemin çalışma standartlarını ifade eden ve sistemin tanımlanmasında kolaylıklar sağlayan bazı özellikleri vardır.

Yükselteçler için de aşağıdaki özellikler önemlidir.

Giriş Empedansı: Birden fazla elektronik devre art arda bağlandığında kaynak devrenin çıkışından alıcı devrenin girişine doğru bir akım akışı olur. Giriş empedansı (direnç eş değeri), bir devrenin kendinden önce gelen devrenin çıkış akımına karşı ne kadar zorluk göstereceği ya da kendinden önce gelen devreden ne kadar akım çekeceğini ifade eden bir özelliğidir.

Bir devrenin giriş empedansının düşük olması, kendisinden önce gelen devreden yani kendisine sinyal sağlayan devreden fazla akım çekmesi anlamına gelir. Bu durum, önceki devrenin yeteri kadar akım verebilmesini, yeteri kadar güçlü olmasını gerektirir. Yüksek giriş empedansına sahip bir devre ise kendinden önce gelen devreden az miktarda akım çekerek önceki devrenin aşırı yüklenmesine ve bundan dolayı sinyal bozulmalarına neden olmaz. Dolayısıyla bu tür devrelerin girişine düşük çıkış gücüne sahip başka devreler, herhangi bir yükseltme işlemine gerek kalmadan bağlanabilir.

Çıkış Empedansı: Bir devrenin çıkış empedansı devrenin çıkışından ne kadar akım çekebileceğinin yani devrenin ne kadar akım verebileceğinin bir göstergesidir. Çıkış empedansı aynı zamanda bir devrenin çıkış terminali ile toprak arasında görülen empedansı olarak da tarif edilebilir.

Bir devreden maksimum enerji çekebilmek için devrenin çıkış empedansı ile alıcı devrenin giriş empedansının eşit olması gerekir. Önceki devrenin çıkış empedansı yük devresinin giriş empedansı ile uyumlu değilse bu durumda önceki devrenin çalışmasında sorunlar ortaya çıkar. Bu tür sorunlar ile karşılaşmamak için kaynak devrenin çıkış empedansı ile yük devresinin giriş empedansı birbirine eşit olmalıdır.

Gerilim Kazancı: Yükseltecin girişine uygulanan sinyal genliğinin çıkışta ne oranda yükseltildiği **kazanç katsayısı** ile ifade edilir ve birimsizdir. Kazanç katsayısı **G (gain-gein)**, **Av (amplitude voltage-emplütüd voltic)** veya **K (kazanç)** olarak gösterilir. Herhangi bir sistemin kazanç katsayısı aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir.

$$K = \frac{\text{Çıkış değeri}}{\text{Giriş değeri}}$$

3.1.2. İşlemsel Yükselteçlerin Yapısı

İşlemsel yükselteçler (op-amp'lar) yüksek giriş empedansı, düşük çıkış empedansı ve yüksek gerilim kazancı olan entegre devre elemanlarıdır.

İşlemsel yükselteçler, plastik ya da metal gövdeli entegre devre olarak üretilir. İçyapılarında çok sayıda transistör, diyot, direnç gibi devre elemanları vardır. İşlemsel yükselteci kullanmak için dış devre bağlantılarını, temel bazı özelliklerini ve nerede kullanılacağını bilmek gerekir.

Temel olarak işlemsel yükselteç üç ana bölümden oluşur.

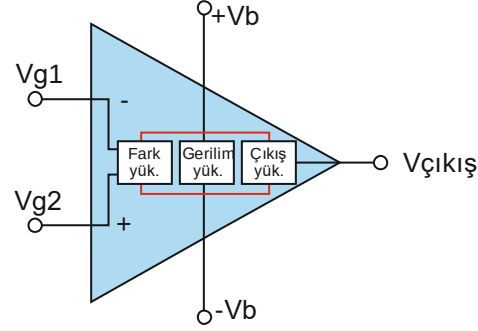
Fark Yükselteci: İşlemsel yükselteçlerin giriş devresinde bulunan en önemli parçasıdır. Bu devrelere fark yükselteci denmesinin nedeni, girişlerine uygulanan iki sinyalin farkıyla orantılı bir çıkış sinyali üretmeleridir. Çıkış sinyali girişlerden hangisinin genliği büyükse onun işareti alır.

Gerilim Yükselteci: İstenen yüksek kazanç sağlayabilmek için art arda bağlanmış birkaç yükselteç devresinden oluşur. Ayrıca bu katın çıkışı ile çıkış yükselteci katları arasında tampon yükselteçleri ve seviye kaydırıcı devreler de bulunur.



Çıkış Yükselteci: İşlemsel yükselteçlerde çıkış sinyalinin alındığı kattır. Düşük çıkış empedansı sayesinde yeterli yük akımları elde edilebilir.

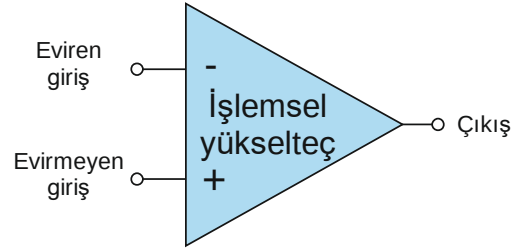
İşlemsel yükselteçler Görsel 3.2’de görüldüğü gibi giriş devresindeki fark yükselteci, kazancı sağlayan gerilim yükselteci ve çıkış yükselteci devrelerinden oluşur.



Görsel 3.2: İşlemsel yükseltecin fonksiyonel blok şeması

3.1.3. İşlemsel Yükselteçlerin Devreye Bağlanması

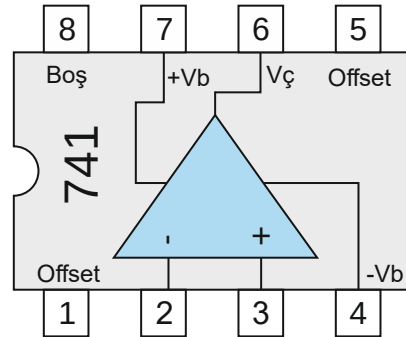
Görsel 3.3’te görüldüğü gibi işlemsel yükselteç iki girişli tek çıkışlı bir yükselteç sembolü ile gösterilir. “-” işaretinin bulunduğu uç işlemsel yükseltecin **eviren girişini**, “+” işaretli olan uç ise **evirmeyen girişini** göstermektedir.



Görsel 3.3: İşlemsel yükselteç sembolü

İşlemsel yükselteçler, kullandıkları devrelere, çalıştırıldıkları frekansa, kullanım amacına, montaj şekline bağlı olarak çok çeşitli karakteristik özelliklerde ve farklı kılıf tiplerinde üretilir.

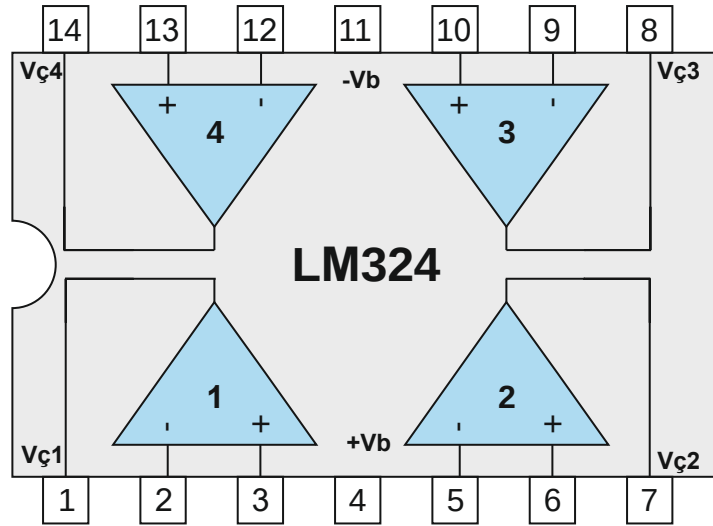
Görsel 3.4’te LM741 ya da UM741 gibi adlarla anılan 741 kodlu işlemsel yükseltece ait kılıf şekli ve bağlantı şeması verilmiştir.



Görsel 3.4: LM 741 entegresi iç yapısı ve uçları

LM741 işlemsel yükselteci sekiz uçlu, plastik bir kılıf içinde bulunmaktadır. **2** numaralı uç **eviren giriş**, **3** numaralı uç **evirmeyen giriş**, **6** numaralı uç ise **çıkış ucudur**. **7** numaralı uç +V ve **4** numaralı uç -V besleme gerilimi için kullanılmıştır. **1** ve **5** numaralı uçlar **giriş** dengesizlik gerilimi ayarı için kullanılmaktadır. Gerekmedikçe kullanılmaz, boş bırakılır. **8** numaralı uç ise kullanılmamaktadır.

Görsel 3.5'te ise içinde dört adet işlemsel yükselteci bulunan LM324 entegresi verilmiştir.



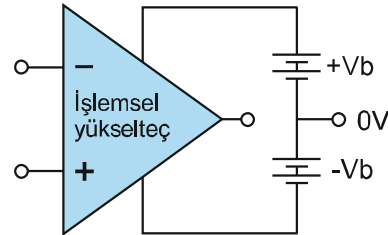
Görsel 3.5: LM 324 entegresi iç yapısı ve uçları

Her bir işlemsel yükselteç için ayrı ayrı uçlar kullanılmış olup yalnızca "-" ve "+" besleme gerilimi ortak kullanılmıştır.

İşlemsel Yükselteçlerin Beslenmesi: İşlemsel yükselteç sembolünde +V ve -V, besleme kaynağının bağlandığı uçlardır. Bir işlemsel yükseltece ± 5 V, ± 12 V, ± 15 V, ± 18 V gibi besleme gerilimi uygulanabilir. Entegrenin hangi gerilimlerde çalışabileceği ürün bilgi sayfalarında ayrıntılı olarak yer almaktadır.

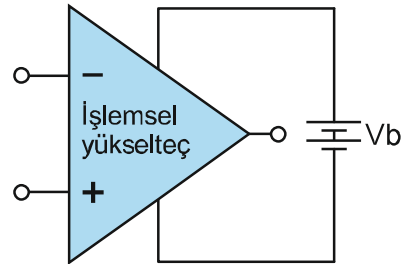
İşlemsel yükselteçli devrelerin çalışma gerilimleri genellikle simetrik kaynaktan sağlanır. Besleme gerilimi bir pilden elde ediliyorsa pillerin birleşim noktası toprak olarak kullanılır.

Görsel 3.6'da bir işlemsel yükseltecin simetrik kaynaktan beslendiği devre bağlantısı verilmiştir.



3.6: İşlemsel yükseltecin simetrik kaynaktan beslenmesi

İşlemsel yükseltecin AC sinyal yükselteci olarak kullanıldığı durumlarda Görsel 3.7'de görüldüğü gibi tek güç kaynağı kullanmak yeterlidir.



Görsel 3.7: İşlemsel yükseltecin tek kaynaktan beslenmesi

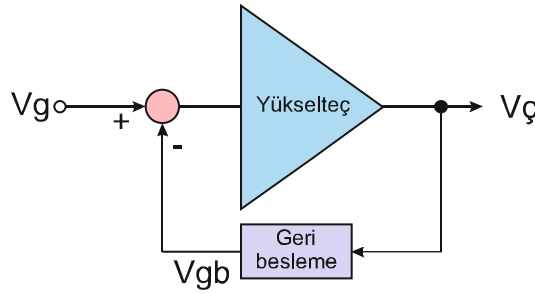
Çıkış Sinyal Sınırı ve Giriş Sinyal Sınırı: İşlemsel yükselteçlerin besleme gerilimleri genellikle ± 5 V ile ± 18 V arasındadır. Çıkış sinyalleri besleme geriliminin yaklaşık 1 V kadar altında doyuma ulaşır fakat bazı özel işlemsel yükselteçlerde besleme geriliminde doyuma ulaşır.

Giriş sinyal sınırı ise çıkış işaretinin doyuma ulaştığı andaki giriş işareti genliğidir. Bunun üzerinde giriş işareti uygulanırsa çıkış işaretinin tepe noktaları kesilir ve istenmeyen parazitler oluşur.

3.1.4. İşlemsel Yükselteçlerde Negatif Geri Besleme

İşlemsel yükselteçlerin kapalı çevrim ve açık çevrim olmak üzere iki kazancı vardır. Kapalı çevrim kazancı, devreye dışarıdan bağlanan geri besleme direnci ile belirlenir. Açık çevrim kazancı ise işlemsel yükseltecin direnç ile belirlenemeyen (geri beslemesiz) kendi kazancıdır. İşlemsel yükselteçler, çıkışı herhangi bir şekilde girişe bağlanmamışsa açık çevrim altında çalışıyordur. İşlemsel yükselteçlerin açık çevrim gerilim kazancı teorik olarak sonsuz olmasına rağmen bu kazanç, uygulanan besleme voltajı ile sınırlıdır. Başka bir deyişle işlemsel yükselteçten alınabilecek en yüksek çıkış değeri besleme voltajı değeridir.

Negatif geri besleme; çıkıştan alınan sinyalin bir kısmının girişe, giriş sinyalini zayıflatıcı yönde uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Bu zayıflatmayı gerçekleştirebilmek için geri besleme sinyali ile giriş sinyali arasında 180° faz farkı olmalıdır. Bu geri besleme türü yükseltecin toplam gerilim kazancını azaltır fakat geri besleme sayesinde devrenin daha kararlı çalışması sağlanır. Görsel 3.8'de negatif geri besleme devresi blok şeması görülmektedir.



Görsel 3.8: Negatif geri besleme blok şeması

Yükselteç devrelerinde negatif geri beslemenin kararlı bir gerilim kazancı, iyi bir frekans tepkisi, fazla doğrusal çalışma, yüksek giriş empedansı, düşük çıkış empedansı ve az gürültü gibi kullanıma amaçları vardır.

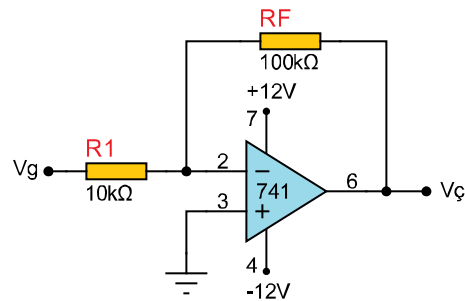
3.2. İŞLEMSEL YÜKSELTEÇ UYGULAMALARI

İşlemsel yükselteçlerin eviren, evirmeyen ve çıkış uçlarına direnç, kondansatör ve diyot gibi elemanlar farklı şekillerde bağlanarak farklı uygulamalar yapılabilir.

3.2.1. Eviren Yükselteç Uygulaması

Eviren yükselteçte giriş sinyali eviren giriş ucundan uygulanır. Giriş ile çıkış sinyali arasında 180° faz farkı vardır. Giriş ucu (V_g) pozitif sinyal uygulanırsa çıkıştan kazanç kadar yükseltilmiş negatif sinyal alınır. Girişten negatif sinyal uygulanırsa çıkıştan yine kazanç kadar yükseltilmiş pozitif sinyal alınır.

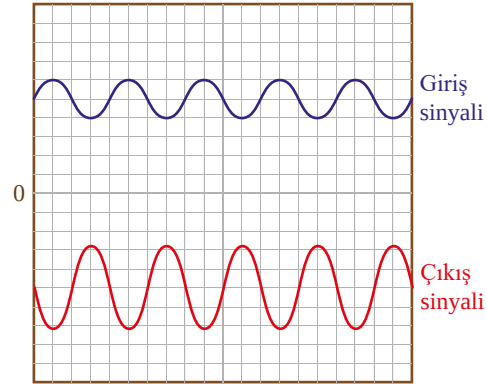
Görsel 3.9'da işlemsel yükseltecin eviren yükselteç olarak çalışması verilmiştir.



Görsel 3.9: Eviren yükselteç

Devrede R1 giriş direnci, RF geri besleme direncidir. Elektronik devrelerde kazanç her zaman çıkışın girişine oranıdır. Burada çıkış gerilimi $V_{\zeta} = -\left(\frac{R_F}{R_1}\right) \times V_g$ formülü ile hesaplanır.

Görsel 3.10'da görüldüğü gibi kırmızı renkli çıkış sinyalinin büyüklüğü (genliği) mavi renkli giriş sinyalinin yaklaşık iki katıdır. Çıkış sinyali giriş sinyalinin tersidir (-). Giriş ve çıkış sinyalinin frekansı ise aynıdır (1 kHz). Arka plandaki ızgarada her bir dikey kare 1 V büyüklüğü gösterirken her bir yatay karede 200 μ s'lik (mikrosaniye) süreyi göstermektedir.



Görsel 3.10: Eviren yükselteç giriş ve çıkış sinyali



Örnek: Geri besleme direnci 22 k Ω , giriş direnci 10 k Ω olan bir işlemsel yükseltecin eviren girişinden 1 Vpp sinyal uygulandığına göre çıkış gerilimini hesaplayınız.

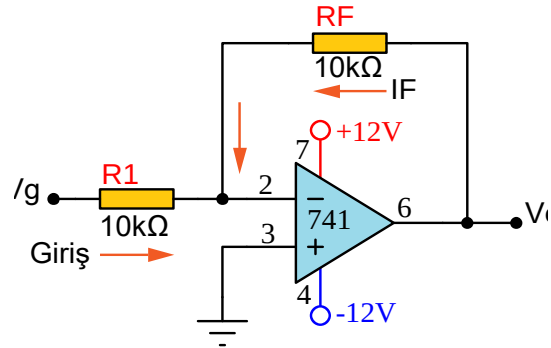
Çözüm: $V_{\zeta} = -\left(\frac{R_F}{R_1}\right) \times V_g$ $V_{\zeta} = -\left(\frac{22k\Omega}{10k\Omega}\right) \times 1V$ $V_{\zeta} = -(2,2) \times 1V \rightarrow V_{\zeta} = -2,2V$

Örnek: Aşağıda verilen giriş değerleri için çıkış gerilimini hesaplayınız.

$$A_v = -\frac{R_F}{R_1} \Rightarrow A_v = -\frac{10k\Omega}{10k\Omega} = -1 \text{ ise}$$

Örnek:

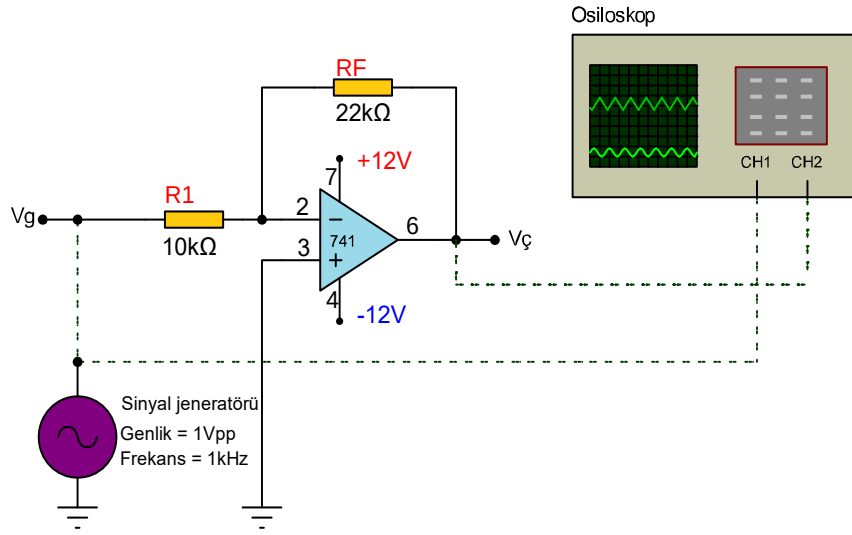
$V_g = 0,5V$ için	$= V_{\zeta} = -1 \times (0,5) = -0,5V$
$V_g = 1V$ için	$= V_{\zeta} = -1 \times (1) = -1V$
$V_g = -0,5V$ için	$= V_{\zeta} = -1 \times (-0,5) = 0,5V$
$V_g = -1V$ için	$= V_{\zeta} = -1 \times (-1) = 1V$



AMAÇ: İşlemsel yükselteç ile eviren yükselteç devresinin AC giriş uygulamasını yapmak.

Görsel 3.11'deki devrede giriş sinyali işlemsel yükseltecin eviren (-) girişinden uygulandığından giriş ile çıkış sinyali arasında 180° faz farkı oluşur. Bu yüzden devre eviren yükselteç olarak adlandırılır. Devredeki RF geri besleme direnci, R1 ise giriş direncidir. Bu dirençlerin oranı kazancı belirlemektedir.

Eviren yükseltecin kazancı $A_v = -\frac{R_F}{R_1}$ formülüyle hesaplanır. Formüldeki (-) işareti çıkışın girişe göre 180° terslendiğini göstermektedir. Kazanç ayrıca $A_v = -\frac{V_C}{V_g}$ formülüyle de hesaplanabilir. Kazanç ne kadar yüksek olursa olsun çıkış gerilimi besleme geriliminden fazla olamaz.



Görsel 3.11: Eviren yükselteç devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	22 kΩ
Direnç	33 kΩ
Direnç	47 kΩ
Direnç	100 kΩ

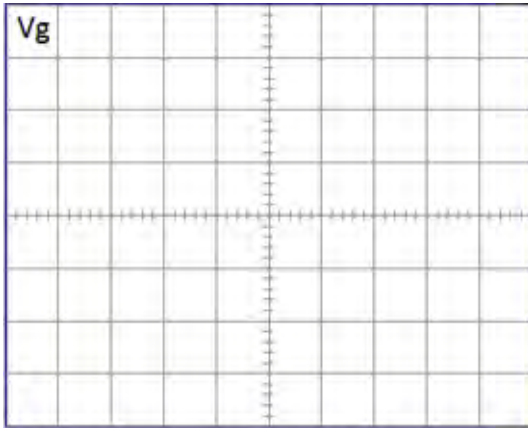
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.11'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörü ile V_g ucundan 1 Vpp ve 1 KHz'lik AC sinyal uygulayınız.
3. Osilaskobun birinci kanalını V_g noktasına (giriş ucu), ikinci kanalını $V_{\text{ç}}$ noktasına (çıkış ucu) bağlayınız.
4. Osilaskopla ölçtüğünüz $V_{\text{ç}}$ değeri Tablo 3.1'e yazınız. Giriş ve çıkış sinyallerini ayrılan yerlere çiziniz.
5. Giriş sinyalini değiştirmeden RF geri besleme direncini 33 k Ω yaparak çıkış gerilim değerini Tablo 3.1'e kaydediniz.
6. Giriş sinyalini 2 Vpp yapıp, RF direncini 47 k Ω ve 100 k Ω dirençlerle değiştirerek çıkış gerilim değerini Tablo 3.1'e kaydediniz.
7. Kazanç değerlerini hesaplayarak Tablo 3.1'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

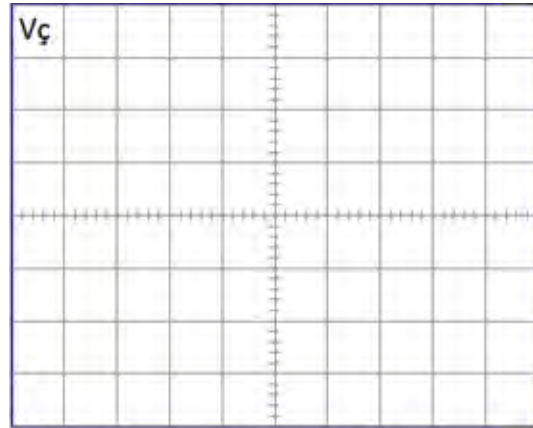
Tablo 3.1: Çıkış Genliğini Ölçme

V_g	R_1	R_F	$V_{\text{ç}}$	Kazanç	Kazanç $-(R_F / R_1)$
1 Vpp	10 k Ω	22 k Ω			
1 Vpp	10 k Ω	33 k Ω			
2 Vpp	10 k Ω	47 k Ω			
2 Vpp	10 k Ω	100 k Ω			



V/Div =

T/Div =



V/Div =

T/Div =

SORULAR

1. Giriş ve çıkış arasındaki faz farkı nasıldır? Açıklayınız.
2. Devredeki RF direncinin görevi nedir? Açıklayınız.
3. Tablo 3.1'de hesaplanan kazanç değerleri eşit midir? Neden?

NOT:

Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

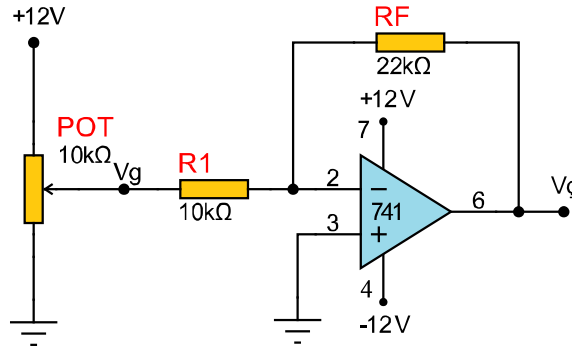


AMAÇ: İşlemsel yükselteç ile eviren yükselteç devresinin DC giriş uygulamasını yapmak.

Görsel 3.12'de giriş gerilimi 10 k Ω 'luk potansiyometrenin orta ucundan verilmiş bir eviren yükselteç deney devresi görülmektedir.

Eviren yükseltecin girişine DC gerilim uygulandığında çıkıştaki gerilim işaret değiştirir. Devrede potansiyometre ayarlanarak 0–12 V arası pozitif gerilim uygulanmaktadır. Bu gerilim kazanç kadar yükseltilerek çıkışta negatif olarak alınır.

Eviren yükselteç simetrik beslendiğinden giriş pozitif ise çıkışta negatif gerilim elde edilir.



Görsel 3.12: Eviren yükseltecin DC çalışması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 k Ω
Direnç	22 k Ω
Direnç	33 k Ω
Direnç	47 k Ω
Direnç	100 k Ω
Potansiyometre	10 k Ω

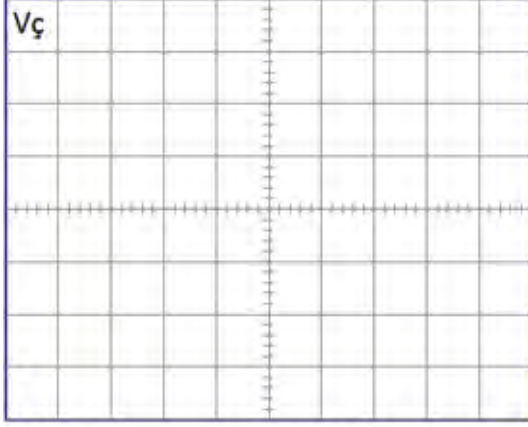
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.12'teki devreyi kurunuz.
2. Osilaskobun birinci kanalını Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalını Vç noktasına (çıkış ucu) bağlayınız.
3. Vg noktasındaki gerilim 1 V olacak şekilde potansiyometreyi ayarlayınız.
4. Osilaskopla ölçtüğünüz Vç değeri Tablo 3.2'ye yazınız. Giriş ve çıkış sinyallerini ayrılan yerlere çizin.
5. Giriş sinyalini değiştirmeden RF geri besleme direncini 33 k Ω yaparak çıkış gerilim değerini Tablo 3.2'ye kaydediniz.
6. Giriş sinyalini 2 V yapıp, RF direncini 47 k Ω ve 100 k Ω dirençlerle değiştirerek çıkış gerilim değerini Tablo 3.2'ye kaydediniz.
7. Kazanç değerlerini hesaplayarak Tablo 3.2'ye yazınız.

DEĞERLENDİRMELER

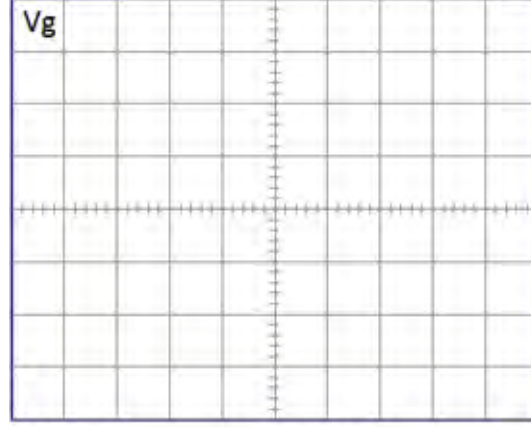
Tablo 3.2: Çıkış Gerilimini Ölçme

V _g	R ₁	R _F	V _ç	Kazanç V _ç /V _g	Kazanç -(R _F /R ₁)
1 V	10 kΩ	22 kΩ			
1 V	10 kΩ	33 kΩ			
2 V	10 kΩ	47 kΩ			
2 V	10 kΩ	100 kΩ			



V/Div =

T/Div =



V/Div =

T/Div =

SORULAR

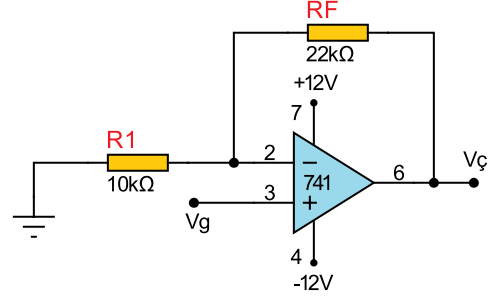
1. Giriş ile çıkış arasındaki faz farkı nasıldır? Açıklayınız.
2. R_F direncinin değeri çıkış gerilimini nasıl etkilemektedir? Açıklayınız.
3. Çıkıştan alınabilecek en fazla gerilim değeri kaç voltur? Nedenlerini açıklayınız.
4. Tablo 3.2'de hesaplanan kazanç değerleri ile ölçülen kazanç değerleri eşit midir? Nedenlerini açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



3.2.2. Evirmeyen Yükselteç Uygulaması

Görsel 3.13'te görüldüğü gibi giriş sinyali, işlemsel yükseltecin evirmeyen girişine uygulanmıştır. Giriş ve çıkış sinyalleri aynı fazdadır. Girişten uygulanan sinyal çıkıştan aynı işaretli ve devre kazancı kadar yükseltilerek alınır. Evirmeyen yükseltecin kazancı eviren yükseltecin kazancından her zaman 1 (bir) fazladır ve her zaman 1'den büyüktür.



Görsel 3.13: Evirmeyen yükselteç devresi

Devrede R1 giriş direnci, RF geri besleme direncidir. Burada çıkış gerilimi

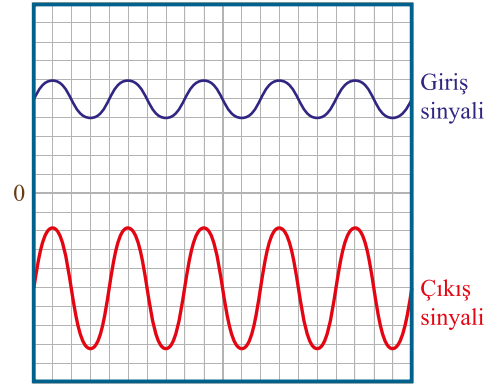
$$V_{\text{ç}} = V_g \times \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \text{ formülü ile hesaplanır.}$$



Örnek: Geri besleme direnci 22 kΩ, giriş direnci 10 kΩ olan bir işlemsel yükseltecin eviren girişinden 1 V sinyal uygulandığına göre çıkış gerilimini hesaplayınız.

Çözüm: $V_{\text{ç}} = V_g \times \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \Rightarrow V_{\text{ç}} = 1 \times \left(1 + \frac{22\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega}\right) \Rightarrow V_{\text{ç}} = 1 \times (1 + 2,2\text{k}\Omega) \Rightarrow V_{\text{ç}} = 3,2\text{V}.$

Görsel 3.14'te kırmızı renkli çıkış sinyalinin, mavi renkli giriş sinyalinin yaklaşık üç katı ve aynı fazda olduğu görülmektedir.



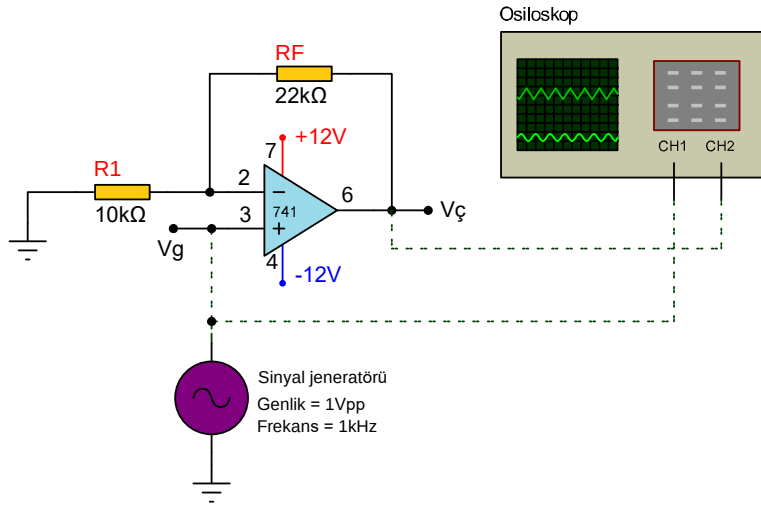
Görsel 3.14: Evirmeyen yükselteç giriş ve çıkış sinyalleri



AMAÇ: İşlemsel yükselteç ile evirmeyen yükselteç devresinin AC giriş uygulamasını yapmak.

Görsel 3.15'teki devrede giriş sinyali işlemsel yükseltecin evirmeyen (+) girişinden uygulandığından giriş ile çıkış sinyali arasında faz farkı yoktur. Bu yüzden devre, evirmeyen yükselteç olarak adlandırılır. RF ve R1 dirençlerinin oranı, yaklaşık olarak kazancı belirlemektedir.

Evirmeyen yükseltecin kazancı $A_v = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)$ formülüyle hesaplanır. Formülden de anlaşılacağı gibi evirmeyen yükseltecin kazancı eviren yükselteçten bir fazladır.



Görsel 3.15: Evirmeyen yükselteç AC çalışması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	22 kΩ
Direnç	33 kΩ
Direnç	47 kΩ
Direnç	100 kΩ

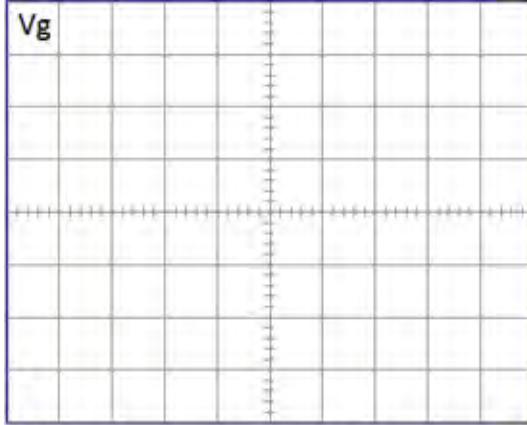
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.7'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörü ile Vg ucundan 1 Vpp ve 1 KHz'lik AC sinyal uygulayınız.
3. Osilaskobun birinci kanalını Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalını Vç noktasına (çıkış ucu) bağlayınız.
4. Osilaskopla ölçtüğünüz Vç değeri Tablo 3.3'e yazıp giriş ve çıkış sinyallerini ayrılan yerlere çiziniz.
5. Giriş sinyalini değiştirmeden RF geri besleme direncini 33 kΩ yaparak çıkış gerilim değerini Tablo 3.3'e kaydediniz.
6. Kazanç değerlerini hesaplayarak Tablo 3.3'e yazınız

DEĞERLENDİRME

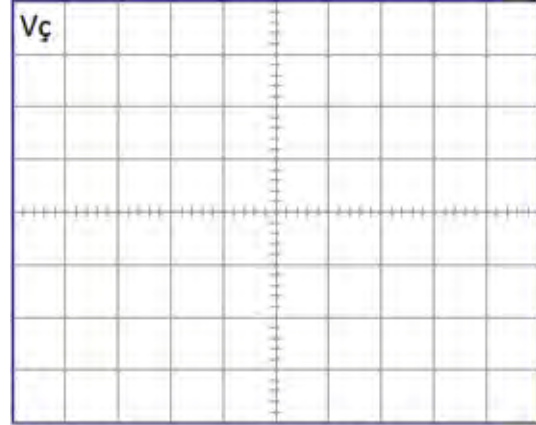
Tablo 3.3: Çıkış Genliğini Ölçme

V _g	R ₁	R _F	V _ç	Kazanç	Kazanç $1+(R_F / R_1)$
1 V _{pp}	10 kΩ	22 kΩ			
1 V _{pp}	10 kΩ	33 kΩ			
2 V _{pp}	10 kΩ	47 kΩ			
2 V _{pp}	10 kΩ	100 kΩ			



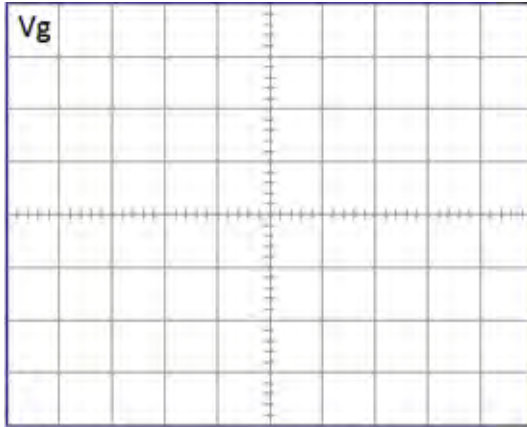
V/Div =

T/Div =



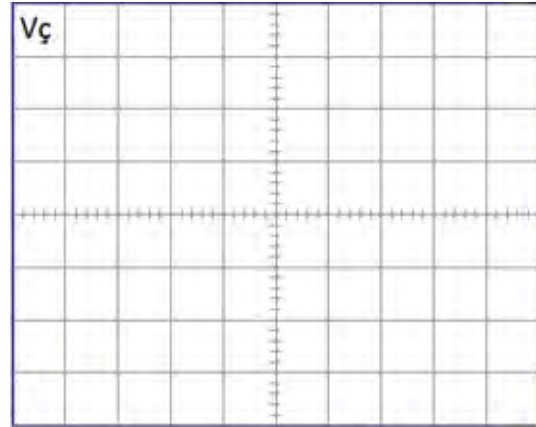
V/Div =

T/Div =



V/Div =

T/Div =



V/Div =

T/Div =

SORULAR

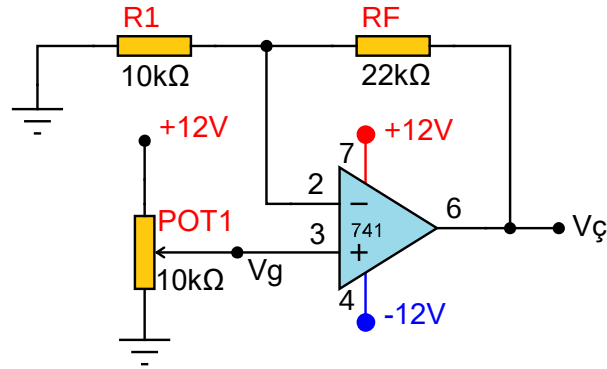
1. Giriş ve çıkış arasındaki faz farkı nasıldır? Açıklayınız.
2. Giriş 3 V_{pp} ve R_F direnci 10 kΩ iken V_ç değerini hesaplayınız.
3. R_F direnci 100 kΩ olduğunda çıkış sinyali neden kırılmış sinüs dalgasına benzemektedir? Açıklayınız.
4. Giriş 2 V_{pp} ve R_F direnci 100 kΩ olduğunda hesaplanan V_ç ile ölçülen V_ç neden farklıdır? Açıklayınız.



AMAÇ: İşlemsel yükselteç ile evirmeyen yükselteç devresinin DC giriş uygulamasını yapmak.

Görsel 3.16' da giriş gerilimi 10 k Ω 'luk potansiyometrenin ucundan verilen bir evirmeyen yükselteç deney devresi görülmektedir. Evirmeyen yükseltecin girişine DC gerilim uygulandığında çıkıştan aynı işaretli yükseltilmiş gerilim elde edilir.

Devrede giriş gerilimi potansiyometre ayarlanarak 0–12 V arası pozitif gerilim uygulanmaktadır. Bu gerilim işlemsel yükseltecin kazanç değeri kadar yükseltilerek çıkıştan alınır. Kazanç ne kadar hesaplanırsa hesaplanırsın çıkış gerilim değeri besleme gerilimini geçemez.



Görsel 3.16: Evirmeyen yükseltecin DC çalışması

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 k Ω
Direnç	22 k Ω
Direnç	33 k Ω
Direnç	47 k Ω
Direnç	100 k Ω
Potansiyometre	10 k Ω

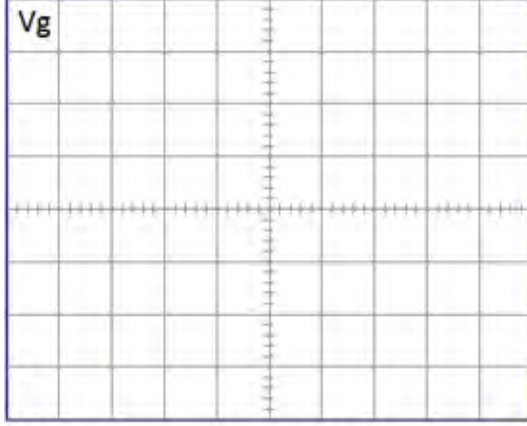
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.16'daki devreyi kurunuz.
2. Osilaskobun birinci kanalını Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalını Vç noktasına (çıkış ucu) bağlayınız.
3. Vg noktasındaki gerilim 1 V olacak şekilde potansiyometreyi ayarlayınız.
4. Osilaskopla ölçtüğünüz Vç değeri Tablo 3.4'e yazınız. Giriş ve çıkış sinyallerini ayrılan yerlere çizin.
5. Giriş sinyalini değiştirmeden, RF geri besleme direncini 33 k Ω yaparak çıkış gerilim değerini Tablo 3.4'e kaydediniz.
6. Giriş sinyalini 2 V yapıp, RF direncini 47 k Ω ve 100 k Ω dirençlerle değiştirerek çıkış gerilim değerini Tablo 3.4'e kaydediniz.
7. Kazanç değerlerini hesaplayarak Tablo 3.4'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

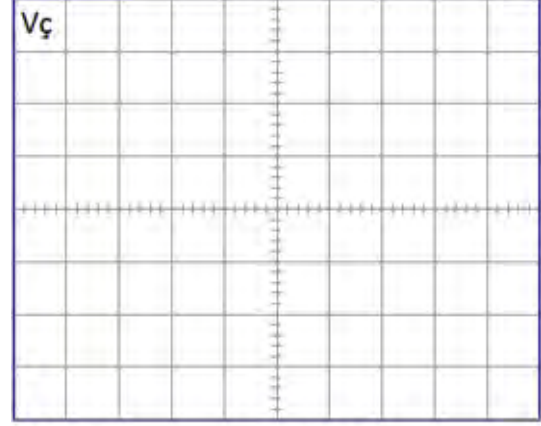
Tablo 3.4: Çıkış Gerilimini Ölçme

V _g	R ₁	R _F	V _ç	Kazanç (V _ç /V _g)	Kazanç -(R _F /R ₁)
1 V	10 kΩ	22 kΩ			
1 V	10 kΩ	33 kΩ			
2 V	10 kΩ	47 kΩ			
2 V	10 kΩ	100 kΩ			



V/Div =

T/Div =



V/Div =

T/Div =

SORULAR

1. Devrede neden simetrik besleme kullanılmaktadır? Belirtiniz.
2. R_F direncinde 100 kΩ üstünde değerler kullandığında teorik olarak kazanç artmasına rağmen çıkışta sabit kaç volt görülmektedir? Nedeni açıklayınız.
3. Aynı eleman değerlerine göre eviren yükselteç mi, evirmeyen yükselteç mi daha yüksek kazanç sağlar? Nedeni açıklayınız.

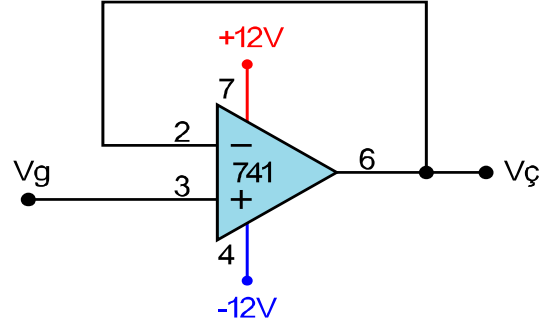
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



3.2.3. Gerilim İzleyici Uygulaması

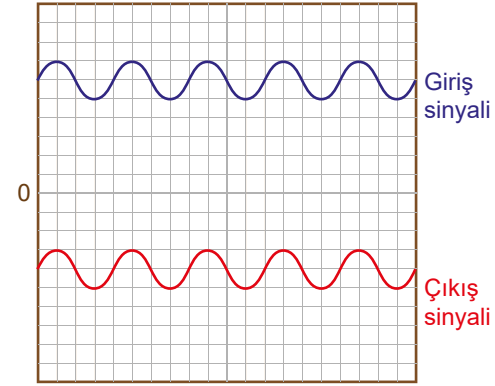
Gerilim izleyici yükselteç devreleri, gerilim kazancının 1 olduğu evirmeyen yükselteçlerdir. İşlemsel yükseltecin evirmeyen yükselteç bağlantısında giriş empedansı çok yüksek, çıkış empedansı ise düşüktür. Karşılaştırmalı devresi, yüksek çıkış empedanslı devrelerin alçak giriş empedanslı devrelere bağlanmasını sağlar. Çıkış empedansı yüksek olan devreler düşük giriş empedanslı devrelere bağlanırsa kayıplar oluşur ve çıkış genliği düşer. Gerilim izleyici devreler, bu tür iki devrenin uyumlu çalışmasını sağlayan bir tampondur.

Görsel 3.17’de işlemsel yükseltecin gerilim izleyici olarak bağlantısı verilmiştir.



Görsel 3.17: Gerilim izleyici

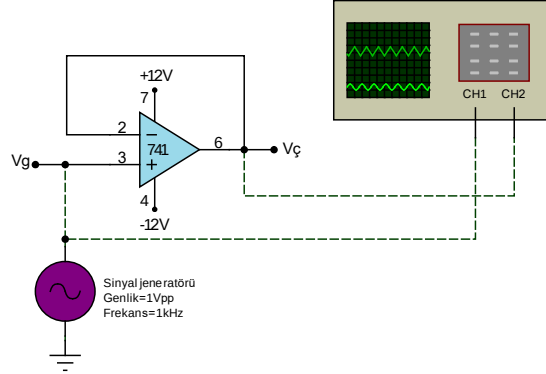
Görsel 3.18’de gerilim izleyicinin giriş ve çıkış sinyalleri.



Görsel 3.18: Gerilim izleyici giriş ve çıkış sinyalleri

AMAÇ: İşlemsel yükselteçli gerilim izleyici uygulaması yapmak.

Görsel Görsel 3.19'da gerilim izleyici devre görülmektedir. Devrenin kazancı $K = 1$ 'dir. Giriş ve çıkış gerilimi aynıdır. Empedans uygunlaştırmak için kullanılır.



Görsel 3.19: Gerilim izleyici

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.19'daki devreyi kurunuz.
2. Osilaskobun birinci kanalını V_g noktasına (giriş ucu), ikinci kanalını V_c noktasına (çıkış ucu) bağlayınız.
3. Sinyal jeneratörü ile V_g ucundan frekans 1 kHz olmak üzere sırasıyla 1 Vpp, 2 Vpp, 5 Vpp, 8 Vpp ve AC sinyal uygulayınız.
4. Çıkışta ölçülen genlikleri Tablo 3.5'e kaydediniz.
5. Giriş ve çıkış sinyallerini defterinize çiziniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 3.5: Çıkış Gerilimini Ölçme

V_g	V_c	Kazanç
1 Vpp		
2 Vpp		
5 Vpp		
8 Vpp		

SORULAR

1. Empedans nedir? Omik direnç ile arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
2. DC devrenin frekansı var mıdır? Açıklayınız.

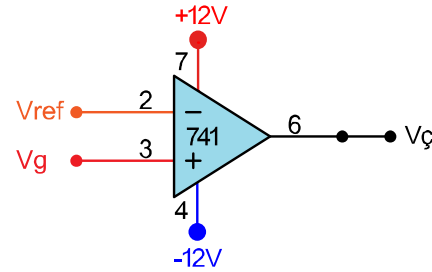
3.2.4. Karşılaştırıcı Devre Uygulaması

İşlemsel yükselteçlerle karşılaştırıcı devre uygulamalarında eviren veya evirmeyen girişlerden birine V_{ref} , diğerine ise V_g giriş gerilimi uygulanır ve bu iki sinyalin gerilim seviyesi karşılaştırılır. V_g giriş gerilimi eviren girişe verilirse **eviren karşılaştırıcı**, evirmeyen girişe verilirse **evirmeyen karşılaştırıcı** ismini alır (Görsel 3.20.a).

V_{ref} gerilimi eviren girişten verilen bir karşılaştırıcıda giriş gerilimi referans geriliminden daha küçük ($V_g < V_{ref}$) ise çıkış negatiftir. Giriş gerilimi referans geriliminden büyük ($V_g > V_{ref}$) ise çıkış pozitifdir.

Karşılaştırıcı devresi; A/D (analog to digital) çeviricilerde; delta modülatörlerinde ve daha birçok alanda kullanılan önemli bir devredir.

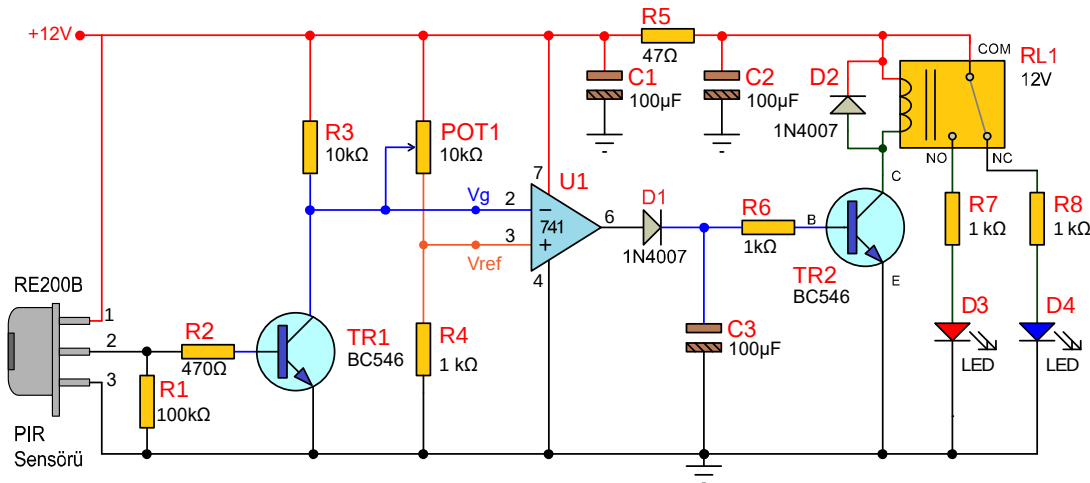
Karşılaştırıcı devrede V_g giriş gerilimi V_{ref} referans gerilimine eşitse $V_{ç}$ çıkış gerilimi sıfır (0V) olur.



Görsel 3.20.a: İşlemsel yükselteçle yapılan karşılaştırıcı

İşlemsel yükselteçli karşılaştırma devreleri oldukça sık kullanılan bağlantılardır. Karşılaştırma işlemi için oldukça pratik ve kolay çözümler sunmaktadır. Örneğin bir ısı enerjisi farkı, ışık enerjisi miktarı veya bir ağırlık farkının karşılaştırılması işlemsel yükselteçlerle kolayca yapılabilir. Görsel 3.20.b'deki devrede hareket algılama sensörü (PIR, Pyroelectric Infrared Sensor) ile ortamda bir canlı hareketin olup olmadığını tespiti, işlemsel yükseltecin karşılaştırma bağlantısı kullanılarak yapılmıştır.

PIR sensöründen gelen bilgi TR1 transistörü tarafından yükseltilip işlemsel yükseltecin eviren girişine verilmektedir. Evirmeyen giriş ise bir potansiyometre ve direnç ile belirli bir gerilim seviyesine ayarlanır. İşlemsel yükselteç, iki giriş ucu arasındaki gerilim değerini kontrol eder. Eviren girişteki gerilim evirmeyen girişe göre daha yüksekse çıkış gerilimi şase (0 Volt), eviren girişteki gerilim evirmeyen girişten daha düşük seviyedeysse çıkış gerilimi yaklaşık VCC gerilimi (burada 12 V) kadar olur. Bu gerilim ile güç anahtarlama elemanı olan TR2 iletime geçer, röle sürülür. Rölenin NO kontağına bağlı olan kırmızı LED ışık verir.



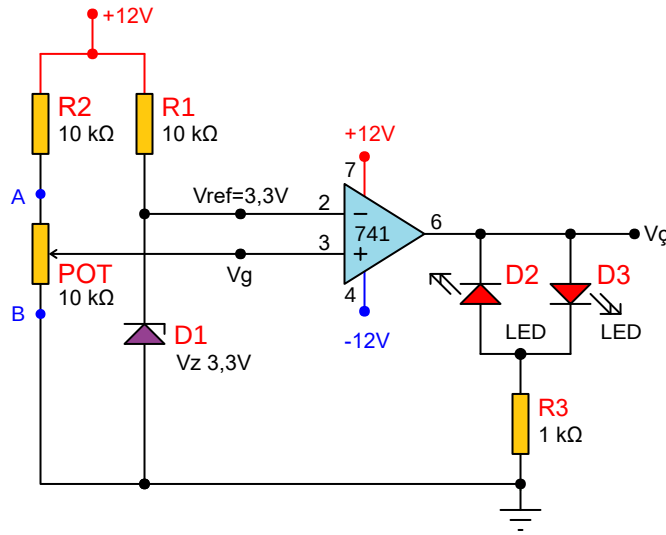
Görsel 3.20.b: İşlemsel yükselteçli karşılaştırıcı yükselteç kullanılmış PIR devresi

AMAÇ: İşlemsel yükselteçli karşılaştırıcı devre uygulaması yapmak.

Görsel 3.21'deki karşılaştırıcı devresinde kazanç en yüksek düzeydedir. Bu nedenle çıkışta en yüksek voltaj (besleme voltajına yakın) görülecektir. Çıkış voltajı, iki girişten hangisi büyükse onun işaretini (+ veya -) alacaktır. Sabit voltaj verilen uç referans kabul edilir. Devrede eviren giriş (2 no.lu uç) 3,3 V ile sabitlenmiştir.

Potansiyometreyi B konumuna yaklaştırdıkça evirmeyen giriş (3 no.lu uç) 0 V'a yaklaşacaktır. V_g 3,3 V'tan küçük olduğunda çıkış eviren girişin işaretini alacak, yaklaşık $V_{\text{ç}} = -11$ V olacaktır. Doğru polarma olan D2 LED diyodu yanacaktır.

Potansiyometreyi A konumuna yaklaştırdıkça evirmeyen giriş (3 no.lu uç) 6 V'a yaklaşacaktır. V_g 3,3 V'tan büyük olduğunda çıkış evirmeyen girişin işaretini alacak, yaklaşık $V_{\text{ç}} = 11$ V olacaktır. Doğru polarma olan D3 LED diyodu yanacaktır. $V_g = V_{\text{ref}} = 3,3$ V olursa fark sıfır olacağından çıkış da 0 V olacaktır.



Görsel 3.21: Karşılaştırıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	1 k Ω
Direnç	10 k Ω
Potansiyometre	10 k Ω
Diyot	1N4728A (3,3 V Zener)
LED	Kırmızı

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.21'deki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi V_g ve $V_{\text{ç}}$ noktalarına bağlayınız.
3. Potansiyometreyi A noktasına yaklaştırınız.
4. Voltmetreyle ölçülen değerleri ve LED'lerin durumunu Tablo 3.6'ya yazınız.
5. Potansiyometreyi B noktasına yaklaştırınız.
6. Voltmetreyle ölçülen değerleri ve LED'lerin durumunu Tablo 3.6'ya yazınız.

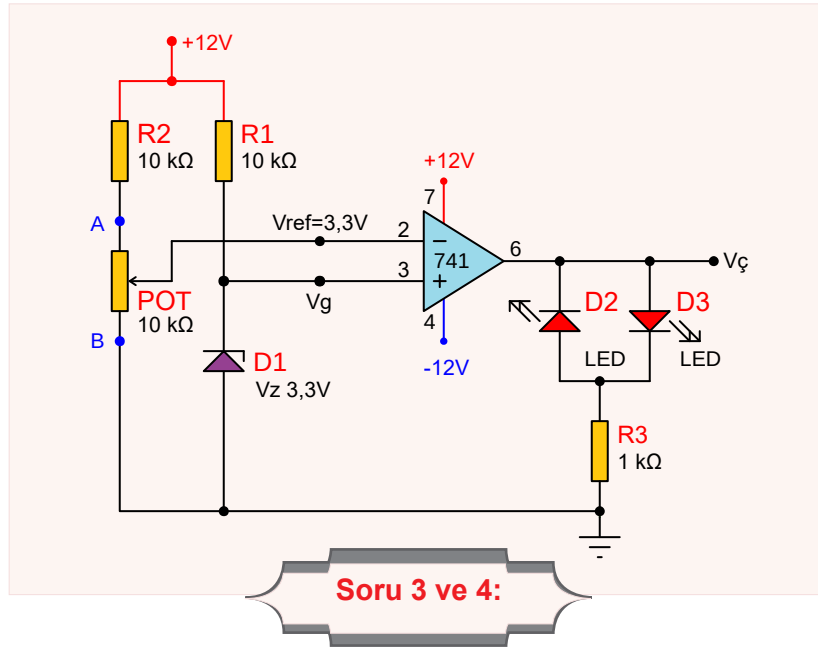
DEĞERLENDİRME

Tablo 3.6: Karşılaştırıcı Devrede Ölçme

Potansiyometre	V _g	V _ç	Aktif LED (D2/D3)
A noktasında			
B noktasında			

SORULAR

1. Karşılaştırıcının kazancı nedir? Açıklayınız.
2. Eviren veya evirmeyen girişten biri referans seçilebilir mi? Nedenini açıklayınız.
3. Aşağıdaki devre ile Görsel 3.21'deki devre arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
4. Aşağıdaki devrenin çalışmasının sonuçları nelerdir? Açıklayınız.



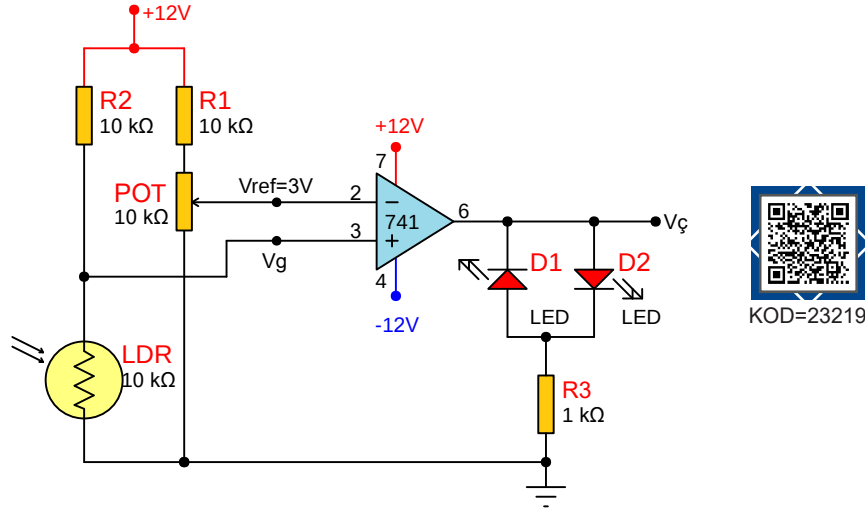
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: LDR'li karşılaştırıcı uygulaması yapmak.

Görsel 3.22'de LDR ile yapılan karşılaştırıcı devre görülmektedir. Potansiyometre ile 3 V'a ayarlanan referans gerilimi eviren uçtan verilmiştir. V_g giriş gerilimi, referans gerilimi olan 3 V'un üzerinde olduğunda çıkış pozitif, 3 V'un altında olduğunda çıkış negatif olur.

LDR karanlık ortamda direnci arttığından üzerine düşen gerilim artar. Referans gerilimi üzerine çıktığında çıkış pozitif olur (yaklaşık 11 V) ve D2 LED'i ışık verir, D1 LED'i sönmüştür. Aydınlıkta LDR'nin direnci düşer. LDR üzerine düşen gerilim de düşer. Bu gerilim 3 V'un altındaysa çıkış negatif olacağından (yaklaşık -11 V) D2 LED'i söner ve D1 LED'i ışık verir.

V_{ref} ayarlanarak istenen ışık şiddetinde çıkış vermesi de ayarlanır.



Görsel 3.22: LDR'li karşılaştırıcı devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Potansiyometre	10 kΩ
LED	Kırmızı
LDR	5 mm (10 kΩ)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. LDR'nin aydınlıkta ve karanlıkta direnç değerini ölçüp Tablo 3.7'ye yazınız.
2. Görsel 3.22'deki devreyi kurunuz.
3. Voltmetreyi eviren girişe bağlayıp (V_{ref}) 3 V olacak şekilde potansiyometreyle ayarlayınız.
4. Voltmetreyi evirmeyen girişe (V_g) bağlayınız. Karanlık ve aydınlıkta V_g noktasındaki potansiyeli (gerilimi) ve LED'lerin durumunu Tablo 3.8'e yazınız.
5. Potansiyometreyle V_{ref} değerini değiştirerek LDR'nin ışığa verdiği tepkiyi gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 3.7: LDR Direncini Ölçme

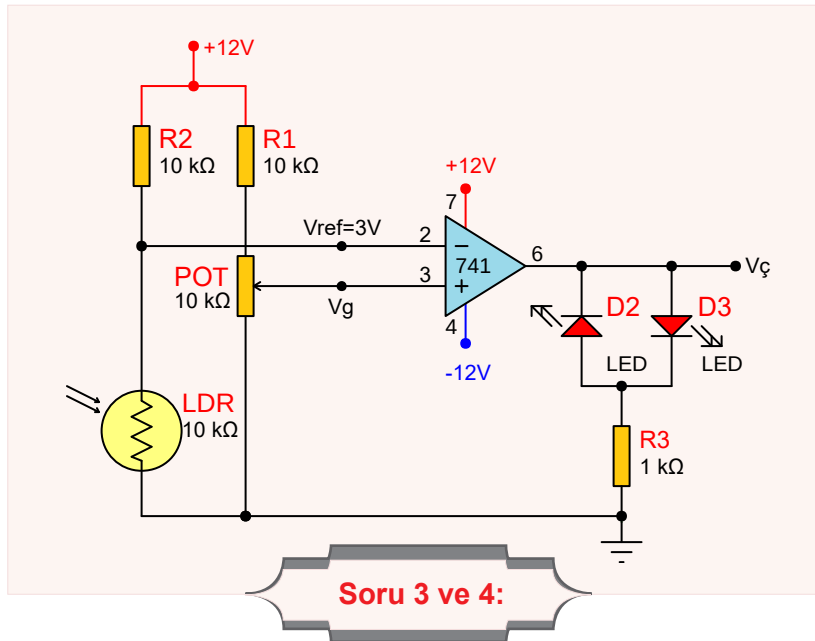
LDR	Ω
Aydınlık	
Karanlık	

Tablo 3.8: LDR Üzerine Düşen Gerilim

LDR	V_g	(Yanık LED)
Aydınlık		
Karanlık		

SORULAR

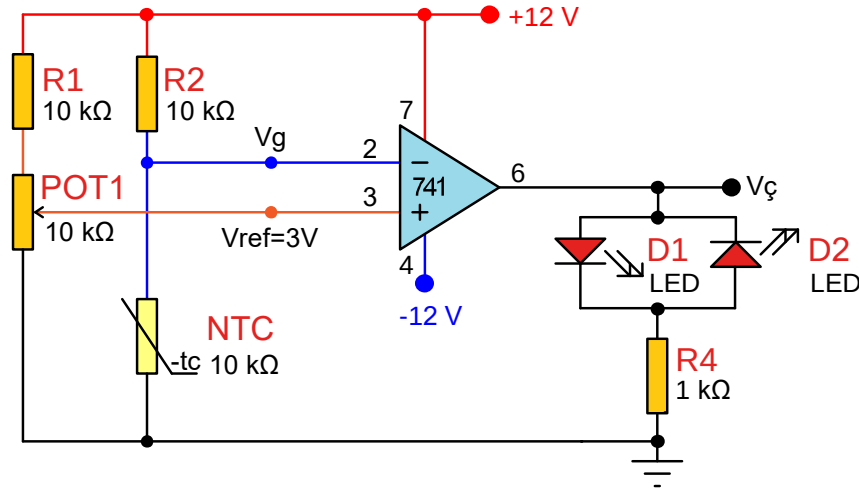
1. R2 direnci olmasaydı (kısa devre olsaydı) V_{ref} en fazla kaç volt olurdu? Açıklayınız.
2. LDR'nin karanlıktaki direnciyle R1 direnci eşit olursa V_g kaç volt olur? Açıklayınız.
3. Aşağıdaki devre ile Görsel 3.22'deki devre arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
4. Aşağıdaki devrenin çalışmasının sonuçları nelerdir? Açıklayınız.



NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: NTC'li karşılaştırıcı uygulaması yapmak.

Görsel 3.23'teki NTC kullanılarak yapılan karşılaştırıcı devre görülmektedir. Referans olarak evirmeyen giriş potansiyometre ile 3 V'a ayarlanmıştır. Oda sıcaklığında yaklaşık değeri 10 k Ω 'luk dirence sahip NTC'nin uçlarında yaklaşık 6 V'luk bir gerilim düşer. Eviren girişteki 6 V, evirmeyen girişteki 3 V'tan büyük olduğu için karşılaştırıcının çıkışı negatif olur, D2 LED'i ışık verir. Ters polarma olan D1 LED'i sönmektedir. NTC ısıtıldığında direnci düşer. NTC üzerindeki gerilim de düşer. NTC üzerindeki gerilim (V_g) 3 V'un altına düştüğünde evirmeyen giriş, eviren girişin gerilim değerinden büyük olacağından çıkış pozitif olur ve D1 LED'i yanar, ters polarma olan D2 LED'i söner.



Görsel 3.23: NTC'li karşılaştırıcı devre

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	1 k Ω
Direnç	10 k Ω
Potansiyometre	10 k Ω
LED	Kırmızı
NTC	10 k Ω

İŞLEM BASAMAKLARI

1. NTC'nin oda sıcaklığında ve ısıtıldığında (Havya kullanılabilir.) direnç değerini ölçüp Tablo 3.9'a yazınız.
2. Görsel 3.23'teki devreyi kurunuz.
3. Voltmetreyi evirmeyen girişe bağlayıp (V_{ref}) 3 V olacak şekilde potansiyometreyle ayarlayınız.
4. Voltmetreyi eviren girişe (V_g) bağlayınız. NTC oda sıcaklığında ve ısıtıldığında V_g noktasındaki gerilimi ve LED'lerin durumunu Tablo 3.10'a yazınız.
5. Potansiyometreyle V_{ref} değerini değiştirerek NTC'nin sıcaklığa verdiği tepkiyi gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 3.9: NTC'nin Direncini Ölçme

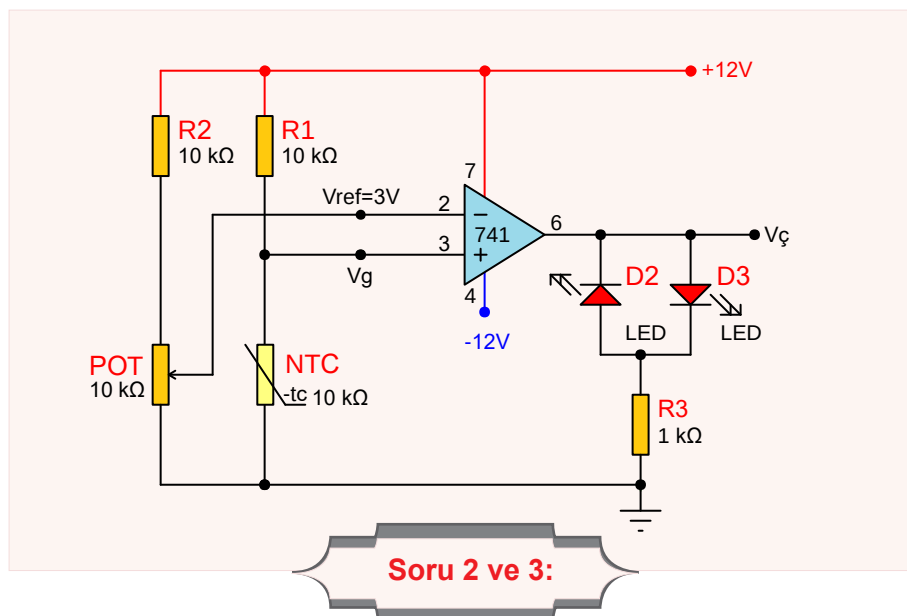
NTC	Ω
Normalde	
Isıtıldığında	

Tablo 3.10: NTC Üzerine Düşen Gerilim

NTC	Vg	(Yanık LED)
Normalde		
Isıtıldığında		

SORULAR

1. Oda sıcaklığında yanan LED'in sıcaklık artınca sönmesi için devrede nasıl değişiklikler yapılabilir? Devreyi ters çalışacak şekilde tasarlayınız.
2. Aşağıdaki devre ile Görsel 3.23'teki devre arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
3. Aşağıdaki devrenin çalışmasının sonuçları nelerdir? Açıklayınız.

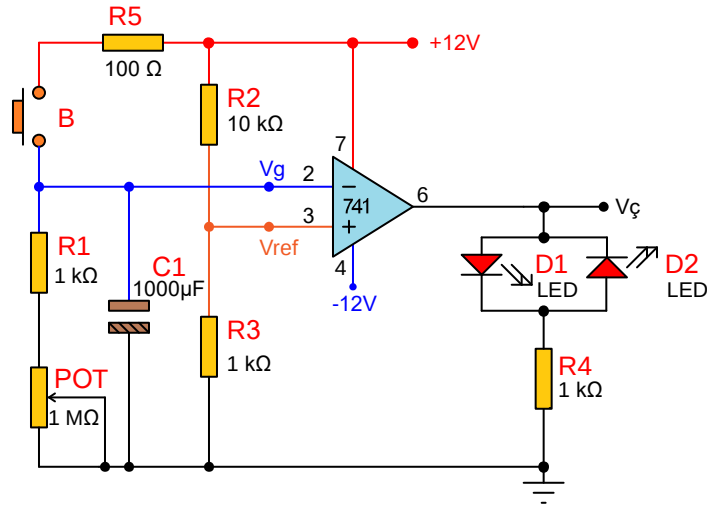


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: İşlemsel yükselteçli turn on devre uygulaması yapmak.

Görsel 3.24'deki turn on devresi, işlemsel yükseltecin karşılaştırıcı olarak kullanılmasıyla yapılmıştır. Devreye enerji verildiğinde evirmeyen girişteki Vref noktası R2 ve R3 gerilim bölücü dirençleriyle yaklaşık 1 V olur. Eviren girişteki Vg noktası ile 0 V'tur. Evirmeyen giriş eviren girişten büyük olduğundan karşılaştırıcının çıkışı pozitifdir ve D1 LED'i ışık vermektedir, D2 LED'i sönmüştür.

B butonuna basıldığı anda C1 kondansatörü kaynak gerilimine (yaklaşık 12 V) şarj olur. $V_g > V_{ref}$ olduğundan çıkış negatif olur ve D1 LED'i söner, D2 LED'i ışık verir. Butondan el çekildiğinde C1 kondansatörü R1 ve potansiyometre üzerinden deşarj olur. Deşarj süresi R1, POT ve C1'e bağlıdır. C1 üzerindeki gerilim (V_g); Vref geriliminin (yaklaşık 1 V) altına indiğinde çıkış pozitif olur ve D1 LED'i yanar, D2 LED'i söner. B butonuna basıldığında kısa devre korumalı güç kaynakları kısa devre korumasına geçebilir. Bunu önlemek için butona (veya C1'e) seri 100 Ω 'luk direnç bağlanır.



Görsel 3.24: İşlemsel yükselteçli turn on devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	1 k Ω
Direnç	10 k Ω
Direnç	1 M Ω
Potansiyometre	100 Ω
LED	Kırmızı
Buton	Push buton (Başlatma) NO
Kondansatör	1000 μ f/16V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.24'teki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi evirmeyen girişe bağlayıp, V_{ref} gerilimini ölçüp Tablo 3.11'e yazınız.
3. Voltmetreyi eviren girişe (V_g) bağlayınız. Butona basarak V_g gerilimini gözlemleyiniz. $V_g < V_{ref}$ olduğunda LED1 yanacaktır.
4. Potansiyometrenin farklı konumlarında butona basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.

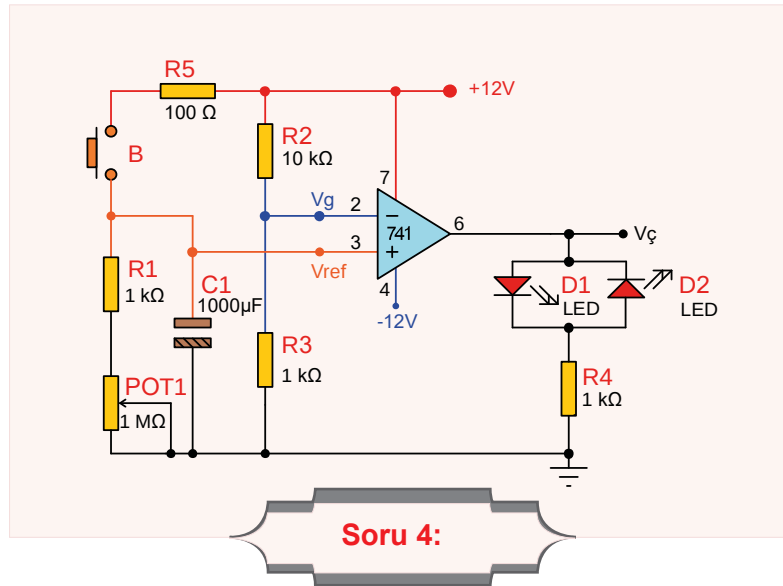
DEĞERLENDİRME

Tablo 3.11: Karşılaştırmalı Devrede Ölçme

Evirmeyen giriş	V
V_{ref}	

SORULAR

1. V_{ref} 'in değerini yükseltmek için hangi direncin değeri artırılmalıdır? Yazınız.
2. R1 direnci olmasaydı (kısa devre olsaydı) hangi eleman zarar görürdü? Belirtiniz.
3. C1 kondansatörü en az kaç Ω üzerinden deşarj olur? Yazınız.
4. Aşağıdaki devrenin bağlantılarının değişmesi ile devrenin çalışmasında nasıl bir değişiklik olmuştur? Açıklayınız.



Soru 4:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

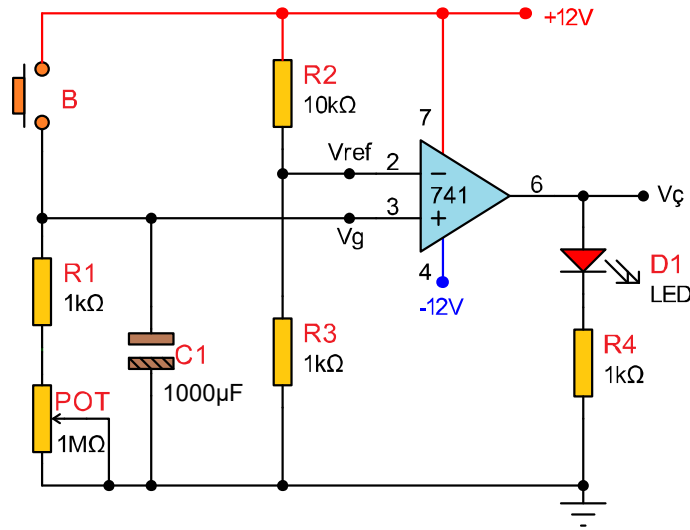
AMAÇ: İşlemsel yükselteçli turn off devre uygulaması yapmak.

Görsel 3.25'deki turn off devresi işlemsel yükseltecin karşılaştırıcı olarak kullanılmasıyla yapılmıştır. Devreye enerji verildiğinde eviren girişteki Vref noktası R2 ve R3 gerilim bölücü dirençleriyle yaklaşık 1 V olur.

Evirmeyen girişteki Vg noktası ise 0 V'tur. Eviren giriş evirmeyen girişten büyük olduğundan karşılaştırıcının çıkışı negatiftir ve LED söner.

B butonuna basıldığı anda C1 kondansatörü kaynak gerilimine (yaklaşık 12V) şarj olur. $V_g > V_{ref}$ olduğundan çıkış pozitif olur ve LED yanar.

Butondan el çekildiğinde C1 kondansatörü R1 ve potansiyometre üzerinden deşarj olur. Deşarj süresi R1, POT ve C1'e bağlıdır. C1 üzerindeki gerilim (V_g), Vref geriliminin (yaklaşık 1 V) altına indiğinde çıkış negatif olur ve LED söner.



Görsel 3.25: İşlemsel yükselteçli turn off devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	1000 μf/16V
Potansiyometre	1 MΩ
LED	Kırmızı
Buton	Push buton (Başlatma) NO

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.25'teki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi $V_{\text{ç}}$ noktasına bağlayınız.
3. Butona basarak LED'in yanık ve sönmük durumlarında $V_{\text{ç}}$ gerilimini ölçüp Tablo 3.12'ye yazınız.
4. Voltmetreyi evirmeyen girişe (V_g) bağlayınız. Butona basarak V_g gerilimini gözlemleyiniz. $V_g < V_{\text{ref}}$ olduğunda LED sönecektir.
5. Potansiyometrenin farklı konumlarında butona basarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 3.12: Gerilimi ($V_{\text{ç}}$) Ölçme

Çıkış Gerilimi	LED Yanık	LED Sönük
$V_{\text{ç}}$		

SORULAR

1. C1 kondansatörü hangi dirençler üzerinden deşarj olmaktadır? Yazınız.
2. R3 direncinin değeriyle LED'in yanma süresi arasında nasıl bir ilişki vardır? Belirtiniz.
3. LED'in yönü ters çevrilirse devre hangi devreye dönüşür? Yazınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

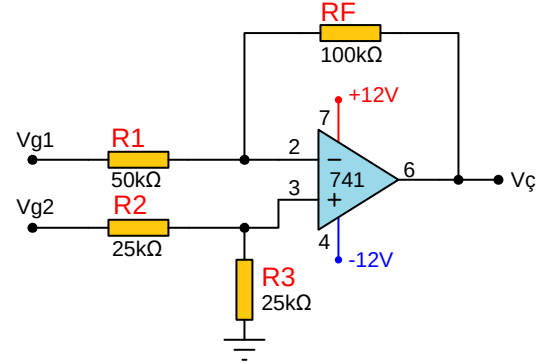


3.2.5.Çıkarıcı Devre Uygulaması

Devre aynı anda eviren ve evirmeyen yükselteç olarak çalışır. Çıkış gerilimi, iki giriş geriliminden oluşacak çıkış gerilimlerinin farkıdır.

$$\text{Çıkış gerilimi } V_{\text{Ç}} = -\left[\left(\frac{R_F}{R_1} \times V_{g1}\right)\right] + \left[\left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \times \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \times V_{g2}\right)\right] \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

Görsel 3.26'da işlemsel yükseltecin çıkarıcı (fark) yükselteç olarak kullanılması verilmiştir.



Görsel 3.26: Çıkarıcı devresi



Örnek: Bir çıkarıcı devresinde $R_F=100 \text{ k}\Omega$, $R_1=50 \text{ k}\Omega$, $R_2=25 \text{ k}\Omega$, $R_3=25 \text{ k}\Omega$ 'dur. $V_{g1}=0,1 \text{ V}$ ve $V_{g2}=0,5 \text{ V}$ giriş gerilimleri uygulandığına göre çıkış gerilimi $V_{\text{Ç}}$ 'yi hesaplayınız.

Çözüm:
$$V_{\text{Ç}} = -\left[\left(\frac{R_F}{R_1} \times V_{g1}\right)\right] + \left[\left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \times \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \times V_{g2}\right)\right]$$

$$V_{\text{Ç}} = -\left[\left(\frac{100\text{k}\Omega}{50\text{k}\Omega} \times 0,1\right)\right] + \left[\left(1 + \frac{100\text{k}\Omega}{50\text{k}\Omega}\right) \times \left(\frac{25\text{k}\Omega}{25\text{k}\Omega + 25\text{k}\Omega} \times 0,5\right)\right] \Rightarrow$$

$$V_{\text{Ç}} = -[2 \times 0,1] + [(1 + 2) \times (0,5 \times 0,5)] \Rightarrow V_{\text{Ç}} = -[0,2] + [3 \times 0,25] \Rightarrow$$

$$V_{\text{Ç}} = -[0,2] + [0,75] \Rightarrow V_{\text{Ç}} = 0,55\text{Volt}$$

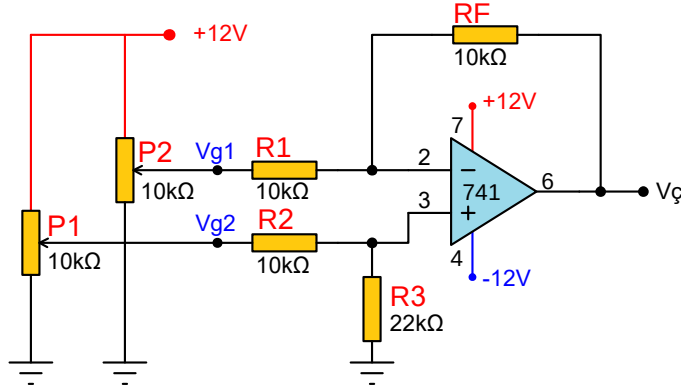


AMAÇ: İşlemsel yükselteçli çıkarıcı devre uygulaması yapmak.

Görsel 3.27'deki çıkarıcı devre girişlerindeki gerilimlerin farkını alıp ($V_{g2}-V_{g1}$) kazanç kadar yükselterek çıkışa aktaran devredir. P1 ve P2 potansiyometreleriyle ayarlanan gerilimler birbirinden çıkarılır.

Eviren girişteki gerilim büyük olursa çıkışta negatif gerilim değeri görülürken evirmeyen girişteki gerilim büyük olduğunda çıkışta pozitif gerilim değeri görülür. Kazanç ne kadar büyük olursa olsun çıkış gerilimi besleme gerilimini aşamaz.

Devrede iki potansiyometrenin kullanılmasının amacı eviren veya evirmeyen girişlerinin istenen gerilim değerine ayarlanmasıdır. Sabit bir referans değeri için potansiyometre yerine zener diyot kullanılabilir.



Görsel 3.27: İşlemsel yükselteçli çıkarıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	25 kΩ
Direnç	33 kΩ
Direnç	47 kΩ
Direnç	100 kΩ
Potansiyometre	10 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.27'deki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi V_{g1} ve V_{g2} noktalarına bağlayınız.
3. V_{g1} ve V_{g2} gerilimlerini sırasıyla Tablo 3.13'teki değerler olacak şekilde P1 ve P2 potansiyometreleriyle ayarlayarak $V_{ç}$ noktasındaki gerilim değerlerini ölçüp Tablo 3.13'e yazınız.
4. Farklı R_F direnç değerlerini kullanarak çıkışı gözlemleyiniz.

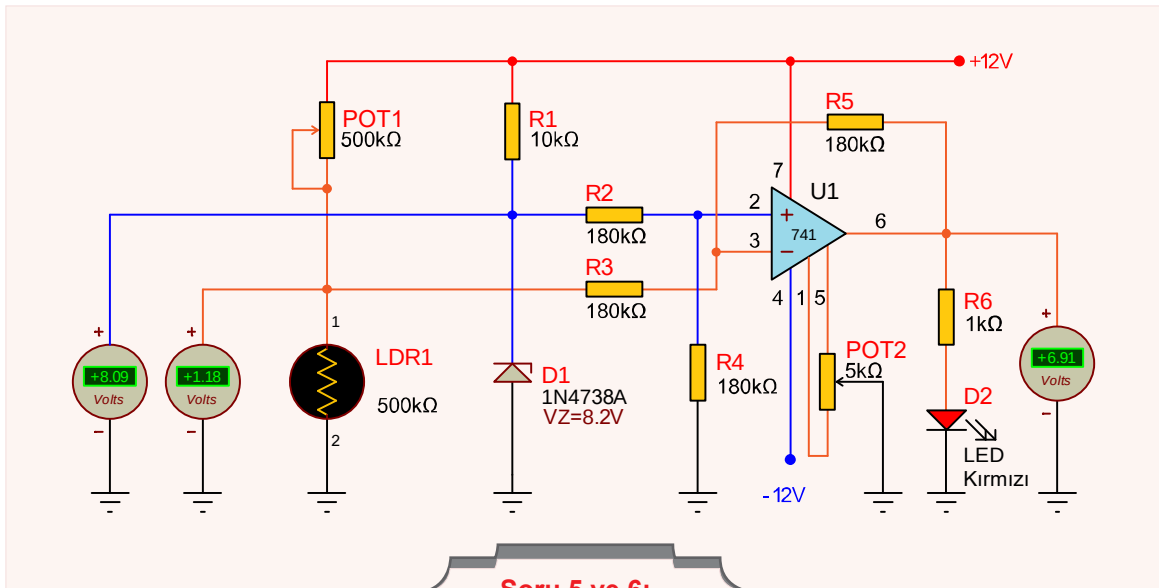
DEĞERLENDİRME

Tablo 3.13: Çıkış (V_ç) Gerilimi

V _{g1}	V _{g2}	V _ç
2 V	7 V	
4 V	5 V	
6 V	3 V	
8 V	1 V	

SORULAR

1. Çıkarıcı devrenin karşılaştırıcı devreden farkı nedir? Açıklayınız.
2. RF direnci R1 veya R2'den küçük olabilir mi? Nedenini açıklayınız.
3. R2 ve R3 dirençlerinin görevi nedir? Açıklayınız.
4. Evirmeyen girişe R2 ve R3 dirençleri olmadan gerilim verildiğinde çıkarıcı devrenin formülü nasıl olurdu? Yazınız.
5. Aşağıda bulunan devre, çıkarma işlemi yaparak ışık şiddetini ölçmeye yarayan bir devredir. Bu devrede çıkarma işlemi nasıl yapılmaktadır? Açıklayınız.
6. Devrenin V_ç çıkışından nasıl bir gerilim değeri alınacaktır? Açıklayınız



Soru 5 ve 6:

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

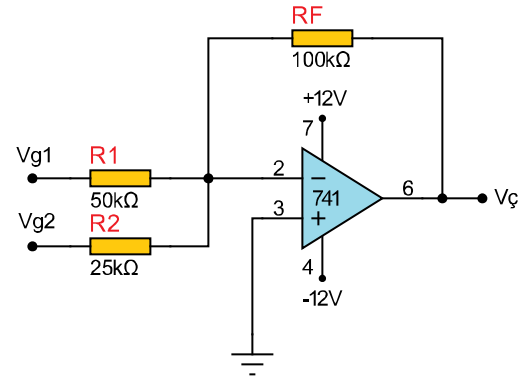
3.2.6. Toplayıcı Devre Uygulaması

Toplayıcı yükselteç devresi eviren bir yükselteçtir ve giriş ile çıkış gerilimleri arasında 180° faz farkı vardır. Her bir giriş gerilimini devre kazancı ile çarpar ve bunları matematiksel olarak toplayıp çıkışa iletir. Toplayıcı devrenin giriş sayısı artırılabilir. Toplayıcı devrede giriş gerilimleri toplamalarının devre kazancı ile çarpımı, kaynak geriliminden küçük olmalıdır. Aksi hâlde kaynak geriliminin 1 volt kadar altında çıkış sınırlandırılır. Çıkış gerilimi

$$V_{\text{ç}} = - \left[\left(\frac{R_F}{R_1} \times V_{g1} \right) + \left(\frac{R_F}{R_2} \times V_{g2} \right) \right] \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

Görsel 3.28.a'da işlemsel yükseltecin toplayıcı yükselteç olarak kullanılması görülmektedir.

Görsel 3.28.b'de ise işlemsel yükselteci toplayıcı yükselteç olarak kullanılarak bir buton grubu tasarlanmıştır. Her butona ait bir gerilim değeri vardır. Bu değer okunarak hangi butona basıldığı terspit edilebilir. Direnç değerleri standart değildir, değiştirilebilir.



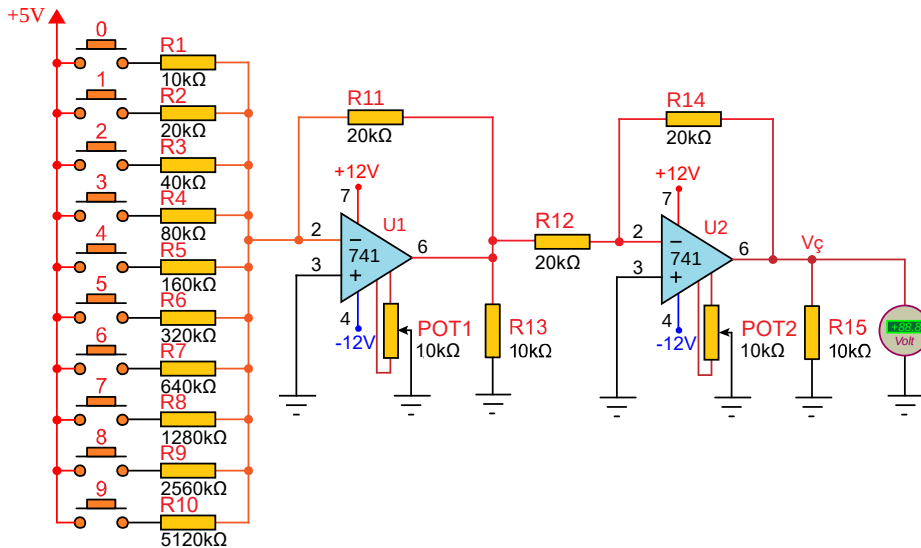
Görsel 3.28.a: Toplayıcı devre



Örnek: Bir toplayıcı devresinde $R_F=100 \text{ k}\Omega$, $R_1=50 \text{ k}\Omega$, $R_2=25 \text{ k}\Omega$ 'dır. $V_{g1}=0,1 \text{ V}$ ve $V_{g2}=0,5 \text{ V}$ giriş gerilimleri uygulandığına göre çıkış gerilimi $V_{\text{ç}}$ 'yi hesaplayınız.

$$\text{Çözüm: } V_{\text{ç}} = - \left[\left(V_{g1} \times \frac{R_F}{R_1} \right) + \left(V_{g2} \times \frac{R_F}{R_2} \right) \right] \Rightarrow V_{\text{ç}} = - \left[\left(0,1 \times \frac{100 \text{ k}\Omega}{50 \text{ k}\Omega} \right) + \left(0,5 \times \frac{100 \text{ k}\Omega}{25 \text{ k}\Omega} \right) \right] \Rightarrow$$

$$V_{\text{ç}} = - \left[(0,1 \times 2) + (0,5 \times 4) \right] \Rightarrow V_{\text{ç}} = - (0,2 + 2) \Rightarrow V_{\text{ç}} = -2,2 \text{ Volt}$$



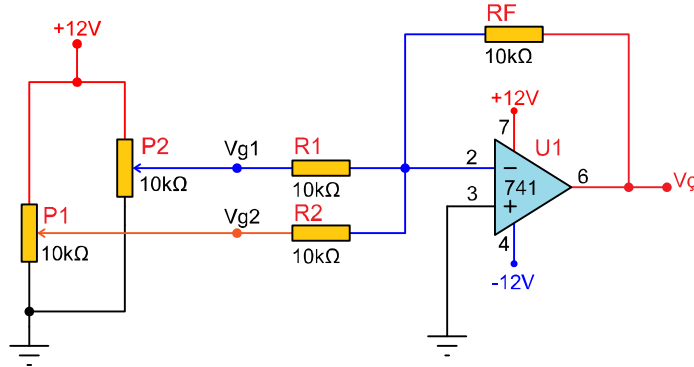
Görsel 3.28.b: Toplayıcı devre ile yapılmış buton grubu

AMAÇ: İşlemsel yükselteçli toplayıcı devre uygulaması yapmak.

Görsel 3.29'daki toplayıcı devresi, eviren yükseltece birden fazla giriş uygulanması ile oluşur. Girişlerin sayısı istenilen kadar artırılabilir, herhangi bir sınırlama yoktur.

Her bir giriş için çıkış, RF direnciyle birlikte o girişin direncine bağlıdır. Devrede P1 ve P2 potansiyometreleriyle ayarlanan V_{g1} ve V_{g2} giriş gerilimleri devredeki kazanç 1 olduğundan toplanarak çıkışa aktarılır.

Girişler eviren girişten verildiğinden çıkış gerilimi, giriş gerilimlerinin toplamının tersidir. Tüm işlemsel yükselteçli devrelerde olduğu gibi toplayıcı devre çıkış gerilimi besleme gerilimini geçemez.



Görsel 3.29: İşlemsel yükselteçli toplayıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	22 kΩ
Direnç	33 kΩ
Direnç	47 kΩ
Direnç	4,7 kΩ
Potansiyometre	10 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.29'daki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi V_{g1} ve V_{g2} noktalarına bağlayınız.
3. V_{g1} ve V_{g2} gerilimlerini sırasıyla Tablo 3.14'teki değerler olacak şekilde P1 ve P2 potansiyometreleriyle ayarlayarak, V_c noktasındaki gerilim değerlerini ölçüp Tablo 3.14'e yazınız.
4. RF direncini sırasıyla 22 kΩ, 33 kΩ, 47 kΩ ve 4,7 kΩ ile değiştirip V_c noktasındaki gerilimi Tablo 3.14'e yazınız.
5. P1 ve P2'yi ayarlayarak farklı V_{g1} ve V_{g2} değerlerinde V_c gerilimini gözlemleyiniz.

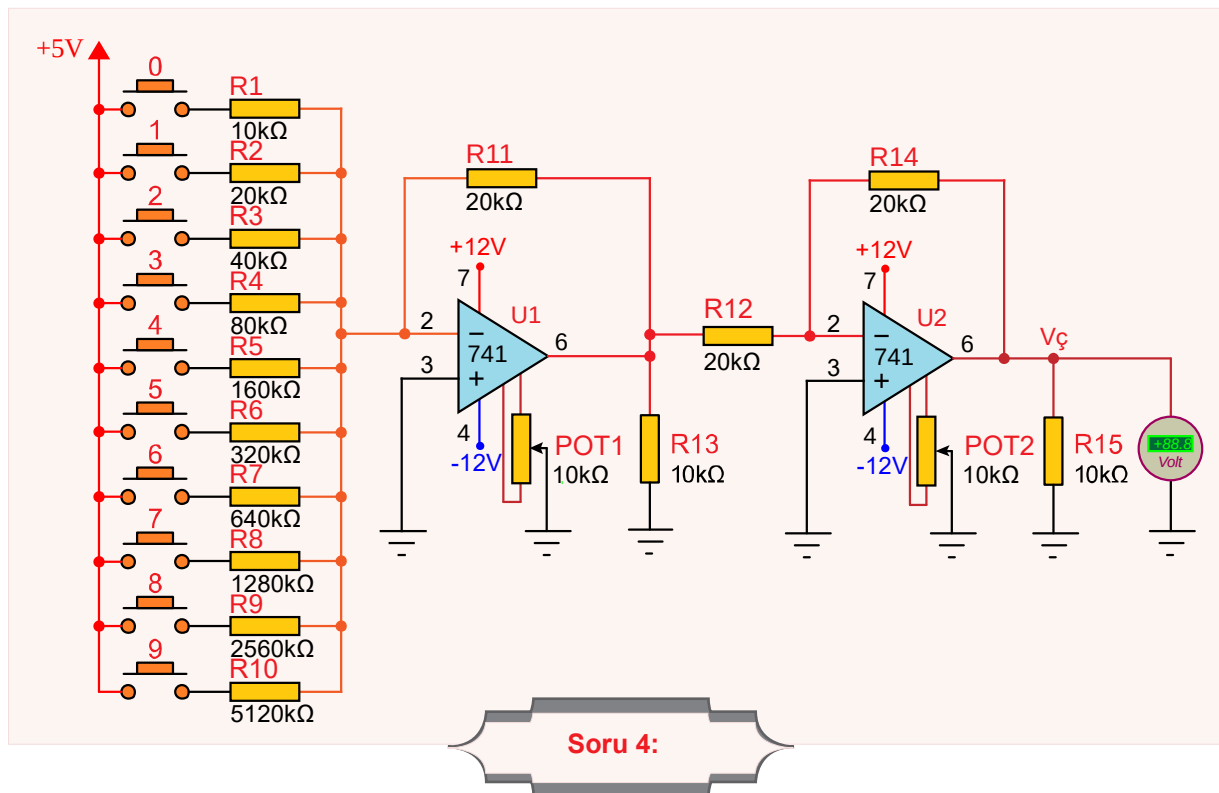
DEĞERLENDİRME

Tablo 3.14: $V_{\text{ç}}$ Çıkış Gerilimi Ölçme

Vg1	Vg2	Vç
2 V	1 V	
4 V	3 V	
6 V	5 V	
8 V	7 V	

SORULAR

1. Vç neden hep negatif (-) çıkmaktadır? Belirtiniz.
2. Vg2 noktası, potansiyometre ile bağlantısı kesilip işlemsel yükseltecin 4 numaralı ucuna bağlanırsa (-12 V verilirse) çıkış işareti ne olur? Yazınız.
3. Görsel 3.29'da R1 ve R2 dirençleri 1 kΩ seçilirse eviren ve evirmeyen girişler için kazanç ne olur? Hesaplayınız.
4. Aşağıdaki devrede 5 no.lu butona basıldığında çıkış voltajı ne olur? Hesaplayınız.

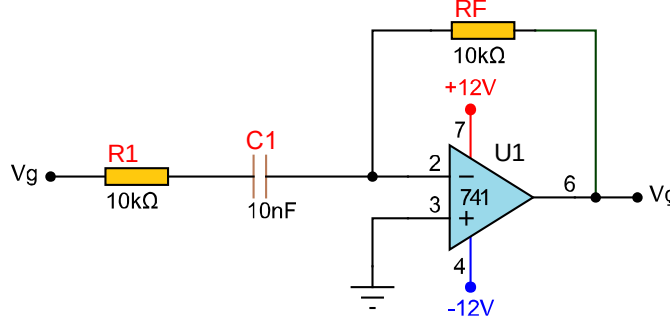


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

3.2.7. Türev Alıcı Devre Uygulaması

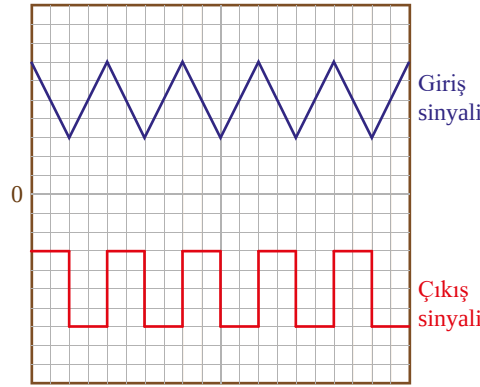
Türev alıcı devreler, girişlerine uygulanan üçgen sinyali çıkışlarında kare dalga sinyale çeviren devrelerdir. Bu devreler, içinde eğim veya değişim barındıran tüm işaretlerin türevini alabilir. Matematiksel alanda türev, fonksiyonun herhangi bir noktadaki değişim hızını gösterir. Türev alıcı devre aynı zamanda bir eviren yükselteç devresidir. Devrede türev alma işlemini **C1** kondansatörü ve **RF** direnci yapmaktadır.

İşlemsel yükselteç ile yapılmış türev alıcı devre Görsel 3.30'da verilmiştir.



Görsel 3.30: Türev alıcı devre

Türev alıcı devrenin giriş ve çıkış sinyalleri Görsel 3.31'de verilmiştir.



Görsel 3.31: Türev alıcı devrenin giriş ve çıkış sinyalleri

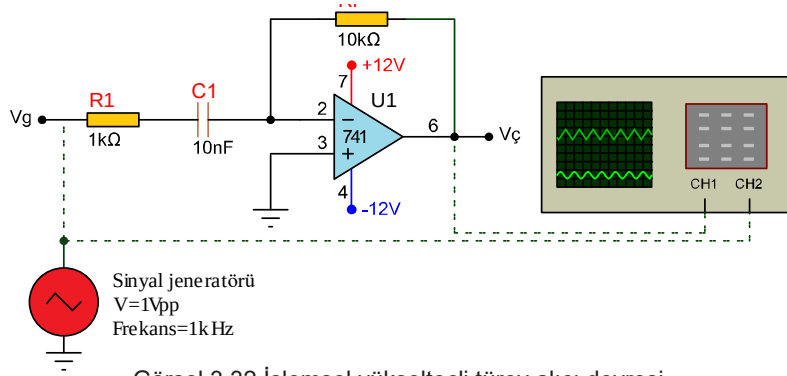
Devrenin türev alıcı olarak çalışması için aşağıdaki iki koşul sağlanmalıdır.

- Girişe uygulanan sinyalin frekansı, f_c kritik frekanstan küçük veya frekansa eşit olmalıdır.
- Devrenin zaman sabitesi ($T = R_F \times C_1$) ile girişe uygulanan sinyalin periyodu birbirine eşit veya yakın bir değerde olmalıdır.

Devrede bu şartlardan birisi veya ikisi sağlanmıyorsa türev alıcı devre; girişine uygulanan sinyalin türevini alamaz, tersleyen (faz çeviren, inverting) yükselteç olarak çalışır ve devrenin kazancı $A = -R_F / R_1$ olur.

AMAÇ: İşlemsel yükselteçle türev alıcı devre uygulaması yapmak.

Görsel 3.32'deki türev alıcı devre, girişine uygulanan üçgen dalga sinyalini çıkışta kare dalga sinyali olarak veren devredir. Türev alıcı devre aynı zamanda bir eviren yükselteçtir. Türev alma işlemini C1 kondansatörü yapmaktadır. Giriş sinyalinin yükselen eğiminde çıkış negatifken giriş sinyalinin alçalan eğiminde çıkış pozitifdir. Yüksek frekanslarda C1 kondansatörü kısa devre gibi davranır ve kazanç çok yükselir.



Görsel 3.32 İşlemsel yükselteçli türev alıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	10 nF/16 V

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.32'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü 1 Vpp–1 kHz'lik ayarlayınız ve Vg noktasından üçgen dalga sinyal uygulayınız.
3. Osilaskobu Vç noktasındaki bağlayıp çıkış sinyalini genliğini Tablo 3.15'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 3.15: Vç Çıkış Genliğini Ölçme

Vg	Vç
1 Vpp–1 kHz	

SORU

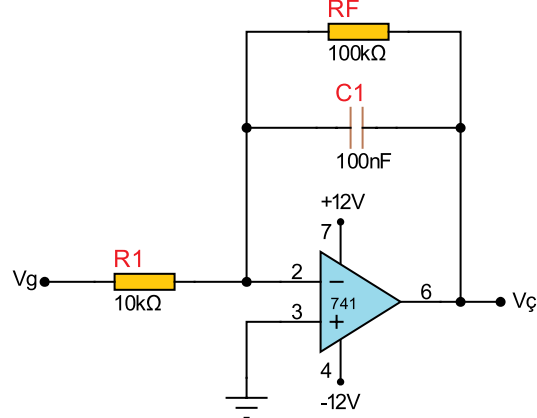
1. Kondansatör hangi durumda direnç gibi davranır? Kapasitif reaktans (X_c) nedir? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

3.2.8. İntegral Alıcı Devre Uygulaması

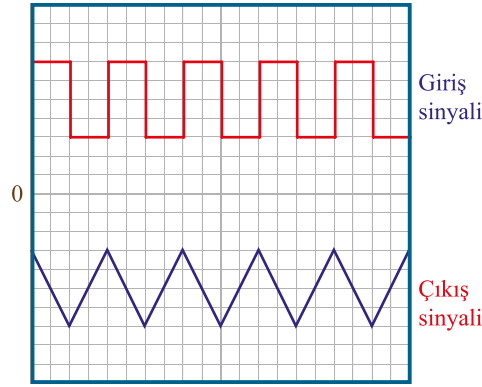
İntegral alıcı devreler, girişlerine uygulanan kare dalga işareti çıkışlarında üçgen işarete çeviren devrelerdir. Türev devresindeki seri kondansatör, geri besleme direncine paralel bağlanarak integral alıcı devre elde edilir. İntegral alıcı devre aynı zamanda eviren yükselteç devresidir.

Görsel 3.33'te integral alıcı devre verilmiştir.



Görsel 3.33: İşlemsel yükselteçli integral alıcı devresi

Görsel 3.34'te de giriş ve çıkış sinyalleri verilmiştir.



Görsel 3.34: İntegral alıcı devresi giriş ve çıkış sinyalleri

Devrenin integral alıcı olarak çalışması için aşağıdaki iki koşul sağlanmalıdır.

- Girişe uygulanan sinyalin frekansı, f_c kritik frekanstan büyük veya frekansa eşit olmalıdır.
- Devrenin zaman sabitesi $T = R_F \times C_1$ ile girişe uygulanan sinyalin periyodu birbirine eşit veya yakın bir değerde olmalıdır.

Devrede bu şartlardan birisi veya ikisi sağlanmıyorsa integral alıcı devre, girişine uygulanan sinyalin integralini alamaz, tersleyen (faz çeviren, inverting) yükselteç olarak çalışır. Bu hâliyle devrenin kazancı

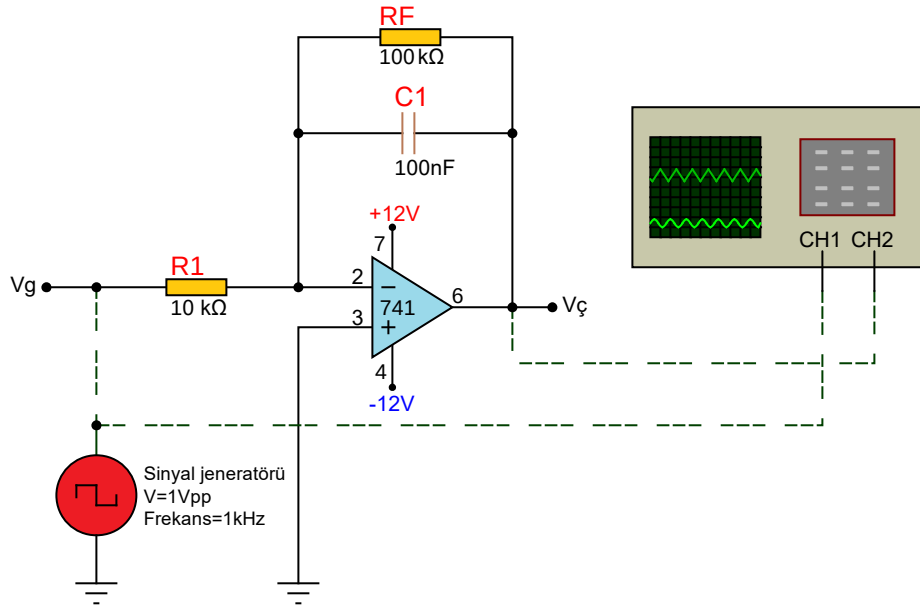
$$A = \frac{-R_F}{R_1} \text{ olur.}$$

AMAÇ: İşlemsel yükselteçli integral alıcı devre uygulaması yapmak.

İntegral alıcı devre, girişine uygulanan kare dalga sinyalinin integralini alarak çıkışta üçgen dalga sinyali olarak veren devredir. İntegral alıcı devre aynı zamanda bir eviren yükselteçtir.

İntegral alma işlemini C1 kondansatör yapmaktadır. Giriş sinyalinin yüksek seviyesinde çıkış al-
çalırken giriş sinyalin düşük seviyesinde çıkış sinyali yükselir. Yüksek frekanslarda C1 kondansatörü kısa devre gibi davranır ve kazanç azalır.

Görsel 3.35'te eviren yükselteç devresi ile tasarlanmış integral alıcı devresi görülmektedir.



Görsel 3.35: İşlemsel yükselteçli integral alıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	100 kΩ
Kondansatör	100 nF/ 16 V

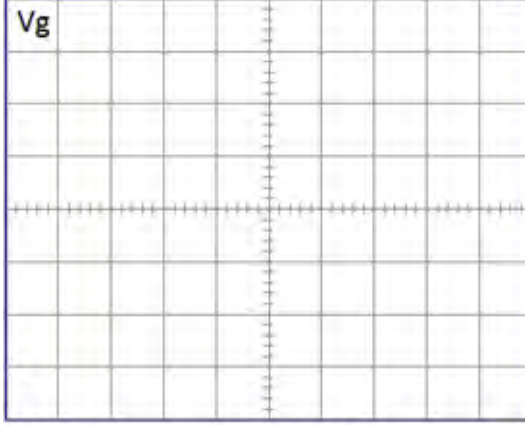
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.35'teki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü Vg noktasına bağlayınız. Vg noktasından 1 Vpp–1 kHz'lik kare dalga sinyal uygulayınız.
3. Osilaskobu Vç noktasındaki bağlayıp çıkış sinyalini genliğini Tablo 3.16'ya yazıp giriş ve çıkış sinyallerini ayrılan yerlere çiziniz.
4. Giriş sinyalinin frekansını 500 Hz olarak ayarlayınız. Çıkış sinyalinin genliğini Tablo 3.16'ya yazınız.
5. Giriş sinyalinin frekansını 100 Hz olarak ayarlayınız. Çıkış sinyalinin genliğini Tablo 3.16'ya yazınız.

DEĞERLENDİRME

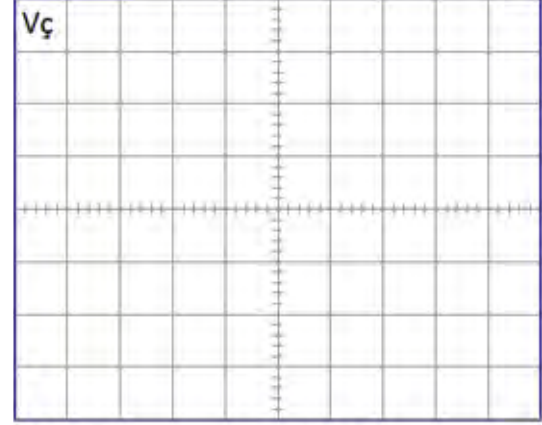
Tablo 3.16: Çıkışın Genliğini Ölçme

V _g	V _ç
1 V _{pp} –1 kHz	
1 V _{pp} –500 Hz	
1 V _{pp} –100 Hz	



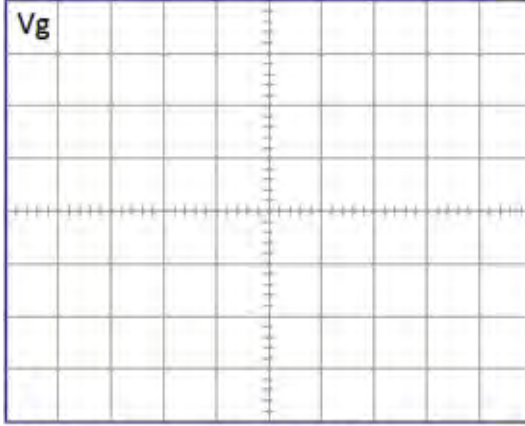
V/Div =

T/Div =



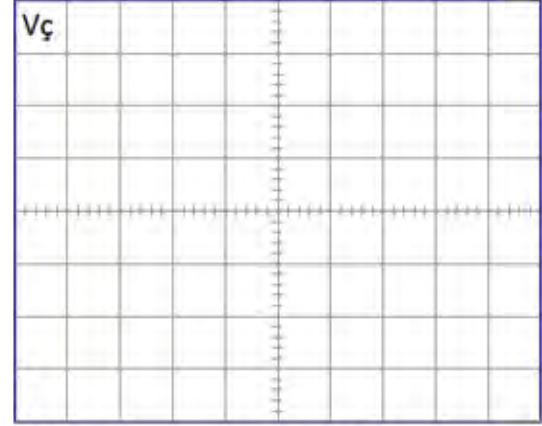
V/Div =

T/Div =



V/Div =

T/Div =



V/Div =

T/Div =

SORULAR

1. Devrenin kazancını hangi elemanlar belirler? Açıklayınız.
2. Frekansın çıkış genlik değerine etkisi nedir? Açıklayınız.
3. 1 kHz frekansta eşdeğer RF direncinin değeri nedir? Bulunuz.
4. Frekans azaldıkça çıkış genliği neden artmaktadır? Açıklayınız.

NOT:

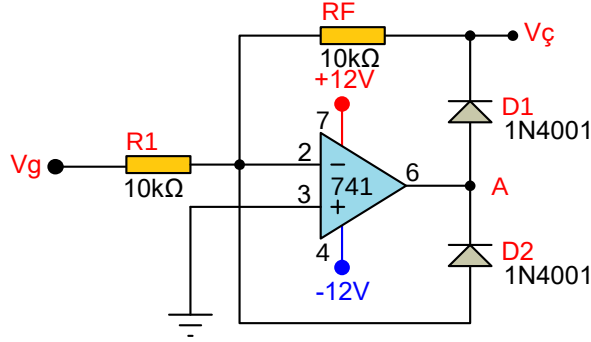
Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



3.2.9. Doğrultmaç Devre Uygulaması

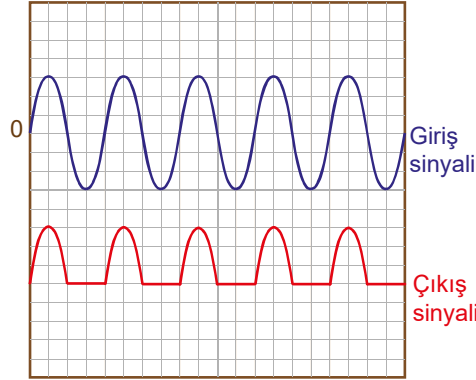
Sinyal eviren girişten verildiğinden giriş ve çıkış işaretleri arasında 180° faz farkı vardır. Giriş işaretinin pozitif alternanslarında işlemsel yükselteç çıkışında (A noktası) negatif işaret olur. D2 diyotu iletkene duruma geçer, eviren giriş ucuna negatif geri besleme uygulanır. Çıkış uçlarında hiçbir işaret olmaz. Giriş işaretinin negatif alternanslarında işlemsel yükselteç çıkışında (A noktası) bu kez pozitif işaret olur. D1 diyotu iletkene duruma geçer çıkış uçlarında pozitif alternans görülür. Çıkış uçlarındaki işaretin genliği, eviren yükselteç kazancı $A=1$ olduğundan giriş işareti genliği ile aynıdır. Diyotların iletime geçme seviyesi olan eşik gerilimi yaklaşık $0,7\text{ V}$ 'tur. Eşik seviyesinin altında kalan AC sinyallerin sadece diyot kullanılarak doğrultulmayacağı için işlemsel yükselteçli doğrultmaç devreleri kullanılmaktadır.

İşlemsel yükselteç ile yapılmış hassas yarım dalga doğrultucu devresi Görsel 3.36'da verilmiştir.



Görsel 3.36: Hassas yarım dalga doğrultmaç devresi

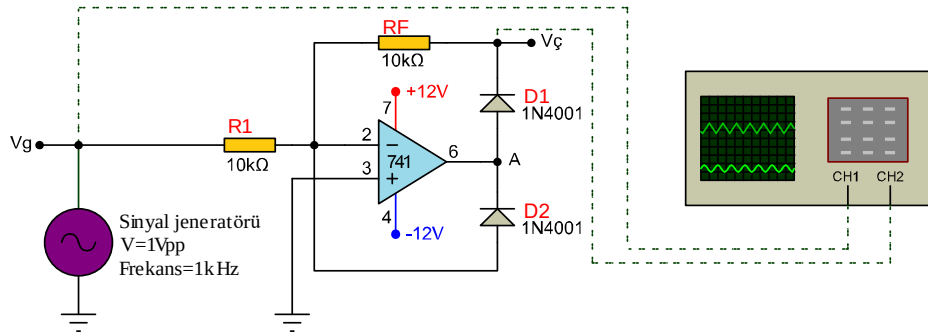
Hassas yarım dalga doğrultucu devrenin giriş çıkış sinyalleri Görsel 3.37'de verilmiştir.



Görsel 3.37: Yarım dalga doğrultmaç devresi giriş çıkış sinyalleri

AMAÇ: İşlemsel yükselteçle yarım dalga doğrultmaç devre uygulaması yapmak.

Diyotla yapılan doğrultma işleminde diyodun eşik gerilimi olan 0,7 V altındaki gerilimler doğrultulmaz. Bu yüzden işlemsel yükselteçle yapılan doğrultmaç devreleri kullanılır. İşlemsel yükselteçle yapılan doğrultmaç devrelerinde mV seviyesindeki gerilimlerde bile doğrultma yapılabilir. Görsel 3.38'deki yarım dalga doğrultmaç devresinde eviren girişten verilen sinyalin negatif alternansında A noktası pozitif olur. D2 kesimde kalırken D1 iletme geçer ve RF devreye girer. Kazanç kadar yükseltilmiş sinyal $V_{\text{ç}}$ 'den alınır. V_{g} 'nin pozitif alternansında A noktası negatif olduğundan D2 iletimdedir. A noktasında D2'nin eşik gerilimi olan -0,7 V görülür. D1 ise kesimde olduğundan $V_{\text{ç}} = 0$ V olur. Bu şekilde pozitif alternansları geçiren yarım dalga doğrultmaç elde edilir. Çıkıştan negatif alternanslar alınmak istenirse D1 ve D2 ters çevrilir.



Görsel 3.38: Yarım dalga doğrultmaç devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Diyot	1N4001

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.38'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü V_{g} noktasına bağlayınız. V_{g} noktasından 1 Vpp–1 kHz'lik sinüs dalga sinyal uygulayınız.
3. Osilaskobu $V_{\text{ç}}$ noktasına bağlayıp çıkış sinyalinin genliğini gözlemleyiniz.
4. V_{g} noktasından 0,1 Vpp–1 kHz'lik sinüs dalga sinyal uygulayınız.
5. $V_{\text{ç}}$ noktasındaki çıkış sinyalinin genliğini gözlemleyiniz.
6. Gözlemlediğiniz giriş ve çıkış sinyallerini çiziniz.

SORU

1. Diyot yalnız başına 0,7 V'un altında doğrultma yapabilir mi? Nedenini açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

3.2.10. Enstrümantasyon Yükselteç Devre Uygulaması

Enstrümantasyon yükselteçleri, yüksek performanslı gerilim yükselteçleridir. Aynı zamanda bu yükselteçler; yüksek kazançlı, yüksek giriş empedanslı ve düşük çıkış empedansı gösteren fark yükselteçleridir. Yardımcı yükselteç anlamına gelir. Enstrümantasyon yükselteçler, negatif geri beslemeden dolayı daha kararlı bir devre karakteristiğine sahiptir.

Yüksek kazançlar elde edilebilmesi, yüksek giriş empedansı ve ortak özellikle biyomedikal uygulamalarda tercih edilir. Endüstriyel uygulamalarda da yaygın olarak sensörlerden alınan düşük seviyeli sinyalleri yükseltmek amacıyla kullanılır.

Kullanılacakları amaca göre genel olarak üç tasarım modeli vardır.

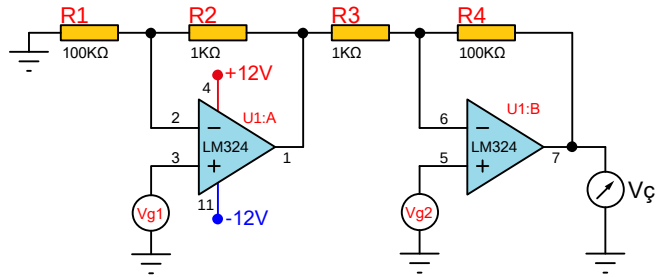
a) Yüksek Giriş Empedanslı Enstrümantasyon Yükselteci

Yüksek giriş empedanslı enstrümantasyon yükselteci, iki adet OP-AMP'tan oluşur. V_{g1} ve V_{g2} olmak üzere iki giriş kaynağı bulunur.

Buradaki V_{g1} ve V_{g2} kaynakları, OP-AMP'ların giriş empedansından daha büyük dirence sahip olduğundan bu devrenin çok yüksek bir giriş empedansı vardır. Yüksek giriş empedanslı enstrümantasyon yükselteci devresinin çıkış ucundan alınan gerilimin denklemi:

$$V_{\text{ç}} = (V_{g2} - V_{g1}) \times \left(\frac{R1}{R2} + \frac{R3}{R4} \right)$$

şeklinde bulunur.



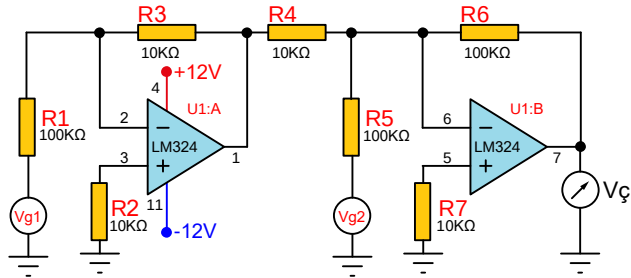
Görsel 3.39.a: Yüksek giriş empedanslı yükselteç

b) Yüksek Giriş Voltajlı Enstrümantasyon Yükselteci

Görsel 3.39b'de yüksek girişli voltaj versiyonu devresinde, inverting modda çalışan 2 adet OP-AMP kullanılmıştır.

Bu devre çıkışında, V_{g1} ve V_{g2} giriş voltajlarından küçük bir fark sağlar yani iki büyük giriş voltajı arasında küçük bir fark sağlar. Çıkış voltaj değeri

$V_{\text{ç}} = (V_{g1} - V_{g2})$ formülü ile bulunur.



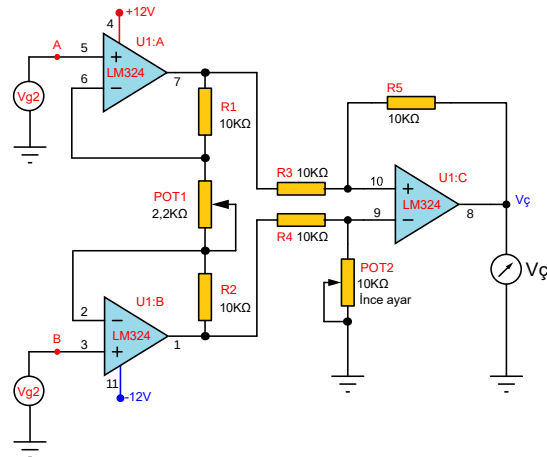
Görsel 3.39.b: Yüksek giriş voltajlı yükselteç

c) Yüksek Ortak Mod Tepki Oranlı Enstrümantasyon Yükselteci

Görsel 3.39.c'de yüksek ortak mod tepki oranlı (Common-Mode Rejection Ratio-CMRR) enstrümantasyon yükselteci devre şeması görülmektedir. OP-AMP'larda her iki girişinde de ortak olan giriş sinyalini reddetme özelliği vardır. Faz eviren (-) ve evirmeyen (+) girişe aynı anda uygulanan işaretin çıkış işaretine oranına eşittir ve birimi dB'dir. Enstrümantasyon yükseltecinde V_{g1} ve V_{g2} girişleri OP-AMP'ların faz çevirmeyen (+) girişlerine uygulanmıştır. İlk iki OP-AMP çıkışından alınan sinyal, fark yükselteciye uygulanmıştır. Devrenin

çıkış gerilimi $V_{\text{ç}} = (V_{g1} \times V_{g2}) \times \left(1 + \left(\frac{2R}{POT_3} \right) \right)$

formülü ile bulunur.

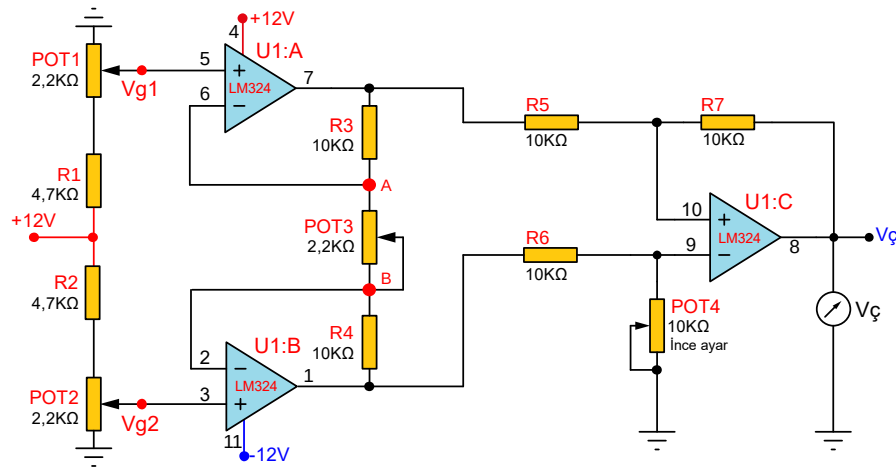


Görsel 3.39.c: CMRR yükselteci

AMAÇ: Enstrümantasyon yükselteç devre uygulaması yapmak.

Enstrümantasyon yükselteçleri; düşük direnç değerleriyle yüksek kazançlar elde edilebilmesi, yüksek giriş empedansı ve ortak modlu sinyalleri bastırma oranının yüksek olması gibi sebeplerden dolayı endüstriyel uygulamalarda tercih edilir. Genellikle algılayıcılardan gelen sinyalleri yükseltmek amacıyla kullanılır.

Görsel 3.40'taki devre yüksek ortak mod tepki oranlı enstrümantasyon yükseltecidir. En çok kullanılan enstrümantasyon yükselteci türüdür. Enstrümantasyon yükselteçlerde parazit ve gürültüleri bastırma oranı da büyüktür. V_{g1} ve V_{g2} girişleri işlemsel yükselteçlerin evirmeyen (+) girişlerine uygulanmıştır. Evirmeyen yükselteçlerin çıkışından alınan sinyal fark yükselteciye uygulanmıştır. Devrenin kazancını POT3 belirlemektedir. Kazanç, POT3'ün direnç değeri ile ters orantılıdır. POT1 ve POT2 ile evirmeyen yükselteç girişlerindeki gerilim ayarlanır.



Görsel 3.40: CMRR Enstrümantasyon yükselteci

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Opamp	Lm 324 (DIL-14 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	4,7 kΩ
Potansiyometre	2,2 kΩ
Potansiyometre	10 kΩ

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.40'taki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi V_{g1} , V_{g2} ve $V_{ç}$ noktalarına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. POT1 ve POT2'yi kullanarak V_{g1} ve V_{g2} giriş gerilim değerlerini Tablo 3.17' deki değerlere göre ayarlayınız.
5. $V_{ç}$ gerilimini voltmetreden okuyunuz.
6. POT3'ün değerini değiştirerek $V_{ç}$ 'ye bağlı voltmetredeki değişimi gözlemleyiniz.
7. POT3'ün minimum ve maksimum değeri için ölçtüğünüz $V_{ç}$ değerlerini Tablo 3.17'ye yazınız.
8. Tablodaki diğer V_{g1} ve V_{g2} değerlerini de ayarlayarak okuduğunuz $V_{ç}$ değerlerini tabloya yazınız.
9. Elde ettiğiniz sonuçları karşılaştırınız.

DEĞERLENDİRME

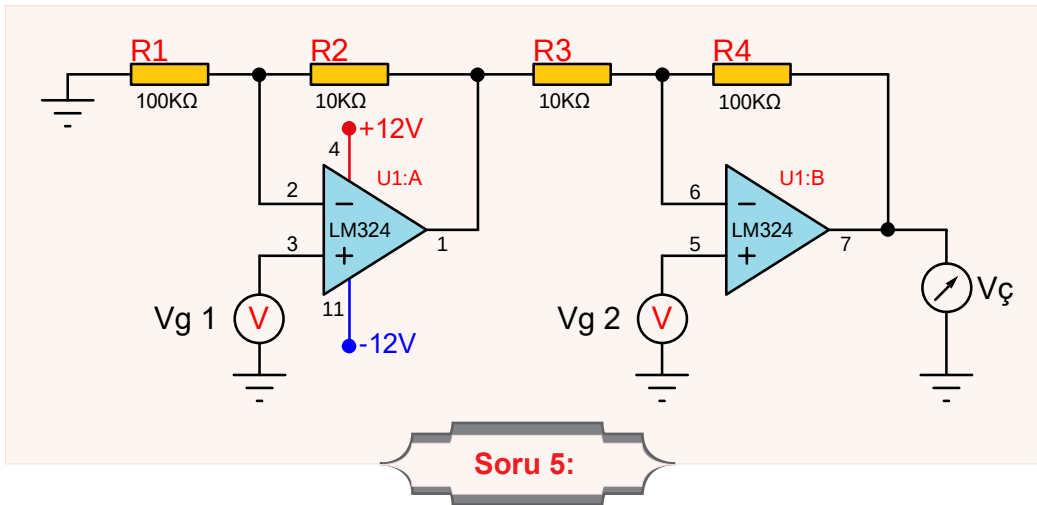
Tablo 3.17: $V_{\text{Ç}}$ Çıkış Gerilimi Ölçme

V_{g1}	V_{g2}	POT3 Min ($V_{\text{Ç}}$)	POT3 Max ($V_{\text{Ç}}$)
0,8 V	1 V		
0,9 V	1 V		
1 V	0,9 V		
1 V	0,8 V		

SORULAR

1. Enstrümantasyon yükselteçler nerelerde kullanılır? Araştırınız.
2. Devrede hangi işlemsel yükselteç devresi çeşitleri vardır? Yazınız.
3. Çıkış gerilimi neden negatif olur? Açıklayınız.
4. POT3 ile devre kazancı arasındaki ilişki nasıldır? Araştırıp açıklayınız.
5. Aşağıda yüksek giriş empedanslı enstrümantasyon yükselteci devre şeması görülmektedir. Bu devrenin çıkış ucundan alınan gerilimi yukarıdaki tablodaki değerleri dikkate alarak bulunuz. Denklemi, $V_{\text{Ç}} = ((R1/R2) + (R3/R4)) \times (V_{g2} - V_{g1})$
6. POT3 A noktasındayken A-B arası direnç değeri nedir? Yazınız.
7. POT3 ile devre kazancı arasındaki ilişki nasıldır? Yazınız.
8. Çıkış gerilimi hangi durumda negatif olur? Belirtiniz.

NOT: Bu devrede kazancını $R1/R2$ ve $R3/R4$ direnç oranları belirlemektedir. Bu direnç değerleri değiştirilerek istenen kazanç değeri sağlanabilir.
 $K = (R1/R2) + (R3/R4) = 10,1$

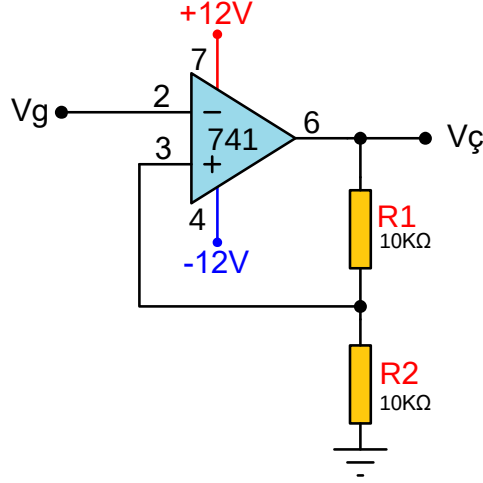


NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

3.2.11. İşlemsel Yükselteçli Schmitt Trigger Devre Uygulaması

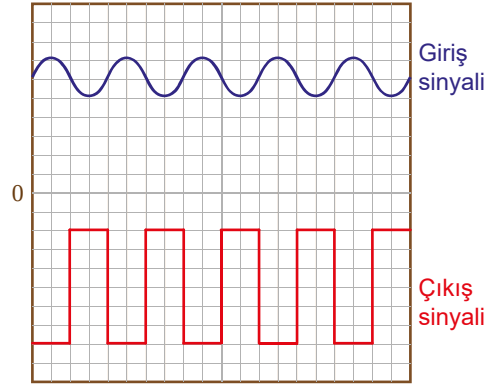
Sinüs veya karışık sinyal, eviren girişten verilir. Karşılaştırıcı olarak çalışan bu devrede kazanç sonsuz olduğundan çıkış sinyali en yüksek besleme gerilimi değerinde olur.

Görsel 3.41'deki devre, işlemsel yükselteç ile Schmitt trigger devresidir. Devrede R1 ve R2 dirençleriyle pozitif geri besleme yapılmıştır.



Görsel 3.41: İşlemsel yükselteçli Schmitt trigger

Schmitt trigger devresinin giriş ve çıkış sinyali Görsel 3.42'de verilmiştir.



Görsel 3.42: Schmitt trigger giriş ve çıkış sinyali

AMAÇ: İşlemsel yükselteçli Schmitt trigger devre uygulaması yapmak.

Schmitt trigger devresi, girişindeki sinüs veya herhangi bir sinyal dalga şeklini devre çıkışında kare dalga olarak veren devredir. Alt eşik gerilimi ve üst eşik gerilimi olmak üzere iki eşik gerilimine sahip devrenin histeresis aralığını R1 ve R2 dirençleri belirler.

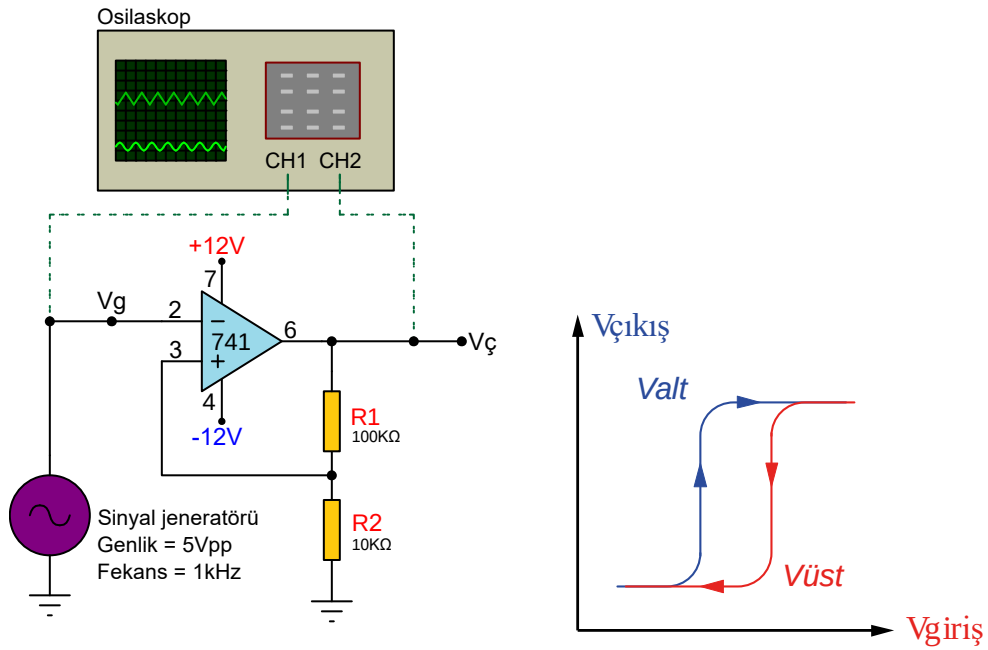
Üst eşik gerilimi $V_{üst} = +V_{doyum} (R1/R1+R2)$

Alt eşik gerilimi $V_{alt} = -V_{doyum} (R1/R1+R2)$

Eşik seviyelerinden biri pozitifte geçme, diğeri negatife geçme değerini belirler. Dirençlerin oranı arttıkça iki eşik gerilimi arasındaki fark artar.

Devrelerin giriş birimlerinde kullanımı daha çok girişe bağlanan cihazlardan oluşabilecek yanlış giriş bilgisi oluşmasını önlemek amacıyla tercih edilmektedir.

Butonların arklanmasından oluşabilecek parazitlerin bastırılmasında etkin rol oynamaktadır.



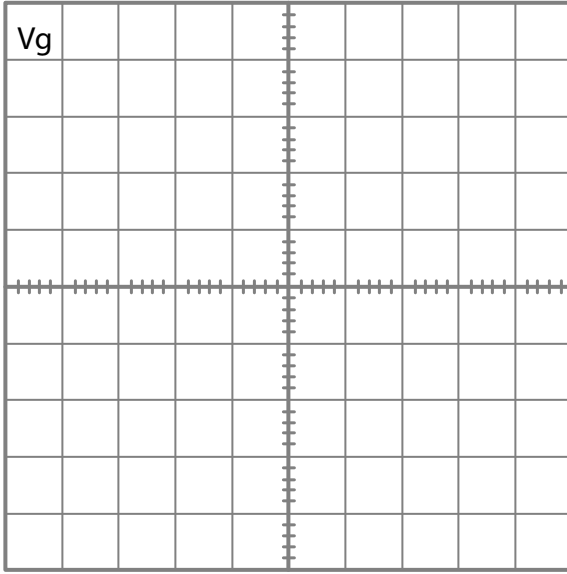
Görsel 3.43: İşlemsel yükselteçli Schmitt trigger devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741 (DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	100 kΩ

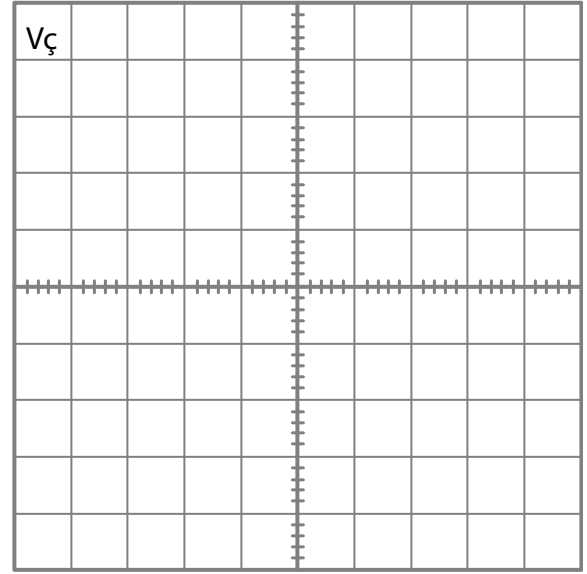
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 3.43'teki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü V_g noktasına bağlayınız. V_g noktasından 5 Vpp–1 kHz'lik sinüsoydal sinyal uygulayınız.
3. Osilaskobu $V_{\dot{c}}$ noktasındaki bağlayıp çıkış sinyalini gözlemleyiniz.
4. Osilaskopta gözlemlediğiniz giriş ve çıkış sinyallerini aşağıda ayrılan yere orantılı bir şekilde çiziniz.



Volt / Div=

Time/ Div=

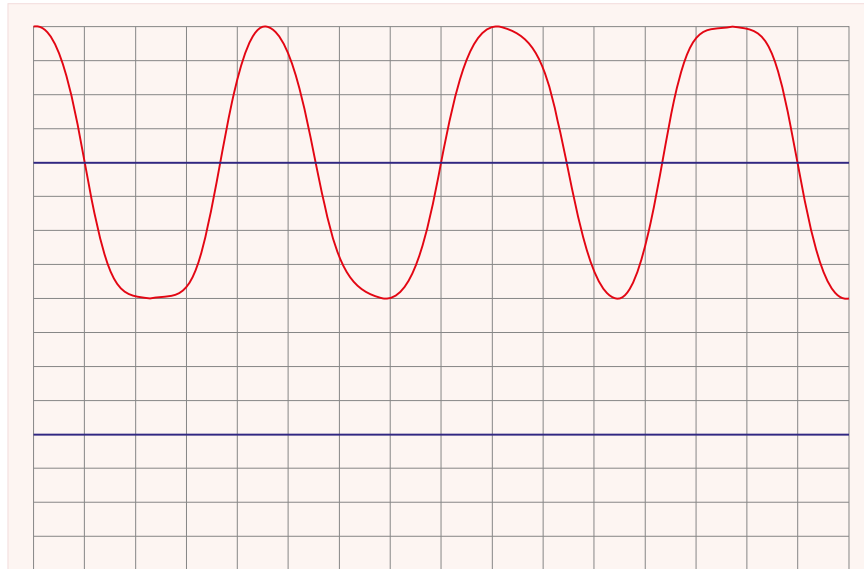


Volt / Div=

Time/ Div=

SORULAR

1. Giriş ve çıkış sinyalinin hangisi analog, hangisi dijitaldir? Yazınız.
2. Görsel 3.43'teki devreye göre çıkış sinyalini giriş sinyaline göre orantılı olarak çiziniz.



Soru 2:



4. ÖĞRENME BİRİMİ



OSİLATÖR VE FİLTRE DEVRELERİ

Neler
Öğreneceksiniz ?

OSİLATÖRLER

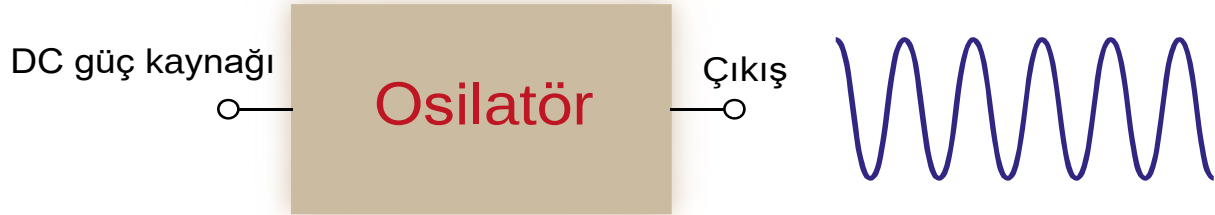
PALS DEVRELERİ

FİLTRE DEVRELERİ

4.1. OSİLATÖRLER

Herhangi bir nesnenin belli bir değere göre iki durum arasında birim zamanda tekrarlanan değişimine **osilasyon (salınım)** denir. Elektrik-elektronik sistemlerinde ise osilasyon zamana göre yönü ve şiddeti belli bir düzen içerisinde değişen elektrik sinyalleridir.

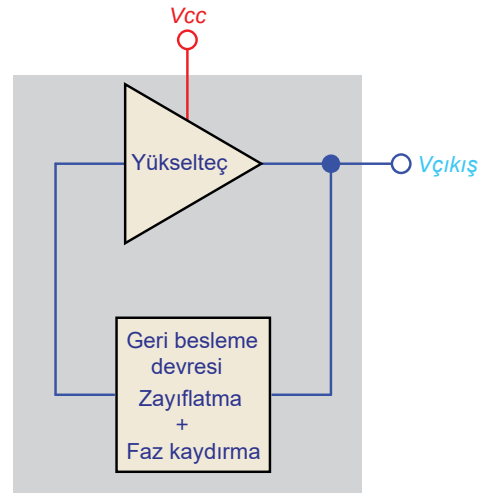
İstenen frekans ve dalga şeklinde elektriksel sinyaller üreten, pozitif geri beslemeli yükselteçlere **osilatör** denir. Osilatörler, DC güç kaynağındaki elektrik enerjisini AC elektrik enerjisine belirli bir frekansta haricî sinyal uygulanmadan transfer edebilen devrelerdir (Görsel 4.1).



Görsel 4.1: Osilatör giriş ve çıkışı

Görsel 4.2’de osilatörün blok diyagramı verilmiştir. Osilatör devresi iki kısımdan oluşur.

- Yükselteç devresi
- Geri besleme (zayıflatma ve faz kaydırma) devresi



Görsel 4.2: Osilatörün blok diyagramı

Osilasyon devrelerinde osilasyonun devamlı olması, çıkış işaretinin bir kısmının girişe pozitif yönde uygulanmasıyla sağlanır. Osilatörler esas olarak girişlerine çıkışlarından pozitif geri besleme yapılmış yükselteçlerdir. Ürettikleri çıkış işaretinin genliği ve frekansı her zaman sabit olmalıdır. Osilatör, çıkış işaretinin genliği ve kullanılan yükselticinin polaritesi ile kontrol altına alınır. Frekansın sabit kalması, frekans kontrol eden ünite ya da faz kaydırıcı devre kullanılarak sağlanır.

Osilatörün çalışması, DC besleme gerilimi uygulandıktan sonra iki şarta bağlıdır.

- Yükselteç devresinin girişi ile çıkışı arasındaki faz farkının 360° olması gerekir. Yükselteç devresinde 180° faz farkı oluşur, diğer 180° ’lik sinyal geri besleme devresi tarafından sağlanır (Görsel 4.3.a).
- Döngü kazancı 1’den büyük veya eşit olmalıdır (Görsel 4.3.b).

$$A_{cl} \geq A_v \times B \geq 1$$

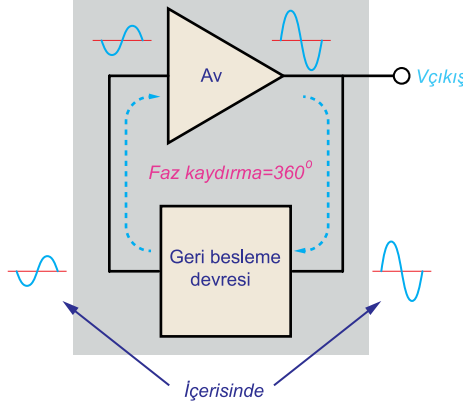
$$A_v \geq \frac{1}{B}$$

A_{cl} = Döngü kazancı

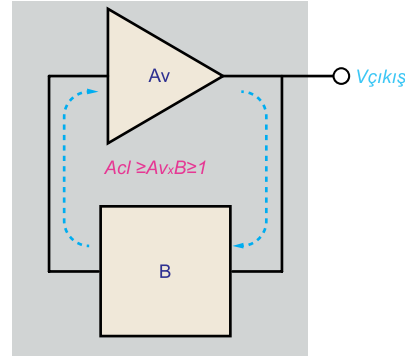
A_v = Yükselteç kazancı

B = Geri besleme zayıflama oranı





Görsel 4.3.a: Pozitif geri besleme (faz kaydırma)



Görsel 4.3.b: Döngü kazancı

Osilatörler, frekans belirleyici devre elemanlarına göre LC, RC ve kristal osilatör olarak üç kısımda incelenir. Tablo 4.1'de osilatörlerin tipleri ve özellikleri gösterilmiştir.

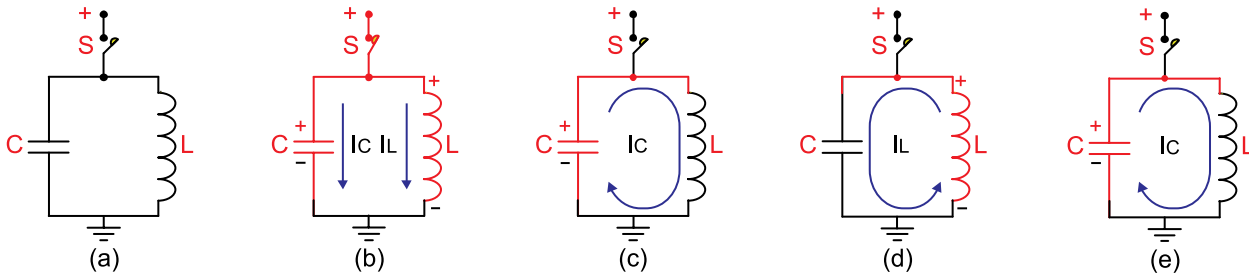
Tablo 4.1: Osilatörlerin Tipleri ve Özellikleri

Osilatör Tipi	Özelliği	Çalışma Frekansı
LC osilatör	Yüksek frekans	100 kHz ile 2 GHz
RC osilatör	Kararsız alçak frekans	20 Hz ile 20 kHz
Kristal osilatör	Kararlı yüksek frekans	10 kHz ile 50 MHz

4.1.1. LC Osilatörler

LC osilatörlerin temel elemanları kondansatör ve bobindir. Kondansatörler ve bobinler elektrik enerjisini üzerinde kısa süreli depo edebilen elemanlardır. Bir elektronik devresine yalnız doğru akım (DC beslemesi) verilerek devre çıkışında değişken işaret elde ediliyorsa devre osilasyon yapıyor demektir. Osilasyonun meydana gelişi, bir bobin ve bir kondansatörün paralel bağlanmasından oluşan devre ile açıklanabilir. Bobin ve kondansatörün paralel bağlanmasıyla oluşan devreye **tank devresi** ya da **rezonans devresi** denir.

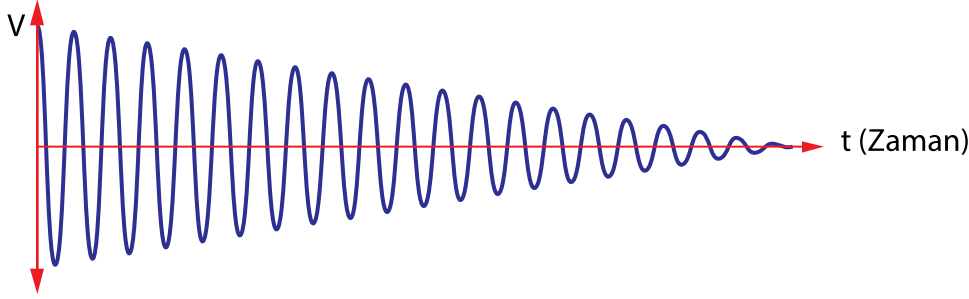
Görsel 4.4.a'daki devrede S anahtarı kapatılırsa IC ve IL akımları akmaya başlar. C kondansatörü devre gerilimine şarj olur. L bobini de üzerinde bir miktar elektrik enerjisi depo eder. Bu durum Görsel 4.4.b'de görülmektedir. S anahtarı açılırsa şarjlı olan kondansatör bobin üzerinden yerine Görsel 4.4.c'deki gibi deşarj olmaya başlar. Bu durum bobin üzerindeki enerjiyi artırır. Bobin üzerindeki enerji, kondansatörün depo ettiği enerjiden daha büyük olur. Bu anda bobin üzerindeki enerjiyi Görsel 4.4.d'deki gibi kondansatörün deşarj akım yönünün tersine kondansatör üzerine akıtır. Bu kez kondansatörün depo ettiği enerji artmaya başlar. Kondansatör üzerinde depo edilen enerji, bobin üzerindeki enerjiden büyük olduğu anda Görsel 4.4.e'deki gibi enerjisini bobin üzerinden deşarj etmeye çalışır. Dikkat edilirse görsel 4.4.e, Görsel 4.4.c'nin aynısıdır ve işlemler aynı şekilde tekrarlanarak devam eder.



Görsel 4.4: Rezonans devresi



Kondansatör ve bobinin kayıpları olmazsa bu durum sonsuza kadar devam eder ama her zaman enerji kaybı vardır. Çalışma, enerjinin yavaş yavaş azalmasıyla son bulur. Devrede dolaşan akım bir osiloskopa incelenirse sinüs eğrisi şeklinde olduğu görülür. Sinüs işaretinin genliği yavaş yavaş azalır ve osilasyon biter. Görsel 4.5'te böyle bir işaretin dalga şekli görülmektedir. Böyle osilasyonlara **sönümlü osilasyon** da denir.



Görsel 4.5: Sönümlü osilasyon

Osilasyon devrelerinde osilasyonun devamlı olması, çıkış işaretinin bir kısmının girişe pozitif yönde uygulanmasıyla sağlanır. Osilatörler esas olarak girişlerine çıkışlarından pozitif geri besleme yapılmış yükselteçlerdir. Ürettikleri çıkış işaretinin genliği ve frekansı her zaman sabit olmalıdır. Osilatör çıkış işaretinin genliği kullanılan yükselticinin polarması ile kontrol altına alınır. Frekansın sabit kalması, frekans kontrol eden ünite ya da faz kaydırıcı devre kullanılarak sağlanır.

LC osilatörlerde üretilen işaretin frekansın değerini kullanılan kondansatör ve bobinin değerleri belirler. Bobinler ve kondansatörler alternatif akımlı (AC) devreler kullanılırken devre akımına frekansla değeri değişen bir direnç gösterir. Bobinin gösterdiği dirence **endüktif reaktans** denir ve **XL** ile gösterilir. Kondansatörün gösterdiği dirence ise **kapasitif reaktans** denir ve **XC** ile gösterilir.

Endüktif reaktans formülü $X_L = 2 \times \pi \times F \times L$ dir.

Kapasitif reaktans formülü $X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times F \times C}$ dir.

Formülde aşağıdaki birimler kullanılır.

XL=Endüktif reaktans (Ohm-Ω)

XC=Kapasitif reaktans (Ohm-Ω)

L = Bobinin endüktans değeri (Henry-H)

C = Kondansatörün kapasite değeri (Farad-F)

F = Frekans (Hertz-Hz)

π = Pi sabiti (3,14)

İki formüle dikkat edilirse endüktif reaktans frekans ile doğru orantılı, kapasitif reaktans ise frekans ile ters orantılı bir değişim görülür. Bir alternatif akım devresinde kondansatör ve bobinin değeri ne olursa olsun endüktif reaktansın kapasitif reaktansa eşit olduğu frekans değerine **rezonans frekansı** denir. Rezonans frekansı **Fo** ile gösterilir.

Rezonans frekansının formülü aşağıdaki gibidir.

$$F_o = \frac{1}{2 \times \pi \sqrt{L \times C}}$$

Formülde aşağıdaki birimler kullanılır.

Fo = Rezonans frekansı (Hertz-Hz)

L = Bobinin endüktans değeri (Henry-H)

C = Kondansatörün kapasite değeri (Farad-F)

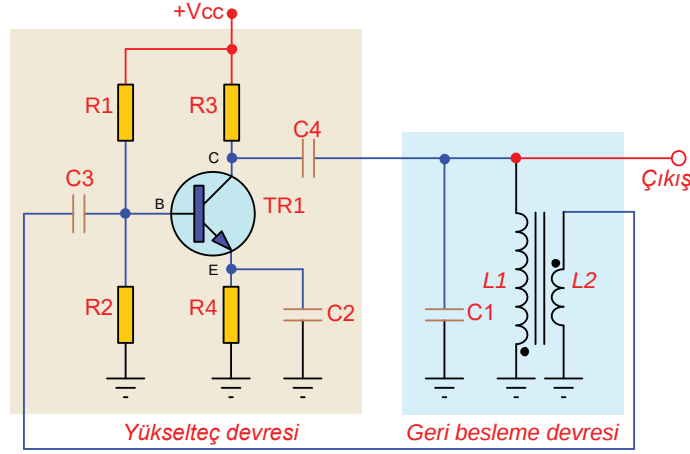
Rezonans frekansı, bobin ve kondansatörden oluşan osilatörün osilasyon frekansıdır.



Formülden anlaşıldığı gibi bir osilatörün osilasyon frekansı, bobinin ya da kondansatörün değeri değiştirilerek ayarlanabilir.

Armstrong Osilatör

Görsel 4.6'da Armstrong osilatörü görülmektedir.



Görsel 4.6: Armstrong osilatör

Devre emiteri ortak, bileşik tam kararlı polarmalı, transistörlü yükselteç devresidir. Transformatörün primeri L1 bobini, sekonderi L2 bobinidir. Devrenin pozitif geri beslemesi transformatörün sekonder sargısından yapılmaktadır. Transformatörle yapılan geri beslemeye **manyetik kuplaj** denir. Pozitif geri beslemenin oluşabilmesi için transformatörün primer ve sekonder uçları doğru bağlanmalıdır. Transformatörde primer sargı ve sekonder sargı arasında 180° faz farkı vardır. Yükselteç devresinde de 180° faz farkı oluşur ve toplam faz farkı 360° ye tamamlanır. Böylece giriş sinyali fazı ile geri besleme sinyali fazı aynı faza gelmiş olur. Geri beslemedeki zayıflatma oranı, transformatörün primer ve sekonder sarım sayısının oranı ile ayarlanır.

$$B = \frac{N2}{N1} = \frac{L2}{L1}$$

B = Zayıflatma oranı

L1 = Primer sargı endüktansı (Henry-H)

L2 = Sekonder sargı endüktansı (Henry-H)

N1 = Primer sargı sarım sayısı

N2 = Sekonder sargı sarım sayısı

Armstrong osilatörde döngü kazancı

$A_{cl} \geq A_v \times B \geq 1$ olduğuna göre

$$A_v \geq \frac{1}{B} \quad A_v \geq \frac{L1}{L2} \quad \text{olur.}$$

Devrenin ürettiği sinyalin frekansı L1 bobininin ve C1 kondansatörünün değerlerine bağlıdır. Armstrong LC osilatörün osilasyon frekansı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$F_o = \frac{1}{2 \times \pi \sqrt{L1 \times C1}}$$

Formüllerde kullanılan kısaltmaların ifade ettiği değerler şunlardır.

Fo = Osilasyon (rezonans) frekansı (Hertz-Hz)

L1 = Bobinin endüktans değeri (Henry-H)

C1 = Kondansatörün kapasite değeri (Farad-F)



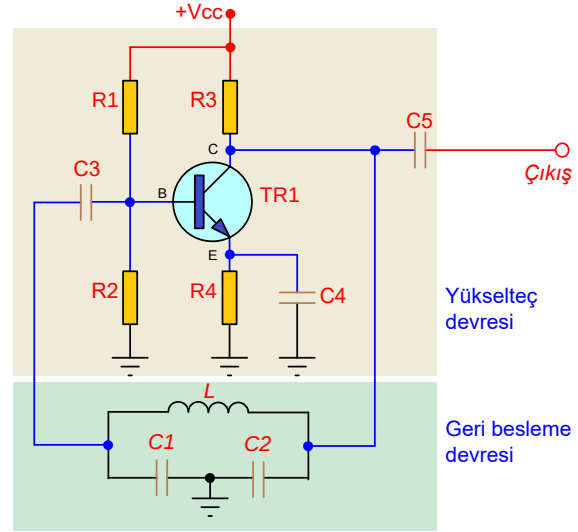
Örnek: Armstrong osilatör devresinde $L_1=100 \mu\text{H}$, $L_2=50 \mu\text{H}$, $C_1=10 \text{ nF}$ ise devrenin osilasyon frekansı ve osilasyon oluşabilmesi için minimum yükselteç kazancı ne kadar olur? Hesaplayınız.

Çözüm: $F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \times C_1}} \Rightarrow F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-9}}} F_o = 159 \text{ kHz}$

$$A_v \geq \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow A_v \geq \frac{100}{50} \Rightarrow A_v \geq 2$$

Colpitts (Kolpits) Osilatör

Görsel 4.7’de transistörlü colpitts osilatör devresi görülmektedir. Devre emiteri ortak, bileşik tam kararlı polarmalı, transistörlü yükselteç devresidir. Osilatörün rezonans devresini L bobini ile birbirine seri bağlı C1 ve C2 kondansatörleri oluşturur. Devrenin geri besleme değeri C1 ve C2 kondansatörlerin birbirlerine oranı ile belirlenir.



Görsel 4.7: Colpitts osilatör devresi

Colpitts osilatörde döngü kazancı

$A_{cl} \geq A_v \times B \geq 1$ olduğuna göre

$$A_v \geq \frac{1}{B} \Rightarrow A_v \geq \frac{C_1}{C_2} \text{ olur.}$$

Colpitts osilatörde rezonans frekansı

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C_T}} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \text{ dir.}$$



Örnek: Colpitts osilatör devresinde $C_1=100 \text{ nF}$, $C_2=47 \text{ nF}$, $L=10 \mu\text{H}$ ise devrenin osilasyon frekansı ve osilasyon oluşabilmesi için minimum yükselteç kazancı ne kadar olur? Hesaplayınız.

Çözüm: $C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} \Rightarrow C_T = \frac{100 \times 47}{100 + 47} \Rightarrow C_T = \frac{4700}{147} \Rightarrow C_T = 32 \text{ nF}$

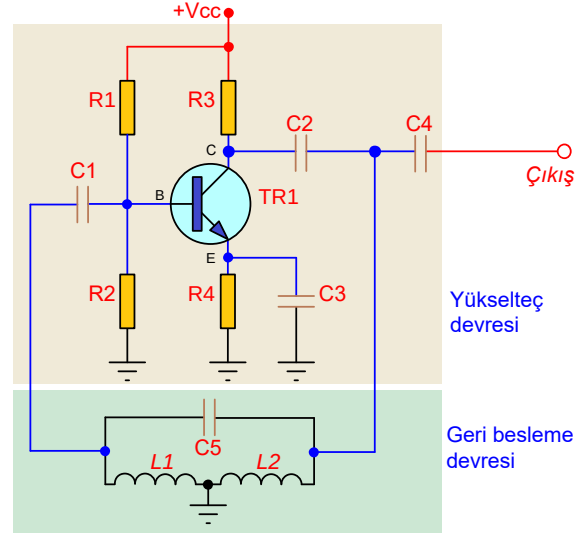
$$F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \times C_T}} \Rightarrow F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{10 \times 10^{-6} \times 32 \times 10^{-9}}} \Rightarrow F_o = 282 \text{ kHz.}$$



$$A_v \geq \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow A_v \geq \frac{100}{47} \Rightarrow A_v \geq 2,13$$

Hartley Osilatör

Görsel 4.8'de transistörlü hartley osilatör devresi görülmektedir. Devre emiteri ortak, bileşik tam kararlı polarmalı, transistörlü yükselteç devresidir. Osilatörün rezonans devresini C5 kondansatörü ile birbine seri bağlı L1 ve L2 bobinleri oluşturur. Devrenin geri besleme değeri L1 ve L2 kondansatörlerin birbirlerine oranı ile belirlenir.



Görsel 4.8: Hartley osilatör devresi

Geri besleme devresinde meydana gelen zayıflama oranı

$$B = \frac{L1}{L2} \text{ ile bulunur.}$$

B = Zayıflatma oranı

L1 = Bobinin endüktans değeri (Henry-H)

L2 = Bobinin endüktans değeri (Henry-H) $LT = L1 + L2$ Bobinlerin toplam değeri

Hartley osilatörde döngü kazancı

$$A_{cl} \geq A_v \times B \geq 1 \text{ olduğuna göre}$$

$$A_v \geq \frac{1}{B} \Rightarrow A_v \geq \frac{L2}{L1} \text{ olur.}$$

Hartley osilatörde rezonans frekansı

$$f_o = \frac{1}{2 \times \pi \sqrt{LT \times C5}} \text{ ile hesaplanır.}$$



Örnek: Hartley osilatör devresinde L1=100 µH, L2=20 µH, C5=10 nF ise devrenin osilasyon frekansı ve osilasyon oluşabilmesi için minimum yükselteç kazancı ne kadar olur? Hesaplayınız.

Çözüm: $LT = L1 + L2 \Rightarrow LT = 100 + 20 \Rightarrow LT = 120 \mu H$

$$F_o = \frac{1}{2 \times \pi \sqrt{L_T \times C_5}} \Rightarrow F_o = \frac{1}{2 \times 3,14 \sqrt{120 \mu H \times 10 nF}} F_o \cong 145 kHz$$

$$A_v \geq \frac{L2}{L1} \Rightarrow A_v \geq \frac{100}{20} \Rightarrow A_v \geq 5$$



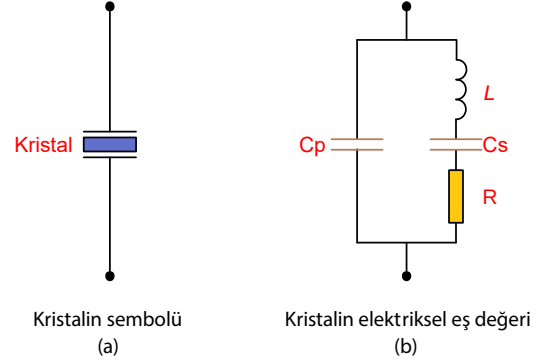
4.1.2. Kristal Osilatörler

İki metal levha arasına kuartz, turmalin veya roşel tuzları gibi kristalize maddeler konularak elde edilen malzemeye **kristal** denir. Kristale değişken bir elektrik uygulanırsa titreşmeye başlar. Elektrik enerjisi kesildiğinde ise bu titreşim metal levhalar arasında bir elektrik enerjisi oluşturur. Buna **piezo elektrik olayı** denir. Bütün kristaller büyüklüklerine bağlı tek bir frekansta titreşim yapar. Bu titreşim frekansı 1 kHz ile 50 MHz arasındadır. Kristallerin bu özelliğinden faydalanılarak yapılan osilatörlere **kristal osilatör** denir.

Kristal kullanılarak yapılmış tank devrelerinin kayıpları çok azdır. Kristallerin osilasyon frekansları ısı ile değişmez. Bu sebeplerle kristal osilatörün frekansı çok kararlıdır.

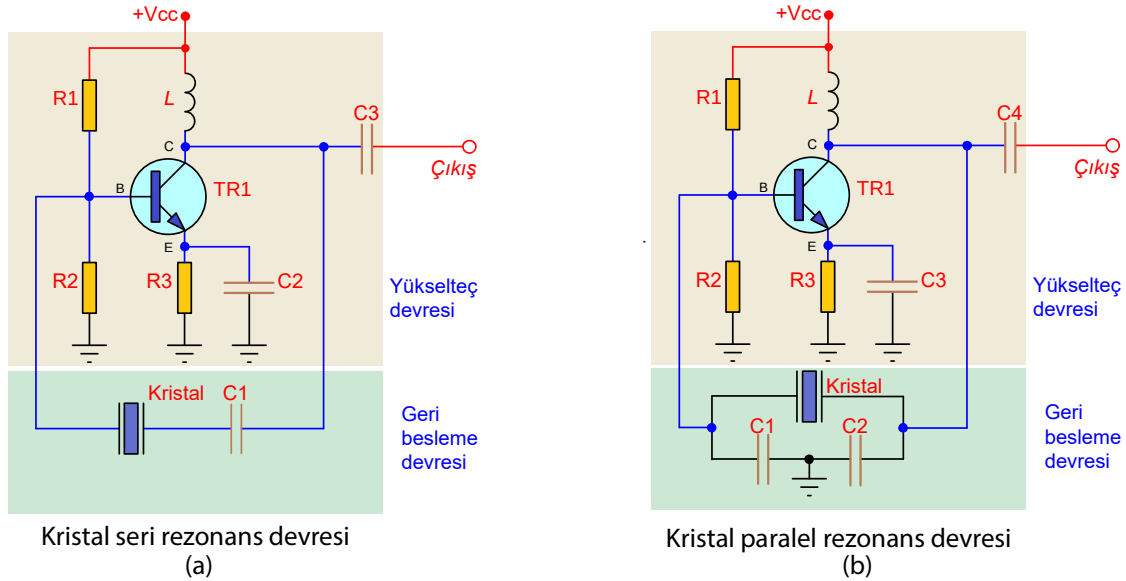
Görsel 4.9'da kristal sembolü ve elektriksel devresi gösterilmiştir.

Eş değer devre seri paralel RLC devresi olup seri rezonans ve paralel rezonans çalışabilir. Kristalin paralel rezonans frekansı, seri rezonans frekansından en az 1 kHz daha yüksektir.



Görsel 4.9: Kristalin sembolü ve elektriksel eş değeri

Görsel 4.10'da kristal osilatör devreleri görülmektedir. Devredeki R1 ve R2 dirençleri beyz polarmasını sağlamaktadır. Böylece beyz, kristal üzerinden sabit frekanslı bir geri beslemeyle tetiklenerek osilasyon gerçekleşir. Devrelerde osilasyon frekansı kristalin kesim şekline göre oluşturulan frekanstır. Bu frekans, kristalin üzerinde veya kataloğunda yazmaktadır. Devredeki L bobini oluşan yüksek frekanslı osilasyon sinyalinin beslemeye geçmesini engeller. Böylece çıkış sinyalinin seviyesinin düşmesi engellenerek daha güçlü bir osilasyon sinyali elde edilir. Görsel 4.10.a'daki devrede kristal seri ve Görsel 4.10.b'deki devrede kristal paralel rezonans frekansında çalışır.



Görsel 4.10: Kristal osilatör devreleri

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

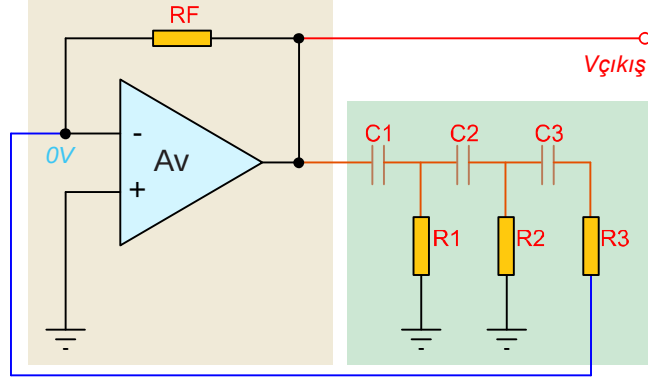
4.1.3. RC Osilatör

Frekans belirleyici olarak direnç ve kondansatör kullanılan osilatörlere **RC osilatör** denir.

RC devrelerinde zaman sabitesi yani direnç ve kondansatör üzerindeki gerilim değişimi formülü

$\tau = R \times C$ ile hesaplanır. Bu hesaplanabilir zaman gecikmesi kullanılarak RC osilatör devreleri yapılır. Bu tip osilatörlerin uygulama alanları ise 20 Hz - 20 kHz aralığındadır.

RC Faz Kaymalı Osilatör: Görsel 4.11'de RC faz kaymalı osilatör devresi görülmektedir. Devre, eviren yükselteç devresi olup giriş ve çıkış sinyalleri arasında 180° faz farkı vardır. Çıkıştaki bu 180° faz farklı sinyalin pozitif geri besleme yapabilmesi için her biri 60° lik faz kayması yapan üç adet RC devresi kullanılır. Çıkıştaki sinyal 180° faz farkı ile işlemsel yükseltecin girişine uygulanır. Böylece toplam faz farkı 360° ye tamamlanır. RC devrelerinde dirençler ve kondansatörlerin değerleri aynı olmak zorundadır.



Görsel 4.11: RC Faz kaymalı osilatör

Geri besleme devresinde meydana gelen zayıflama oranı

$$B = \frac{1}{29} \text{ (Bu devre için 29 sayısı sabit bir değerdir.)}$$

B = Zayıflatma oranı

RC faz kaymalı osilatörde döngü kazancı

$Acl \geq Av \times B \geq 1$ olduğuna göre

$$Av \geq \frac{1}{B} \Rightarrow Av \geq 29 \text{ olur.}$$

Devrede kullanılacak RF geri besleme direnci R1 direncinden en az yirmi dokuz (29) kat büyük olması gerekir.

$$R = R_1 = R_2 = R_3$$

$$Av = \frac{R_f}{R} \Rightarrow \frac{R_f}{R} \geq 29$$

RC faz kaymalı osilatörde rezonans frekansı

$$F_o = \frac{1}{2 \times \pi \sqrt{6} \times R \times C} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

$$R = R_1 = R_2 = R_3$$



Örnek: RC faz kaymalı osilatör devresinde $R=10 \text{ k}\Omega$, $C=22 \text{ nF}$ ise devrenin osilasyon frekansı ve osilasyon oluşabilmesi için R_f direncinin minimum değeri ne kadar olur? Hesaplayınız.

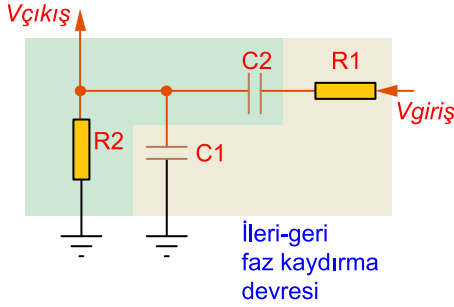


Çözüm: $F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RxC} \Rightarrow F_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{6} \times 10 \times 10^3 \times 22 \times 10^{-9}} \Rightarrow F_o = 295 \text{ Hz}$.

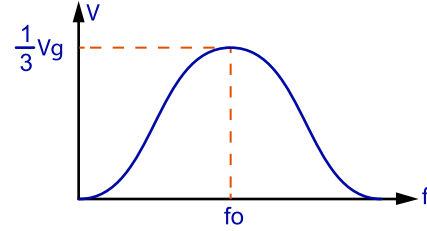
$$A_v \geq \frac{R_F}{R} \Rightarrow \geq 29 \Rightarrow R_F \geq R \times 29 \Rightarrow R_F \geq 10 \times 29 \Rightarrow R_F = 290 \text{ k}\Omega$$

Wien (Viyen) Köprü Osilatör: 5 Hz ile 1 Mhz arasındaki frekanslarda osilasyon yapan, direnç ve kondansatörün seri ve paralel bağlantısının beraber kullanıldığı devrelerdir. Wien köprü osilatör devresi hem pozitif hem de negatif geri besleme kullanan bir RC faz kaydırma osilatördür.

Görsel 4.12'de wien köprü osilatör temel devresi görülmektedir. Devrede R1 ile C1 alçak geçiren R2 ile C2 de yüksek geçiren filtre olarak kullanılmıştır. Devrede kondansatör ve direnç değerlerinin aynı olması gerekir. Alçak geçiren filtre devresine AC sinyal uygulandığında çıkış sinyalinin fazı giriş sinyaline göre R ve C değerlerinden dolayı 0° ile 90° arasında geri kalır. Yüksek geçiren filtre devresine AC sinyal uygulandığında ise çıkış sinyalinin fazı giriş sinyaline göre R ve C değerlerinden dolayı 0° ile 90° arasında ileri gider. Düşük frekanslarda C2 kondansatörünün kapasitif reaktansı yüksek olduğundan ileri faz devresi etkili olur. Yüksek frekanslarda C1 kondansatörünün kapasitif reaktansı yüksek olduğundan geri faz devresi etkili olur. Her ikisinde de çıkış gerilimi artar. Rezonans frekansında (Fo) çıkış sinyali en yüksek değerini alır. Bu anda devrenin zayıflaması 1/3'tür (Görsel 4.13).



Görsel 4.12: Wien köprü osilatör temel devresi



Görsel 4.13: Wien köprü osilatör temel devresi frekans gerilim ilişkisi

Geri besleme devresinde meydana gelen zayıflama oranı

$$B = \frac{1}{3}$$

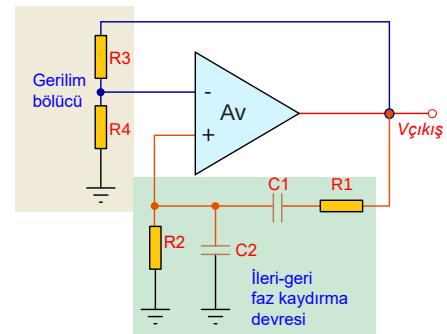
B= Zayıflatma oranı

Wien köprü osilatörde rezonans frekansı

$$f_o = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

$$R = R_1 = R_2, C = C_1 = C_2$$

Görsel 4.14'te wien köprü osilatör devresi görülmektedir. İleri geri faz farkı devresi işlemsel yükseltecin evirmeyen girişine, gerilim bölücü devresi ise eviren girişine bağlanmıştır.



Görsel 4.14: Wien (Viyen) köprü osilatör

Wien köprü osilatörde döngü kazancı

$A_{cl} \geq A_v \times B \geq 1$ olduğuna göre

$$B = \frac{1}{3}$$

$$A_v \geq \frac{1}{B} \Rightarrow A_v \geq 3 \text{ olur.}$$

Devrenin kazancı R3 ve R4 dirençleriyle hesaplanır.

$$A_v = \frac{R3}{R4} \Rightarrow \frac{R3}{R4} \geq 3$$



Örnek: Wien köprü osilatör devresinde $R=10 \text{ k}\Omega$, $C=22 \text{ nF}$ ise devrenin osilasyon frekansı ne olur? $R4=10 \text{ k}\Omega$ ise osilasyon oluşabilmesi için R3 direncinin minimum değeri ne kadar olur? Hesaplayınız.

Çözüm: $F_o = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C} \Rightarrow F_o = \frac{1}{2 \times \pi \times 10 \times 10^3 \times 22 \times 10^{-9}} \Rightarrow F_o = 723 \text{ Hz.}$

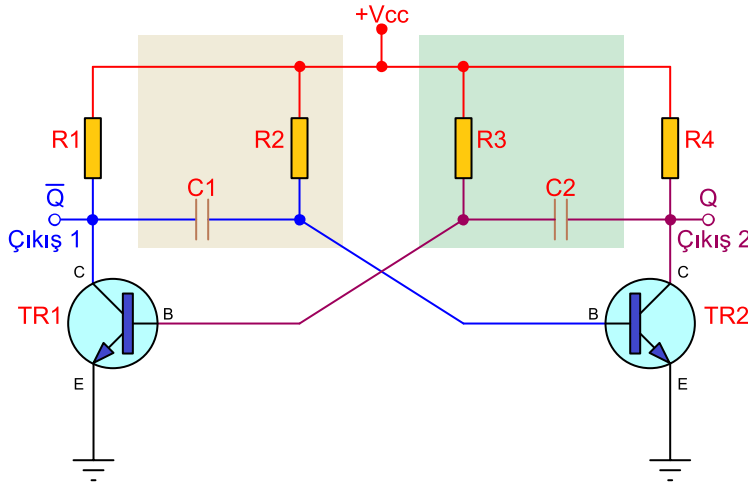
$$A_v \geq \frac{R3}{R4} \Rightarrow A_v \geq \frac{R3}{R4} \geq 3 \Rightarrow R3 \geq R4 \times 3 \Rightarrow R3 \geq 10 \times 3 \Rightarrow R_F = 30 \text{ k}\Omega$$

4.1.4. Multivibratörler

Multivibratör devreleri pals, kare dalga üretici ve zamanlayıcı olarak kullanılır. Kullandığı malzeme göre transistörlü ve entegreli olarak ayrılır. Çalışmasına göre kararsız (astable), tek kararlı (monostable) ve çift kararlı (bistable) olarak üç çeşidi vardır.

Transistörlü Kararsız (Astable) Multivibratör: İstenen frekansta kare dalga sinyal üreten transistörlü RC devrelerdir.

Devrede üretilen kare dalga sinyalin alçak ve yüksek kenarlarının eşit olması için $R1=R4$, $C1=C2$, $R2=R3$ olması gerekir. Görsel 4.15'te transistörlü kararsız multivibratör devresi görülmektedir.



Görsel 4.15: Transistörlü kararsız (astable) multivibratör

Devreye enerji uygulandığında transistörlerin iç yapısındaki küçük farklılıktan dolayı biri iletimdeyken diğeri kesimdedir. TR1 iletimdeyken TR2 transistörlerinin beyzi, C1 kondansatörü ve TR1 transistörünün kollektör ve emiteri üzerinden şase potansiyelinde olduğundan kesimdedir.



C1 kondansatörü R2 direnci ve TR1 transistörünün kollektör ve emiteri üzerinden şarj olmaya başlar. Şarj gerilimi 0,7 V'u geçince TR2 transistörü iletime geçer ve TR1 transistörünü kesime götürür. TR2 iletimdeyken TR1 transistörünün beyzi, C2 kondansatörü ve TR2 transistörünün kollektör ve emiteri üzerinden şase potansiyelinde olduğundan kesimdedir. C2 kondansatörü, R3 direnci ve TR2 transistörünün kollektör ve emiteri üzerinden şarj olmaya başlar. Şarj gerilimi 0,7 V'u geçince TR1 transistörü iletime geçer ve TR2 transistörünü kesime götürür. Bu işlemler peş peşe devam eder. Transistörlerin çıkışında kare dalga sinyal elde edilir.

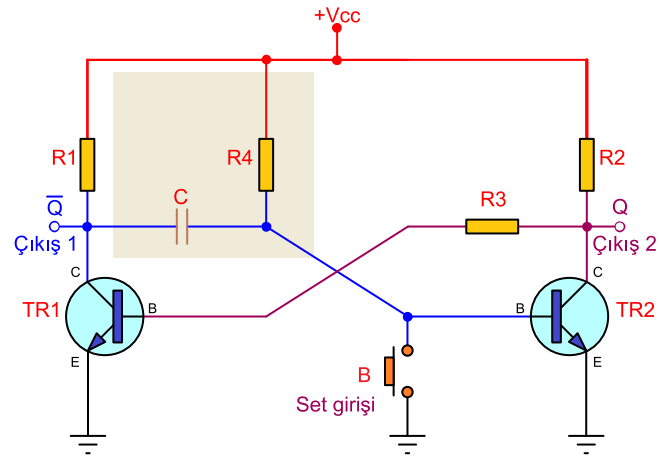
Kare dalganın zaman sabitesi

$$R = R2 = R3 \text{ ve } C = C1 = C2 \text{ ise}$$

$$\tau = 1,4 \times R \times C \text{ olarak bulunur.}$$

Transistörlü Tek Kararlı (Monostable) Multivibratör: Tek kararlı multivibratör devresi girişinden tetikleme sinyali uygulandığında sabit zamanlı (periyot) bir kare dalga sinyali üretir. Bu özelliklerinden faydalanılarak zamanlayıcı devresi, sinyal geciktirme devresi, frekans bölücü devresi gibi birçok yerde kullanılan bir devredir.

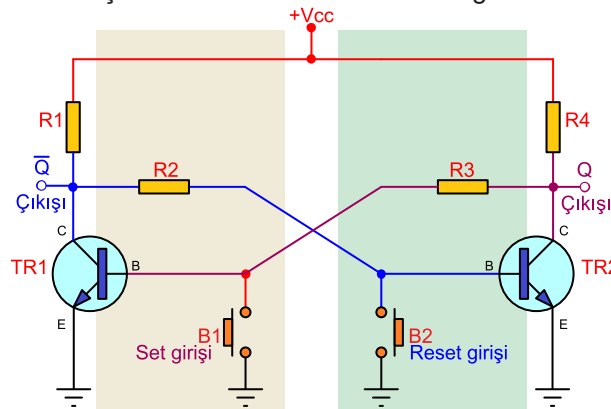
Görsel 4.16'daki devreye enerji verildiğinde TR2 transistörü iletime geçer. TR2 transistörü iletimdeyken TR1 transistörü kesimdedir. B butonuna basılıp bırakıldığında TR2 transistörü kesime gider. TR1 transistörü iletime geçer ve C kondansatörü R4 direnci ve TR1 transistörünün kollektör-emiteri üzerinden şarj olmaya başlar. C kondansatörünün şarj gerilimi 0,7 V olduğunda TR2 transistörü iletime geçer ve TR1 transistörü kesime gider.



Görsel 4.16: Transistörlü tek kararlı (monostable) multivibratör

Transistörlü Çift Kararlı (Bistable) Multivibratör: Dışarıdan tetiklenince transistörlerin çıkışındaki durumu değiştiren, tetiklenme olmayınca durumunu değiştirmeyen devrelerdir. Bu özelliklerinden faydalanılarak dijital devrelerde hafıza elemanı olarak kullanılır.

Görsel 4.17'de transistörlü çift kararlı multivibratör devresi görülmektedir.



Görsel 4.17: Transistörlü çift kararlı (bistable) multivibratör

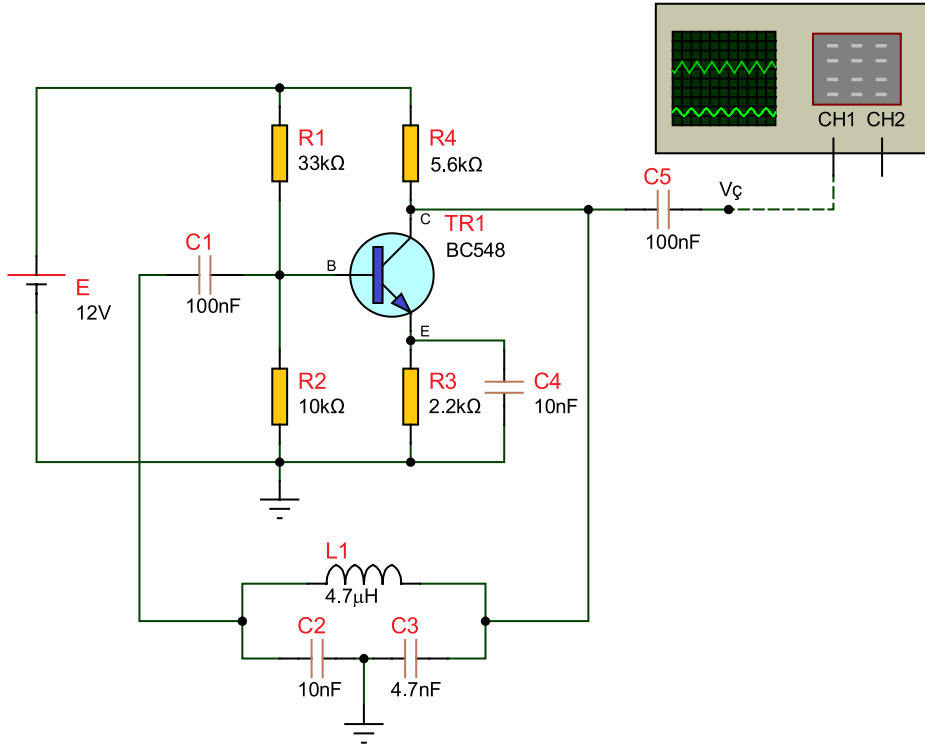
Devreye enerji verildiğinde iki transistörden herhangi biri iletime geçer ve diğeri kesimde kalır. B1 veya B2 butonlarından birisine basılana kadar devre durumunu korur. B1 butonuna basıldığında Q çıkışı 0, B2 butonuna basıldığında $\bar{Q}$ çıkışı 0 olacaktır.



AMAÇ: Colpitts osilatör devresini yapmak.

Colpitts osilatör, orta ucu şaseye bağlı seri iki adet kondansatör ve bunlara paralel bağlı bobin kullanılarak yapılan tank geri besleme devresiyle oluşturulur. Devrenin çalışma frekansını L1 bobini ile ona paralel bağlanmış olan C2, C3 kondansatörleri belirler. Görsel 4.18'deki devrenin çıkış frekansı 1 MHz civarında olduğu için yükselteç olarak transistör kullanılmıştır.

R1-R2 dirençleri, yükselteç olarak kullanılan TR1 transistörünün beyz polarmasını sağlayan voltaj bölücü dirençlerdir. C4 kondansatörü, emiter direncinin bypass kondansatörüdür. C5 ise çıkış kuplaj kondansatörüdür.



Görsel 4.18: Colpitts osilatör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC548 (TO-92 kılıf)
Direnç	2,2 kΩ
Direnç	5,6 kΩ
Direnç	10 kΩ
Direnç	33 kΩ
Kondansatör	10 nf/ 16 V
Kondansatör	4,7 nf/ 16 V
Kondansatör	100 nf/ 16 V
Bobin	4,7 μH

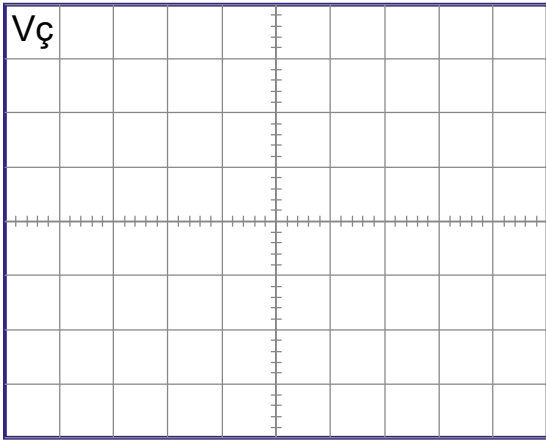
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.18'deki devreyi kurunuz.
2. Osiloskobu V_{ϕ} noktasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçüp Tablo 4.2'ye yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.

DEĞERLENDİRME

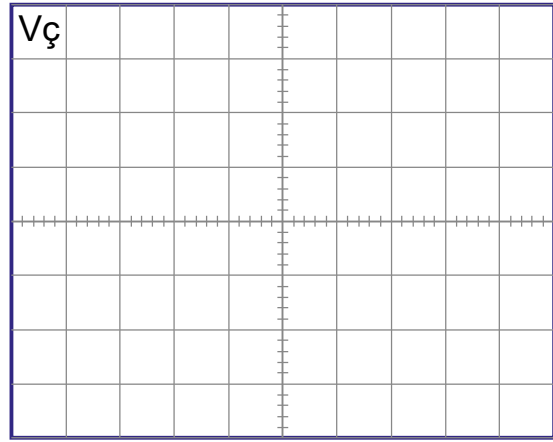
Tablo 4.2: Colpitts Osilatör Devresi

Frekans	Gerilim



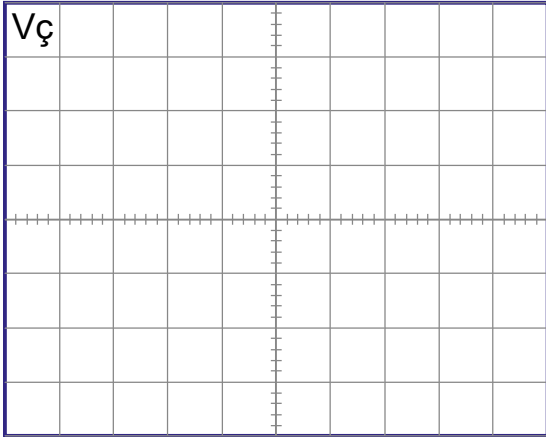
Volt/Div =

Time/Div =



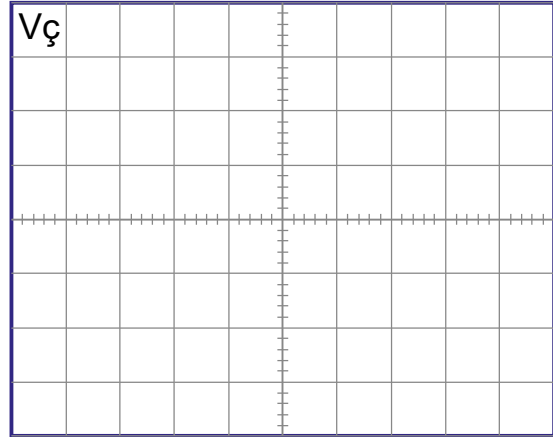
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

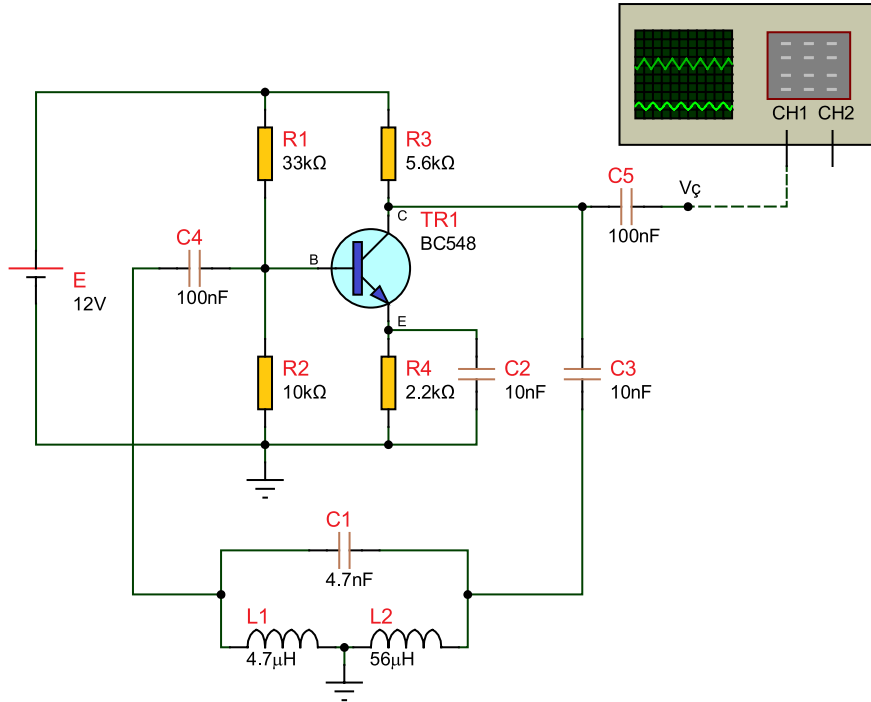
SORULAR

1. Devrenin çalışma frekansını hesaplayınız.
2. Tank devresini tanımlayıp nasıl çalıştığını araştırınız.
3. Besleme gerilimindeki bir değişiklik, çıkış sinyalini nasıl etkiler? Yazınız.
4. LC osilatörlerde yükselteç olarak işlemsel yükselteç yerine neden transistör tercih edilir? Araştırıp bir rapor hâline getiriniz.



AMAÇ: Hartley osilatör devresi yapmak.

LC osilatör devrelerinden olan hartley osilatör, rezonans (tınlaşım) frekansını ve faz kaymasını belirleyen kondansatör ve bobinden oluşan geri besleme devresine sahiptir. Görsel 4.19'daki devrede yükselteç olarak transistör kullanılmıştır. Yüksek frekanslarda kaliteli sinüs dalgası sinyalleri üretebilen bu osilatörlerde yükselteç olarak genellikle transistör tercih edilir. Devrenin osilasyon frekansı birbirine seri bağlı L1 ve L2 bobini ile onlara paralel bağlanmış olan C1 kondansatörüne bağlıdır. LC devresi pozitif geri beslemeyi oluşturarak osilasyonun sürekli olmasını sağlar. Hartley ve colpitts osilatör arasındaki fark LC tank devresidir. R1-R2 dirençleri, yükselteç olarak kullanılan TR1 transistörünün beyz polarmasını sağlayan voltaj bölücü dirençlerdir. C2 kondansatörü, emiter direncinin bypass kondansatörüdür. C5 ise çıkış kuplaj kondansatörüdür.



Görsel 4.19: Hartley osilatör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Transistör	BC548 (TO-92 kılıf)
Direnç	2,2 kΩ
Direnç	5,6 kΩ
Direnç	10 kΩ
Direnç	33 kΩ
Kondansatör	4,7 nf/ 16 V
Kondansatör	10 nf/ 16 V
Kondansatör	100 nf/ 16 V
Bobin	4,7 μH
Bobin	56 μH



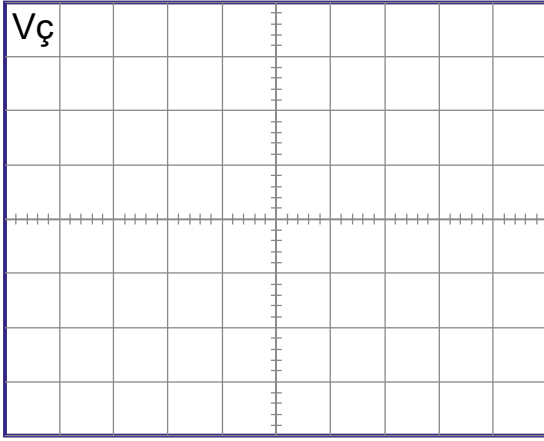
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.19'daki devreyi kurunuz.
2. Osiloskobu V_{ϕ} noktasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçüp Tablo 4.3'e yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.

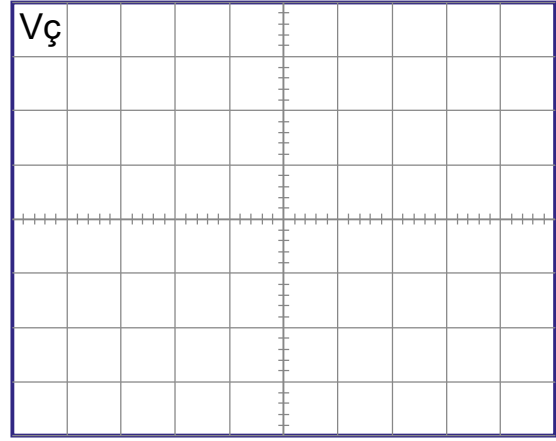
DEĞERLENDİRME

Tablo 4.3: Hartley Osilatör Devresi

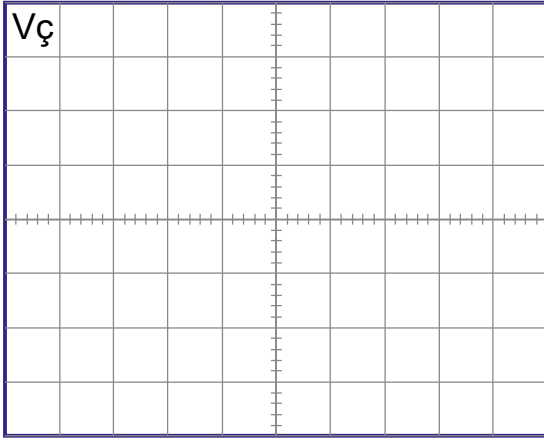
Frekans	Gerilim



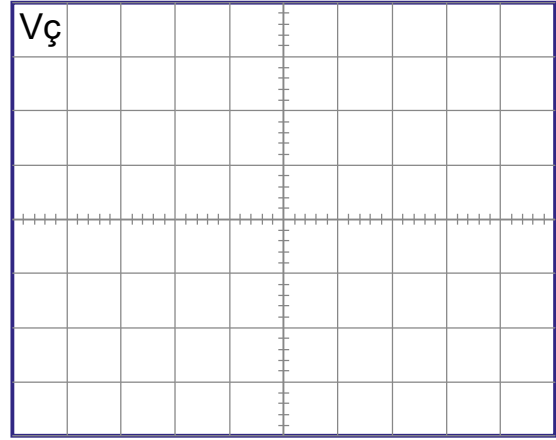
Volt/Div = Time/Div =



Volt/Div = Time/Div =



Volt/Div = Time/Div =



Volt/Div = Time/Div =

SORULAR

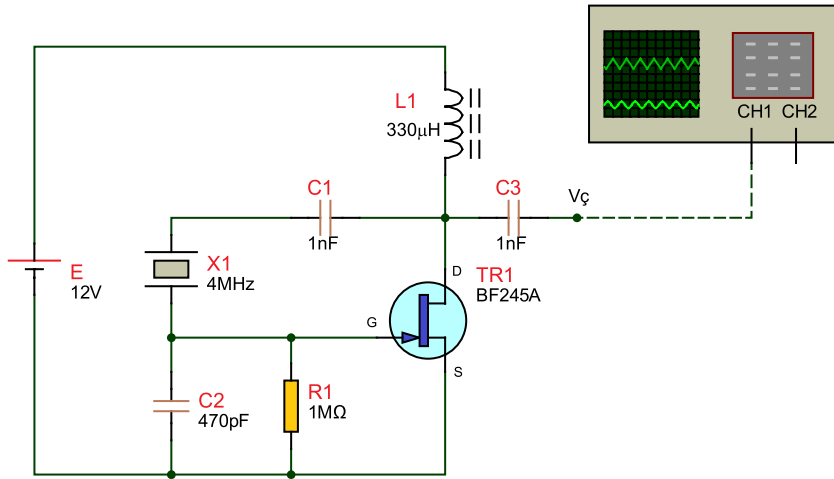
1. Devrenin çalışma frekansını hesaplayınız.
2. Colpitts ve hartley osilatör arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
3. Colpitts ve hartley osilatörler nerelerde kullanılır? Araştırınız.



AMAÇ: Kristal osilatör devresi yapmak.

Bir osilatör, sabit bir frekansta çalışacak ve çalıştığı frekansta az da olsa bir değişiklik olmayacaksa osilatörün kristalli olması en iyi yöntemdir. Kristal osilatörün ana parçası olan piezoelektrik kristal çoğunlukla kuartz maddesinden yapılır. Kristal osilatörler genellikle sabit frekansta çalışan alıcı ya da verici devrelerinde kullanılır.

Görsel 4.20'deki kristal osilatör devresi bir pierce osilatördür. Bu seri rezonans ayarlı devrede yükseleç olarak FET kullanılmıştır. Drain ve geyt uçları arasına bağlanan X1 kristali ve C1 kondansatörü çok yüksek bir giriş empedansı oluşturmaktadır. R1 direnci, geri besleme ve kristal sürücü miktarını kontrol ederken radyo frekansı bobini (L1) üzerindeki voltaj her döngüde tersine döner.



Görsel 4.20: Kristal osilatör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
FET	BF245A (TO-92 kılıf)
Direnç	1 MΩ
Kondansatör	470 pF/ 16 V
Kondansatör	1 nF/ 16 V
Bobin	330 µH
Kristal	4 MHz

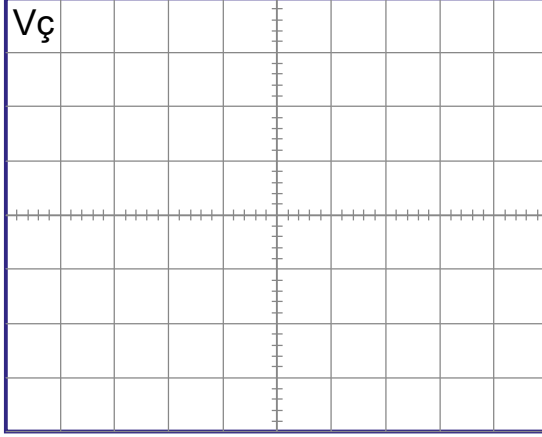
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.20'deki devreyi kurunuz.
2. Osiloskobu Vç noktasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Çıkış sinyalinin frekasını ve genliğini ölçüp Tablo 4.4'e yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.

DEĞERLENDİRME

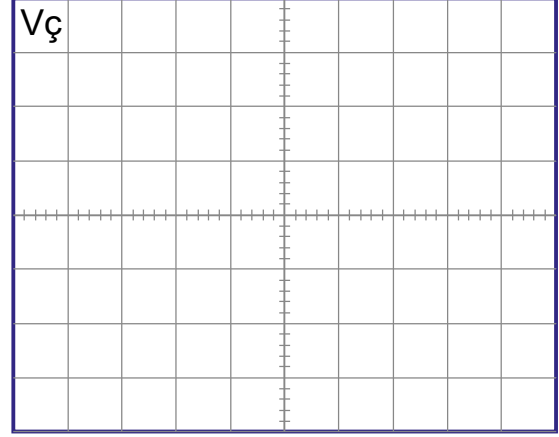
Tablo 4.4: Kristal Osilatör Devresi

Frekans	Gerilim



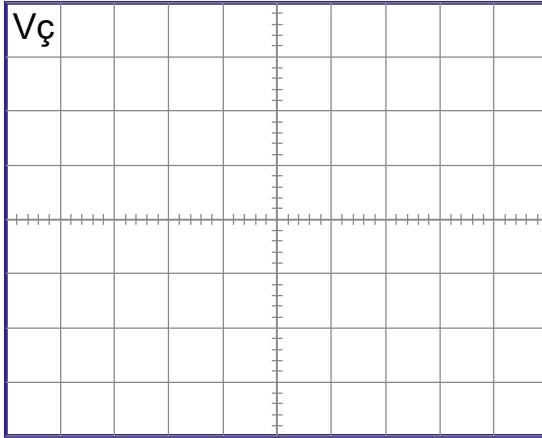
Volt/Div =

Time/Div =



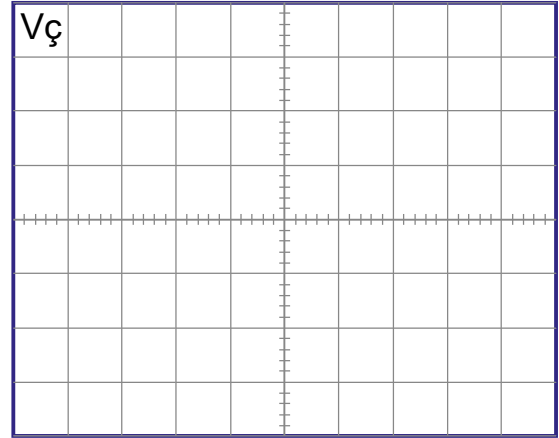
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

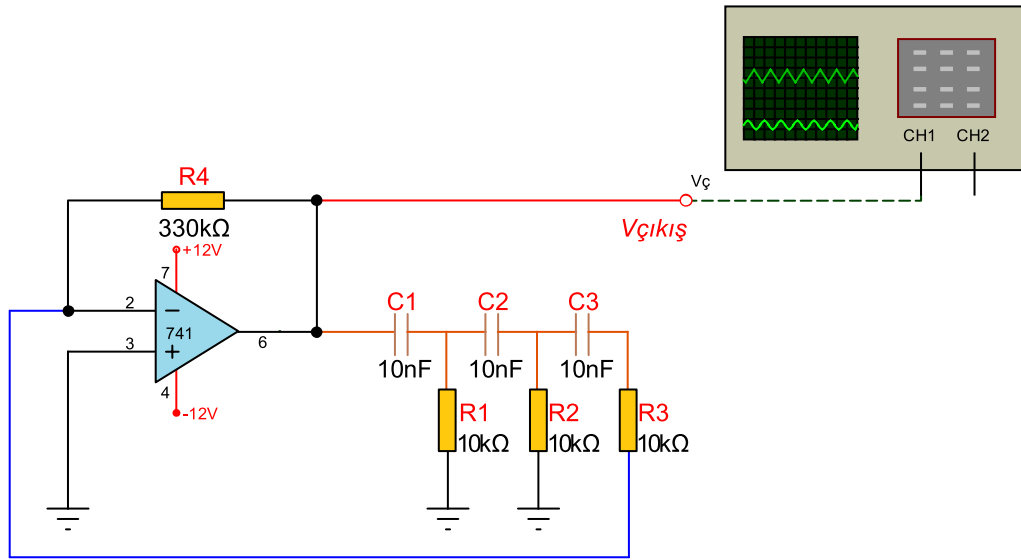
1. Bu devrede osilasyon nasıl oluşmaktadır? Yazınız.
2. Kristal osilatörün olumlu ve olumsuz özellikleri nelerdir? Belirtiniz.
3. Kristal kontrollü osilatörlerin kullanım alanlarını araştırınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: RC faz kaymalı osilatör devresi yapmak.

Görsel 4.21'deki devrede yükselteç olarak işlemsel yükselteç kullanılmıştır. RC faz kaymalı osilatör devreleri çok yüksek frekanslarda sinyal üretmedekileri için transistör yerine işlemsel yükselteç kullanımı daha yaygındır. Osilatör devresi, bir negatif kazançlı işlemsel yükselteç ve 180° faz kayması üreten üç bölümlü bir RC devresinden oluşur. Faz kaydırma devresi işlemsel yükseltecin çıkışından eviren girişine geri bağlanmıştır. Devrenin çıkışı ile yükseltecin eviren girişi arasında faz farkı bulunmamaktadır. Bu da osilasyonun oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca osilasyonun oluşması için RC devresindeki direnç ve kondansatör değerlerinin birbirine eşit olması ve işlemsel yükseltecin kazancının 29'dan büyük olması gerekir. Çıkışta oluşabilecek parazitleri önlemek için işlemsel yükseltecin + ve - besleme uçları ile şase arasına 100 nF'lik kondansatörler bağlanabilir.



Görsel 4.21: RC faz kaymalı osilatör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741(DIL-08 kılıf)
Direnç	10 kΩ
Direnç	330 kΩ
Kondansatör	10 nf/ 16 V

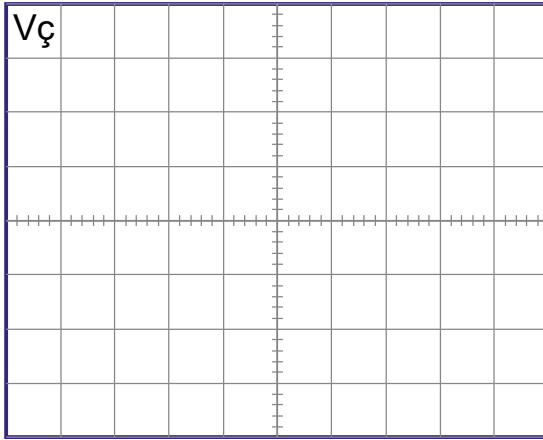
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.21'deki devreyi kurunuz.
2. Osiloskobu V_C noktasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçüp Tablo 4.5'e yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.

DEĞERLENDİRME

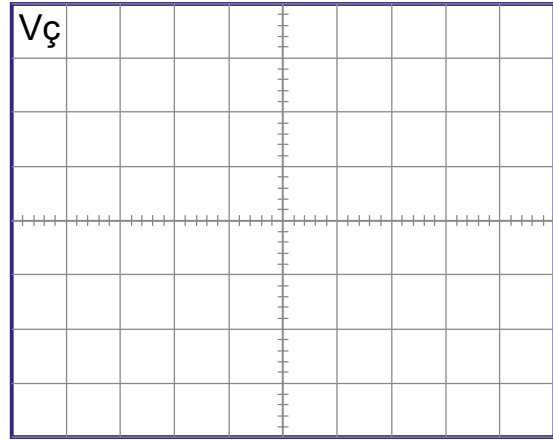
Tablo 4.5: RC Faz Kaymalı Osilatör Devresi

Frekans	Gerilim



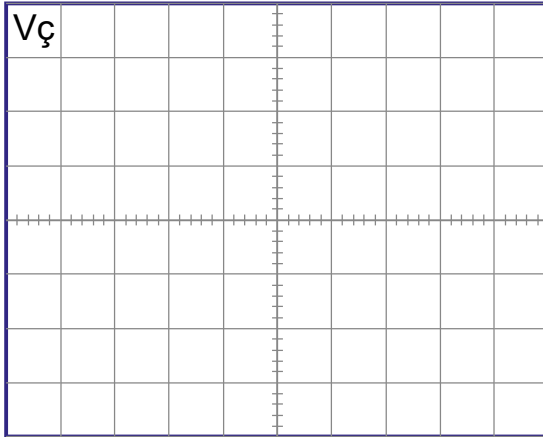
Volt/Div =

Time/Div =



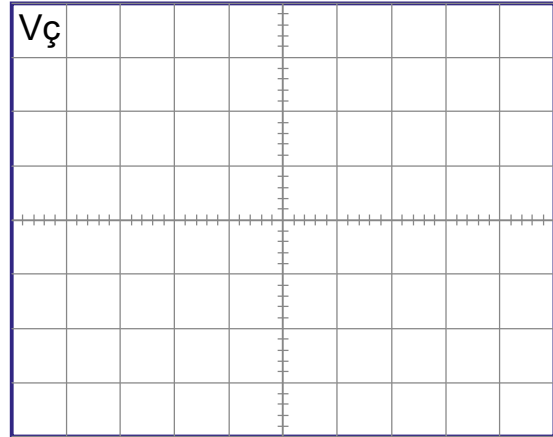
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

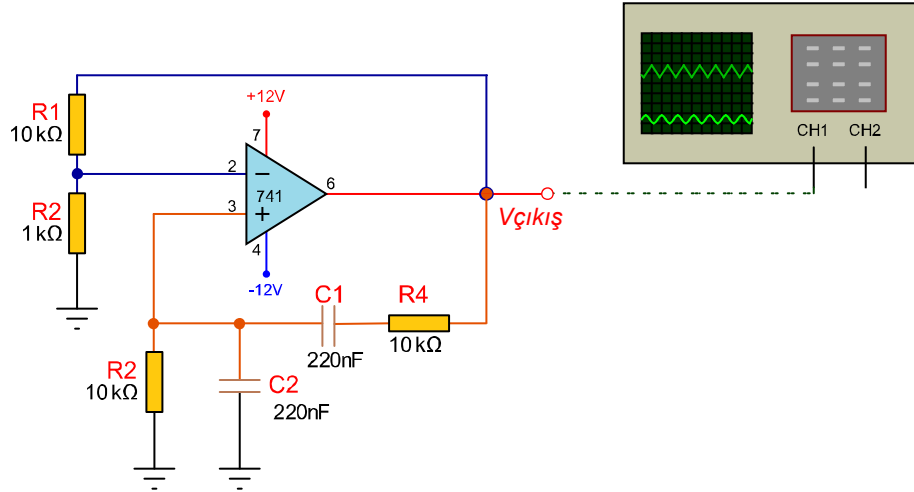
Time/Div =

SORULAR

1. Devredeki faz kaydırma ne kadardır? Açıklayınız.
2. Devrenin çalışma frekansını hesaplayınız.
3. İşlemsel yükselteçlerde frekans kazanç ilişkisi nasıldır? Araştırınız.

AMAÇ: Wien köprü osilatör devresi yapmak.

Görsel 4.22'deki devrede R1 ve R2 dirençleri, osilatörün yükselteç devresinin kazancını belirler. Seri C1-R4 ve paralel C2-R3 elemanlarından oluşan pozitif geri besleme, devresi wien köprü osilatörünün çıkış frekansını belirlemektedir. Çıkış sinyali belli bir oranda işlemsel yükseltecin evirmeyen girişine geri beslenmektedir. Bu zayıflamayı telafi etmek ve osilasyonu oluşturabilmek için yükseltecin kazancının 3'e eşit veya 3'ten büyük olması gerekir.



Görsel 4.22: Wien köprü osilatör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741(DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	220 nf/ 16 V

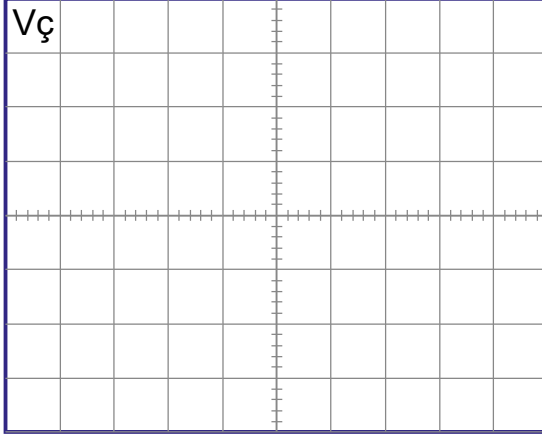
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.22'deki devreyi kurunuz.
2. Osiloskobu Vç noktasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Çıkış sinyalinin frekansını ve genliğini ölçüp Tablo 4.6'ya yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çizin.

DEĞERLENDİRME

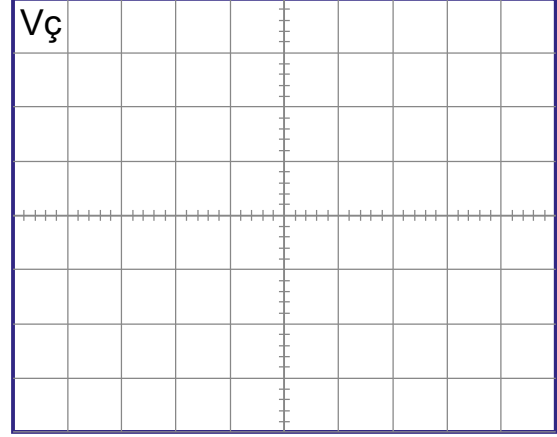
Tablo 4.6: Wien Köprü Osilatör Devresi

Frekans	Gerilim



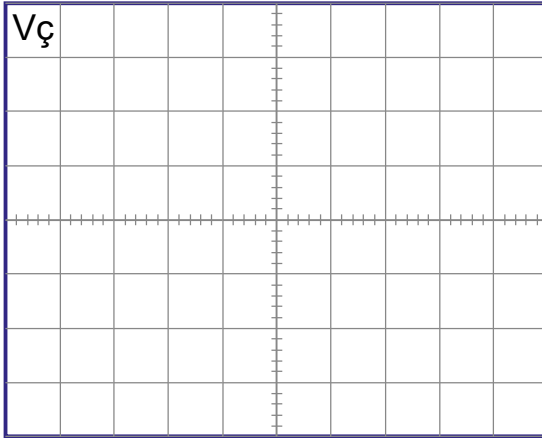
Volt/Div =

Time/Div =



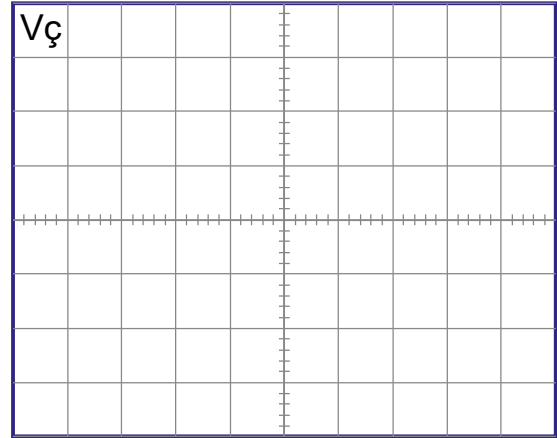
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

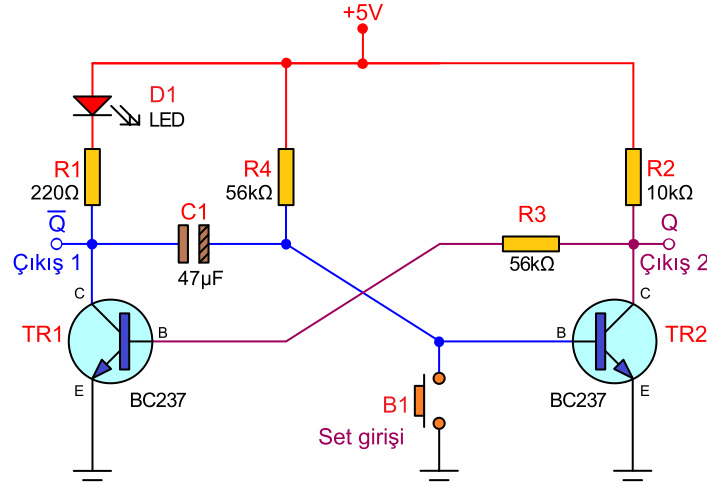
1. Osilatör nedir? Açıklayınız.
2. Osilatörlerdeki geri besleme kavramını açıklayınız.
3. Devrenin çalışma frekansını hesaplayınız.
4. Yüksek frekanslarda işlemsel yükselteçlerin dezavantajları nedir? Araştırınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Transistörlü tek kararlı multivibratör devresi yapmak.

Görsel 4.23'teki devrede ilk anda TR2 transistörü iletimde, TR1 transistörü kesimdedir. B1 butonuna basıldığında TR1 iletime geçer ve LED yanar. TR2'de kesime gider. Bu anda C1, R4 üzerinden şarj olmaya başlar. C1 gerilimi 0,7 V civarına ulaştığında TR2 tekrar iletime geçerken TR1 kesime gider ve LED söner. LED'in yanık kalma süresi C1 ve R4 tarafından belirlenir.



Görsel 4.23: Tek kararlı multivibratör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	220 Ω
Direnç	10 k Ω
Direnç	56 k Ω
Kondansatör	47 μ f/ 16 V
Kondansatör	100 μ f/ 16 V
Kondansatör	220 μ f/ 16 V
Buton	Push buton (NO)

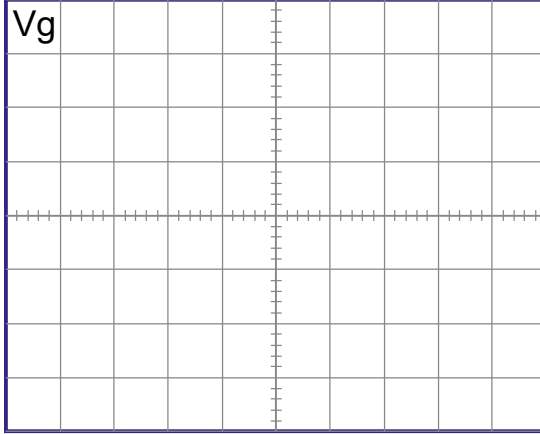
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.23'teki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. B1 butonuna basınız. Devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
4. C1 kondansatörünün değerini Tablo 4.7'deki değerler ile değiştirerek ölçülen süreyi yazınız.

DEĞERLENDİRME

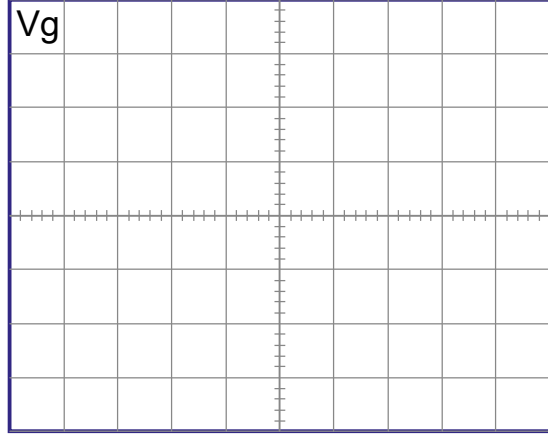
Tablo 4.7: Tek Kararlı Multivibratör Devresi

C1 Kondansatör Değeri	LED'in Yanık Kalma Süresi (sn.)
47 μ f	
100 μ f	
220 μ f	



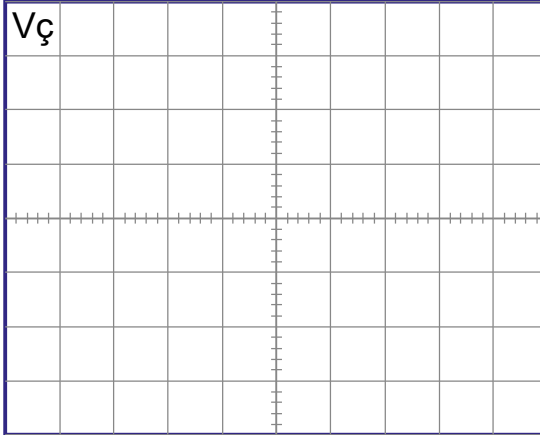
Volt/Div =

Time/Div =



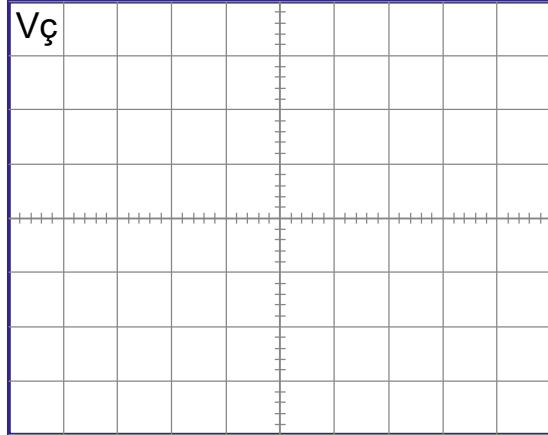
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

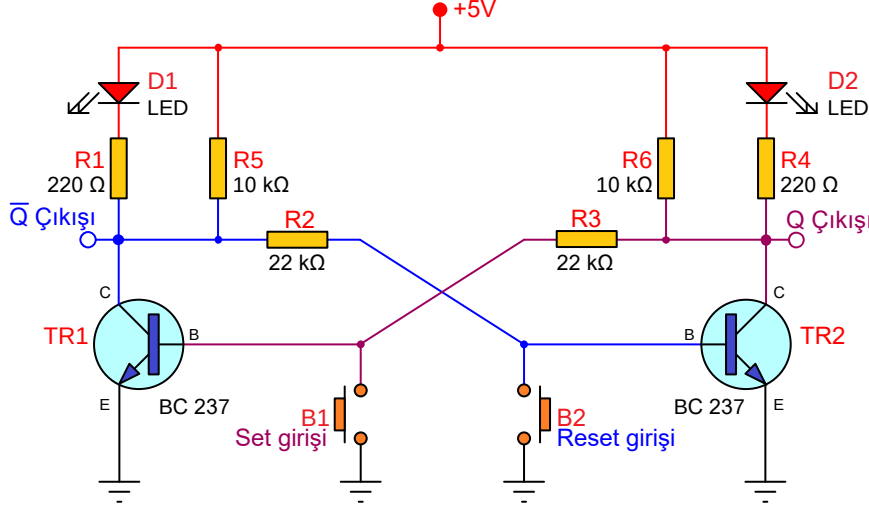
1. Devrede D1'in tersi çalışan LED nereye eklenir? Çiziniz.
2. Devre turn on mu, turn off mu çalışmaktadır? Belirtiniz.
3. Devredeki C1 kondansatörünün görevi nedir? Açıklayınız.
4. C1 kondansatörünün değerinin değişmesi devrenin çalışmasını nasıl etkiler? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Transistörlü çift kararlı multivibratör devresi yapmak.

Görsel 4.24'teki devrede başlangıçta TR1 transistörü iletimdeyse TR2 transistörü yalıtmadadır. D1 LED'i yanık, D2 LED'i sönmüştür. Devredeki set veya reset butonlarına basılmadığı sürece transistörler bu konumlarını korur. Set butonuna basıldığında TR1 transistörü kesime gider ve D1 LED'i söner. Aynı anda beyz polarması alan TR2 iletime geçer ve D2 LED'i yanar. Reset butonuna basıldığında TR2 beyzini şaseye çekip kesime götürür ve D2 LED'i söner. TR1 iletime geçtiği için D1 LED'i yanar. Butonlara sırayla basılarak LED'lerin durumu değiştirilir.



Görsel 4.24: Çift kararlı multivibratör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	220 Ω
Direnç	10 kΩ
Direnç	22 kΩ
Buton	Push buton (Başlatma) NO

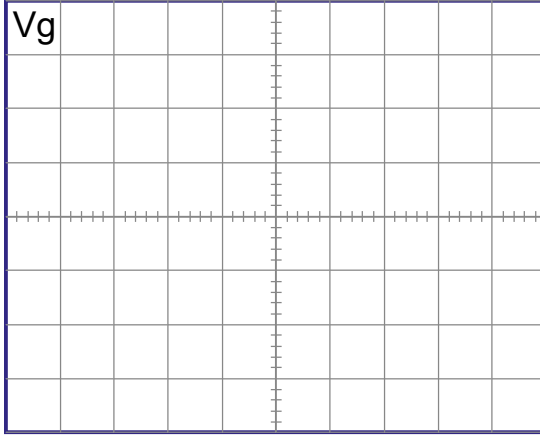
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.24'teki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Set butonuna basınız. LED'lerin durumunu Tablo 4.8'e yazınız.
4. Reset butonuna basınız. LED'lerin durumunu Tablo 4.8'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

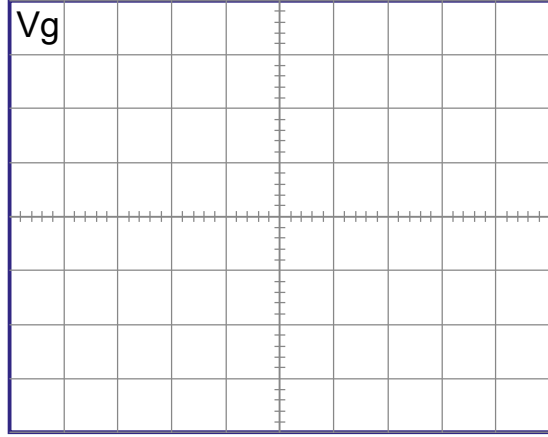
Tablo 4.8: Çift Kararlı Multivibratör

Buton	D1'in Durumu (Yanık/Sönük)	D2'in Durumu (Yanık/Sönük)
Set		
Reset		



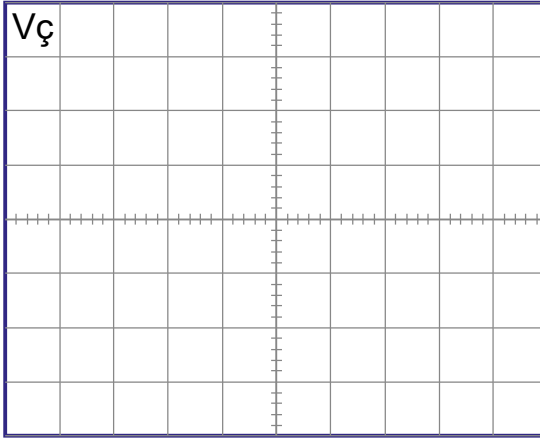
Volt/Div =

Time/Div =



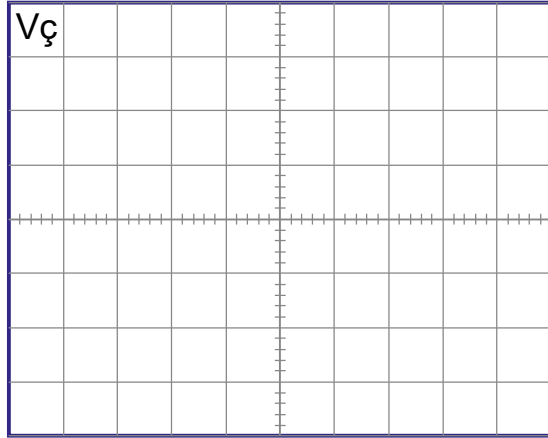
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

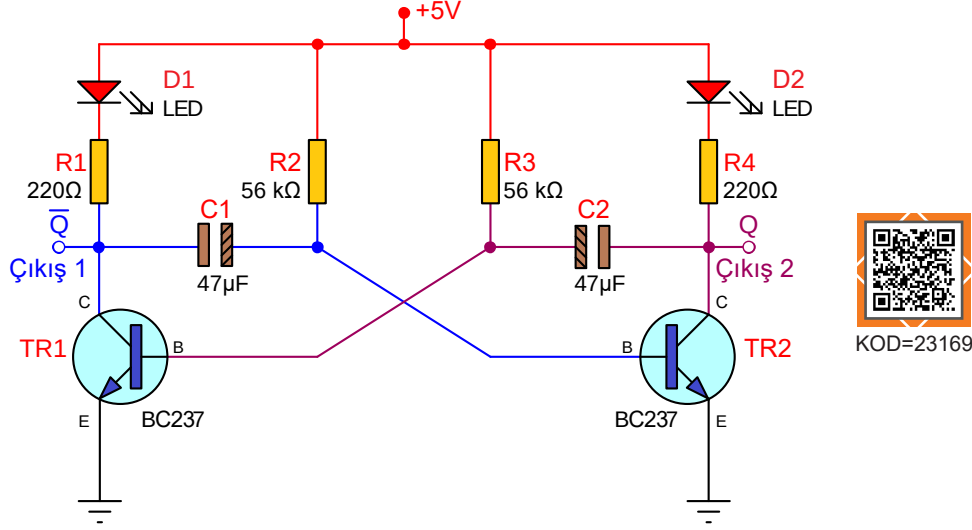
1. LED'lerin yanma süresi ne kadardır? Belirtiniz.
2. Tetikleme palsi nasıl verilmektedir? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Transistörlü kararsız multivibratör devresi yapmak.

Görsel 4.25'teki devreye enerji uygulandığında dirençlerin tolerans farklılığından dolayı transistörlerden biri ilettime, diğeri kesime gider. İlk anda TR1 transistörünün ilettime olduğu varsayılır. TR1 ilettime geçtikten bir süre sonra C2 deşarj, C1 şarj olur. TR1 kesime, TR2 ilettime gider. TR2 ilettime gittiğinde C1 deşarj, C2 şarj olmaya başlar. Belli bir süre sonra TR1 yeniden ilettime TR2'de tekrar kesime gider. Bu durum sürekli tekrarlanır. Transistörlerin sırayla ilettime ve kesime gitmesi transistör kollektörlerinde kare dalga sinyalin oluşmasını sağlar.



Görsel 4.25: Kararsız multivibratör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	220 Ω
Direnç	56 kΩ
Kondansatör	47 μf/ 16 V

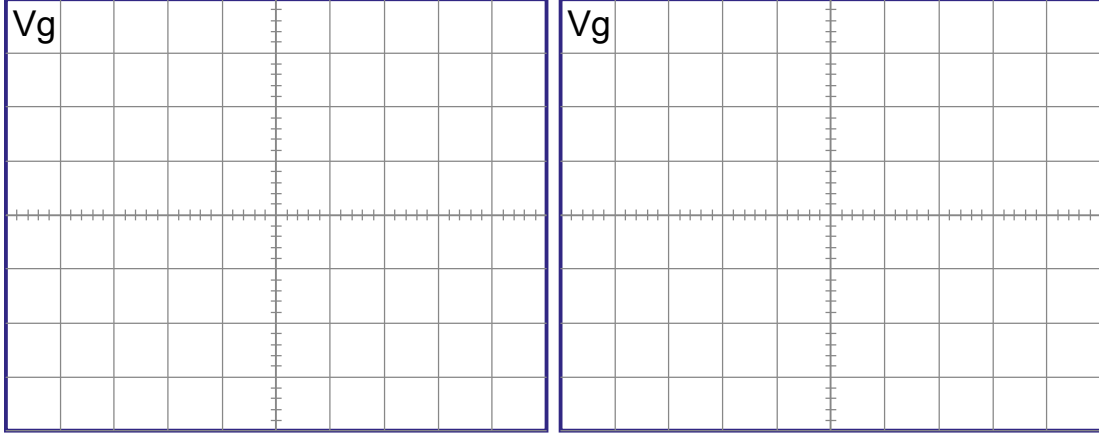
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.25'teki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
4. TR1'in tetiklenmesi için geçen süreyi belirleyen elemanları Tablo 4.9'a yazınız.
5. TR2'nin tetiklenmesi için geçen süreyi belirleyen elemanları Tablo 4.9'a yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 4.9: Kararsız Multivibratör

Transistör	Elemanlar (τ) = RXC	
TR1		
TR2		

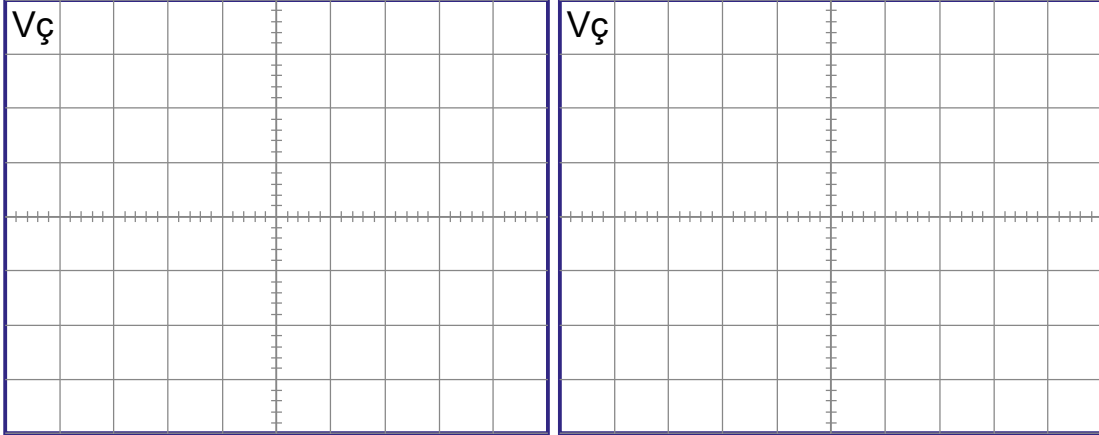


Volt/Div =

Time/Div =

Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

1. LED'lerin yanık kalma süreleri eşit midir? Farklı sürelerde nasıl çalıştırılır? Belirtiniz.
2. Devre 12 V ile beslenirse hangi iki direncin değeri arttırılmalıdır? Nedenini açıklayınız.
3. LED'ler aynı anda yanar mı? Nedenini belirtiniz.

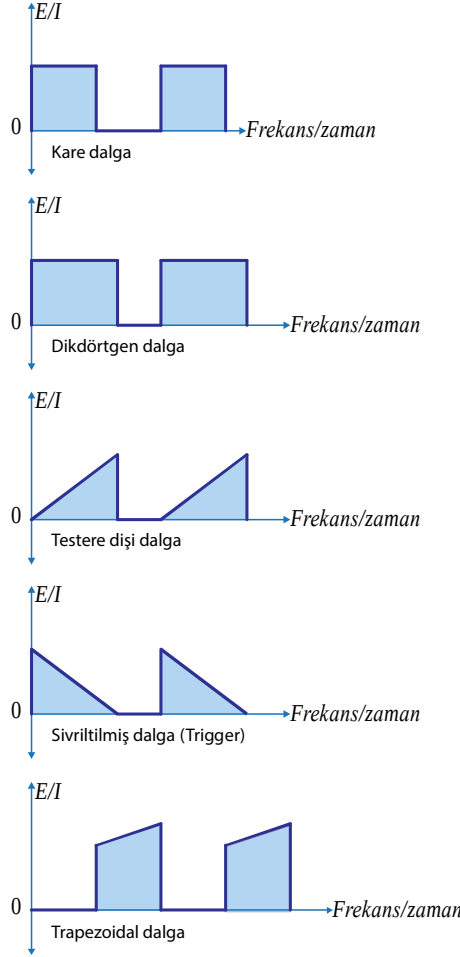
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



4.2. PALS DEVRELERİ

Bir **pals (darbe)**, bir seviyeden diğerine değişen ve tekrar eden akım veya gerilimdir. Akım veya gerilimin kısa zamanda ani olarak değişmesi şeklinde de tarif edilebilir. Bir pals oluşması için geçen zaman yarım periyottur.

Pals devreleri ise girişine uygulanan sinyallerin çıkışında şeklini değiştiren devrelerdir. Dalga şekillendirme amacıyla özellikle sinüsoidal olmayan sinyal üretiminde kullanılır. Görsel 4.26'da çeşitli pals sinyalleri görülmektedir.



Görsel 4.26: Pals sinyal çeşitleri

4.2.1. Kırpıcı Devreler (Clipping Circuits-Kliping Sörkīts)

Herhangi bir işaretin belirli bir gerilim seviyesinin üstünde veya altında kalan kısmını geçirmeyen devrelere **kırpıcı devreler** denir. Bu tür devrelere kırpıcı devreler isminden başka **kırpma devreleri**, **sınırlayıcı**, **dilimleyici** ve **genlik seçici** gibi isimler de verilir. Kırpıcılar, giriş sinyalinin bir kısmını kırparken sinyalin diğer kısmını bozmaz.

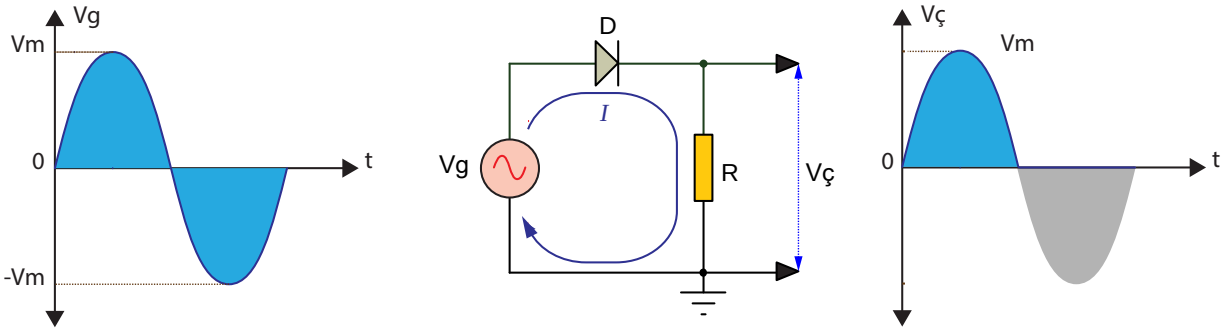
Kırpıcı devreler diyot, direnç veya transistör gibi elemanlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. En yaygın kullanılanları, diyot ve direnç ile yapılanlarıdır.

Polarmasız Kırpıcı Devreler:

Giriş sinyalinden başka diyota bağlı herhangi bir gerilim kaynağının bulunmadığı kırpıcı devrelerdir. Bir kırpıcı devresinde ideal diyotta kırılma gerilim seviyesi 0 voltken uygulamada bu seviye 0,7 voltur.

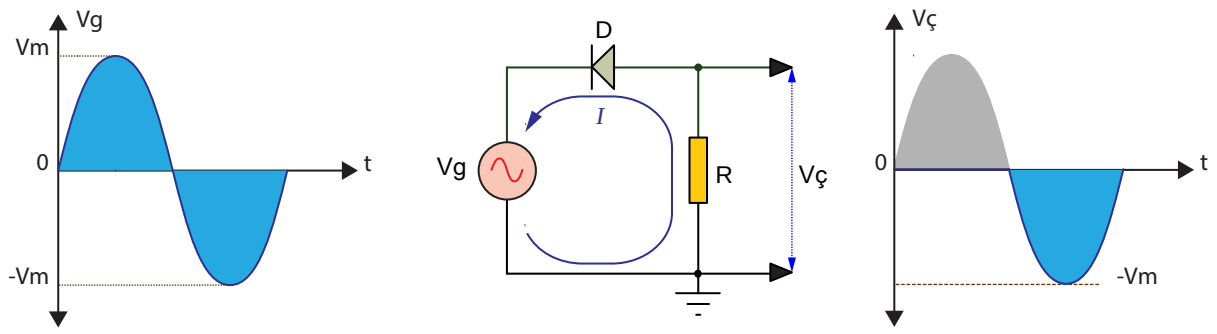
Seri Negatif Kırpıcı: Giriş sinyalinin pozitif alternansında diyot iletime geçer ve çıkışta pozitif alternansın tamamı görülür. Negatif alternansta ise diyot yalıttımdadır ve çıkışta herhangi bir gerilim görülmez.

Seri negatif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.27’de verilmiştir.



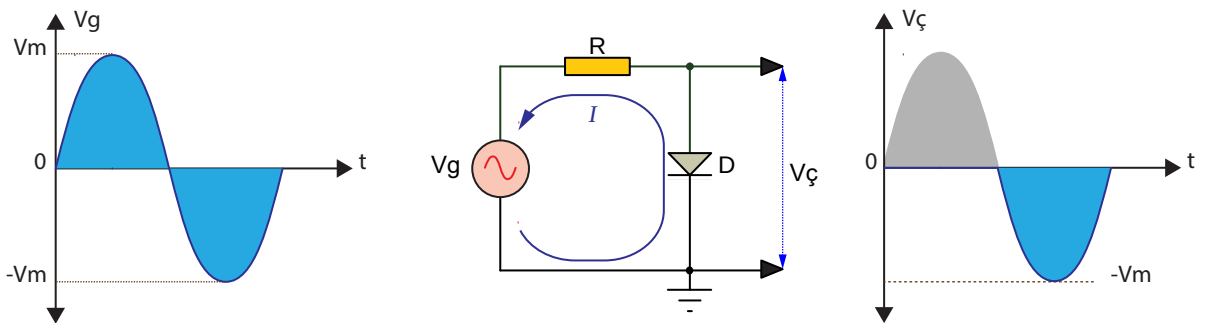
Görsel 4.27: Seri negatif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Seri Pozitif Kırıcı: Çalışması seri negatif kırıcının tersidir. Girişin pozitif alternansında diyot açık devredir ve çıkışta sıfır volt görülür. Negatif alternansta ise diyot iletimdedir ve çıkışta negatif alternansın tamamı görülür. Seri pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.28’de verilmiştir.



Görsel 4.28: Seri pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

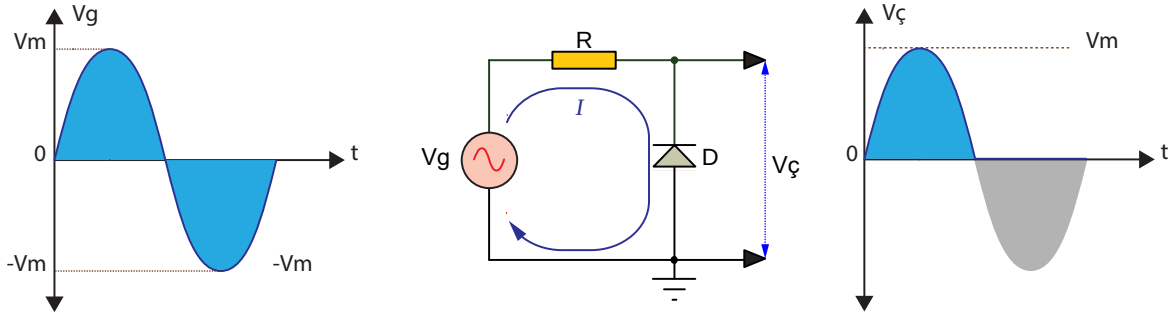
Paralel Pozitif Kırıcılar: Giriş sinyalinin pozitif alternansında diyot iletime geçer ve çıkış uçları kısa devre olur. Bu durumda çıkış gerilimi sıfırdır. Negatif alternansta ise diyot açık devredir ve çıkışta negatif alternansın tamamı görülür. Paralel pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.29’da verilmiştir.



Görsel 4.29: Paralel pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Paralel Negatif Kırıcılar: Paralel pozitif kırıcı devrede diyot ters çevrilerek negatif kırıcı devresi elde edilir. Paralel pozitif kırıcı devrenin tersi şekilde çalışır. Negatif kırıcılar giriş geriliminin negatif alternansını kırarken pozitif alternansın tamamı çıkışta görülür.

Paralel negatif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.30'da verilmiştir.



Görsel 4.30: Paralel negatif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Polarmalı (Öngerilimli) Kırıcı Devreler:

Bir kırıcı devresinde ideal diyotta kırılma gerilim seviyesi 0 voltken uygulamada bu seviye 0,7 voltur. Kırılma gerilim seviyesi değiştirilmek isteniyorsa devreye bir DC gerilim kaynağı bağlanmalıdır.

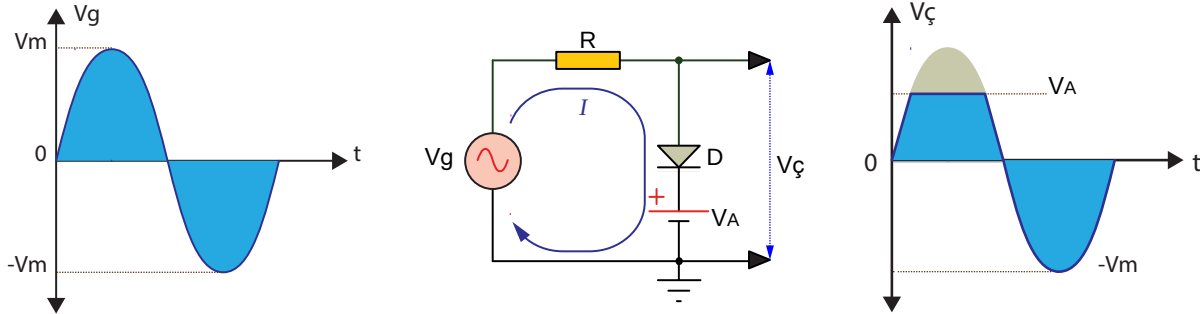
DC gerilim kaynağı diyota seri bağlanarak polarmalı kırıcı devreler elde edilir. DC kaynağın gerilimi, giriş gerilimi maksimum değerinden (V_m) küçük olmalıdır.

Ters Polarmalı Paralel Pozitif Kırıcı: Devrede giriş sinyalinin pozitif alternansında diyot kendisine ters yönde bağlı olan V_A gerilim değerine kadar yalıtımdadır ve çıkışta başlangıçtan V_A değerine kadar olan giriş sinyali görülür. Giriş sinyalinin değeri V_A gerilimine eşit olunca diyot iletme geçer ve çıkışta V_A gerilimi görülür.

Girişin negatif alternansında ise diyot kesimdedir ve negatif alternans olduğu gibi çıkışa aktarılır.

Devrede kullanılan V_A gerilim değeri değiştirilerek pozitif alternansın kırılma seviyesi değiştirilebilir.

Ters polarmalı paralel pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.31'de verilmiştir.

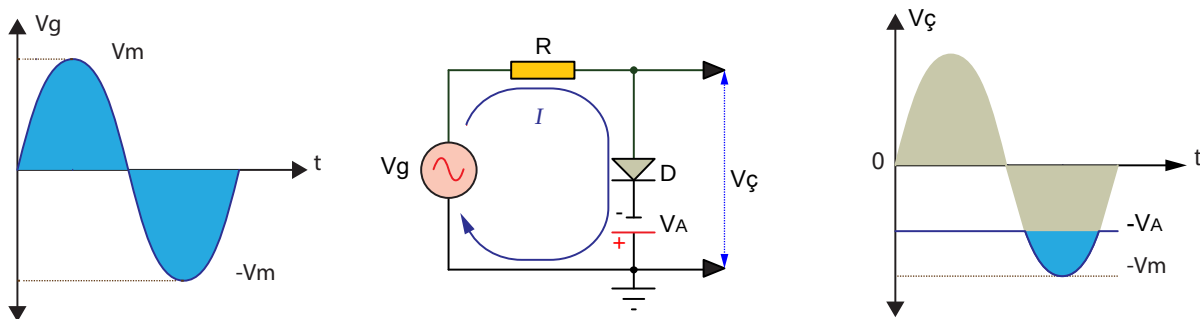


Görsel 4.31: Ters polarmalı paralel pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Doğru Polarmalı Paralel Pozitif Kırıcı: Devrede giriş sinyalinin pozitif alternansında diyot kendisine doğru yönde bağlı olan V_A gerilim değerinden dolayı iletimdedir ve çıkışta V_A değeri görülür.

Girişin negatif alternansında giriş sinyali V_A gerilimine düşene kadar diyot iletimdedir ve çıkışta V_A değeri görülür. Giriş sinyali V_A geriliminin altına düşünce diyot kesime gider ve çıkışta giriş sinyali görülür.

Doğru polarmalı paralel pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.32'de verilmiştir.

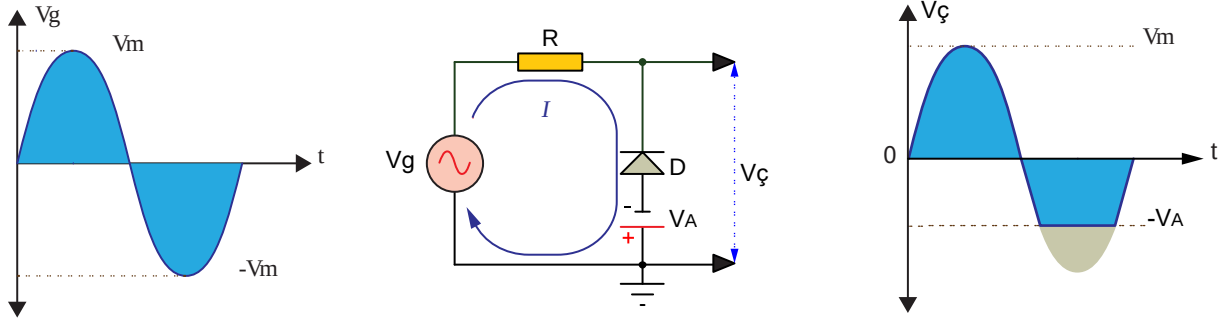


4.32: Doğru polarmalı paralel pozitif kırıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Ters Polarmalı Paralel Negatif Kırpcı: Girişin pozitif alternansında diyot kesimdedir ve pozitif alternans olduğu gibi çıkışa aktarılır.

Giriş sinyalinin negatif alternansında diyot kendisine ters yönde bağlı olan V_A gerilim değerine kadar yalıtımdadır ve çıkışta başlangıçtan V_A değerine kadar olan giriş sinyali görülür. Giriş sinyalinin değeri V_A gerilimine eşit olunca diyot iletme geçer ve çıkışta V_A gerilimi görülür.

Ters polarmalı paralel negatif kırpcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.33'te verilmiştir.

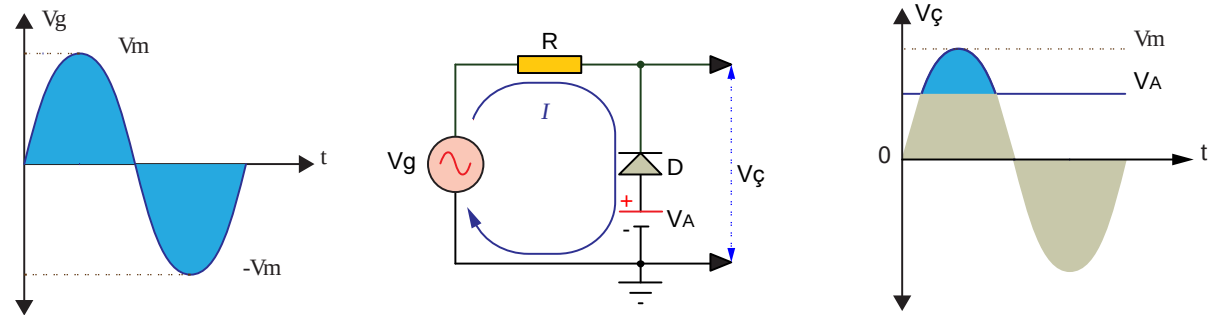


Görsel 4.33: Ters polarmalı paralel negatif kırpcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Doğru Polarmalı Paralel Negatif Kırpcı: Girişin pozitif alternansında giriş sinyali V_A gerilimine yükselinceye kadar diyot iletimdedir ve çıkışta V_A değeri görülür. Giriş sinyali V_A geriliminin üstüne çıkınca diyot kesime gider ve çıkışta giriş sinyali görülür.

Devrede giriş sinyalinin negatif alternansında diyot, doğru yönde bağlı olan V_A gerilim değerinden dolayı iletimdedir ve çıkışta V_A değeri görülür.

Doğru polarmalı paralel pozitif kırpcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.34'te verilmiştir.

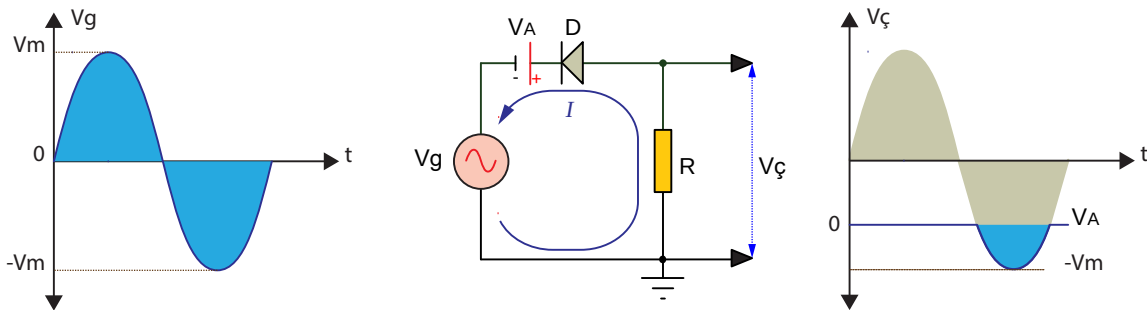


Görsel 4.34: Doğru polarmalı paralel negatif kırpcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Ters Polarmalı Seri Pozitif Kırpcı: Devrede diyota ters bağlı V_A gerilim kaynağı vardır. Giriş sinyali pozitif alternansta iken diyot yalıtımdadır ve çıkış 0 volt olur.

Giriş sinyalinin negatif alternansında diyot kendisine ters yönde bağlı olan V_A gerilim değerine kadar yalıtımdadır. Giriş sinyali V_A geriliminin üstüne çıktığında diyot iletme geçer ve çıkışta giriş sinyali görülür.

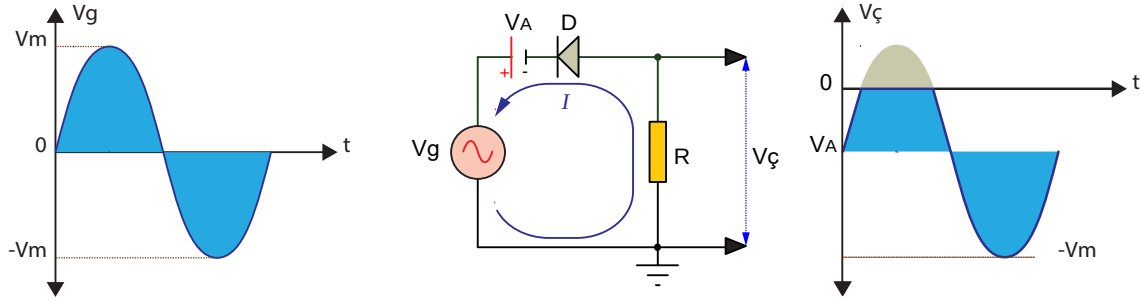
Ters polarmalı seri pozitif kırpcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.35'te verilmiştir.



Görsel 4.35: Ters polarmalı seri pozitif kırpcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Doğru Polarmalı Seri Pozitif Kırpıcı: Devrede diyota doğru yönde bağlı V_A gerilim kaynağı vardır. Giriş sinyali pozitif alternanstayken V_A gerilimine yükselinceye kadar diyot iletimdedir ve çıkışta giriş sinyali görülür. Giriş sinyali V_A gerilimini geçince diyot iletime geçer ve çıkışta 0 volt görülür. Giriş sinyali negatif alternanstayken ise diyot iletimde olduğundan çıkışta V_A ve negatif alternansın toplamı görülür.

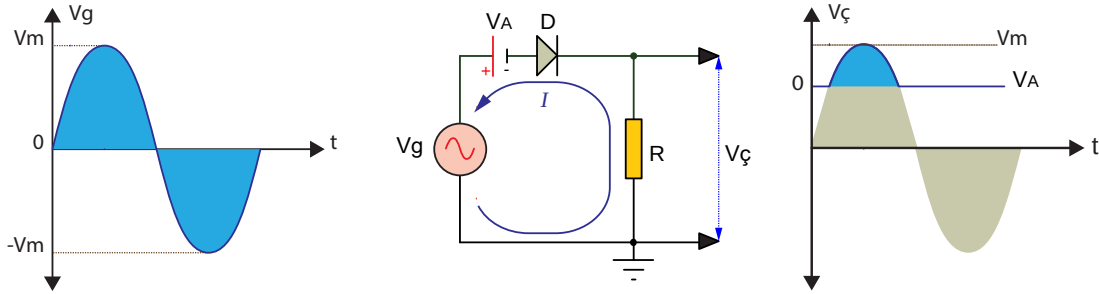
Doğru polarmalı seri pozitif kırpıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.36'da verilmiştir.



Görsel 4.36: Doğru polarmalı seri pozitif kırpıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

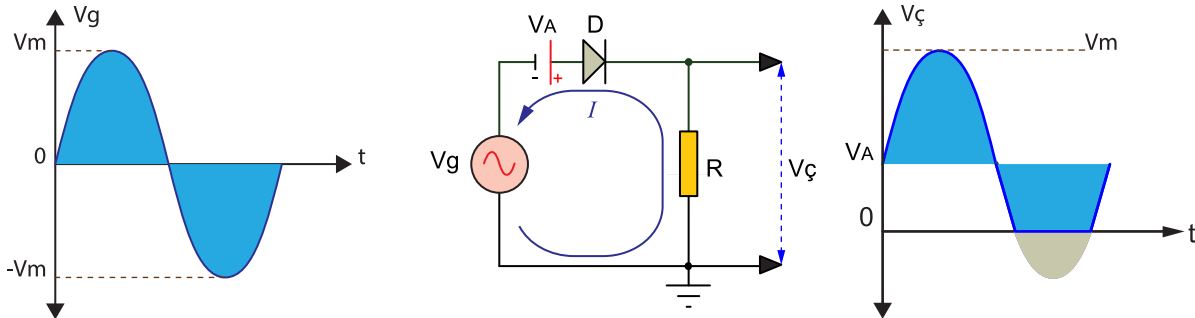
Ters Polarmalı Seri Negatif Kırpıcı: Devrede diyota doğru yönde bağlı V_A gerilim kaynağı vardır. Giriş sinyali pozitif alternanstayken V_A gerilimine yükselinceye kadar diyot yalıtımdadır ve çıkış 0 volt olur. Giriş sinyali V_A geriliminin üstüne çıkınca diyot iletime geçer ve çıkışta giriş sinyali görülür. Giriş sinyali negatif alternanstayken diyot yalıtımdadır ve çıkış 0 volt olur.

Görsel 4.37'de ters polarmalı seri negatif kırpıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.37'de verilmiştir.



Görsel 4.37: Ters polarmalı seri negatif kırpıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Doğru Polarmalı Seri Negatif Kırpıcı: Görsel 4.38'de doğru polarmalı seri negatif kırpıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri görülmektedir.

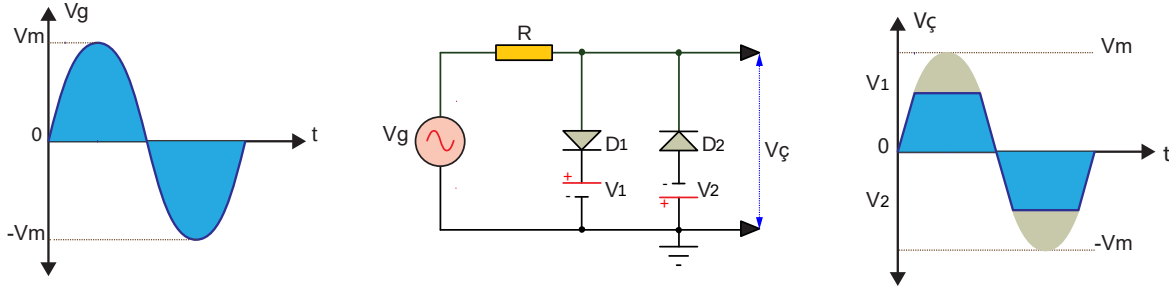


Görsel 4.38: Doğru polarmalı seri negatif kırpıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Devrede diyota doğru yönde bağlı V_A gerilim kaynağı vardır. Giriş sinyali pozitif alternanstayken V_A gerilimine yükselinceye kadar diyot iletimdedir ve çıkışta (V_A + giriş sinyali) görülür. Giriş sinyali negatif alternanstayken V_A geriliminin altına düşünce diyot yalıtıma geçer ve çıkışta 0 volt görülür.

Birleşik Kırpıcı: Pozitif polarmalı ve negatif polarmalı kırpıcıların birleştirilmesiyle elde edilir. Bu devrelerle giriş geriliminin pozitif ve negatif alternansları beraber kırılır. Görsel 4.39'daki birleşik kırpıcı devresinde D1 diyotu girişin pozitif alternansında kırma yaparken D2 diyotu ise negatif alternansta kırma yapmaktadır.

Pozitif giriş gerilimi $+V_1$ geriliminden büyükken D1 iletime geçer, D2 ise kesimdedir. Çıkışta $+V_1$ gerilimi elde edilir. Giriş $+V_1$ 'i geçtiği hâlde çıkış $+V_1$ 'de kalır. Diğer taraftan giriş negatif alternansta V_2 gerilimini geçince D2 diyotu iletime geçer ve çıkış V_2 geriliminde sabit kalır. Bu çıkış değerleri ideal diyotlar için geçerlidir. Uygulama da çıkış değerlerine iki alternansta da 0,7 V eklenir.



Görsel 4.39: Birleşik kırpıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

4.2.2. Kenetleyici (Kilitleme) Devreleri (Clamper Circuits-Klempir Sirkuits)

Girişinden gelen AC sinyalin özelliklerini değiştirmeden en alt ya da en üst değerini belli bir DC noktaya sabitleyen devrelere **kenetleyici (kilitleme) devreleri** denir. Kenetleyicilerde sinyalin tepeden tepeye değeri değişmemekte, sadece sinyalin başlangıç ve bitiş noktaları değişmektedir.

Kenetleyici devreleri fazla güç istemeyen fakat yüksek gerilim gerektiren yerlerde trafo kullanılmadan bir AC gerilimin negatif ya da pozitif olarak artırılması istenen yerlerde kullanılır.

Kenetleyici devreler diyot, kondansatör ve direnç elemanlarından oluşur. Kenetleme işlemi, bir diyot yardımı ile kondansatörün şarj ve deşarjından yararlanılarak gerçekleştirilir.

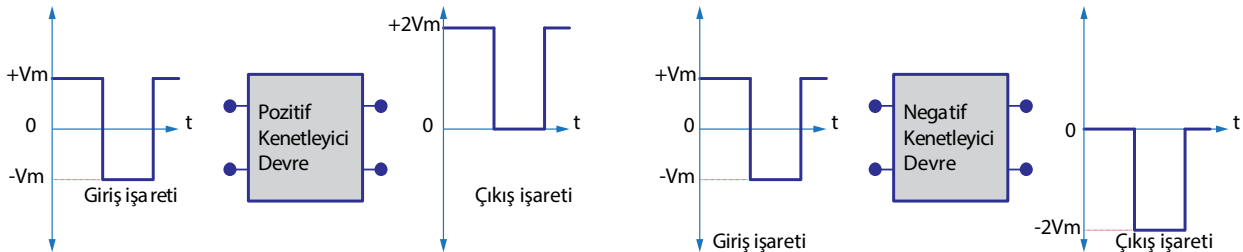
Devrede kullanılan R ve C elemanlarının değeri çok önemlidir. Bu elemanların zaman sabitesi giriş geriliminin periyodundan çok daha yüksek ayarlanarak kondansatörün yük direnci üzerinden hızlı bir şekilde deşarj olması önlenir.

Kenetleyici devreler; **pozitif kenetleyici devreler** ve **negatif kenetleyici devreler** olmak üzere ikiye ayrılır.

Pozitif kenetlemede, girişten uygulanan işaretin en alt seviyesi sıfır referans noktasında kenetlenir. Negatif kenetlemede ise girişten uygulanan işaretin en üst seviyesi sıfır referans noktasına kenetlenir. Pozitif ve negatif gerilim kenetleme işlemi Görsel 4.40'ta blok diyagram olarak verilmiştir.

Blok diyagrama bakıldığında pozitif kenetleyici devre girişine uygulanan sinyalin değeri $+V_m$ ve $-V_m$ arasında olmak üzere toplamda $2 V_m$ 'dir. Kenetleyici çıkışında ise bu sinyalin alt seviyesi 0 volt referans seviyesine kenetlenmiştir. Giriş sinyalinin negatif seviyesi kaydırılmış, çıkıştan alınan sinyal artık 0 volt ile $+2 V_m$ değerleri arasına gelmiştir.

Aynı şekilde negatif kenetleyici devre girişine uygulanan sinyal de $+V_m$ ve $-V_m$ arasında iken kenetleyici çıkışında bu sinyal, 0 volt referans seviyesine kenetlenmiştir. Çıkıştan alınan sinyal ise 0 volt ile $-2 V_m$ değerleri arasındadır.

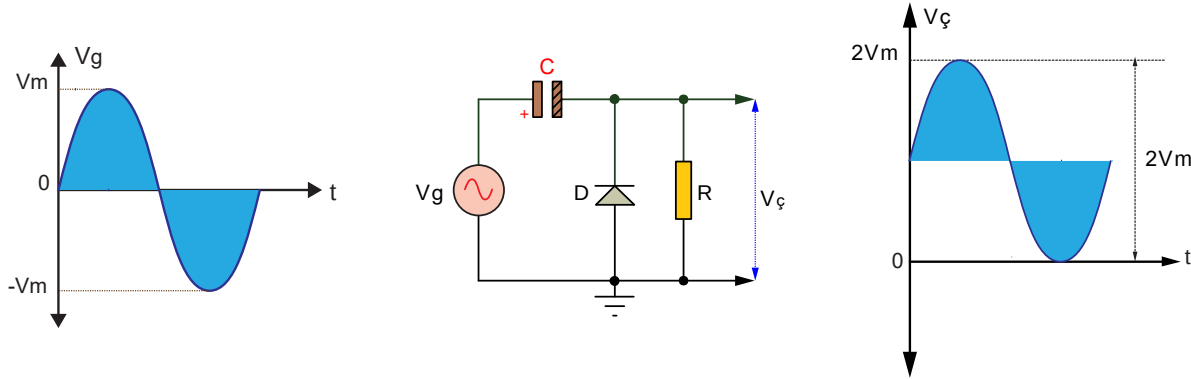


Görsel 4.40: Pozitif ve negatif gerilim kenetleme işlemi

Polarmasız Kenetleyici Devreler: DC kaynağı olmadan yapılan kenetleyici devreleridir.

Polarmasız Pozitif Kenetleyici Devresi: Görsel 4.41'de polarmasız pozitif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri görülmektedir. Giriş sinyalinin negatif alternansında doğru polarmalanan diyot iletimde olduğundan çıkışta bir gerilim değeri görülmez. Bu arada kondansatör giriş gerilimine şarj olur.

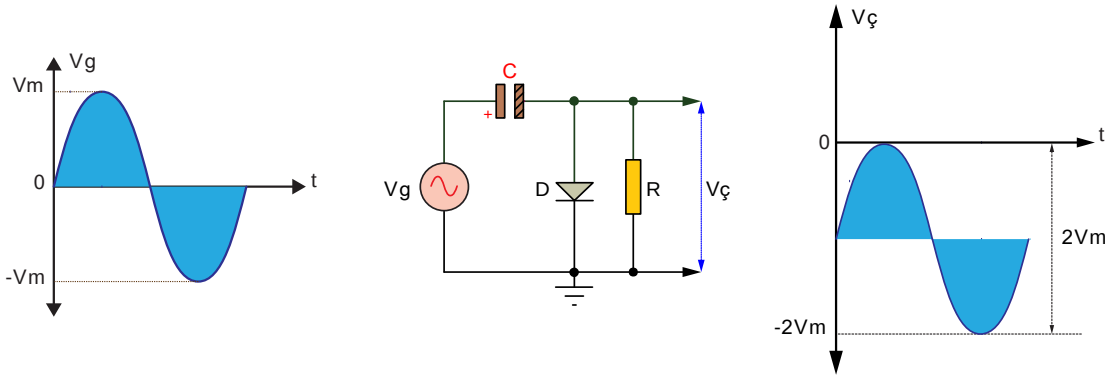
Giriş sinyalinin pozitif alternansında ise ters polarmalanan diyot kesime gider ve açık devre olur. Bu durumda giriş sinyali ile kondansatör üzerindeki şarj gerilimi seri bağlı bataryalar gibi olacaktır. Çıkış direnci üzerinde giriş sinyalinin pozitif alternansı ve kondansatör üzerindeki gerilimin toplamı görülür. Böylece pozitif alternansta çıkış gerilimin değeri giriş geriliminin iki katına ($+2 V_m$) kadar ulaşır.



Görsel 4.41: Polarmasız pozitif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Polarmasız Negatif Kenetleyici Devresi: Görsel 4.42'de polarmasız negatif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri görülmektedir. Giriş sinyalinin pozitif alternansında doğru polarmalanan diyot iletimde olduğundan çıkışta bir gerilim değeri görülmez. Bu arada kondansatör giriş gerilimine şarj olur.

Giriş sinyalinin negatif alternansında ise ters polarmalanan diyot kesime gider ve açık devre olur. Bu durumda giriş sinyali ile kondansatör üzerindeki şarj gerilimi seri bağlı bataryalar gibi olacaktır. Çıkış direnci üzerinde giriş sinyalinin negatif alternansı ve kondansatör üzerindeki gerilimin toplamı görülür. Böylece negatif alternansta çıkış gerilimin değeri giriş geriliminin iki katına ($-2 V_m$) kadar ulaşır.



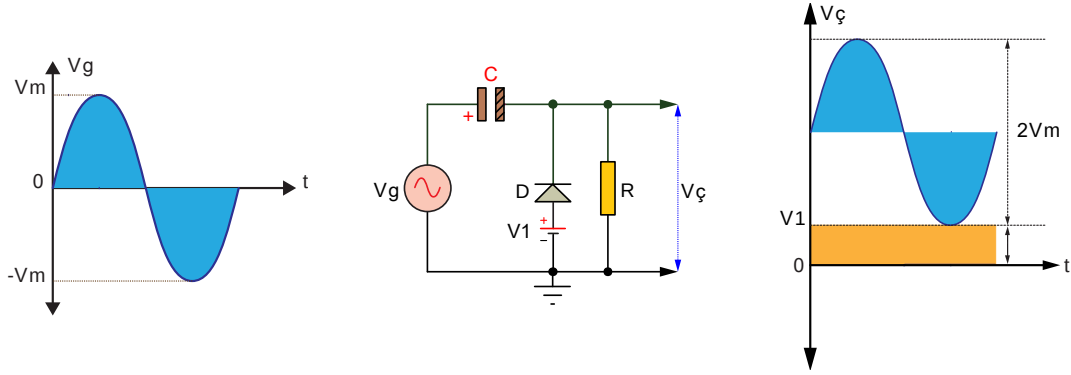
Görsel 4.42: Polarmasız negatif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Polarmalı Kenetleyici Devreler: DC kaynağı ile beraber yapılan kenetleyici devreleridir.

Doğru Polarmalı Pozitif Kenetleyici Devresi: Görsel 4.43'te doğru polarmalı pozitif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri görülmektedir.

Giriş sinyalinin negatif alternansında doğru polarmalanan diyot iletimde olduğundan çıkışta V_1 gerilimi görülür. Bu arada kondansatör, giriş gerilimi ve V_1 geriliminin toplamına ($V_m + V_1$) şarj olur.

Giriş sinyalinin pozitif alternansında ise ters polarmalanan diyot kesime gider ve açık devre olur. Bu durumda giriş sinyali ile kondansatör üzerindeki şarj gerilimi seri bağlı bataryalar gibi olacaktır. Çıkış direnci üzerinde giriş sinyalinin pozitif alternansı ve kondansatör üzerindeki gerilimin toplamı görülür. Böylece pozitif alternansta çıkış gerilimin değeri V_1 'den $2 V_m + V_1$ değerine kadar ulaşır.

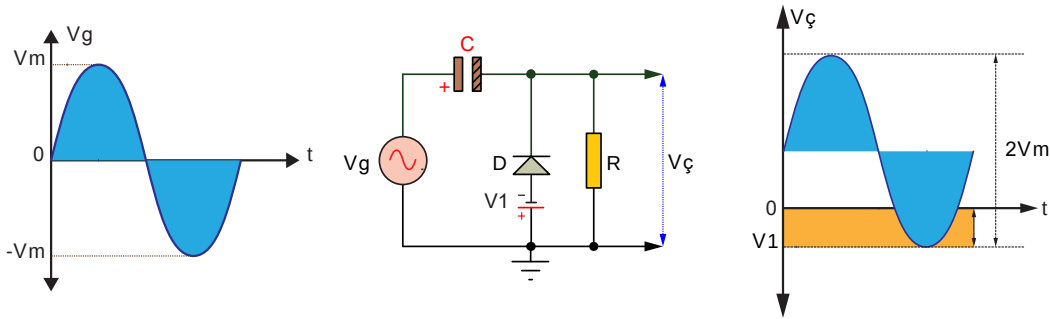


Görsel 4.43: Doğru polarmalı pozitif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Ters Polarmalı Pozitif Kenetleyici Devresi: Giriş sinyalinin negatif alternansında diyot ters polarmalı V1 gerilimini geçince iletme geçer. Bu arada kondansatör, giriş gerilimi ve V1 geriliminin farkına ($V_m - V_1$) şarj olur.

Giriş sinyalinin pozitif alternansında ise ters polarmalanan diyot kesime gider ve açık devre olur. Bu durumda giriş sinyali ile kondansatör üzerindeki şarj gerilimi seri bağlı bataryalar gibi olacaktır. Çıkış direnci üzerinde giriş sinyalinin pozitif alternansı ve kondansatör üzerindeki gerilimin toplamı görülür. Böylece pozitif alternansta çıkış gerilimin değeri $-V_1$ 'den $2V_m - V_1$ değerine kadar ulaşır.

Ters polarmalı pozitif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.44'te verilmiştir.

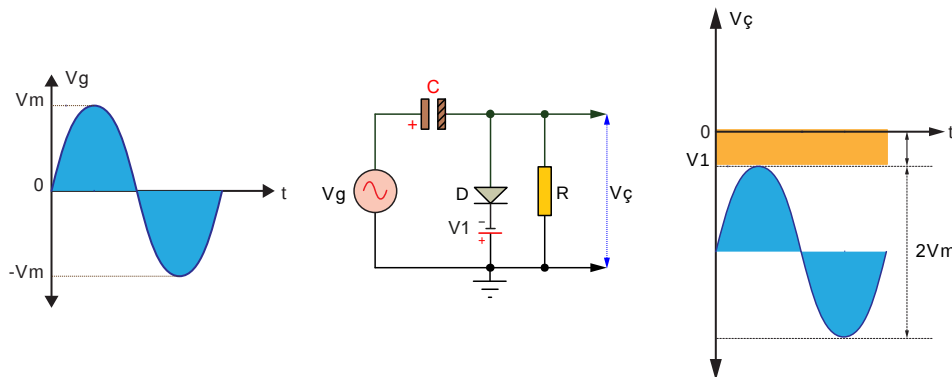


Görsel 4.44: Ters polarmalı pozitif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Doğru Polarmalı Negatif Kenetleyici Devresi: Görsel 4.45'te doğru polarmalı negatif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri görülmektedir.

Giriş sinyalinin pozitif alternansında doğru polarmalanan diyot iletimde olacağından çıkışta V1 değeri görülür. Bu arada kondansatör giriş gerilimi ile V1'in toplamına şarj olur.

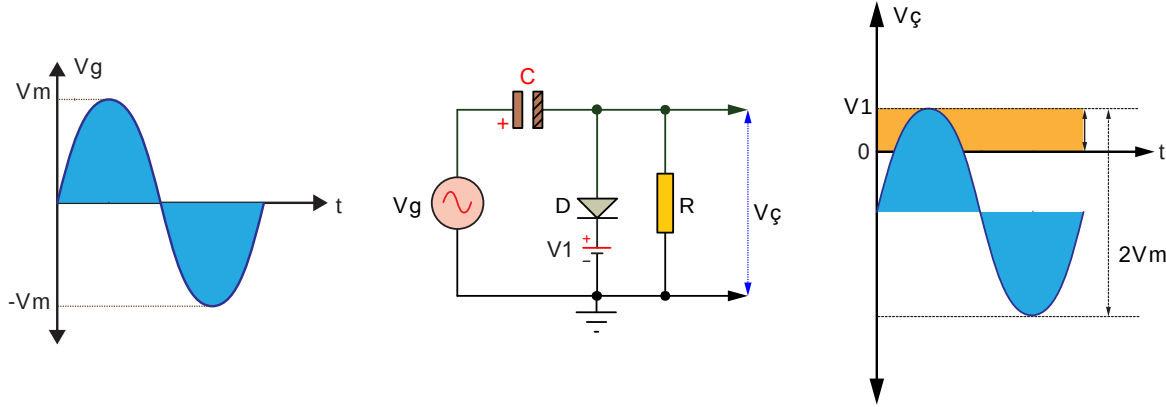
Giriş sinyalinin negatif alternansında ise ters polarmalanan diyot kesime gider ve açık devre olur. Bu durumda giriş sinyali ile kondansatör üzerindeki şarj gerilimi seri bağlı bataryalar gibi olacaktır. Çıkış direnci üzerinde giriş sinyalinin negatif alternansı ve kondansatör üzerindeki gerilimin toplamı görülür. Böylece negatif alternansta çıkış gerilimin değeri $-V_1$ 'den $-(2V_m + V_1)$ değerine kadar ulaşır.



Görsel 4.45: Doğru polarmalı negatif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Ters Polarmalı Negatif Kenetleyici Devresi: Ters polarmalı negatif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri Görsel 4.46'da verilmiştir. Giriş sinyalinin pozitif alternansında doğru polarmalanan diyot V1 gerilimini geçince iletimde olacağından çıkışta $V_m - V_1$ değeri görülür. Bu arada kondansatör giriş gerilimi ile V_1 'in farkına şarj olur.

Giriş sinyalinin negatif alternansında ise ters polarmalanan diyot kesime gider ve açık devre olur. Bu durumda giriş sinyali ile kondansatör üzerindeki şarj gerilimi seri bağlı bataryalar gibi olacaktır. Çıkış direnci üzerinde giriş sinyalinin negatif alternansı ve kondansatör üzerindeki gerilimin toplamı görülür. Böylece negatif alternansta çıkış gerilimin değeri V_1 'den $-(2V_m - V_1)$ değerine kadar ulaşır.



Görsel 4.46: Ters polarmalı negatif kenetleyici devresi ve giriş çıkış sinyalleri

4.2.3. Pals Üreteçleri

Pals üreteçleri çeşitleri aşağıdaki gibidir.

- Türev alıcı devreleri
- İntegral alıcı devreleri
- Schmitt trigger devreleri
- Boot strobe devreleri
- Miller devreleri
- Entegreli pals devreleri

Girişteki üçgen ya da testere dişi sinyali çıkışında kare dalgaya çeviren devre şudur:

- Türev devresi
- Miller devresi
- Boot strobe devresi

Girişteki sinüsoidal veya üçgen sinyali çıkışta kare dalgaya çeviren devre şudur:

- Schmitt tetikleyici devre

RC Pals Devresi: Sinüsoidal olmayan sinyal elde etmek için genellikle direnç ve kondansatörden oluşan RC devreleri kullanılır. Kondansatör yerine bobin bobin kullanarak RL devreleri ile de aynı sinyali elde etmek mümkündür.

RC devrelerinde kondansatörün şarj ve deşarj olma özelliği kullanılarak pals devreleri yapılır. Kondansatörün şarj ve deşarj süreleri kondansatör ve direnç değerlerine bağlıdır.

Boş bir kondansatörün direnç üzerinden şarj olurken uçlarındaki gerilimin besleme geriliminin %63,2'sine çıkması için geçen zamana veya dolu bir kondansatörün uçları arasındaki gerilimin deşarj esnasında ilk gerilim değerinin %36,8'ine düşmesi için geçen zamana **bir zaman sabitesi** denir. Zaman sabitesi aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\tau = R \times C$$

Formülde aşağıdaki birimler kullanılır.

τ = Zaman sabitesi (**Saniye-sn.**)

R = Direnç (**Ohm- Ω**)

C = Kondansatör (**Farad-F**)

Kondansatörler 5τ 'luk (**tau**) zaman aralığında tam şarj ya da tam deşarj olur. RC devrelerine uygulanan kare dalga, çeşitli zaman sabitelerinde farklı sinyallere dönüşür.

Türev Alıcı Devresi: Türev alıcı devrelerin girişine uygulanan kare dalga sinyal çıkışında sivriltilmiş olarak alınır.

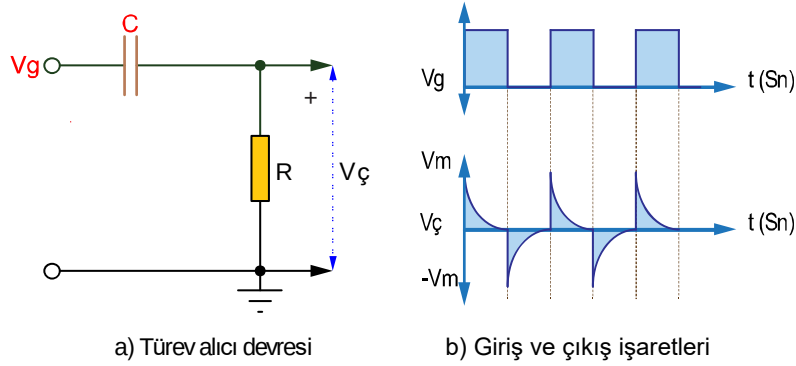
Birbirine seri bağlı kondansatör ve dirençten oluşurken çıkış direnç üzerinden alınır. Türev alıcı devrelerde kondansatörün giriş sinyalinin periyodundan daha kısa zamanda şarj ve deşarj olması önemlidir. Bunun için de kısa zaman sabitesi kullanılır.

Görsel 4.47.a'daki türev alıcı devre girişine V_g kare dalga sinyali uygulanmıştır. V_g giriş sinyalinin pozitif alternansında ilk anda kondansatör üzerinde gerilim olmadığından direnç üzerinde $V_R = V_g$ gerilimi görülür. Kondansatör üzerindeki şarj gerilimi arttıkça direnç üzerindeki gerilim de düşecektir. Kondansatör 5τ saniye sonra V_g giriş gerilimin maksimum seviyesine şarj olur. Aynı zamanda direnç üzerindeki gerilim de azalıp 5τ saniye sonunda sıfır seviyesine düşer.

Giriş sinyali sıfır seviyesine düştüğünde kondansatör üzerindeki $-V_g$ (girişe göre ters) şarj gerilimi direnç üzerinde görülecektir. Kondansatör direnç üzerinden 5τ zamanda deşarj olurken direnç üzerinde ilk anda maksimum $-V_g$ görülüp zamanla sıfıra düşecektir.

Bu durum periyodik olarak devam ettikçe çıkıştan Görsel 4.47.b'de görüldüğü gibi sivriltilmiş dalga elde edilir.

Devrenin girişine uygulanan sinyalin türevini alabilmesi için RC zaman sabitesinin giriş sinyalinin periyodundan çok küçük olması gereklidir.

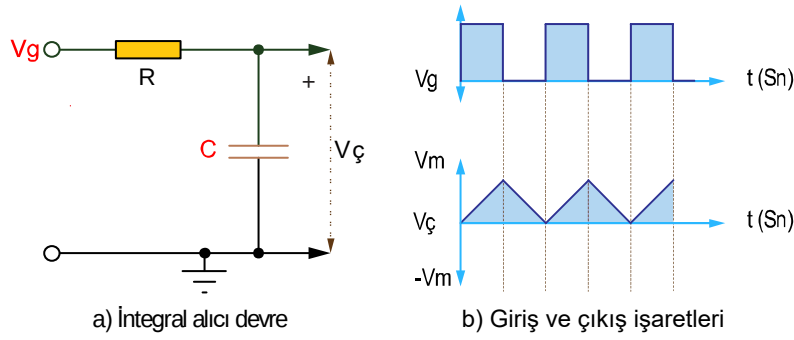


Görsel 4.47: Türev alıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

İntegral Alıcı Devresi: İntegral alıcı devrenin çalışması türev alıcı devrenin çalışmasının tersidir. Bunun nedeni çıkışın kondansatör üzerinden alınması ve devrede uzun zaman sabitesi kullanılmasıdır. İntegral alıcı devre girişine kare dalga uygulandığında çıkışından üçgen dalga elde edilir.

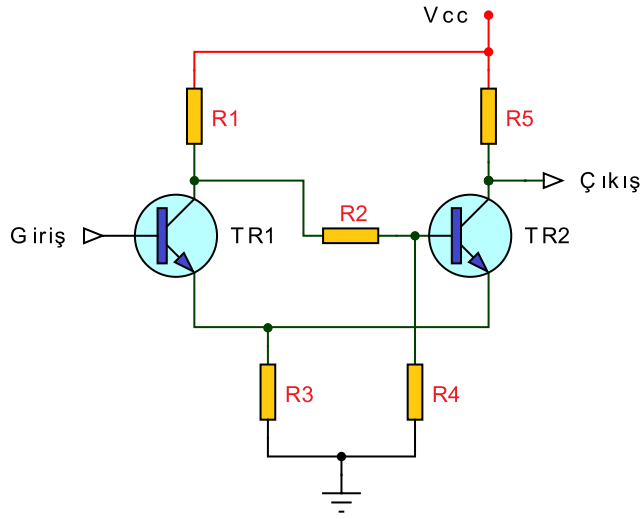
Görsel 4.48.a'daki integral alıcı devrenin girişine V_g kare dalga sinyali uygulanmıştır. Giriş sinyalinin pozitif alternansında devrenin zaman sabiti V_g giriş sinyalinin periyodundan büyük olduğu için kondansatör kare dalganın maksimum değerine şarj olamaz. Kondansatör üzerindeki gerilim artmaya başlar ve V_c gibi bir değere çıkar.

Giriş sinyalinin pozitif alternansı bitip 0 seviyesine indiğinde kondansatör direnç üzerinden deşarj olmaya başlar. Kondansatör tamamen deşarj olmadan V_g giriş gerilimi tekrar pozitif seviyeye çıkar ve başlangıç durumuna döner. Bu durum periyodik olarak devam ettikçe Görsel 4.48.b'de görüldüğü gibi çıkıştan üçgen dalga elde edilir.



Görsel 4.48: İntegral alıcı devresi ve giriş çıkış sinyalleri

Schmitt Trigger Devresi: Görsel 4.49’da Schmitt trigger devresi görülmektedir. Schmitt trigger devresi kare dalga üreten bir devredir. Schmitt trigger devresi ile girişine uygulanan farklı şekildeki sinyallerden kare dalga sinyal elde edilebilir.

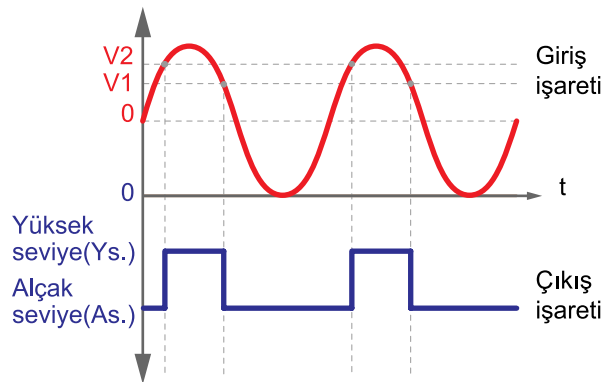


Görsel 4.49: Schmitt trigger devresi ve giriş çıkış sinyalleri

V1 gerilimi TR1 transistörünün yalıtıma geçmesi, TR2 transistörünün iletime geçmesi ve çıkışın düşük seviye olması için gerekli en yüksek giriş gerilimidir.

V2 gerilimi TR1 transistörünün iletime geçmesi, TR2 transistörünün yalıtıma geçmesi ve çıkışın Vcc olması için gerekli en düşük giriş gerilimidir.

Giriş gerilimi V2 değerinden küçük olduğu sürece TR1 yalıtımda, TR2 iletimde olduğundan çıkış, düşük seviye olur. Giriş gerilimi V2’den büyük olduğunda TR1 iletime geçer ve TR2’yi yalıtıma götürür, çıkış yüksek seviye olur. Giriş gerilimi V1 değerinin altına düştüğünde çıkış tekrar düşük seviye olur. Böylece çıkıştan Görsel 4.50’de görüldüğü gibi kare dalga sinyal elde edilir.



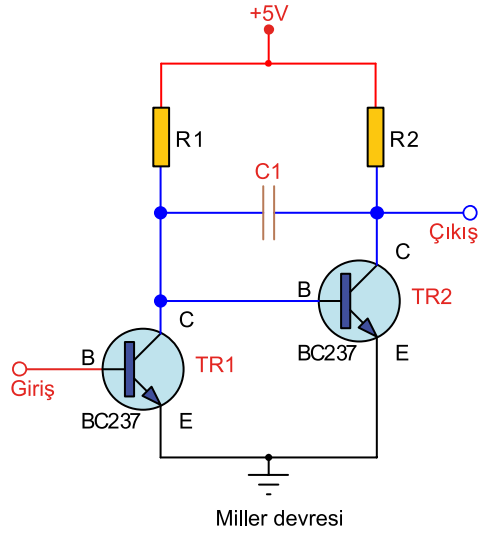
Görsel 4.50: Schmitt trigger devresi giriş çıkış sinyalleri

Miller Devresi: Girişlerine uygulanan kare dalga sinyali doğrusal (lineer) pozitif testere dişi dalgaya çevirebilen devrelerdir.

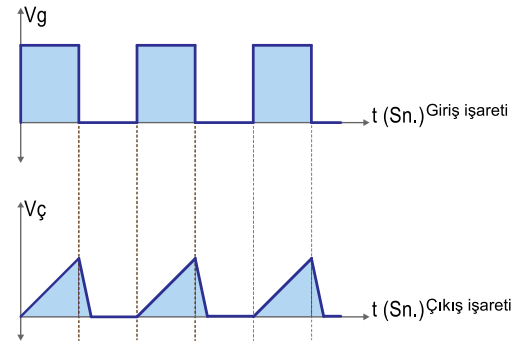
Görsel 4.51'de basit bir miller devresi görülmektedir. Devrenin V_g girişine uygulanan kare dalga sinyalin pozitif alternansında, beyzi doğru polarmalanan TR1 transistörü iletime geçer. İletime geçen TR1 transistörünün kollektörü şase seviyesinde olduğundan TR2 transistörünün beyzinin ters polarmalanmasını sağlar ve TR2 transistörü yalıtıma geçer. Bu arada C1 kondansatörü R2 direnci ve TR1'in kollektöremiteri üzerinden $+V_{cc}$ gerilimine şarj olur.

V_g girişine uygulanan sinyalin negatif alternansında ise beyzi ters polarmalanan TR1 transistörü yalıtıma geçer. TR2 transistörü R1 üzerinden beyz polarması alacağından iletime geçer. C1 kondansatörü de R1 direnci ve TR2 transistörünün kollektör-emiteri üzerinden deşarj olmaya başlar.

Kondansatörün şarj olduğu R2 direnci ve deşarj olduğu R1 direncinin değerlerine göre TR2 transistörünün kollektör ucundan alınan çıkışta, doğrusallığı artırılmış testere dişi dalga veya üçgen dalga elde edilir (Görsel 4.52).



Görsel 4.51: Miller devresi

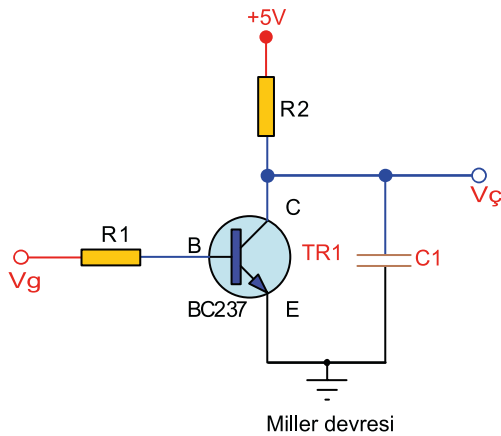


Görsel 4.52: Miller devresi giriş çıkış sinyalleri

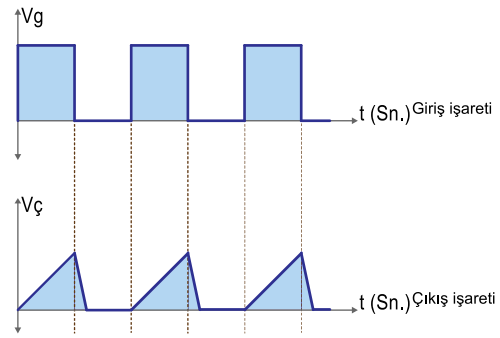
Boot Strobe Devresi: Miller devreleri gibi pozitif testere dişi dalga üretebilen devrelerdir. Görsel 4.53'te basit bir testere dişi dalga üretebilen boot strobe devre şeması görülmektedir.

TR1 transistörünün beyzine uygulanan kare dalga V_g giriş sinyalinin negatif alternansında transistör ters polarmalandığından yalıtımdadır. C1 kondansatörü R2 direnci üzerinden şarj olur.

Girişe uygulanan kare dalga sinyalin pozitif alternansında ise transistörün beyzi doğru polarmalandığından iletime geçer. C1 kondansatörü TR1 transistörü üzerinden deşarj olur. Çıkış C1 kondansatörü uçlarından alındığından kondansatörün şarj ve deşarjı ile çıkıştan düzgün bir testere dişi dalga elde edilir (Görsel 4.54).



Görsel 4.53: Boot strobe devresi

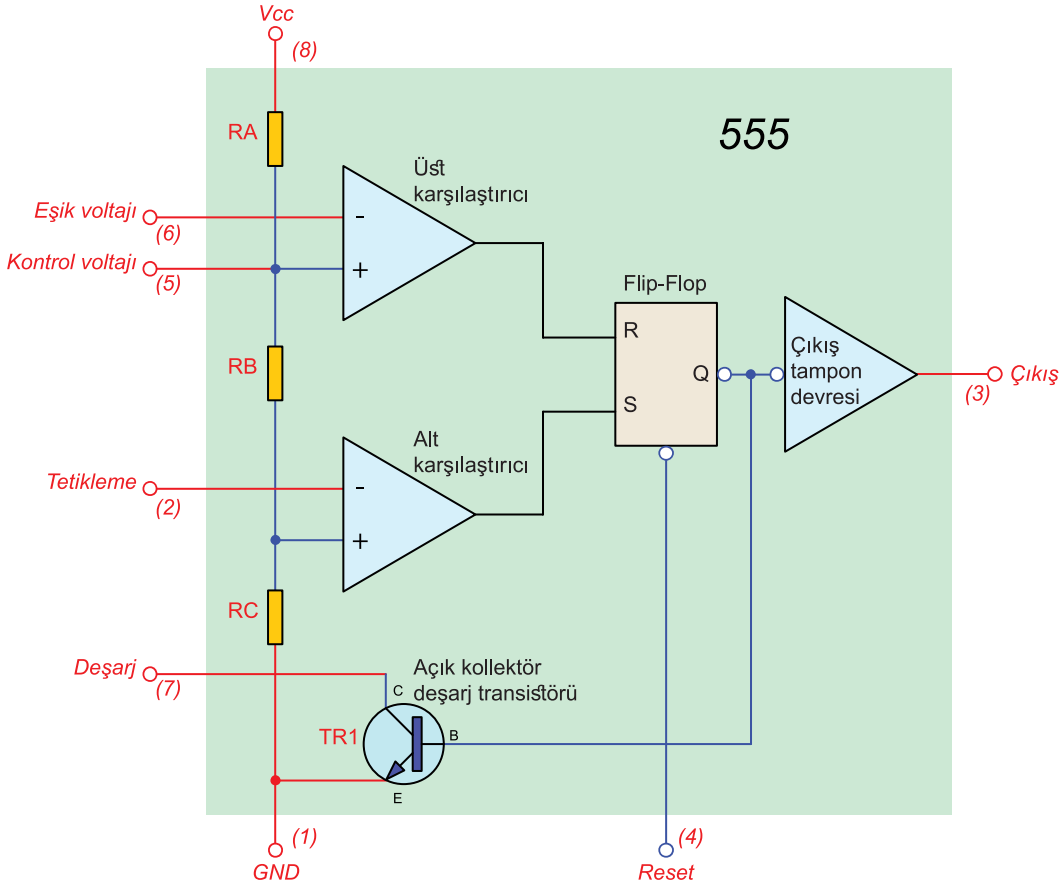


Görsel 4.54: Boot strobe devresi giriş çıkış sinyalleri

Entegreli Pals Devresi: 555 entegresi kare dalga sinyal üretmek için kullanılan kararlı bir tümleşik devredir. Zamanlama aralığı mikrosaniyeler ile saatler arasında değişebilir. Ayrıca ayarlanabilir çıkış frekansı özelliği de vardır. Genellikle basit elektronik devrelerde kullanılan 555 entegresinin kullanıldığı yerler aşağıdaki gibidir.

- Zamanlama
- Ardışık zamanlama
- Zaman gecikmesi üretimi
- Darbe üretimi
- Darbe genişlik modülasyonu (PWM)

555 Entegresinin Bacak (Pin) Bağlantıları: Görsel 4.55'te 555 entegresinin yapısı görülmektedir. Entegrenin bacakları ve görevleri şu şekildedir:



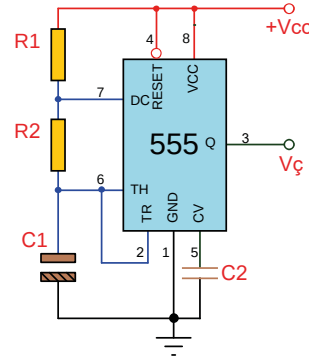
Görsel 4.55: 555 entegresinin yapısı

- 1) GND (Ground):** Toprak bacağıdır ve değeri 0 voltur.
- 2) Trigger (Tetikleme):** Tetikleme bacağıdır. Bu bacadaki gerilim $V_{cc}/3$ 'ün altına düşerse çıkış HIGH (Lojik 1) değerine gider.
- 3) Output (Çıkış):** Çıkış bacağıdır ve yüksek çıkış seviyesinde besleme geriliminin yaklaşık 1,7 V altında gerilim sağlar.
- 4) Reset:** Sıfırlama bacağıdır ve sıfırlamak için şaseye çekilmelidir. Normal çalışmada $+V_{cc}$ 'ye çekilmelidir.
- 5) Control Voltage (Kontrol Voltajı):** Periyodu gerilimle kontrol etme bacağıdır. Entegrenin iç yapısından dolayı bu bacadaki gerilim $2V_{cc}/3$ kadar gerilim vardır. Bu bacağın gerilimi değiştirilerek zamanlama periyodu değiştirilebilir. Normal çalışma anında küçük kapasiteye sahip bir kondansatör ile toprağa bağlanarak oluşabilecek gürültüler engellenmelidir.
- 6) Threshold (Eşik Voltajı):** Eşik bacağıdır ve buradaki gerilim 5. bacadaki gerilim değerini aşarsa çıkış LOW (Lojik 0) değerine gider.

7) Discharge (Deşarj): Deşarj bacağıdır. Yüksek ve düşük değerlerde dirençlerin değişimine göre kondansatörün şarjını ve deşarjını sağlar.

8) Vcc: Besleme bacağıdır ve gerilim değeri 5 V ile 15 V arasında değişebilir.

Görsel 4.56'da kare dalga sinyal üreten 555 devresi görülmektedir.



Görsel 4.56: 555'li kare dalga üretici

Devrede frekansı; R_1 , R_2 dirençleri ve C_1 kondansatörü belirler. Çıkışın yüksek olduğu periyot, $T_1 = 0,693 \times (R_1 + R_2) \times C_1$; çıkışın düşük olduğu periyot, $T_2 = 0,693 \times R_2 \times C_1$; devrenin toplam periyodu ise $T = 0,693 \times (R_1 + 2R_2) \times C_1$ formülü ile hesaplanır.

Devrenin frekansı ise $F = \frac{1}{T}$ formülü ile bulunur.

Formüllerde aşağıdaki birimler kullanılır.

T = Periyot (Saniye-sn.)

F = Frekans (Hertz-Hz)

R = Direnç (Ohm-Ω)

C = Kondansatör (Farad-F)



Örnek: Görsel 4.56'daki 555'li kare dalga üretici devresinde $R_1=10k\Omega$, $R_2=47k\Omega$ ve $C_1 = 10\mu F$ olduğuna göre

- Çıkışın yüksek olduğu periyodu (T_1),
- Çıkışın düşük olduğu periyodu (T_2),
- Çıkışın toplam periyodunu,
- Çıkış frekansını hesaplayınız.

Çözüm:

- $$T_1 = 0,693 \times (R_1 + R_2) \times C_1 \Rightarrow T_1 = 0,693 \times (10 \times 10^3 + 47 \times 10^3) \times 10 \times 10^{-6} \Rightarrow$$

$$T_1 = 0,693 \times (57 \times 10^3) \times 10 \times 10^{-6} \Rightarrow T_1 = 0,693 \times 570 \times 10^{-3} \Rightarrow T_1 = 395 \times 10^{-3} \Rightarrow T_1 \cong 0,395Sn.$$
- $$T_2 = 0,693 \times (R_2) \times C_1 \Rightarrow T_2 = 0,693 \times 47 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6} \Rightarrow$$

$$T_2 = 0,693 \times 470 \times 10^{-3} \Rightarrow T_2 = 325,71 \times 10^{-3} \Rightarrow T_2 \cong 0,325Sn.$$
- $$T = 0,693 \times (R_1 + 2 \times R_2) \times C_1 \Rightarrow T = 0,693 \times (10 \times 10^3 + 2 \times 47 \times 10^3) \times 10 \times 10^{-6} \Rightarrow$$

$$T = 0,693 \times (10 \times 10^3 + 94 \times 10^3) \times 10 \times 10^{-6} \Rightarrow T = 0,693 \times 104 \times 10^{-3} \Rightarrow$$

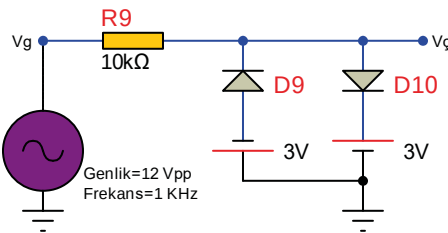
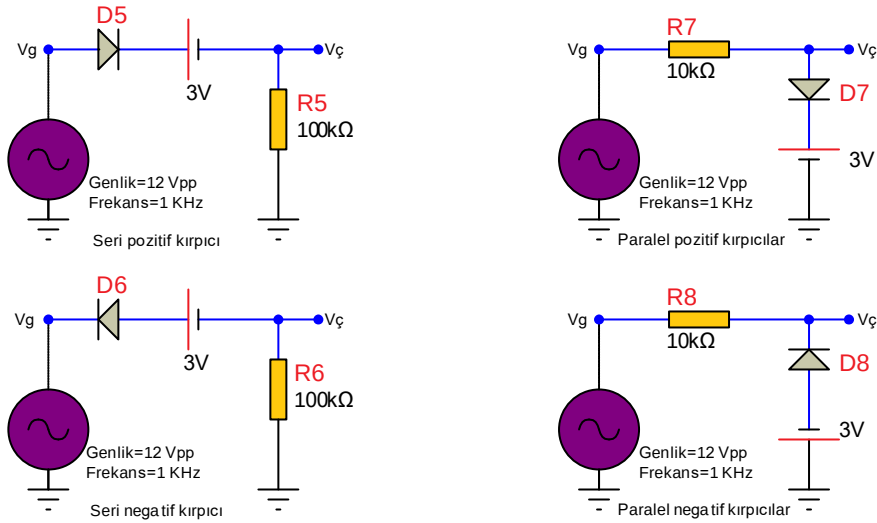
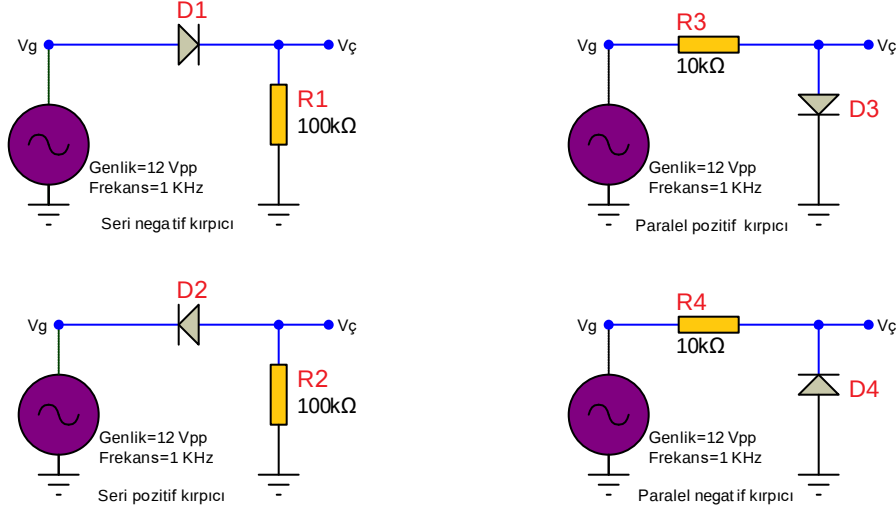
$$T = 72 \times 10^{-3} \Rightarrow T \cong 0,72Sn.$$
- Toplam periyot $T = T_1 + T_2 \Rightarrow T = 0,395 + 0,325 \Rightarrow T = 0,72Sn$. şeklinde de hesaplanabilir.

Devrenin frekansı ise $F = \frac{1}{T} \Rightarrow F = \frac{1}{0,72} \Rightarrow F = 1,39Hz$. olur.



AMAÇ: Kırpicı devreleri yapmak.

Görsel 4.57'deki devrelerde gerilim seviyesi DC gerilim kaynağının değeri kadar yukarı veya aşağı kırılır. Polarmasız devrelerde şasesden kırma gerçekleşir. Ancak her durumda diyodun eşik gerilimi olan ve üzerine düşen yaklaşık 0,7 V çıkış gerilim seviyelerine eklenir veya çıkarılır.



MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Diyot	1N4001
Direnç	10 k Ω
Direnç	100 k Ω

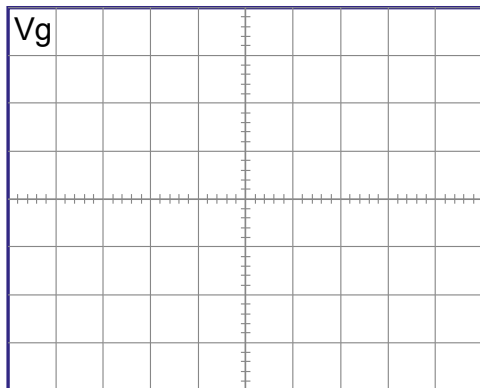
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.57'deki devreleri sırasıyla kurunuz.
2. Osiloskobu V_ç noktasına bağlayınız.
3. Sinyal jeneratöründen 12 V_{max} 1 kHz'lik sinyal uygulayınız.
4. Osiloskopta çıkış sinyalinin V_{max} ve -V_{max} değerlerini ölçüp Tablo 4.10'a yazınız.
5. Giriş ve çıkış dalga şekillerini aşağıdaki osiloskop ekranına çiziniz.

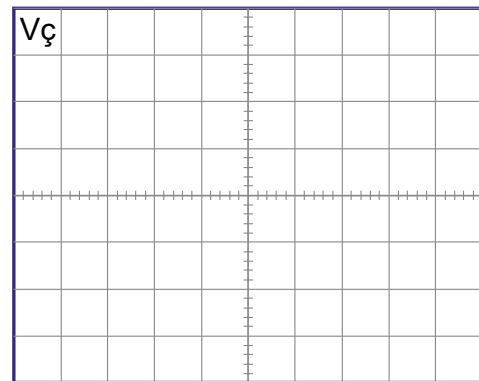
DEĞERLENDİRME

Tablo 4.10: Kırpıcı Devreleri

Devre	V _{max}	-V _{max}
Seri negatif kırpıcı		
Seri pozitif kırpıcı		
Paralel pozitif kırpıcı		
Paralel negatif kırpıcı		
Polarmalı seri pozitif kırpıcı		
Polarmalı seri negatif kırpıcı		
Polarmalı paralel pozitif kırpıcı		
Polarmalı paralel negatif kırpıcı		
Birleşik kırpıcı devre		



Volt/Div = Time/Div =



Volt/Div = Time/Div =

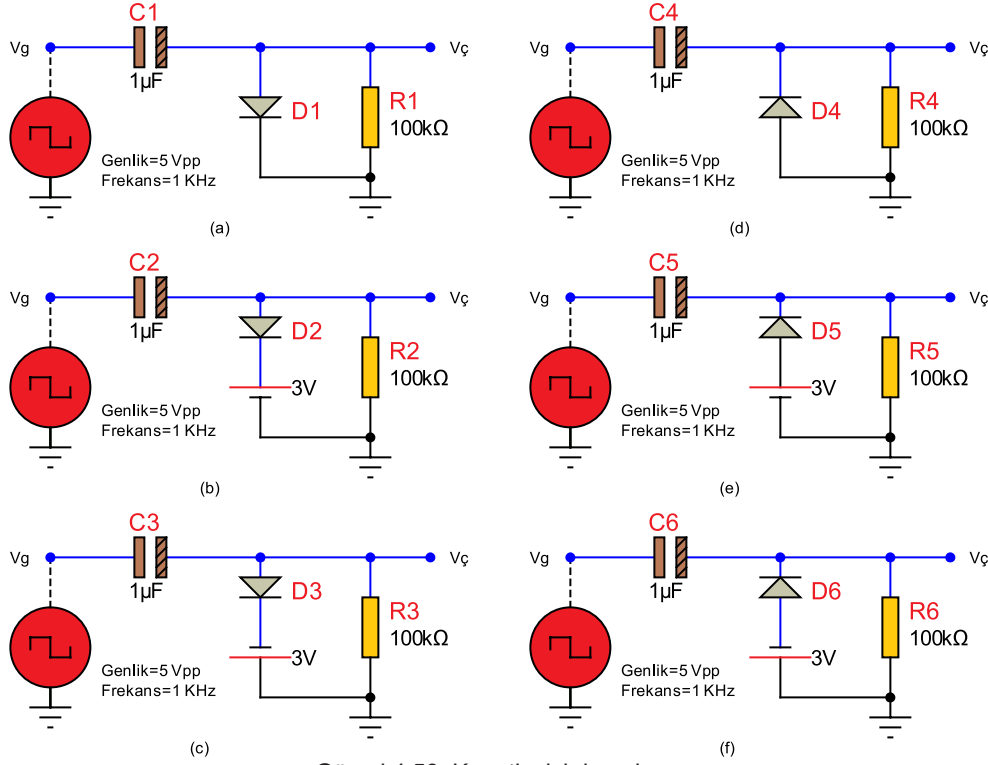
SORULAR

1. Ölçümlerdeki yaklaşık 0,7 V'luk fark neden oluşmaktadır? Yazınız.
2. Kırpıcı devreler nerelerde kullanılmaktadır? Belirtiniz.



AMAÇ: Kenetleyici devreleri yapmak.

Görsel 4.58'deki devreler giriş sinyalinin şekli değişmeksizin DC gerilim kaynağının değeri kadar yukarı veya aşağı gerilim seviyesine kenetlenir. DC gerilim kaynağı olmadığında şaseye kenetlenir. Ancak her durumda diyot kullanıldığından diyotun eşik gerilimi olan ve üzerine düşen yaklaşık 0,7 V, çıkış gerilim seviyelerine eklenir veya çıkarılır. $V_{\text{ç}}$ 'deki DC bileşeni görmek için $V_{\text{ç}}$ noktasına bağlanan osiloskop kanalı DC konumunda olmalıdır.



Görsel 4.58: Kenetleyici devreler

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellliği
Diyot	1N4001
Direnç	100 kΩ
Kondansatör	1 μf/ 16 V

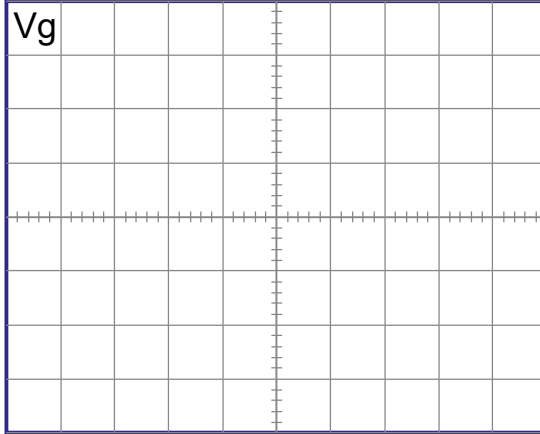
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.58'deki devreleri sırasıyla kurunuz.
2. Osiloskobu CH1 kanalını V_{g} noktasına, CH2 kanalını $V_{\text{ç}}$ noktasına bağlayınız.
3. CH2 kanalını DC konumuna alınız.
4. Sinyal jeneratöründen 5 Vpp 1 kHz'lik sinyal uygulayınız.
5. Osiloskopta çıkış sinyalinin $+V_{\text{max}}$ ve $-V_{\text{max}}$ değerlerini ölçüp Tablo 4.11'e yazınız.
6. Giriş ve çıkış dalga şekillerini aşağıdaki osiloskop ekranına çiziniz.

DEĞERLENDİRME

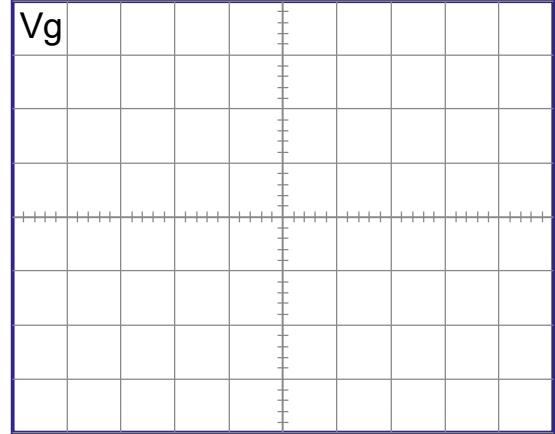
Tablo 4.11: Kenetleyici Devreleri

Devre	V _{max}	-V _{max}
(a)		
(b)		
(c)		
(d)		
(e)		
(f)		



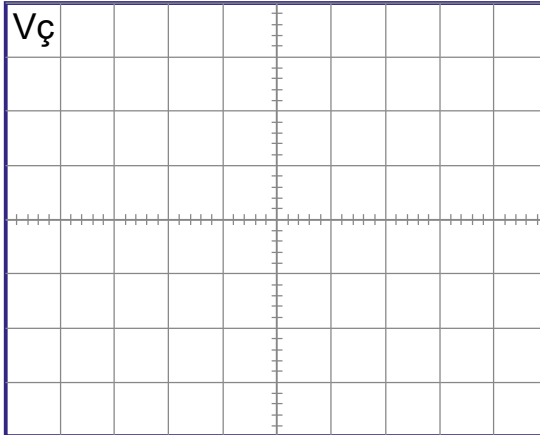
Volt/Div =

Time/Div =



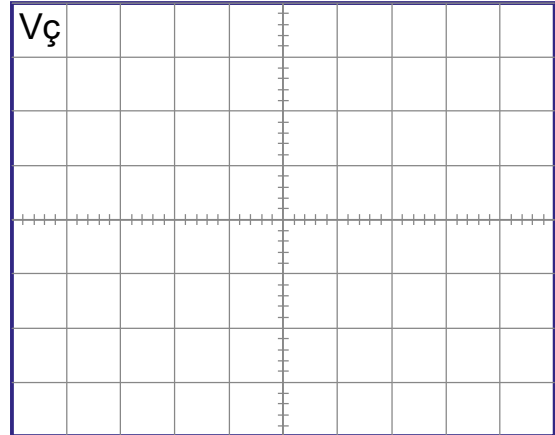
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

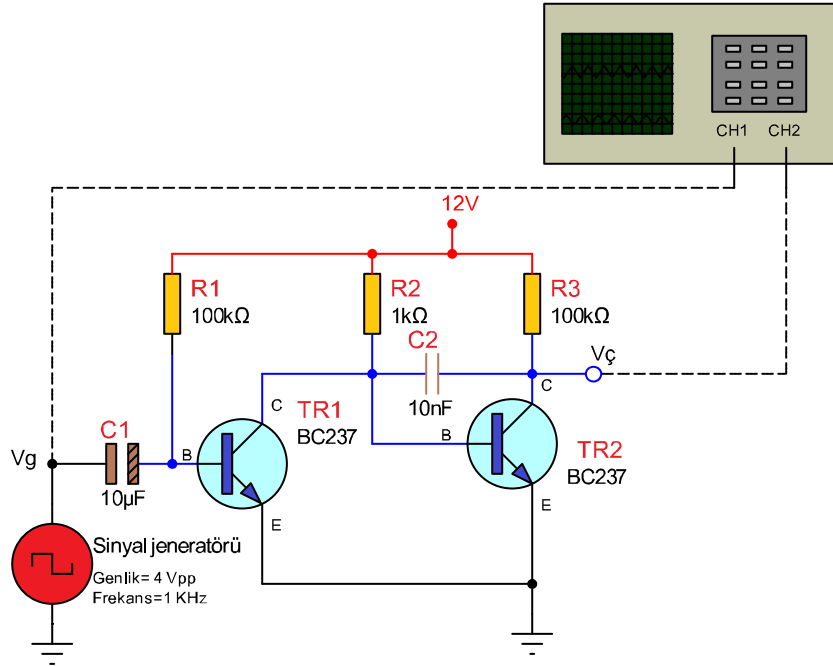
1. Ölçümlerdeki yaklaşık 0,7 V'luk fark neden oluşmaktadır? Açıklayınız.
2. Kenetleyici devreler nerelerde kullanılmaktadır? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Miller devresi yapmak.

Görsel 4.59'daki devrede kare dalga'nın yüksek seviyesinde TR1 transistörü iletime geçer, TR2 transistörü kesimdedir. C2 kondansatörü R3 üzerinden şarj olur ve kondansatör üzerindeki gerilim çıkışta testere dişi dalga'nın rampa kısmını oluşturur. Kare dalga'nın düşük seviyesinde TR1 kesime gider, TR2 iletime geçer. C2 kondansatörü iletime geçen TR2 transistörü üzerinden hızla deşarj olur. Böylece testere dişi dalga'nın bir saykılı oluşur.



Görsel 4.59: Miller devresi devresi

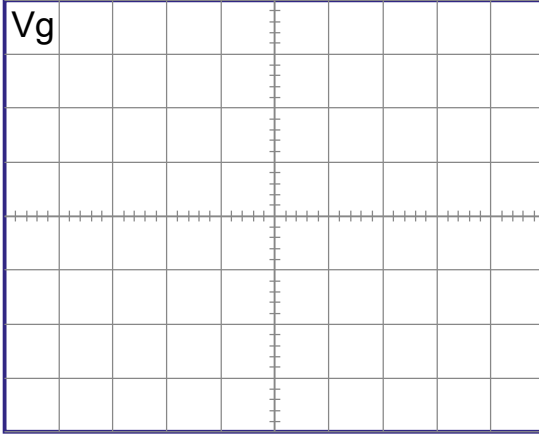
MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
Direnç	100 kΩ
Direnç	1 kΩ
Kondansatör	10 nF/ 16 V
Kondansatör	10 µF/ 16 V

İŞLEM BASAMAKLARI

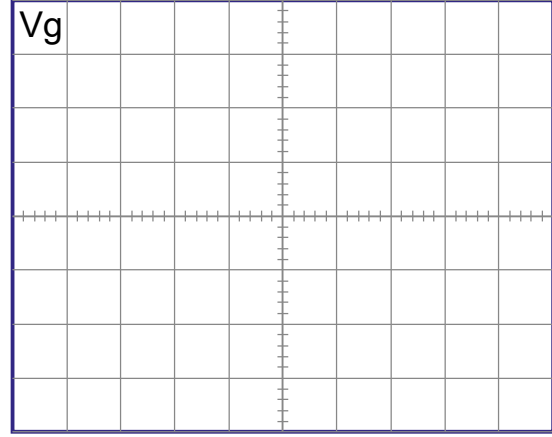
1. Görsel 4.59'daki devreyi kurunuz.
2. Vg noktasından 4 Vpp 1 kHz'lik kare dalga sinyal uygulayınız.
3. Osiloskobu Vç noktasına bağlayınız.
4. Devreye enerji veriniz.
5. Giriş ve çıkış sinyalini gözlemleyiniz.
6. Giriş ve çıkış sinyalini ayrılan alana çiziniz.





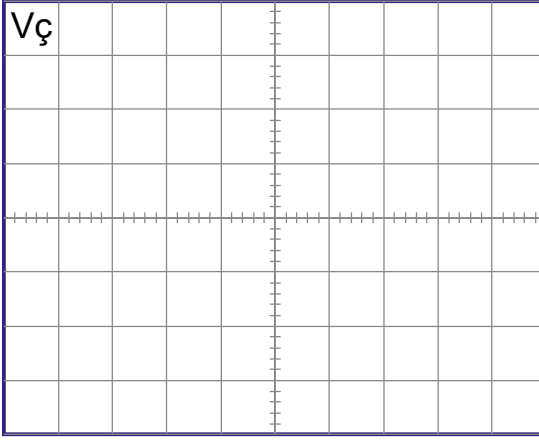
Volt/Div =

Time/Div =



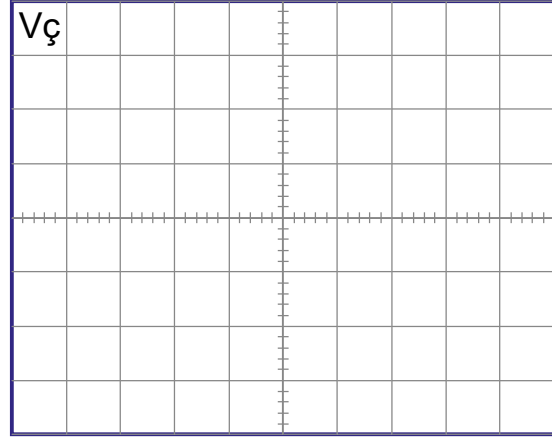
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

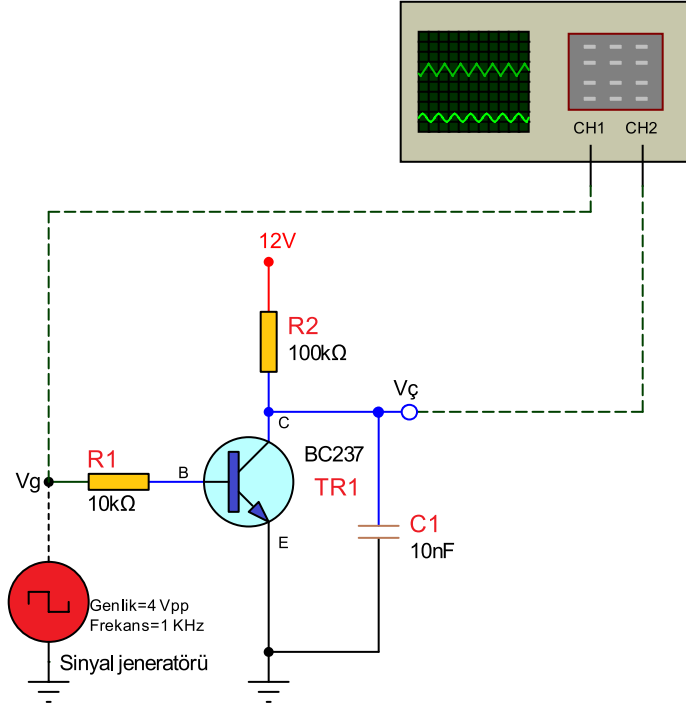
1. Üçgen dalga ile testere dişi dalga arasındaki fark nedir? Açıklayınız.
2. Unipolar ve bipolar sinyal nedir? Araştırınız.
3. Miller devresinin integral devresinden farkı nedir? Araştırınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Boot strobe devresi yapmak.

Görsel 4.60'daki devre, kare dalganın düşük seviyesinde TR1 transistörü kesimde olduğundan C1 kondansatörü R2 üzerinden şarj olmaktadır. Kondansatör üzerindeki gerilim çıkışta testere dişi dalganın rampa kısmını oluşturur. Kare dalganın yüksek seviyesinde TR1 iletime geçtiğinden C1 kondansatörü transistörün kolektör ve emiteri üzerinden hızla deşarj olur. Böylece testere dişi dalganın bir saykılı oluşur. Miller devresinde çıkış sinyali, giriş sinyalinin yüksek seviyesinde oluşur. Boot strobe devresinde ise çıkış sinyali giriş sinyalinin düşük seviyesinde oluşur.



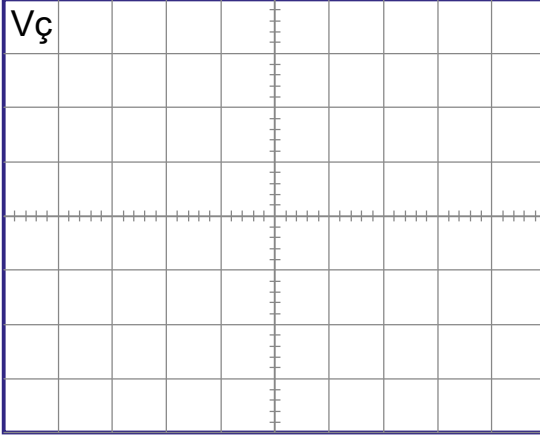
Görsel 4.60: Boot strobe devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
Direnç	100 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	10 nf/ 16 V

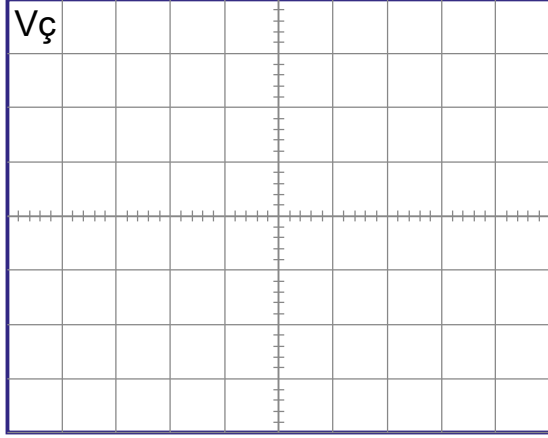
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.60'daki devreyi kurunuz.
2. Vg noktasından 4 Vpp 1 kHz'lik kare dalga sinyal uygulayınız.
3. Osiloskobu Vç noktasına bağlayınız.
4. Devreye enerji veriniz.
5. Giriş ve çıkış sinyalini gözlemleyiniz.
6. Giriş ve çıkış sinyalini ayrılan alana çiziniz.



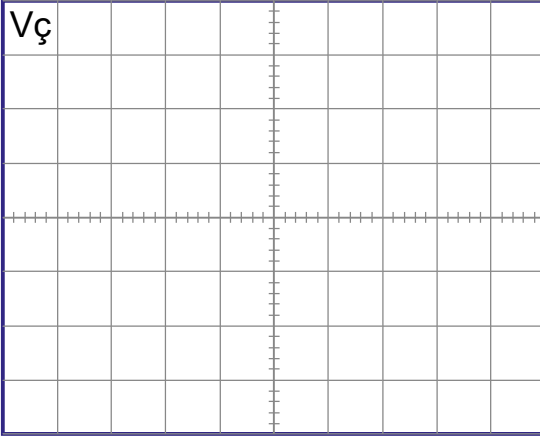
Volt/Div =

Time/Div =



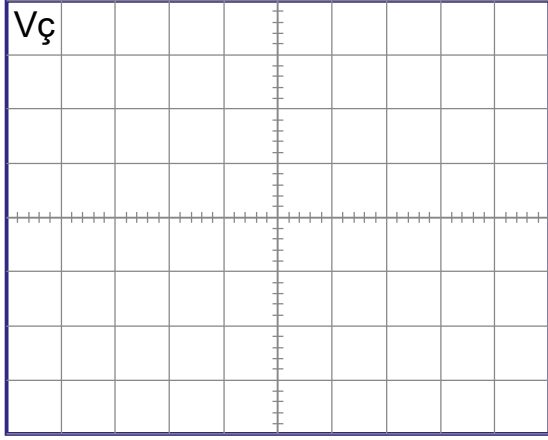
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

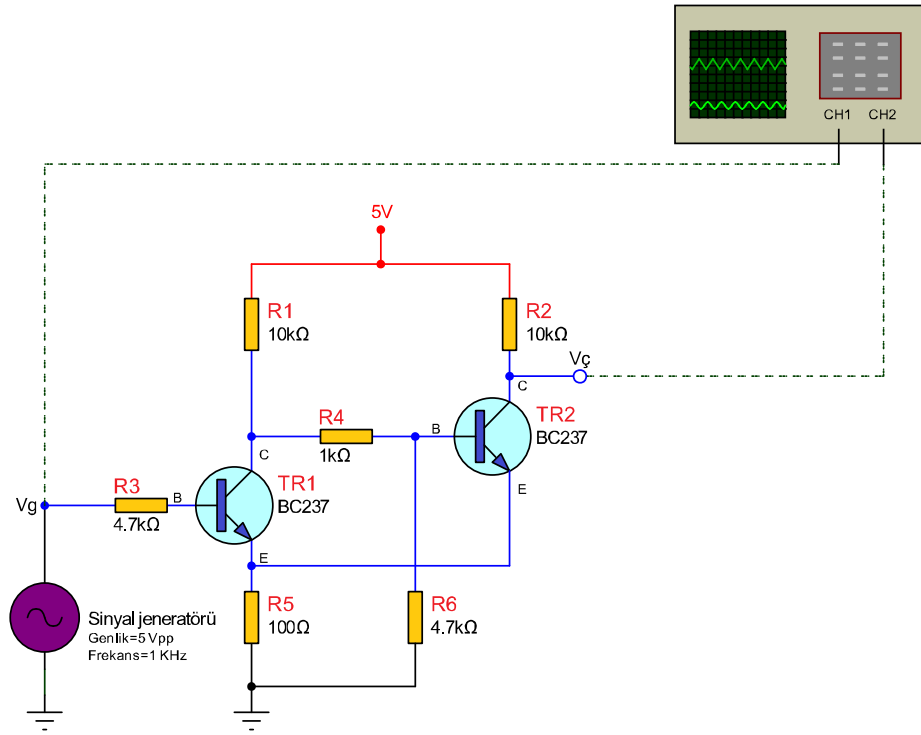
1. Testere dişi dalga üreten devreler hangileridir? Açıklayınız.
2. Boot strobe ile miller devresi arasındaki fark nedir? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Schmitt trigger devresi yapmak.

Schmitt trigger devresi, iki eşik gerilimine sahiptir. AC veya karışık analog sinyali, çıkışta ya yüksek seviye (dijital 1) ya da düşük seviye (dijital 0) olarak veren dönüştürücüdür. TR1 ile TR2 birbirlerini tersleyerek çalışmaktadır. Biri iletimdeyken diğeri kesimdedir. R1 ve R2 direnç değerleri eşik gerilimlerinin değerini belirler.



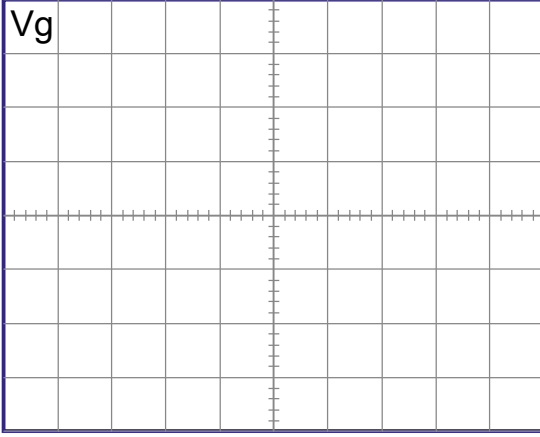
Görsel 4.61: Schmitt trigger devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Transistör	BC237 (TO-92 kılıf)
Direnç	100 Ω
Direnç	1 k Ω
Direnç	4,7 k Ω
Direnç	10 k Ω

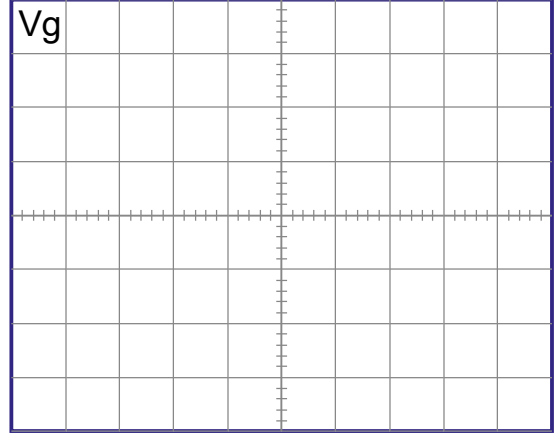
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.61'deki devreyi kurunuz.
2. Vg noktasından 5 Vpp 1 kHz'lik kare dalga sinyal uygulayınız.
3. Osiloskobu Vc noktasına bağlayınız.
4. Osiloskop ekranını gözlemleyiniz.
5. Giriş ve çıkış sinyallerini ayrılan alana çiziniz.



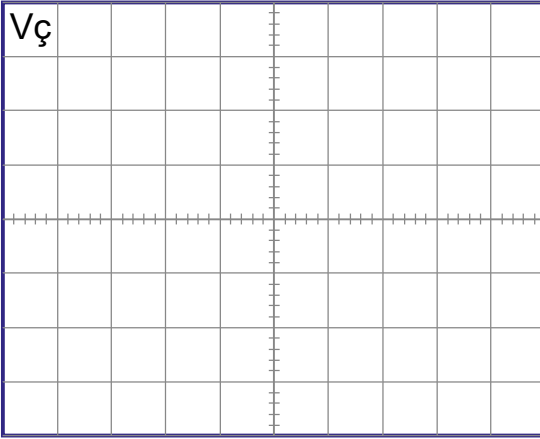
Volt/Div =

Time/Div =



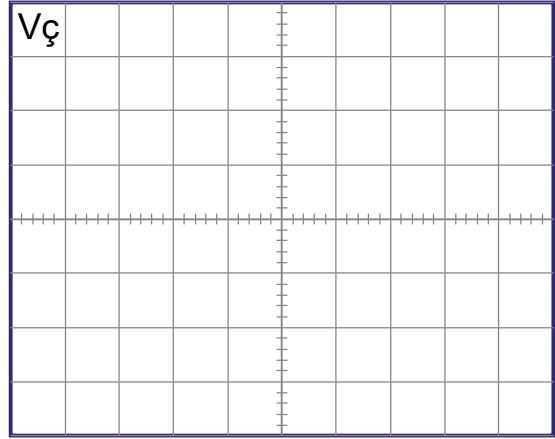
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

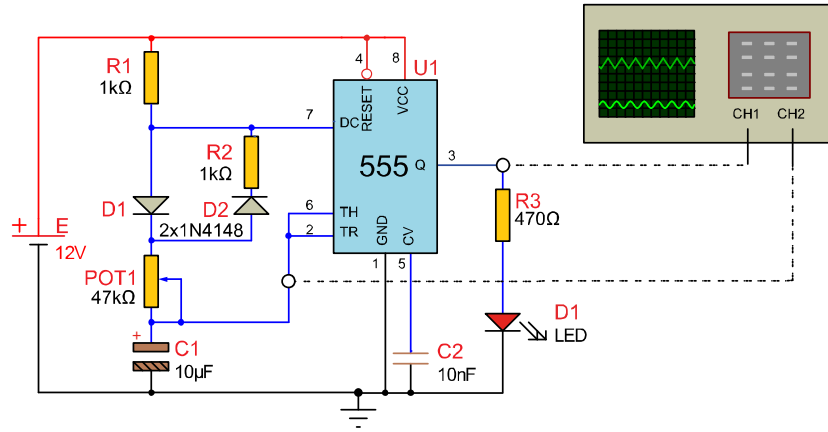
1. Kare dalga üreten devreler nelerdir? Belirtiniz.
2. $V_{\text{ç}}$ ile V_g 'nin fazları ve frekansları aynı mıdır? Nedenini açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: 555'li osilatör devresi yapmak.

Görsel 4.62'deki devre, entegrenin 3 no.lu ucundan kare dalga sinyal vermektedir. C1 kondansatörü R1, D1 ve POT1 üzerinden besleme geriliminin (E) 2/3'üne kadar şarj olmaktadır. Besleme geriliminin 2/3 şarj olan C1 kondansatörü POT1, D2, R2 ve entegrenin 7 no.lu ucundan besleme geriliminin 1/3'üne kadar deşarj olur. Görsel 4.62'de osiloskobun birinci kanalı C1'nin şarj ve deşarj grafiğini gösterirken ikinci kanalı kare dalga çıkışı göstermektedir. C1'nin şarj süresi kare dalganın düşük seviyesinin süresini belirlerken deşarj süresi de yüksek seviyesinin süresini belirlemektedir. D1 ve D2 diyotları, C1'nin şarj ve deşarjının (ve süresinin) eşit olması için kullanılmıştır.



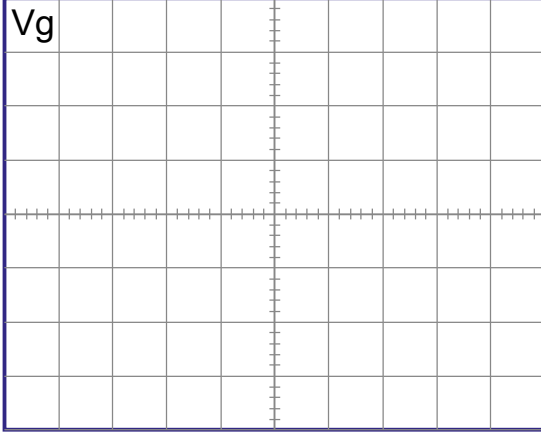
Görsel 4.62: 555'li osilatör devresi

MALZEME LİSTESİ

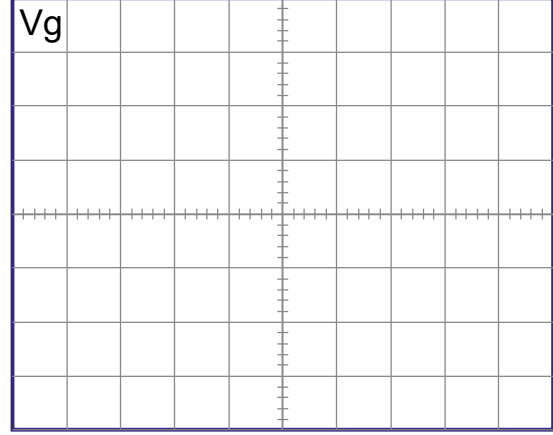
Adı	Özelliği
555	IC (Entegre) (DIL-08 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	470 Ω
Direnç	1 kΩ
Potansiyometre	47 kΩ
Diyot	1N4148
Kondansatör	10 nf/ 16 V
Kondansatör	10 μf/ 16 V

İŞLEM BASAMAKLARI

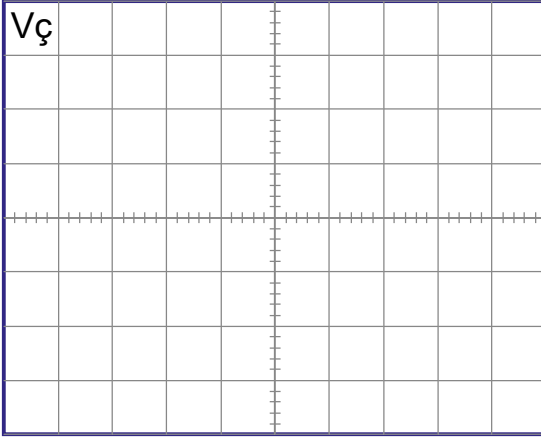
1. Görsel 4.62'deki devreyi kurunuz.
2. Osiloskop kanallarını Görsel 4.62'deki şekilde bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Potansiyometrenin farklı konumlarında LED'i ve osiloskobu gözlemleyiniz.
5. Osiloskop görüntüsünü ayrılan alana çiziniz.



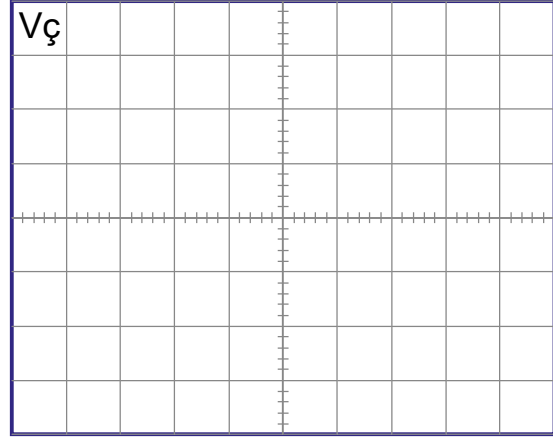
Volt/Div = Time/Div =



Volt/Div = Time/Div =



Volt/Div = Time/Div =



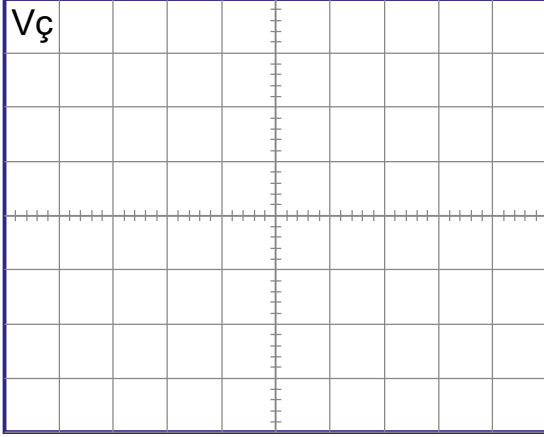
Volt/Div = Time/Div =

SORULAR

1. Frekans nedir? Açıklayınız.
2. Devrenin çıkış frekansı hangi elemanlara bağlıdır? Açıklayınız.
3. Devrenin çıkış frekansı en fazla kaç Hz olabilir? Hesaplayınız.

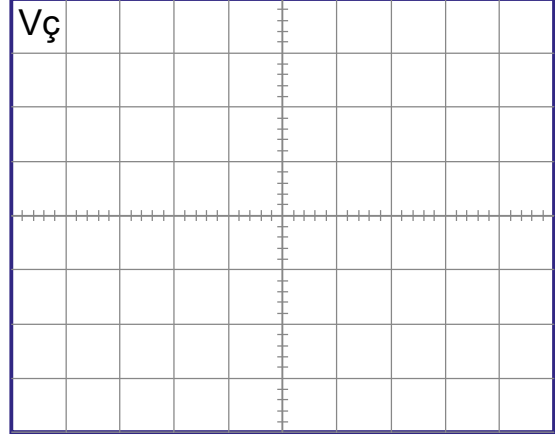
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.





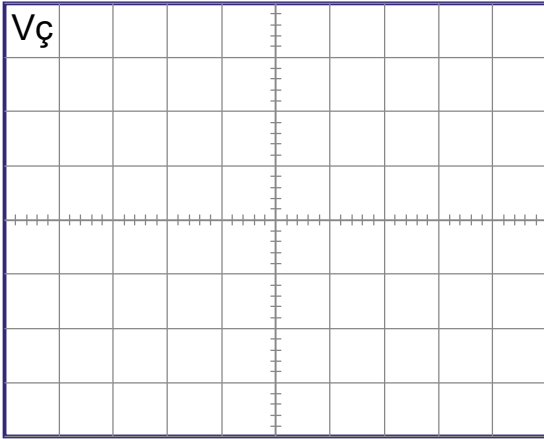
Volt/Div =

Time/Div =



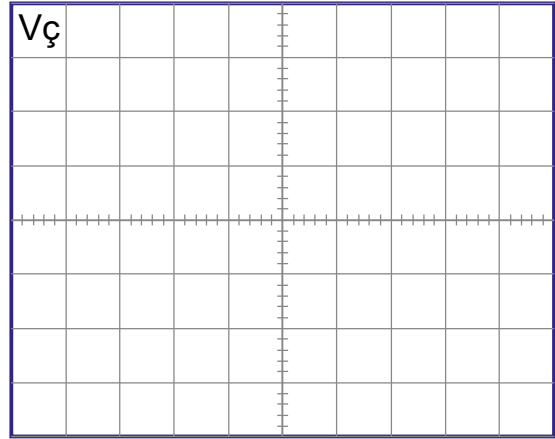
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

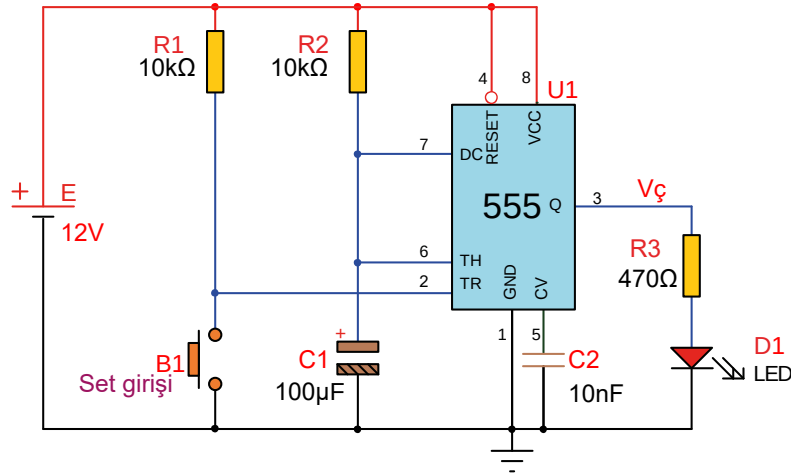
SORULAR

1. Devrenin çalışma frekansı hesaplayınız.
2. Darbe genlik modülasyonu nedir? Açıklayınız.
3. PWM devresi ile DC motor hız kontrolü dışında neler yapılabilir? Araştırınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: 555'li tek kararlı multivibratör devresi yapmak.

Görsel 4.64'teki devrede ilk anda NE555 entegresinin Q çıkışı lojik 0'dır. Tetikleme girişine lojik 0 tetikleme darbesi uygulanırsa Q çıkışı lojik 1 olur. Bu anda C1 kondansatörü R2 üzerinden şarj olmaya başlar. C1 uçlarındaki şarj gerilimi $(2/3) E$ değerine ulaştığında Q çıkışı tekrar lojik 0 değerini alır. Devre ilk durumuna döner. Lojik 1'de kalma süresi $T = 1,1 \times R2 \times C1$ formülü ile bulunabilir.



Görsel 4.64: 555'li tek kararlı multivibratör devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
555	IC (entegre) (DIL-08 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	470 Ω
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	10 nF/16 V
Kondansatör	100 µF/16 V
Buton	Push buton (NO)
Kondansatör	1000 µf/16 V
Buton	Push buton (NO)

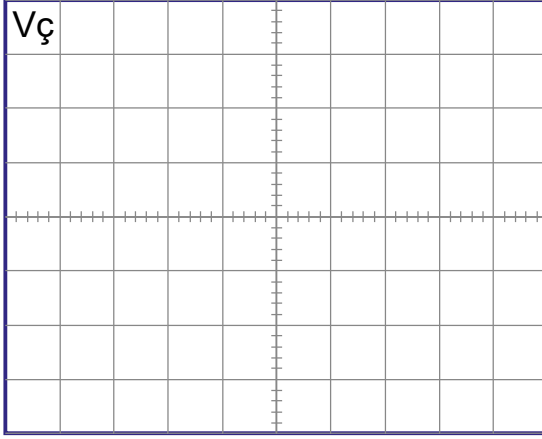
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.64'teki devreyi kurunuz.
2. $T = R2 \times C1$ formülüne göre devrenin zaman gecikme değerini hesaplayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Saatinizi hazırlayınız.
5. B1 butonuna basarak zamanı başlatınız.
6. LED yandığı anda saatinizi kontrol ediniz.
7. LED söndüğünde saatinizin zamanını tekrar kontrol ediniz.
8. Hesaplanan zaman ile karşılaştırınız ve Tablo 4.12 e yazınız.
9. Osiloskop ekranındaki çıkış sinyallerini ayrılan yerlere çizin.

DEĞERLENDİRME

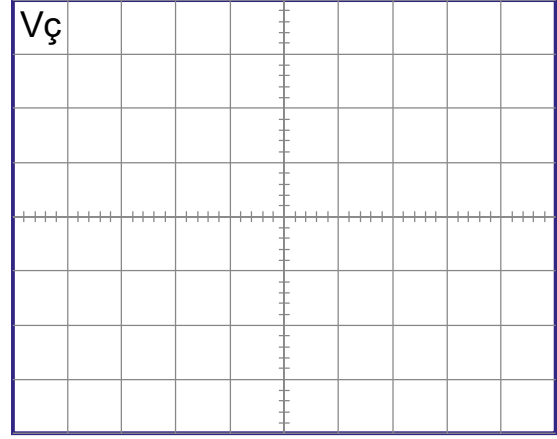
Tablo 4.12: 555'li Tek Kararlı Multivibratör Devresi

Buton	LED'in Durumu (Yanık)
Hesaplanan zaman	
Ölçülen zaman	



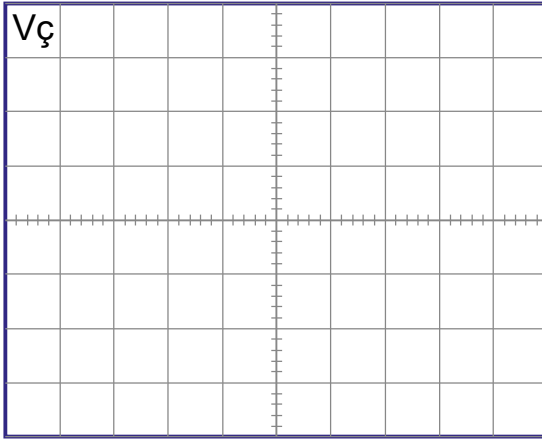
Volt/Div =

Time/Div =



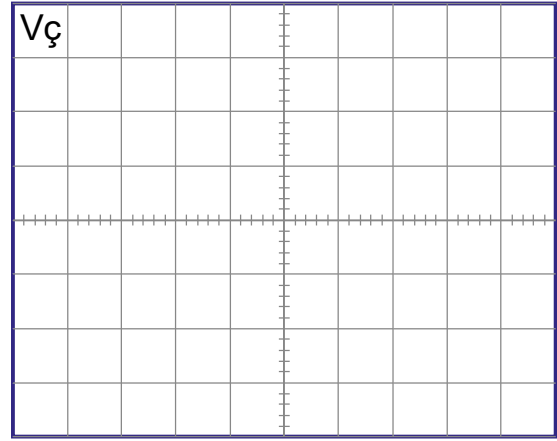
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

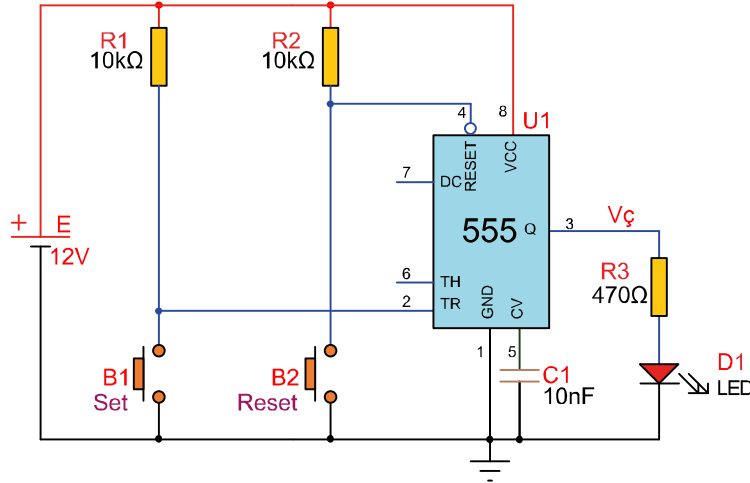
1. Tetikleme için buton yerine ne kullanılabilir? Yazınız.
2. Tek kararlı multivibratörlerin kullanım alanları nelerdir? Belirtiniz.
3. C1 kondansatörünün değeri değiştirilirse devre zamanlamasında nasıl bir değişim olur? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: 555'li çift kararlı multivibratör devresi yapmak.

Görsel 4.65'teki devrede ilk anda 555 entegresinin Q çıkışı lojik 0'dır. B1 butonuna basıldığında tetikleme girişine lojik 0 tetikleme darbesi uygulanır. Q çıkışı lojik 1 olur ve LED yanar. Bu durumun değişmesi için B2 butonuna basılarak 555 resetlenir ve ilk durumuna dönerek LED söner.



Görsel 4.65: 555'li çift kararlı multivibratör devresi

MALZEME LİSTESİ

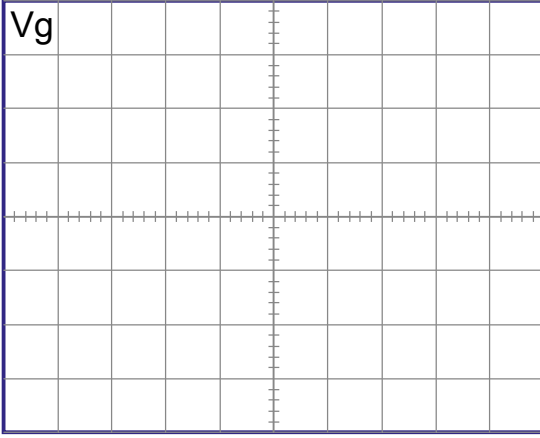
Adı	Özelliği
555	IC (entegre) (DIL-08 kılıf)
LED	Kırmızı
Direnç	470 Ω
Direnç	10 k Ω
Kondansatör	10 nF/ 16 V
Buton	Push buton (NO)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.65'teki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Set butonuna basınız. LED'in durumunu Tablo 4.13'e yazınız.
4. Reset butonuna basınız. LED'in durumunu Tablo 4.13'e yazınız.

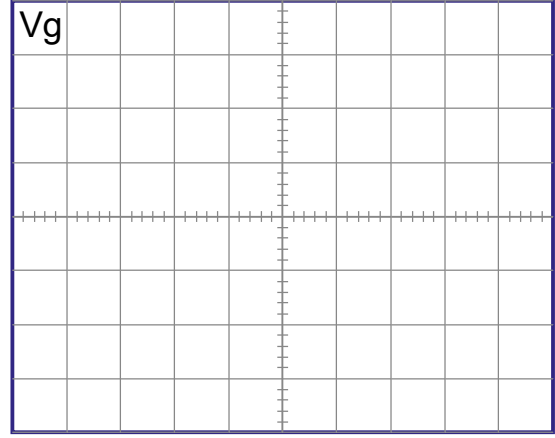
Tablo 4.13: 555'li Çift Kararlı Multivibratör Devresi

Buton	LED'in Durumu (Yanık/Sönük)
Set	
Reset	



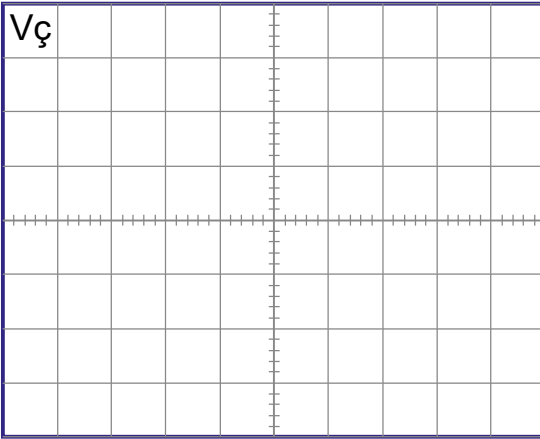
Volt/Div =

Time/Div =



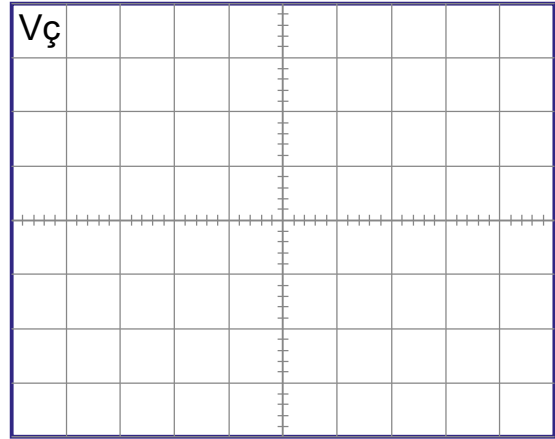
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

1. Tetikleme için buton yerine ne kullanılabilir? Yazınız.
2. Çift kararlı multivibratörlerin kullanım alanları nerelerdir? Belirtiniz.
3. C1 kondansatörünün devredeki görevi nedir? Yazınız.
4. C1 kondansatörünün değeri değiştirilirse set ve resette nasıl bir değişim olur? Belirtiniz.
5. R1 ve R2 dirençlerinin değerleri değiştirilirse set ve resette nasıl bir değişim olur? Yazınız.
6. Devre dokunmatik anahtar olarak kullanılabilir mi? Kullanmak istenirse devrede nasıl bir değişiklik yapmak gerekir? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



4.3. FİLTRE DEVRELERİ

Elektronik sistemler, çevredeki birçok sinyal veya giriş bilgisinden sadece bir tanesi ile işlem yapacak şekilde düzenlenmiştir. Başka bir ifadeyle elektronik bir cihaz çevresindeki sinyallerin hepsini algılar fakat bir tanesi ile çalışır. Elektronik sistemin çalışmasına uygun sinyal, filtre devreleri yardımı ile seçilir.

Farklı frekanslara sahip sinyallerin bazı kısımlarını geçirip bazı kısımlarını zayıflatan devrelere **filtre (süzgeç) devreleri** denir.

Filtre devreleri, sadece sistemin çalışmasına uygun olan sinyalleri geçirir. Bu sayede sinyal üzerindeki istenmeyen kısımlar ortadan kaldırılır. Sistemi bozan veya olumsuz etkilere sebep olan bu istenmeyen sinyaller; parazit, gürültü ve diğer sistem bozucu sinyaller olabilir.

İstenen sinyalleri seçebilmesinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Radyo ve televizyon alıcı vericilerinde, mobil sistemlerde, ses sistemlerinde, veri haberleşmesinde, elektronik müzik uygulamalarında ve her türlü elektronik devrelerde yaygın olarak kullanılır.

Sinyallerin çok çeşitli olduğu elektrik-elektronik sistemlerde bu sinyallerin seçilebilmesi için değişik filtre devreleri kullanılmaktadır.

Filtreler genel olarak ikiye ayrılır.

a) Yapım elemanlarına göre

- Pasif filtreler (passive filter, **PF**)
- Aktif filtreler (active filter, **AF**)

b) Çalışma prensiplerine göre

- Alçak geçiren filtre (low pass filter, **LPF**)
- Yüksek geçiren filtre (high pass filter, **HPF**)
- Bant geçiren filtre (band pass filter, **BPF**)
- Bant durduran filtre (band stop filter, **BSF**)

Pasif filtre devreleri; direnç, kondansatör ve bobinden oluşur. Çalışmak için bir güç kaynağına ihtiyaç duymaz. Aktif filtre devreleri ise çalışabilmek için bir güç kaynağına ihtiyaç duyar. Aktif filtre devrelerinde pasif elemanlara ek olarak transistör, işlemsel yükselteç ve mikroişlemci gibi devre elemanları kullanılır. Aktif filtre devrelerinde de süzme işini yapan yine pasif devre elemanlarıdır.

Pasif filtre devrelerinde çıkış sinyalinin genliği, giriş sinyalinin genliğinden küçüktür. Aktif filtre devrelerinde ise filtre edilen sinyal işlemsel yükselteç ile yükseltildiği için çıkış sinyali giriş sinyalinden küçük olmaz.

Bir filtre devresi belirlenen frekans değerinin altındaki frekansları geçirip üstündekileri bastırıyorsa **alçak geçiren filtre**, belirlenen frekans değerinin üstündeki frekansları geçirip altındakileri bastırıyorsa **yüksek geçiren filtre** devresidir. Devre belirlenen, bir frekans aralığını geçiriyorsa **bant geçiren filtre**, belirlenen frekans aralığını bastırıyorsa **bant durduran filtre** devresidir.

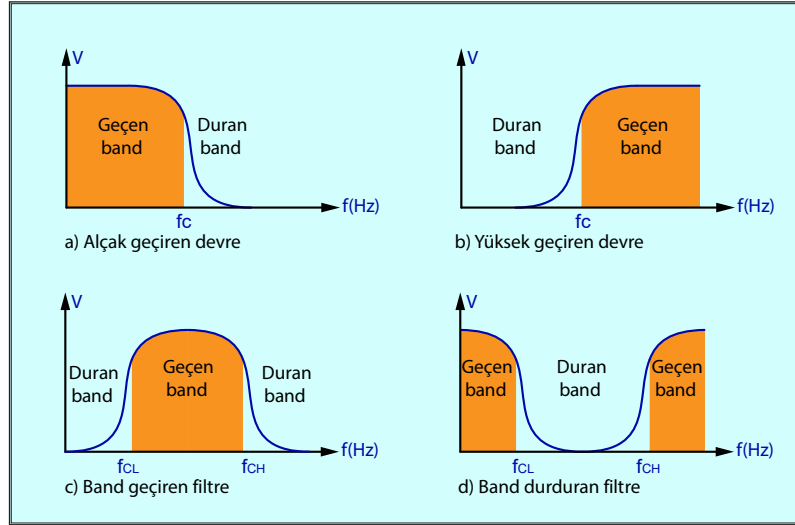
Filtre devrelerinin geçirmesi veya durdurması istenen frekans değer sınırına **kesim frekansı** denir. Grafikte görülen f_c kesim frekans (cut off) değeridir. Filtre devresi çalışma prensibine göre f_c kesim frekansından önceki veya sonraki frekans değerlerini geçirir veya geçirmez.

Bant geçiren ve bant durduran filtrelerde f_{CL} (**düşük kesim frekansı, low cut off**) ve f_{CH} (**yüksek kesim frekansı, high cut off**) olmak üzere iki adet kesim frekansı bulunur ve bu frekans aralığına **bant genişliği** denir.

Uygun direnç ve kondansatör değerleri seçilerek belirlenen kesim frekanslarında filtre yapan devreler elde edilir.



Çalışma prensiplerine göre filtrelerin frekans-gerilim eğrileri Görsel 4.66'da verilmiştir.



Görsel 4.66: Çalışma prensiplerine göre filtrelerin frekans-gerilim eğrileri

4.3.1. Pasif Filtreler

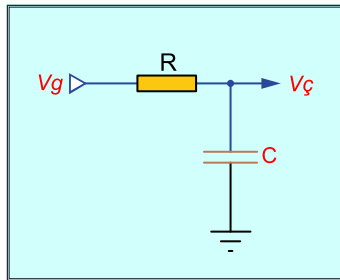
En basit filtreler olup bir direnç ve bir reaktif eleman (bobin veya kondansatör) kullanılarak yapılan filtrelerdir. Özellikle RC filtreler gerek alçak geçiren ve gerekse yüksek geçiren filtre olarak yaygın şekilde kullanılır. Kondansatörün kapasitif reaktansı, X_C (direnci) üzerine uygulanan sinyalin frekansı ile ters orantılıdır. Kondansatör yüksek frekanslarda kısa devre, alçak frekanslarda ise açık devre gibi davranır. Bundan dolayı filtre devrelerinde kondansatörün çıkışa göre seri ya da paralel olması filtrenin çalışma özelliğini ortaya koyar. Kesim frekansı formüllerinde aşağıdaki birimler kullanılır.

- F_c** = Kesim frekansı (Hertz-Hz)
- L** = Bobin endüktansı (Henri-H)
- C** = Kondansatör kapasitesi (Farat-F)
- R** = Direnç (Ohm-Ω)

Alçak Geçiren Pasif Filtre Devresi: Kondansatör ve direncin seri bağlanması ile yapılır (Görsel 4.67). Devrede giriş sinyali kondansatör ve direnç üzerine uygulanırken çıkış sinyali kondansatör uçlarından alınmaktadır.

Devreye uygulanan yüksek frekanslı sinyallerde C kondansatörü kısa devre etkisi gösterdiğinden bu sinyaller şaseye gider yani bastırılır. Alçak frekanslı sinyallerde ise C kondansatörü açık devre etkisi gösterir ve çıkıştan alçak frekanslı sinyal alınmış olur. Alçak geçiren pasif filtrenin kesim frekansı

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

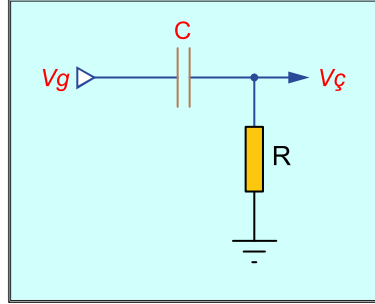


Görsel 4.67: Alçak geçiren pasif filtre devresi

Yüksek Geçiren Pasif Filtre Devresi: Görsel 4.68'de görüldüğü gibi alçak geçiren filtreden farkı, çıkışın kondansatör üzerinden değil de direnç üzerinden alınmasıdır. Alçak frekanslı sinyaller açık devre etkisi gösteren kondansatörden geçemezken yüksek frekanslı sinyaller kısa devre etkisi gösteren kondansatörden geçer. Böylelikle çıkıştan yüksek frekanslı sinyal alınmış olur. Yüksek geçiren pasif filtrenin kesim frekansı

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times R \times C}$$

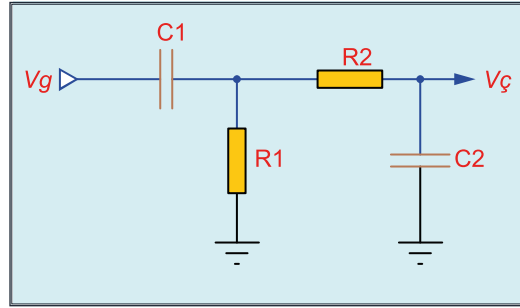
formülü ile hesaplanır.



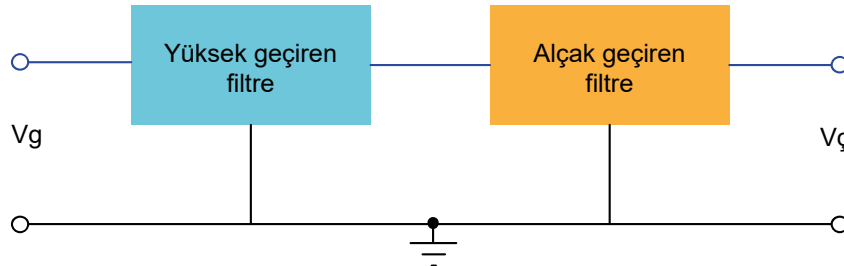
Görsel 4.68:Yüksek geçiren pasif filtre devresi

Bant Geçiren Pasif Filtre Devresi: Alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerin seri bağlanması ile elde edilir. Bant geçiren filtre devrelerinde alçak geçiren filtrenin kesim frekansı yüksek geçiren filtreden mutlaka büyük seçilmelidir.

Devrede önce yüksek geçiren filtre, kesim frekansına kadar alçak frekansların geçişini engeller. Yüksek geçiren filtreden geçen sinyaller alçak geçiren filtre devresine uygulanır. Alçak geçiren filtre kesim frekansına kadar sinyallerin geçişine izin verirken daha yüksek frekanslı sinyallerin geçişine izin vermez. Böylelikle çıkıştan iki kesim frekansı arasındaki sinyal alınmış olur. Bant geçiren filtre devresi, görsel 4.69.b'de de blok diyagramı Görsel 4.69.a'da verilmiştir.



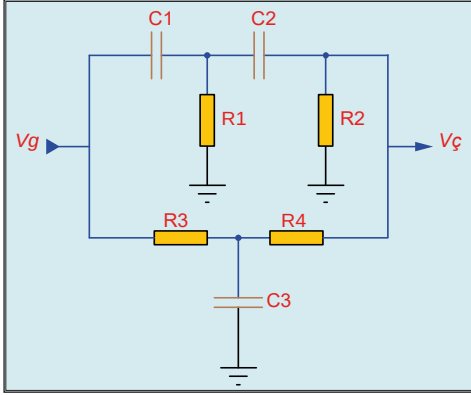
Görsel 4.69.a: Bant geçiren pasif filtre devresi



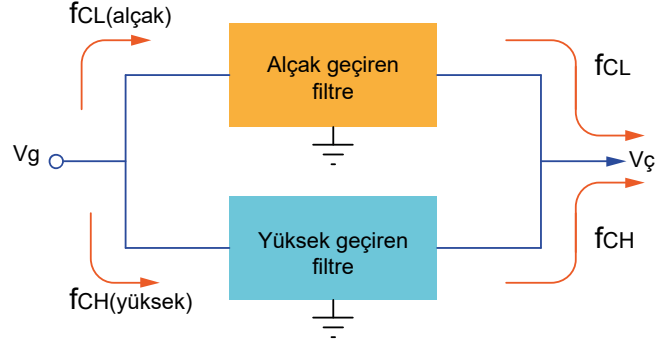
Görsel 4.69.b: Bant geçiren pasif filtre devresi blok diyagramı

Bant Durduran Pasif Filtre Devresi: Alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerin paralel bağlanması ile elde edilir. Bant durduran filtre devrelerinde alçak geçiren filtrenin kesim frekansı, yüksek geçiren filtreden mutlaka küçük seçilmelidir.

Görsel 4.70.a'da bant durduran filtre devresi, görsel 4.70.b'de de blok diyagramı görülmektedir. Alçak geçiren filtre devresi belirlenen kesim frekansına kadar alçak frekansları geçirir. Aynı şekilde yüksek geçiren filtre devresi de belirlenen kesim frekansı üstündeki yüksek frekansları geçirir. Böylelikle çıkıştan iki kesim frekansı arası bastırılmış bir sinyal alınır.



Görsel 4.70.a: Bant durduran pasif filtre devresi



Görsel 4.70.b: Blok diyagramı

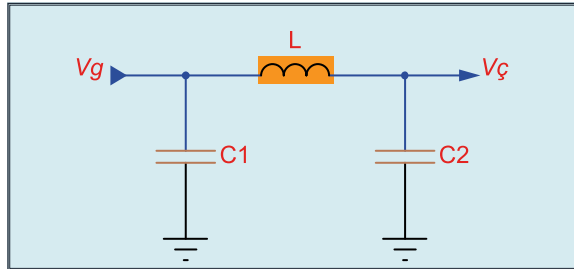
Bobinli Pasif Filtre Devreleri: RC filtreler düşük güçlü devrelerde yaygın olarak kullanılır fakat direnç üzerinde harcanan enerji sistem verimliliğinin düşmesine sebep olur. Sistemin daha verimli çalışması için yüksek güçlü devrelerde ise direnç yerine bobin (indüktör) kullanılır.

Bobinin endüktif reaktansı X_L (direnci), üzerine uygulanan sinyalin frekansı ile doğru orantılıdır. Bobinin yüksek frekanslarda direnci artarak açık devre, alçak frekanslarda ise direnci azalarak kısa devre gibi davranır. Bobinin bu özelliği kullanılarak bobinli filtre devreleri yapılır.

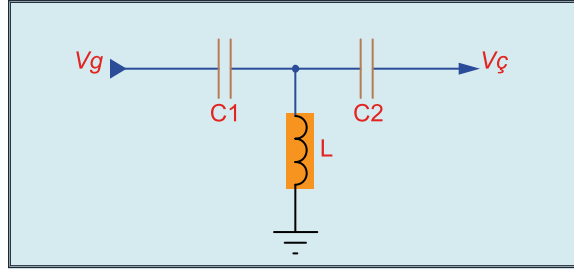
Bobinli filtre devrelerinde aynı tür iki elemanla farklı tür bir eleman kullanılır. Bobinli filtre devreleri T tipi ve π (pi) olmak üzere ikiye ayrılır. T tipi filtrede aynı tür iki eleman seri kolda, π tipi filtrede ise paralel kolda yer alır. Kondansatör paralel kolda ise alçak geçiren filtre, bobin paralel kolda ise yüksek geçiren filtredir.

Görsel 4.71'de π tipi alçak geçiren filtre devresi görülmektedir. π tipi alçak geçiren filtre devresinde çıkışın daha iyi olabilmesi için $C_1=C_2$ seçilmelidir. Alçak frekansta bobin kısa devre gibi davrandığından kondansatörler paralel bağlı olur ve devredeki kondansatör etkisi ise C_1+C_2 'dir.

π tipi alçak geçiren filtre devrelerinde kesim frekansı $f_c = \frac{1}{2 \times \pi \sqrt{L \times C}}$ formülü ile hesaplanır.

Görsel 4.71: π tipi alçak geçiren filtre devresi

Görsel 4.72'de T tipi yüksek geçiren filtre devresi görülmektedir. Yüksek frekans- ta bobin açık devre gibi davrandığından devredeki kondansatörler seri bağlı olur. T tipi yüksek geçiren filtre devresinde $C_1=C_2$ seçildiğinde devreye kondansatör etkisi ise $C_1/2$ veya $C_2 / 2$ olur. T tipi yüksek geçiren filtre devrelerinde kesim frekansı $f_c = \frac{1}{4 \times \pi \sqrt{L \times C}}$ formülü ile hesaplanır.



Görsel 4.72: T tipi yüksek geçiren filtre devresi

Alçak ve yüksek geçiren filtre devreleri seri bağlanarak bant geçiren filtre devreleri, paralel bağlanarak bant durduran filtre devreleri elde edilir.

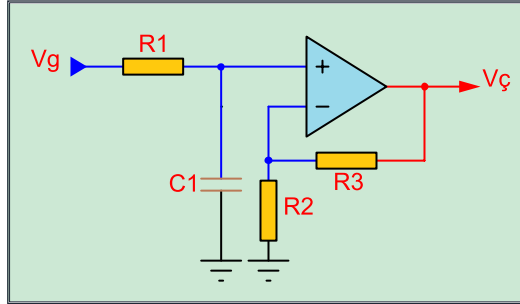
4.3.2. Aktif Filtreler

Aktif filtreler, pasif filtre devresi ile bir yükselteç devresinin seri bağlanması ile oluşur. Yükselteç olarak genellikle işlemsel yükselteçler kullanılır.

Alçak Geçiren Aktif Filtre Devresi: Görsel 4.73'te alçak geçiren pasif filtre çıkışı işlemsel yükseltecin evirmeyen girişine bağlanarak yapılmış bir alçak geçiren aktif filtre devresi görülmektedir.

Kesim frekansı hesabı pasif filtre ile aynı olup

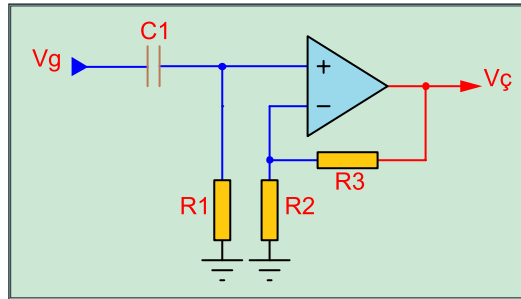
$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times C_1 \times R_1} \text{ formülü ile bulunur.}$$



Görsel 4.73: Alçak geçiren aktif filtre devresi

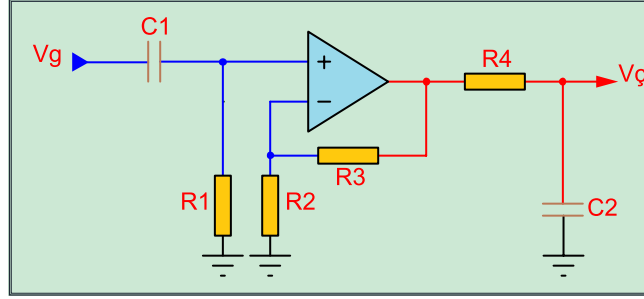
Yüksek Geçiren Aktif Filtre Devresi: Görsel 4.74'te işlemsel yükseltecin evirmeyen girişine bağlanmış yüksek geçiren aktif filtre devresi görülmektedir. Kesim frekansı hesabı pasif filtre ile aynı olup

$$f_c = \frac{1}{2 \times \pi \times C_1 \times R_1} \text{ formülü ile bulunur.}$$



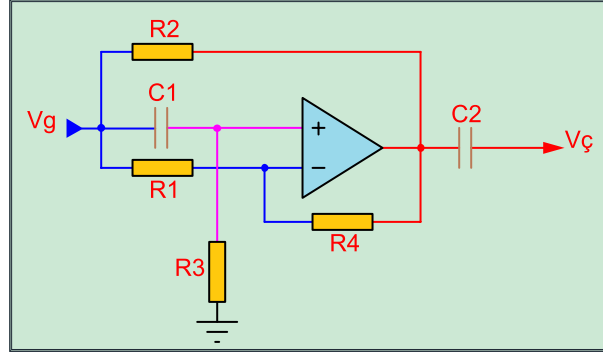
Görsel 4.74: Yüksek geçiren aktif filtre devresi

Bant Geçiren Aktif Filtre Devresi: İşlemsel yükseltecin evirmeyen girişine yüksek geçiren, çıkışı-na ise alçak geçiren filtre devresi bağlanmıştır. Alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerin kesim frekansları bant geçiren aktif filtrenin alt ve üst kesim frekanslarını verir. Görsel 4.75'te bant geçiren aktif filtre devresi görülmektedir.



Görsel 4.75: Bant geçiren aktif filtre devresi

Bant Durduran Aktif Filtre Devresi: Alçak ve yüksek geçiren filtrelerin kesim frekansları, bant durduran aktif filtrenin alt ve üst kesim frekanslarını verir. Görsel 4.76'da evirmeyen girişe bağlanmış bant durduran aktif filtre devresi görülmektedir.

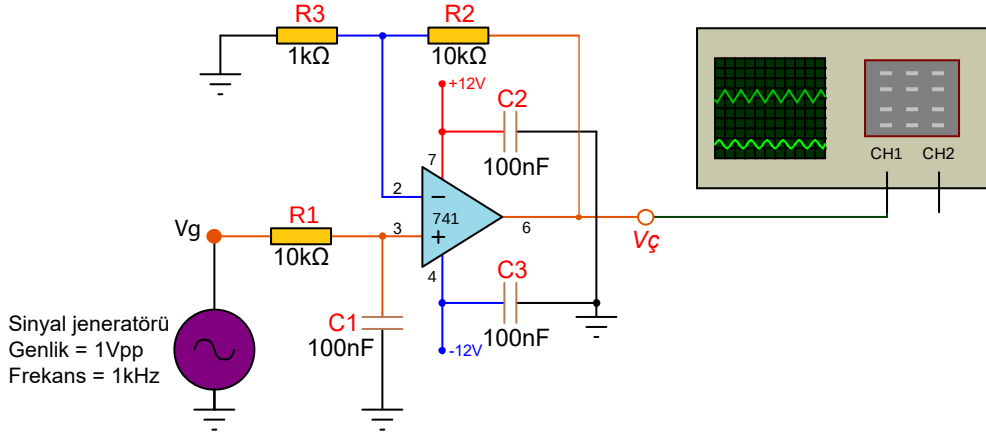


Görsel 4.76: Bant durduran aktif filtre devresi



AMAÇ: Alçak geçiren aktif filtre devresi yapmak.

Görsel 4.77'deki devrede R2 ve R3 dirençleri kazancı belirlerken R1 ve C1 alçak geçiren filtreyi oluşturmaktadır. Yüksek frekanslarda C1 kondansatörün kapasitif reaktansı (X_c) azalmakta ve yüksek frekanslı sinyali şaseye çekmektedir. Alçak frekanslarda C1 kondansatörün geçirgenliği azalmaktadır. Evirmeyen girişe uygulanan sinyal çıkışta yükseltilecek alınmaktadır. C2 ve C3 kondansatörleri güç kaynağından gelen parazitleri gidermek için kullanılmıştır.



Görsel 4.77: Alçak geçiren aktif filtre devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741(DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	100 nF/ 16 V

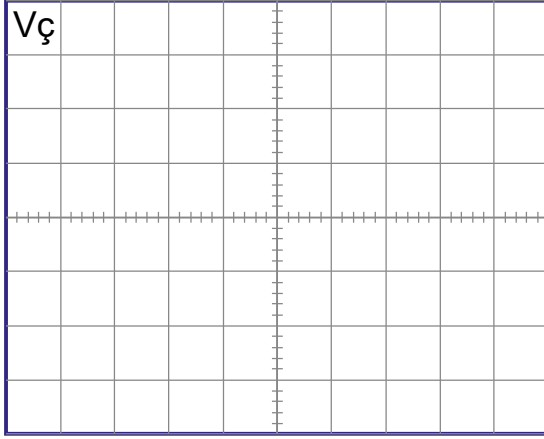
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.77'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü R1'e bağlayınız. Osilaskobu Vç noktasına bağlayınız.
3. Sinyal jeneratöründen 1 Vpp 1 kHz'lik sinyal uygulayınız.
4. Osilaskopta çıkış sinyalinin genliğini ölçüp Tablo 4.14'e yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.
5. Sırasıyla 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz'lik sinyallerle işlemleri tekrarlayıp sonuçları Tablo 4.14'e yazınız. 10 kHz için çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.
6. R1 veya C1'in değerini arttırarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

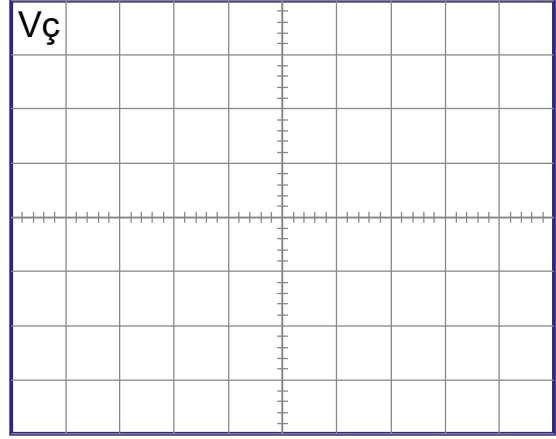
Tablo 4.14: Alçak Geçiren Filtre Devresi

Frekans	V _ç
10 Hz	
100 Hz	
1 kHz	
10 kHz	



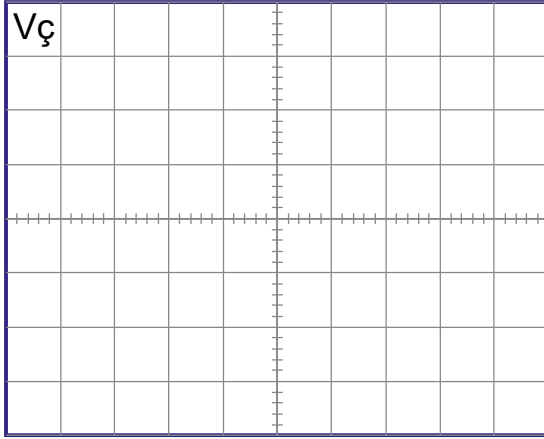
Volt/Div =

Time/Div =



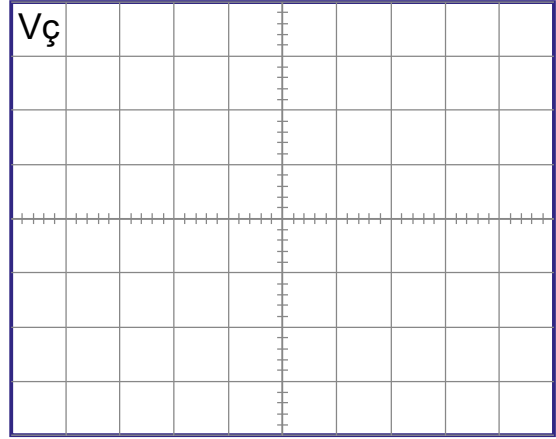
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

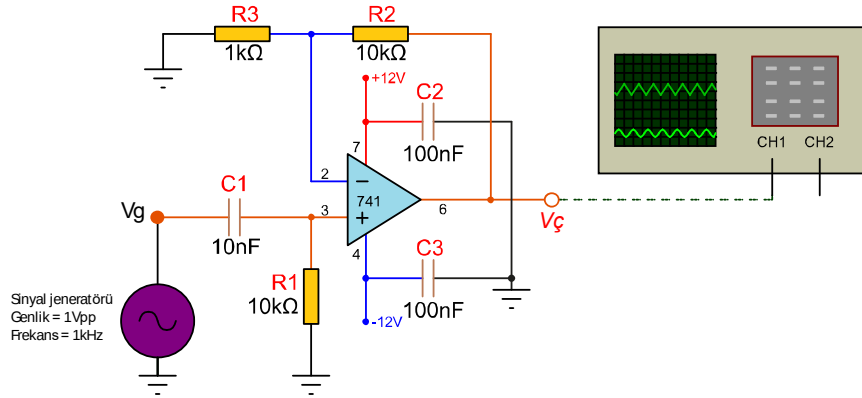
SORULAR

1. Devrenin kesim frekansını (f_c) hesaplayınız.
2. Görsel 4.77'deki devrede kazanç hangi frekanstan sonra azalmaktadır? Yazınız.
3. Çok daha alçak frekansları geçirmek için hangi elemanların değeri arttırılmalıdır? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: Yüksek geçiren aktif filtre devresi yapmak.

Görsel 4.78'deki devrede R2 ve R3 dirençleri kazancı belirlerken R1 ve C1 yüksek geçiren filtreyi oluşturmaktadır. Yüksek frekanslarda C1 kondansatörün kapasitif reaktansı (X_c) azalmakta ve yüksek frekanslı sinyalleri geçirmektedir. Alçak frekanslarda C1 kondansatörü yüksek direnç (kapasitif reaktans) göstermektedir. Evirmeyen girişe uygulanan yüksek frekanslı sinyal çıkışta yükseltilecek alınmaktadır.



Görsel 4.78: Yüksek geçiren filtre devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741(DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	10 nF/ 16 V
Kondansatör	100 nF/ 16 V

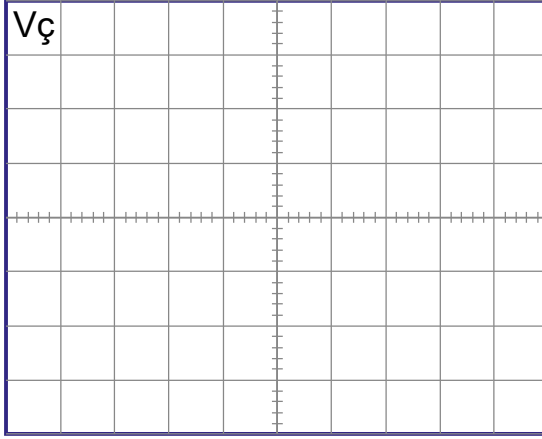
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.78'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü C1'e bağlayınız. Osilaskobu Vç noktasına bağlayınız.
3. Sinyal jeneratöründen 1 Vpp 10 Hz'lik sinyal uygulayınız.
4. Osilaskopta çıkış sinyalinin genliğini ölçüp Tablo 4.15'e yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çizin.
5. Sırasıyla 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz'lik sinyallerle işlemleri tekrarlayıp sonuçları Tablo 4.15'e yazınız. 10 kHz için çıkış sinyalini ayrılan yere çizin.
6. R1 veya C1'in değerini azaltarak devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

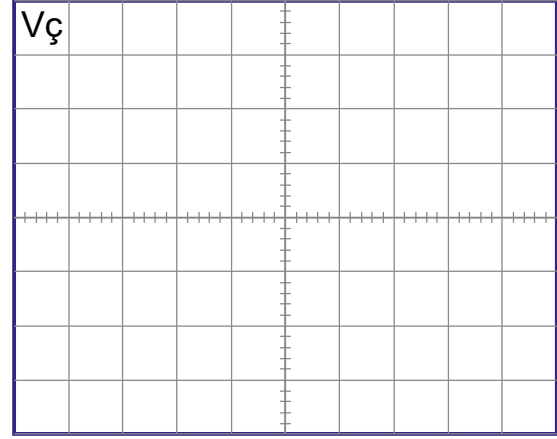
Tablo 4.15: Yüksek Geçiren Aktif Filtre Devresi

Frekans	V _ç
10 Hz	
100 Hz	
1 kHz	
10 kHz	



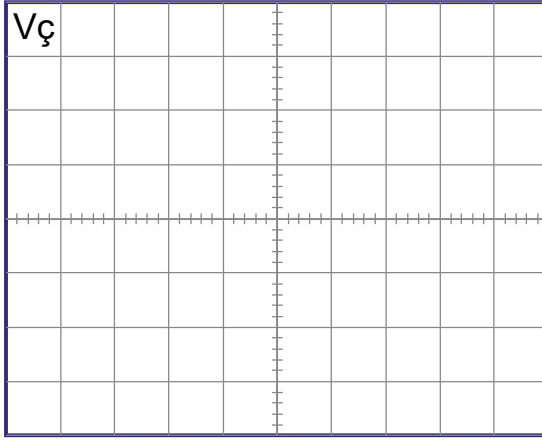
Volt/Div =

Time/Div =



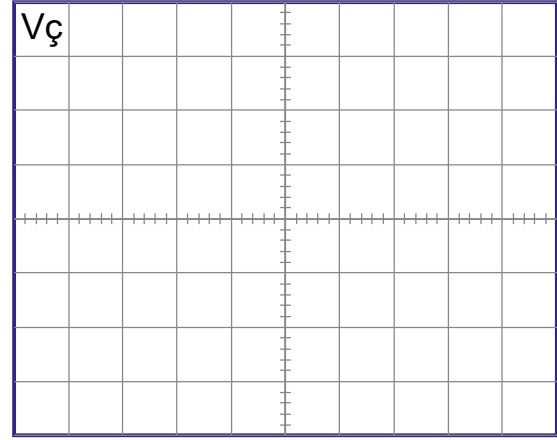
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

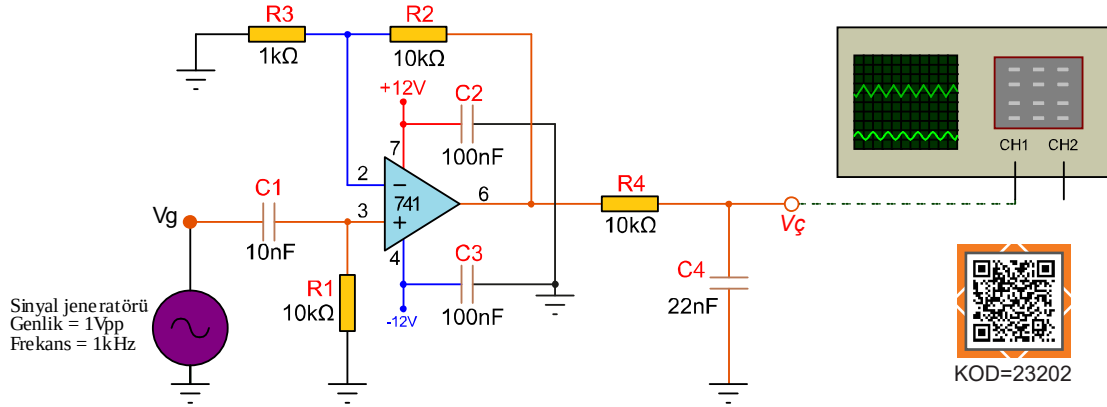
SORULAR

1. Devrenin kesim frekansını (f_c) hesaplayınız.
2. Görsel 4.78'deki devrede kazanç hangi frekanstan sonra azalmaktadır? Yazınız.
3. Çok daha yüksek frekansları geçirmek için hangi elemanların değeri azaltılmalıdır? Belirtiniz.
4. Sıfır frekansta (DC gerilim) kondansatör direnci (kapasitif reaktans) nedir? Yazınız.
5. Kondansatör hangi durumda açık anahtar gibi davranır? Belirtiniz.



AMAÇ: Bant geçiren aktif filtre devresi yapmak.

Görsel 4.79'daki devrede R2 ve R3 dirençleri kazancı belirlerken R1 ve C1 yüksek geçiren filtreyi, R4 ve C4 de alçak geçiren filtreyi oluşturmaktadır. Yüksek frekanslarda C1 kondansatörün kapasitif reaktansı (X_c) azalmakta ve yüksek frekanslı sinyalleri geçirmektedir. C4 kondansatörü de alçak frekansları geçirip yüksek frekansları şaseye çekmektedir. Böylelikle sadece belli bir bant aralığındaki sinyaller yükseltilmektedir. C1-R1 ve C4-R4'ün değerleri değiştirilerek farklı bant aralıklarının geçişine izin verilir.



Görsel 4.79: Bant geçiren aktif filtre devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741(DIL-08 kılıf)
Direnç	1 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	10 nF/ 16 V
Kondansatör	22 nF/ 16 V
Kondansatör	100 nF/ 16 V

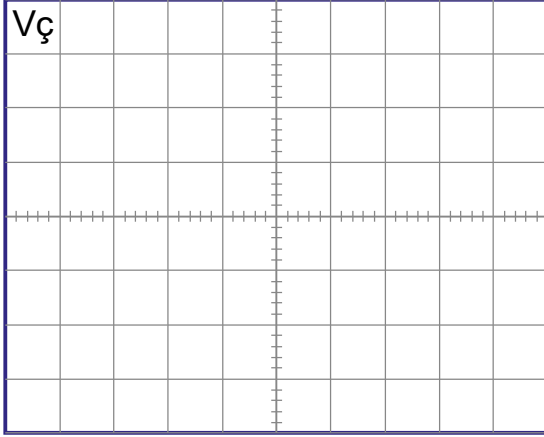
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.79'daki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü C1'e bağlayınız. Osiloskobu Vç noktasına bağlayınız.
3. Sinyal jeneratöründen 1 Vpp 10 Hz'lik sinyal uygulayınız.
4. Osiloskopta çıkış sinyalinin genliğini ölçüp Tablo 4.16'ya yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.
5. Sırasıyla 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz'lik sinyallerle işlemleri tekrarlayıp sonuçları Tablo 4.16'ya yazınız. Çıkış sinyallerini ayrılan yere çiziniz.
6. C1-R1 ve C4-R4'nin değerleri değiştirilerek devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

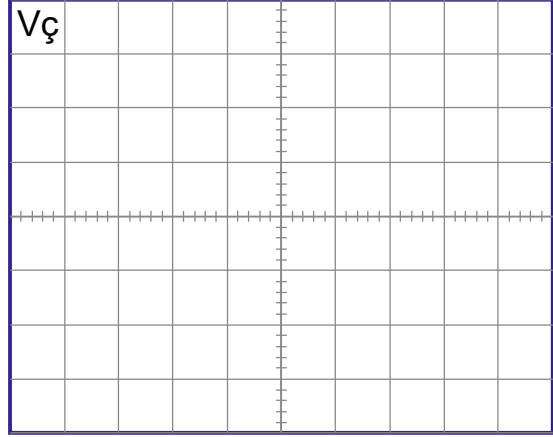
Tablo 4.16: Bant Geçiren Filtre Devresi

Frekans	V _ç
10 Hz	
100 Hz	
1 kHz	
10 kHz	



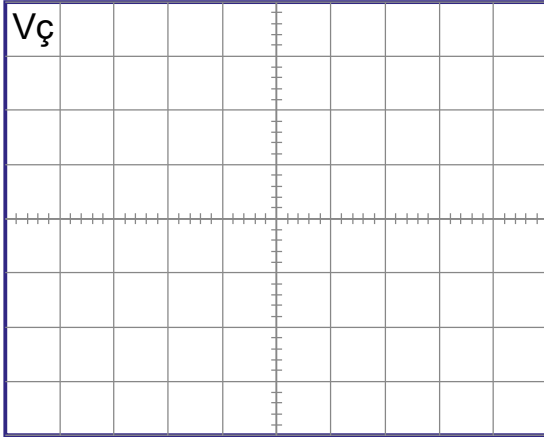
Volt/Div =

Time/Div =



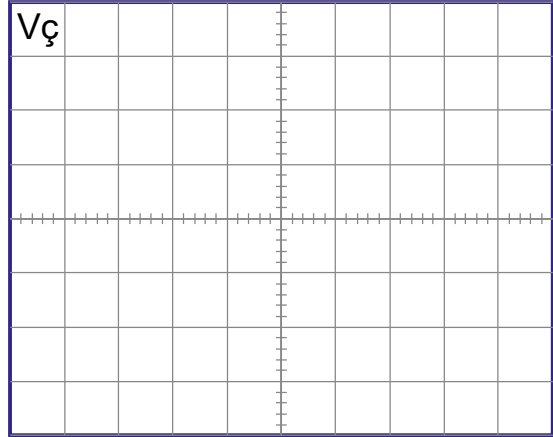
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

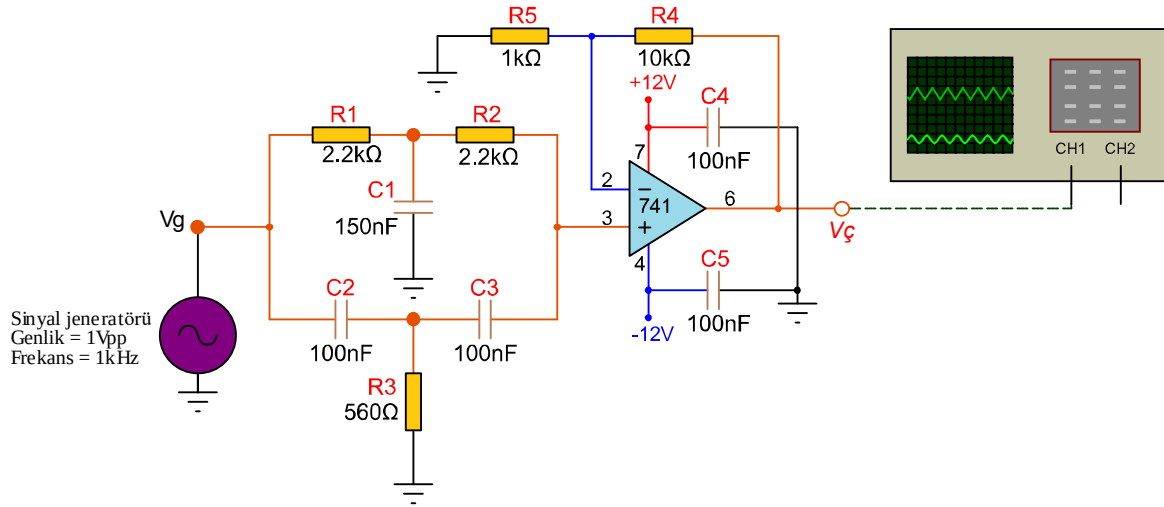
1. Devrenin kesim frekansını (f_c) hesaplayınız.
2. Devre hangi frekans aralığında yüksek kazanç sağlamaktadır? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Bant durduran aktif filtre devresi yapmak.

Görsel 4.80'deki devrede R4 ve R5 dirençleri kazancı belirlerken R1-C1-R2 alçak geçiren filtreyi (1 kHz altı), C2-R3-C3 de yüksek geçiren filtreyi (1 kHz üstü) oluşturmaktadır. Yaklaşık 1 kHz'de kazanç sıfıra yakındır. Eleman değerleri değiştirilerek istenen frekanslar bastırılır.



Görsel 4.80: Bant durduran aktif filtre devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Opamp	741(DIL-08 kılıf)
Direnç	560 Ω
Direnç	1 kΩ
Direnç	2,2 kΩ
Direnç	10 kΩ
Kondansatör	150 nf/ 16 V
Kondansatör	100 nf/ 16 V

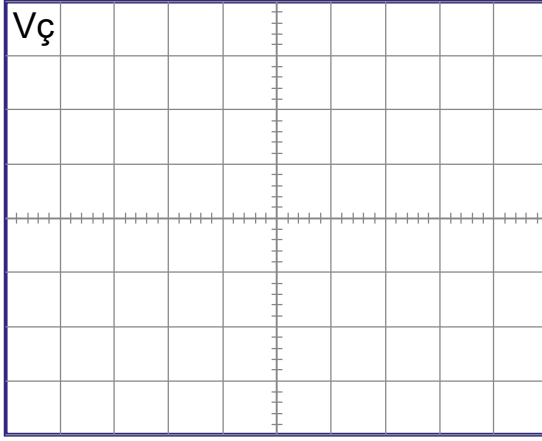
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 4.80'deki devreyi kurunuz.
2. Sinyal jeneratörünü Görsel 4.80'deki gibi bağlayınız. Osiloskobu Vç noktasına bağlayınız.
3. Sinyal jeneratöründen 1 Vpp 10 Hz'lik sinyal uygulayınız.
4. Osiloskopta çıkış sinyalinin genliğini ölçüp Tablo 4.17'ye yazınız. Çıkış sinyalini ayrılan yere çiziniz.
5. Sırasıyla 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz'lik sinyallerle işlemleri tekrarlayıp sonuçları Tablo 4.17'ye yazınız. Çıkış sinyallerini ayrılan yere çiziniz.

DEĞERLENDİRME

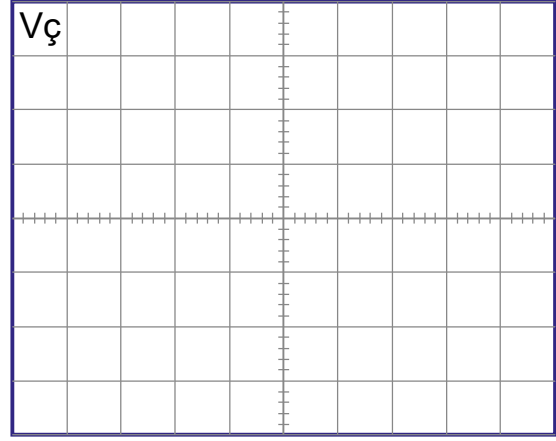
Tablo 4.17: Bant Durduran Filtre Devresi

Frekans	V _ç
10 Hz	
100 Hz	
1 kHz	
10 kHz	



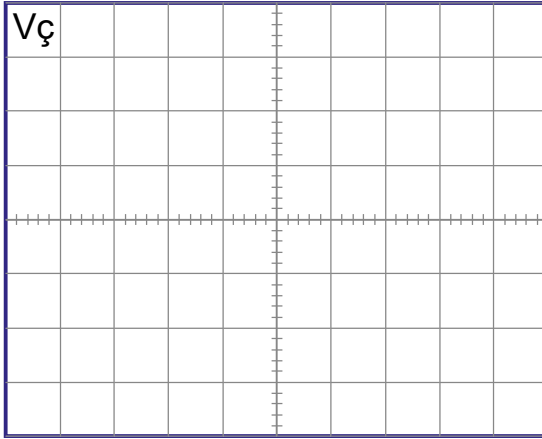
Volt/Div =

Time/Div =



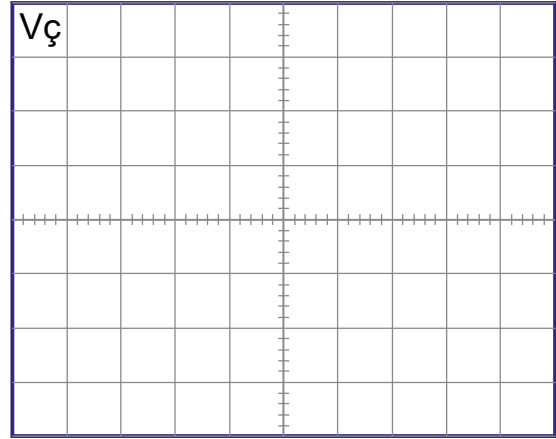
Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =



Volt/Div =

Time/Div =

SORULAR

1. Devrenin kesim frekansını (f_c) hesaplayınız.
2. Devre hangi frekansta düşük kazanç sağlamaktadır? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.





5. ÖĞRENME BİRİMİ

RADYO FREKANS DEVRELERİ

NELER
ÖĞRENECEKSİNİZ ?

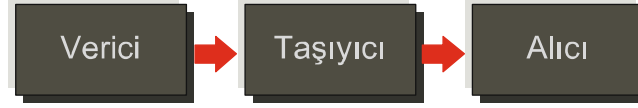
MODÜLASYON DEMODÜLASYON

VERİCİ DEVRELERİ

ALICI DEVRELERİ

5.1. MODÜLASYON DEMODÜLASYON

İletişim insanoğlunun en temel ihtiyaçlarından biridir. Bu ihtiyaçlar, zaman içinde gelişim ve değişim göstermiştir. Özellikle uzak iletişim denen mesafeli iletişim için insanoğlu çeşitli yöntemler kullanmıştır. Burada yöntemler değişmiş fakat iletişim öğeleri değişmemiştir. Görsel 5.1'de iletişim öğelerini gösteren blok şema görülmektedir.

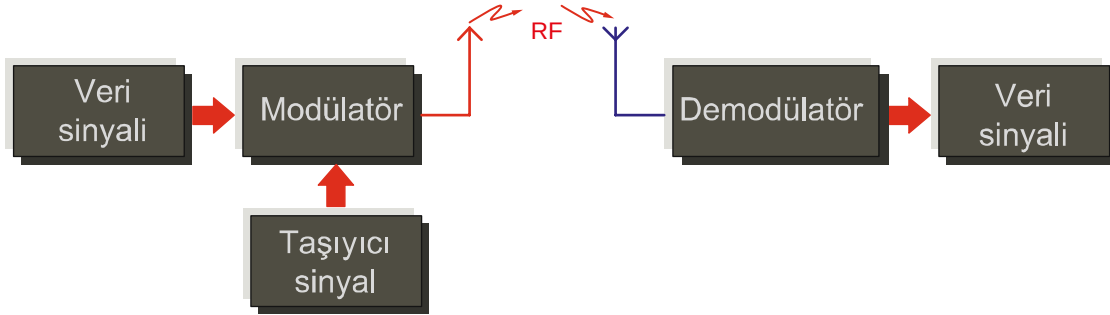


Görsel 5.1: İletişimin temel blok şeması

Tarihsel gelişime bakıldığında bilgiyi veri taşımak için ilk zamanlarda duman, güvercin, ulak kullanılmıştır. Elektriğin keşfi ile telli iletişim, radyonun keşfi ile de telsiz iletişim başlamıştır. Taşınacak bilgi ses, görüntü, yazılı belge ve kontrol komutu olabilmektedir.

Bilginin elektriksel formu sinyal olarak adlandırılır. Bilgi sinyaller şeklinde iletilecekse iletken teller, bilgi ışık şeklinde iletilecekse fiber optik teller, bilgi elektromanyetik dalgalar ile iletilecekse dünya atmosferi iletim yolu olarak kullanılır. Düşük frekanslı ses, görüntü veya herhangi bir bilgi sinyali iletmek için yüksek frekansa sahip taşıyıcıya ihtiyaç duymaktadır. Bu taşıyıcı dalgalara **radyo frekans dalgaları** denir. Burada ki bilgi sinyalinin taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesi işlemine ise **modülasyon** denir. Modülasyon bilgi sinyalinin özelliğine bağlı taşıyıcı sinyalin çeşitli özelliklerinin değiştirilmesidir. Elde edilen yeni sinyale **modüleli sinyal** denir. Modülasyon işlemi yapan devrelere de **modülatör** adı verilir.

Verici tarafından gönderilen modüleli sinyal alıcı tarafına ulaşınca bilgi sinyalinin taşıyıcı sinyalinden ayrılması gerekir. Radyo frekans sinyalleri üzerine bindirilerek gönderilen bilginin taşıyıcıdan süzülüp tekrar elde edilme işlemine **demodülasyon** denir. Demodülasyon işleminin yapıldığı devrelere de **demodülatör** adı verilir. Görsel 5.2'de radyo frekans haberleşme sisteminin blok şeması görülmektedir.



Görsel 5.2: Radyo frekans haberleşmeli sistemin blok şeması

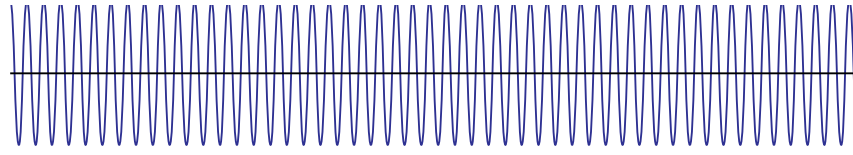
5.1.1. Genlik Modülasyon Demodülasyonu

Taşıyıcı sinyal genliğinin bilgi sinyalinin frekans ve genliğine bağlı olarak değiştirilmesi ile yapılan modülasyona **genlik modülasyonu** denir. Genlik modülasyonunda taşıyıcı olarak sinüs sinyali kullanılır. Temel amaç, taşıyıcı sinyali bilgi sinyaline göre genliğini değiştirerek alıcıya göndermektir. Alıcı tarafında ise bu işlemin tam tersi gerçekleşir. Alıcı genlik modülasyonuna uğrayan sinyali alarak demodülasyon işlemine tâbi tutar. Bu işlem sonucunda bilgi sinyali elde edilir.

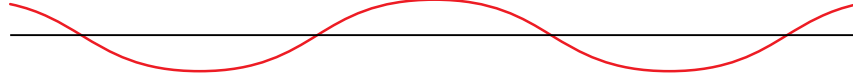
Genlik Modülasyonu

Görsel 5.3'te genlik modülasyonunun sinyal gösterimi verilmiştir. Üste veri sinyali görülmektedir. Veri sinyali konuşma müzik veya bilgi içerebilir. Ortada taşıyıcı sinyal görülmektedir. Bu sinyalin frekansı RF yayın frekansıdır. Altta ise iki sinyalin cebirsel toplamı görülmektedir. Ses frekanslı sinyalin pozitif alternanslarında taşıyıcı sinyalin genliği büyümüştür. Bu büyüme, taşıyıcı sinyal ve ses frekanslı sinyalin genlikleri toplamı kadardır. Ses frekanslı sinyalin negatif alternanslarında taşıyıcı sinyalin genliği küçülmüştür. Bu küçülme, taşıyıcı sinyal genliğinden ses frekanslı sinyalin genliğinin çıkarılması kadardır. Görsel 5.3'te elde edilen modüleli sinyal genliği rahatça görülür ve bu ses frekanslı sinyalin aynısıdır. Modüleli sinyalin negatif tepe noktaları ise ses frekanslı sinyalin tam tersidir.

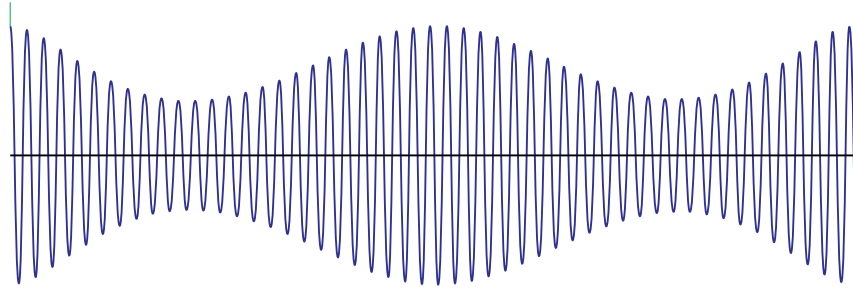




Yüksek frekanslı taşıyıcı sinyal



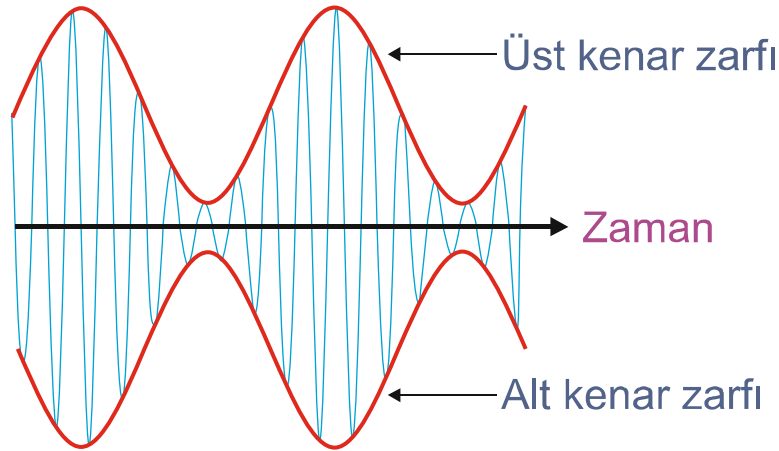
Alçak frekanslı modüle edici sinüs dalgası



Genlik modüledi sinyal

Görsel 5.3: Genlik modülasyonu sinyal gösterimi.

Genlik modülasyonlu sinyaldeki bu değişime **modülasyon zarfı** denir. Modüledi sinyalde iki zarf vardır. Bunlar üst kenar zarfı ve alt kenar zarfı olarak adlandırılır. Görsel 5.4'te modülasyon zarfı görülmektedir.



Görsel 5.4: Genlik modülasyonu zarf

Modülasyon Faktörü

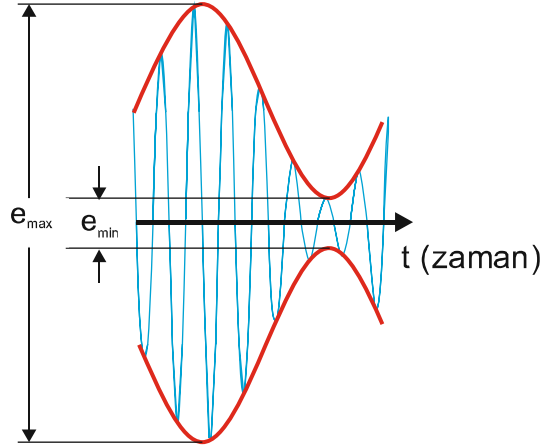
Genlik modülasyonlu haberleşmede gürültüsüz bir haberleşme için bilgi sinyali genliği ile taşıyıcı sinyalin genliğinin uyumlu olması gerekir. Bu uyum modülasyon faktörünün matematiksel olarak hesaplanmasıyla sağlanır. Modülasyon faktörü **m** ile gösterilir. Kaliteli bir haberleşme için modülasyon faktörü yaklaşık olarak $m=30\%$ olmalıdır. Modülasyon yüzdesini değiştiren bilgi sinyalinin genliğidir. Bu değişim doğru orantılıdır. Modülasyon faktörü formül olarak

$$\%m = \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} \times 100$$



Formülde ***e_{max}*** modüleli sinyalin tepeden tepeye maksimum genliğini, ***e_{min}*** modüleli sinyalin tepeden tepeye minimum genliğini ifade eder. Modülasyon yüzdesinin ölçümü osilaskop kullanılarak kolayca yapılır.

Görsel 5.5'te modüleli sinyalin maksimum ve minimum noktaları görülmektedir.

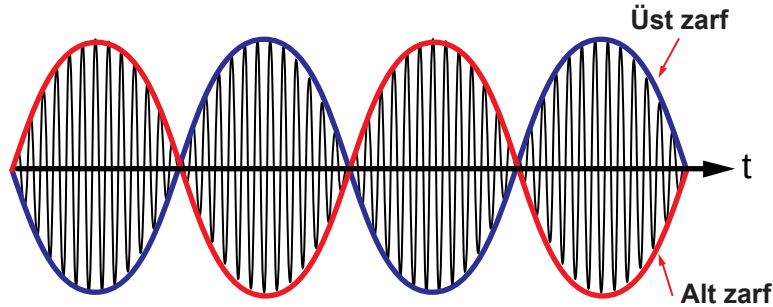


Görsel 5.5: Modüleli sinyalin maksimum ve minimum noktaları

Modülasyon işlemi sonunda elde edilen sinyallerin içerisinde en büyük genlik, taşıyıcı sinyalidir. Taşıyıcı sinyal hiçbir bilgiye sahip değildir. Bu nedenle taşıyıcı sinyali göndermeden bilgi sinyali iletilir. Böylece az güç harcanır ve verim artar. Bu yöntem **çift yan bant (DSB Double Side Band) modülasyonu** denir. Çift yan bant modülasyonunda taşıyıcı bastırılarak yok edilir. Alt ve üst yan bantlar gönderilir.

Alt ve üst yan bantlar, frekansları dışında aynı özelliklere sahip olduğundan yan bantlardan birisi gönderilerek bilgi iletimi yapılabilir. Bu yöntem **tek yan bant (SSB Single Side Band) modülasyonu** denir. Tek yan bant modülasyonunda taşıyıcı sinyal ve yan bantlardan birisi bastırılarak yok edilir. Çift yan bant bastırılmış genlik modülasyonu devreler genellikle karışık ve fazla çevre elemanlıdır. Günümüzde haberleşmede kullanılmak üzere üretilmiş entegre devreler kullanılmaktadır.

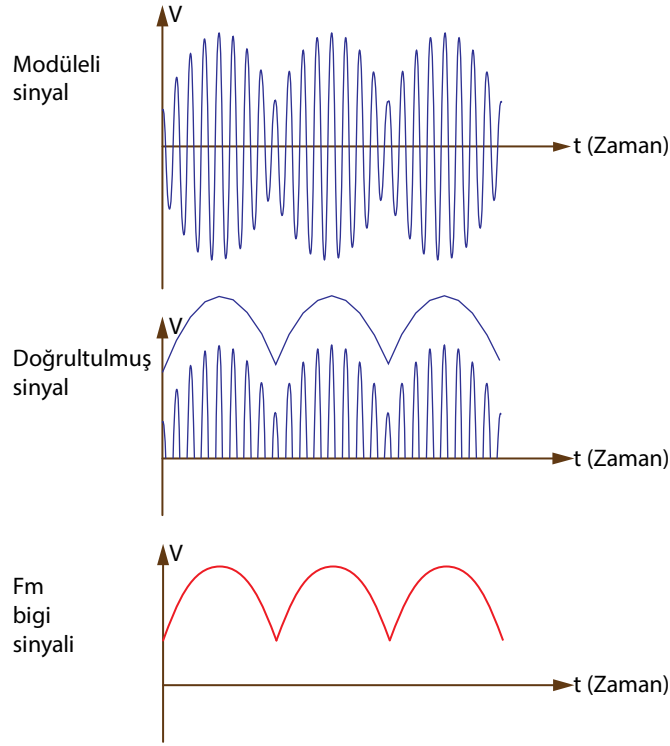
Taşıyıcı bastırılmış genlik modülasyonu DSB sinyal osilaskop incelenirse Görsel 5.6'daki gibi görülür.



Görsel 5.6 Taşıyıcı bastırılmış genlik modülasyonu sinyali

Genlik Demodülasyonu

Modüleli sinyal içinden bilgi sinyalinin ayrılması işlemine **demodülasyon** ya da **algılama** denir. Bu işlemin yapıldığı devrelere demodülatör ya da dedektör adı verilir. Genlik modülasyonunun demodülasyonu senkronlu ve senkronsuz sistemlerle yapılabilir. Senkronlu sistemde vericiden gelen sinyaller ile alıcıda demodülasyon işlemi eş zamanlı yapılır. Senkronlu sistemlere örnek çarpım dedektörü, anahtarlamalı dedektör, PLL dedektör (PLL Phase Locked Loop) gösterilebilir. Senkronsuz sistem en fazla kullanılan en az elemanlı sistemdir. Görsel 5.7'de modüleli sinyalin demodülasyon işleminden sonra bilgi sinyaline dönüşmesi görülmektedir.



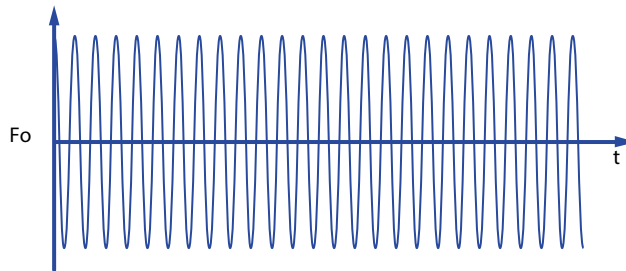
Görsel 5.7: Demodülatör osilaskop görüntüleri

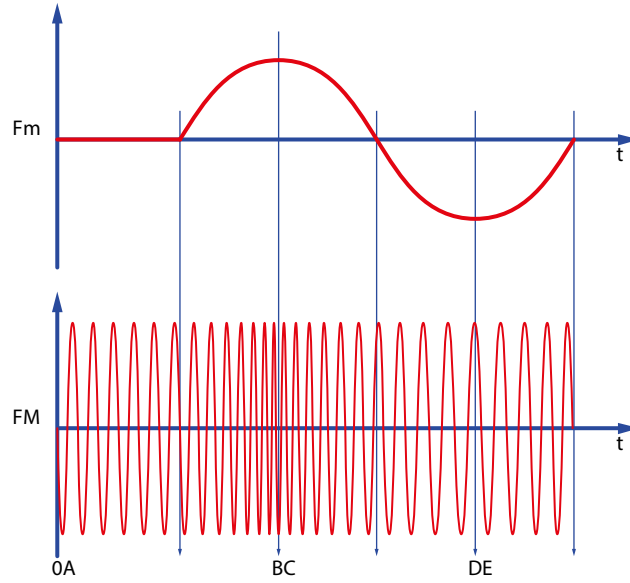
5.1.2. Frekans Modülasyonu ve Demodülasyonu

Taşıyıcı sinyalin genliğinin sabit kalarak frekansının bilgi sinyaline bağlı değiştirilmesi ile yapılan modülasyona **frekans modülasyonu (FM)** denir.

Frekans Modülasyonu

Bir frekans modülatöründeki sinyaller osilaskop ile incelendiğinde görsel 5.8'deki dalga şekilleri görülür. Taşıyıcı sinyal (F_c) genliği ve frekansı sabit sinüzoidaldir. Bilgi sinyali (F_m) genliği ve frekansı belli sınırlar içinde değişen sinüzoidal sinyaldir. Zaman ekseninde belli aralıklardaki frekans modülasyonlu sinyalin değişimini incelendiğinde **0-A** noktaları arasında bilgi sinyali yoktur. **A** noktasına kadar modüledi sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır. **A-B** noktaları arası bilgi sinyalinin pozitif alternansının yükselme zamanıdır. Modüledi sinyalin genliği sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. **B** noktası modüledi sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en fazla olduğu noktadır. **B-C** noktaları arası bilgi sinyalinin pozitif alternansının azalma zamanıdır. Modüledi sinyalin genliği sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmıştır. **C** noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüledi sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır. **C-D** noktaları arası bilgi sinyalinin negatif yönde yükselme zamanıdır. Modüledi sinyalin genliği yine sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmaktadır. **D** noktası modüledi sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en az olduğu noktadır. **D-E** noktaları arası bilgi sinyalinin negatif yönde azalma zamanıdır. Modüledi sinyalin genliği yine sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. **E** noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüledi sinyal taşıyıcı sinyalin aynısıdır.

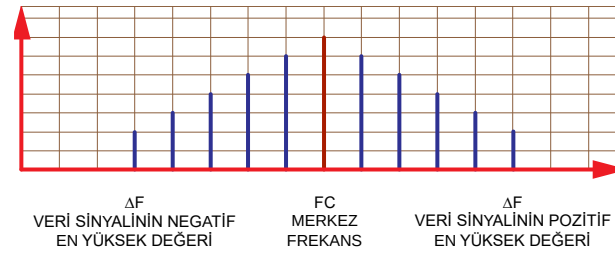




Görsel 5.8: Frekans modülasyonu sinyal şekilleri

Özet olarak taşıyıcı sinyalin genliği her zaman sabittir. Bilgi sinyalinin pozitif alternanslarında taşıyıcı sinyalin frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmıştır. Bu artma bilgi sinyalinin pozitif tepe değerinde en fazladır. Bilgi sinyalinin negatif alternansında taşıyıcı sinyalin frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmıştır. Bu azalma bilgi sinyalinin negatif tepe değerinde en fazladır.

Taşıyıcı sinyalin frekansına **merkez frekans** denir **FC** (Center frequency sentır frikwinsiy) ile gösterilir. Bilgi sinyalinin taşıyıcı frekansını değiştirmesine **frekans sapması** denir. Frekans sapması ΔF ile gösterilir. Frekans modülasyonlu sinyalin frekans spektrumu görsel 5.9'da görülmektedir.



Görsel 5.9: Frekans modülasyonu spektrumu

Müzik yayını yapan frekans modülasyonlu radyo vericilerinde (88 MHz-108 MHz) gerekli bant genişliği 100 kHz'dir. Frekans modülasyonu birçok yöntemle yapılır. Tüm yöntemlerin esas bir osilatör frekansının bilgi sinyali ile değiştirilmesidir. Frekans modülasyonu yöntemleri aşağıda görülmektedir.

- Kapasitif mikrofon yöntemi
- Varikap diyotlu yöntem
- Gerilim kontrollü osilatör (VCO) yöntemi

Kapasitif Mikrofon Yöntemi: Frekans modülasyonunun nasıl yapıldığını en kolay anlatan yöntemdir. Kapasitif mikrofonun özelliği, çıkış uçlarında kondansatör niteliğinde olması ve bu kondansatörün mikrofona gelen ses dalgalarına göre kapasitesini değiştirmesidir.

Varikap Diyotlu Yöntem: Varikap diyotlar yüzey birleşmeli silisyum diyotlardır. Varikap diyotların özelliği ters polarıma altında çalışmaları ve uçlarında kondansatör niteliğinde olmasıdır. Varikap diyotların gösterdikleri kapasite, uçlarına uygulanan gerilim ile ters orantılıdır.

Gerilim Kontrollü Osilatör (Vco) Yöntemi: Gerilim kontrollü osilatörler günümüzde en çok kullanılan osilatörlerdir. Bunun nedeni montajlarının kolay, çevre elemanlarının az kondansatör niteliğinde olmasıdır. Çıkış sinyalleri aynı anda kare, üçgen ve sinüs olan gerilim kontrollü osilatörler vardır. Osilatör sinyalinin frekansı VCO girişindeki gerilim değeri ile değişir. Girişindeki gerilim değeri artırılırsa çıkış sinyalinin frekansı artar. Girişindeki gerilim değeri azaltılırsa çıkış sinyalinin frekansı da azalır.



Frekans Demodülasyonu

Frekans demodülatörleri girişteki işaretin frekans değişimini lineer (doğrusal) gerilim değişimine çeviren devrelerdir. Frekans demodülasyonu için iki yöntem kullanılır.

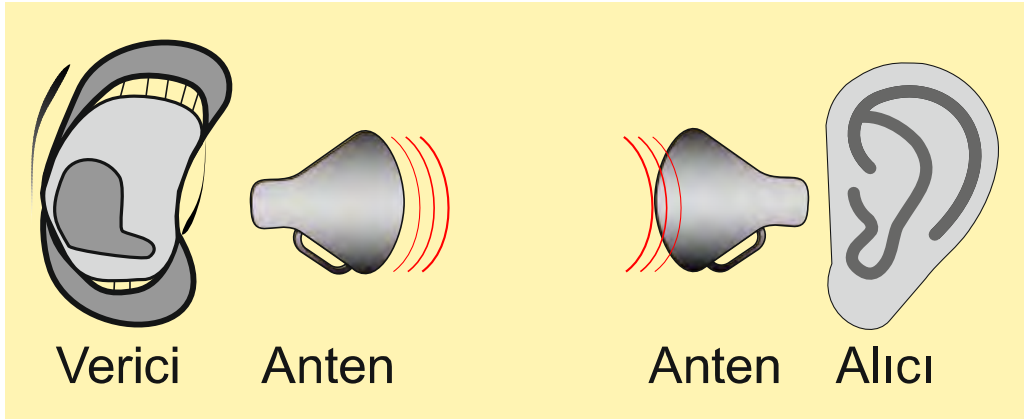
- Diskriminatörlü yöntem
- Faz kilitlemeli çevrim yöntemidir.

Diskriminatörlü Yöntem: Frekans modülasyonlu işaretin genlik modülasyonlu işarete çevrilip, di-yotlu ya da transistorlu genlik modülatöründen geçirilerek tekrar bilgi sinyalinin elde edildiği devrelerdir.

Faz Kilitlemeli Çevrim Yöntemi (PLL=Phase Locked Loop): Faz kilitlemeli çevrim devresi esas olarak bir geri besleme devresidir. Geri besleme devreleri çıkış işaretinin bir kısmının tekrar girişe uygulanarak sistemin çalışmasını devamlı kontrol eden devrelerdir.

5.2. VERİCİ DEVRELERİ

Görsel 5.10'da görüldüğü gibi bu iki bileşeni verici ve alıcı oluşturmaktadır. Analog haberleşme sistemleri genellikle GM ve FM olarak iki grup altında incelenir.



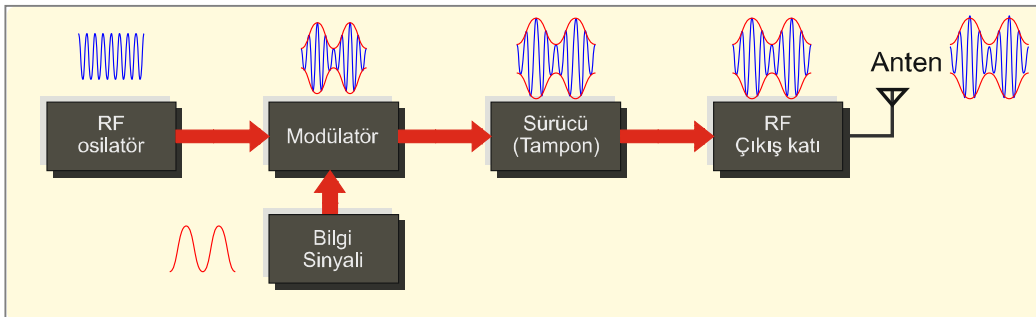
Görsel 5.10: Temel RF haberleşme temsili bileşenleri

5.2.1. GM Vericiler

Genlik modülasyonlu bir verici en az aşağıdaki katlardan oluşur.

- RF osilatör
- Taşınacak bilgi sinyali
- Modülatör
- Sürücü
- RF çıkış katı
- Anten

Görsel 5.11'de genlik modülasyonlu bir vericinin blok diyagramı görülmektedir.



Görsel 5.11: GM vericinin blok diyagramı

RF (Radyo Frekans) Osilatör

GM vericilerinde RF osilatör devresi taşıyıcı sinyalin oluşturulması için kullanılır. Osilatör frekansının sabit ve kararlı olması için genellikle kristalli osilatör kullanılır. Osilatör frekansı yüksek frekanslı sinyaldir.

Taşıyacak Bilgi Sinyali

Taşıyacak bilgi ses, görüntü, data gibi büyüklüklerin elektriksel büyüklüğe çevrilmiş alçak frekanslı sinyallerden oluşur. Bu sinyal alçak frekans yükselteci kullanılarak istenen seviyeye getirilir.

Modülatör

Taşıyacak bilgi sinyalini RF osilatörde üretilen taşıyıcı sinyale modüle eden kata **modülatör katı** denir.

Sürücü (Tampon)

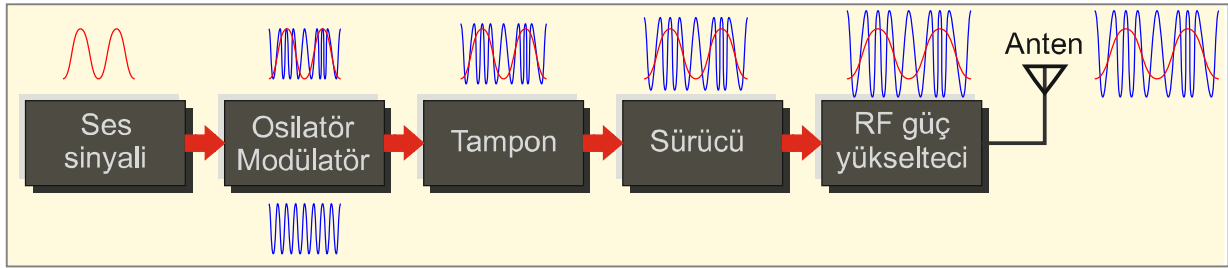
Sürücü katı, modülatör ile çıkış katını birbirinden yalıtıp empedans uygunlaştırmak için kullanılır.

RF çıkış katı

Tampon katından gelen modüleli sinyallerin yeterli seviyede yükseltilip antene verildiği kattır.

5.2.2. FM Vericiler

Görsel 5.12'de stereo FM vericinin blok diyagramı görülmektedir.

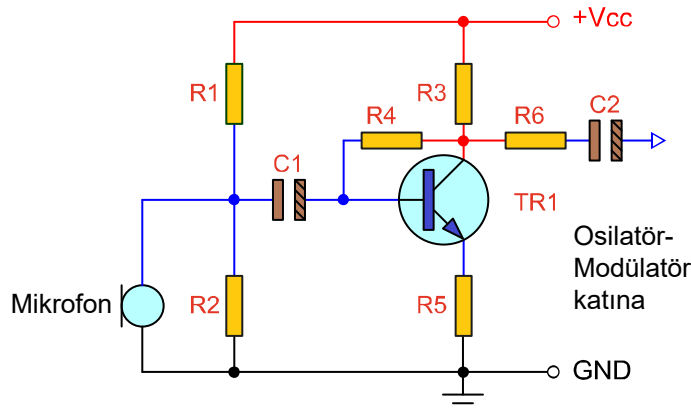


Görsel 5.12: Stereo FM vericinin blok diyagramı

Ses Frekans Yükselteci

Görsel 5.13'te bir FM vericinin ses frekans devresi yer almaktadır. Mikrofonu uygulanan ses dalgaları mikrofon tarafından elektriksel ses frekans sinyallerine dönüştürülür. R2 direnci mikrofon polarmasını sağlar. R1, R3, R4, R5 dirençleri transistörün polarma gerilimlerini sağlar. Burada transistör A sınıfı çalışmaktadır. C1 kondansatörü mikrofon çıkışından elde edilen elektriksel ses frekans sinyallerini yükseltmek üzere TR1 transistörünün beyzine kuplaj eder. C2 kondansatörü ise TR1 transistörünün kollektöründeki yükseltilmiş olan elektriksel ses frekans sinyalini bir sonraki kat olan osilatör devresine aktarır. R6 direnci çıkış empedansını yükseltmek amacı ile kullanılır.

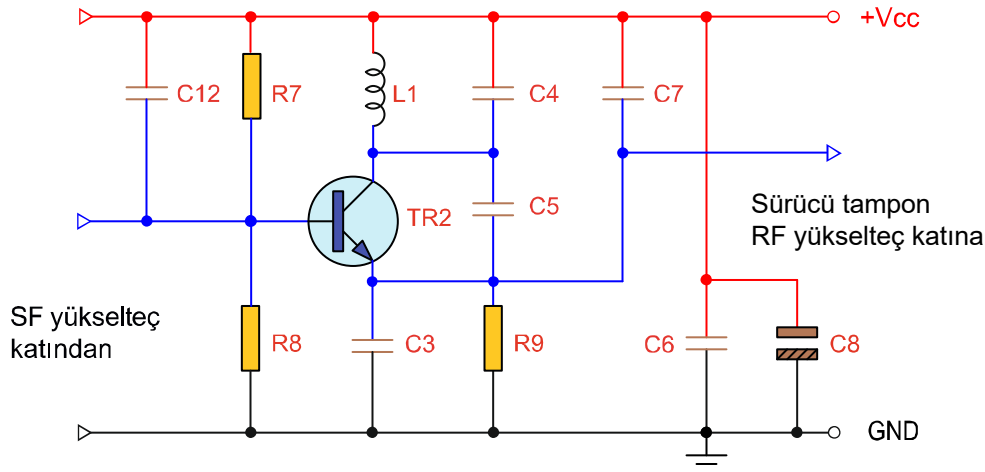
Böylelikle mikrofondan elde edilen küçük ses sinyalleri yükseltilerek çıkışa aktarılmış olur.



Görsel 5.13: FM radyo vericisi ses frekans yükselteci devre şeması

Osilatör ve Modülatör

FM vericide kullanılan osilatör ve modülatör devresi görsel 5.14’de verilmiştir. Burada voltaj kontrol-
lü osilatör (VCO) aynı zamanda modülatör olarak çalışmaktadır. Ses frekans yükseltecinden gelen sinyal-
lere bağlı olarak osilatörün frekansı değişmektedir. Değişim ses sinyalinin genliğine bağlı frekans değişimi
olduğu için frekans modülasyonu sağlanmış olur. Devrede R7, R8, R9 dirençleri transistörün polarma geri-
limini oluşturmak için kullanılır. C4, C5, C7 kondansatörleri ve L1 bobini osilatörün frekansını belirler. C12,
C6, C8 kondansatörleri besleme gerilimindeki gürültüyü dekuplaj etmekte kullanılır.



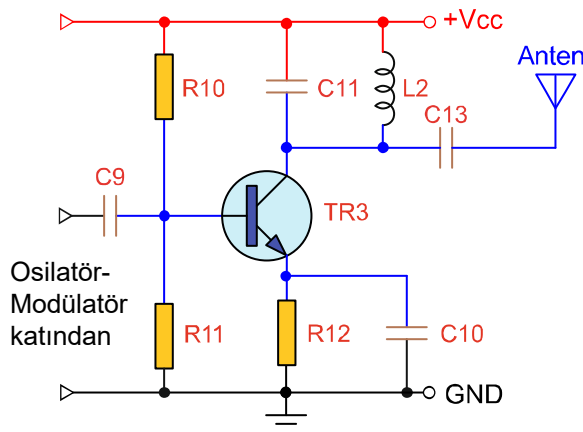
Görsel 5.14: Osilatör ve modülatör devresi

Tampon, Sürücü ve RF Yükselteci

Tampon devresi, osilatörün çıkış devresi tarafından yüklenmesine engel olmak için kullanılır. Genel olarak giriş empedansı yüksek, çıkış empedansı küçük devrelerdir.

Sürücü devresi tampon katından aldığı küçük genlikli sinyali yükselterek çıkış katına ileten (süren) gerilim amplifikatörüdür. Vericinin türüne göre pasif devre elemanları da sürücü ve tampon olarak kullanılabilir.

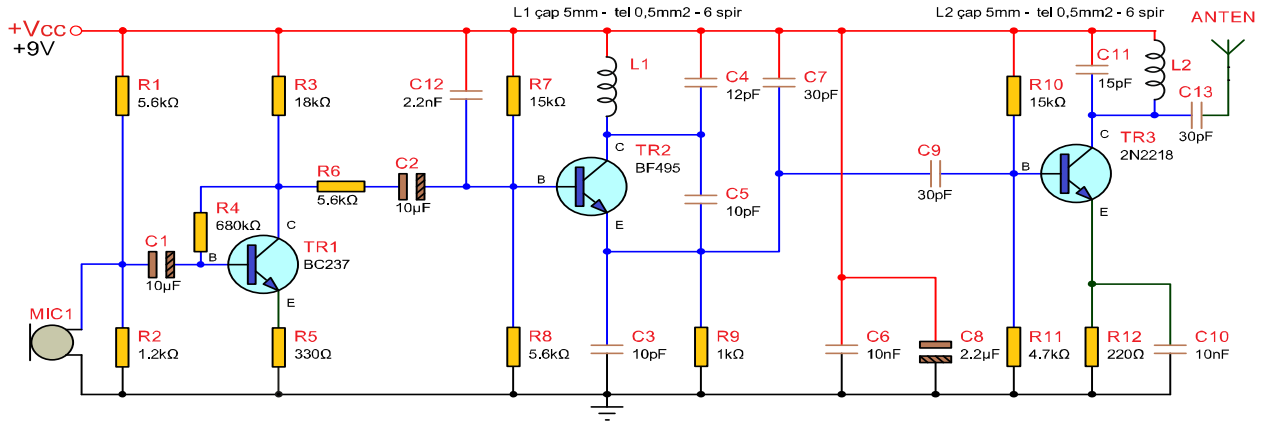
Görsel 5.15'teki devrede tampon, sürücü ve RF yükselteç bir arada kullanılmıştır. C9 kondansatörü kuplaj amaçlı tampon olarak çalışmaktadır. R10, R11, R12 dirençleri TR3 transistörünün polarma gerilimlerini sağlamaktadır. C10 kondansatörü emiteri dekuiple ederek AC sinyalin şaseye aktarılmasını sağlamaktadır. C11, C13 ve L2 tank devresi olarak kullanılmakta ve gücün antene uygun empedansta aktarılmasını sağlamaktadır.



Görsel 5.15: Tampon sürücü ve RF yükselteç katı

AMAÇ: FM verici devresi yapmak.

Görsel 5.16'daki FM vericisi düşük güçlü bir vericidir. Sesi iletmek için FM dalgalarını kullanır. Mikrofondan gelen sinyaller TR1 transistörü ile yükseltilmektedir. TR2 osilatör ve modülatör görevi yapmaktadır. C4, C5, C7 kondansatörleri ve L1 bobini osilatörün frekansını belirler. Ses frekans yükselticiden gelen sinyallere bağlı olarak osilatörün frekansı değişir. Ses sinyalinin genliğine göre frekans değiştiğinden frekans modülasyonu sağlanmış olur. FM vericileri, 88 Mhz- 108MHz arasında VHF bandı üretir. C11 ve L2'den oluşan tank devresi RF katı olarak görev yapar. Ayarlı bir eleman olmadığından modüledi sinyal antenden sabit bir frekansta elektromanyetik dalga olarak yayılır. L2 bobininin fiziksel özelliklerindeki herhangi bir değişim verici frekansını değiştirir.



Görsel 5.16: FM verici devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Transistör	1x BC 237, 1x BF495, 1x 2 N 2218
Direnç	1x 220 Ω, 1x 330 Ω, 1x 1 kΩ, 1x 1,2 kΩ, 1x 4,7 kΩ, 3x 5,6 kΩ, 1x 10 kΩ, 2x 15 kΩ, 1x 18 kΩ, 1x 33 kΩ
Kondansatör	2x 10 pF/16 V, 1x 12 pF/16 V, 1x 15 pF/16 V, 3x 33 pF/16 V, 1x 2,2 nF/16 V, 2x 10 nF/16 V, 2x 2,2 μF/16 V, 2x 10 μF/16 V
Bobin	2x Çap 5mm, Tel, 0,5 mm2, 6 Spir
Mikrofon	1x Kapasitif
Anten	1xTeleskopik

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 5.16'daki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Bir FM alıcıyla yayın yaptığınız kanalı bulup test ediniz.

SORULAR

1. FM verici hangi frekansta çalışmaktadır? Yazınız.
2. Bobin sarım sayısı artarsa verici frekansı nasıl değişir? Belirtiniz.

5.3. ALICI DEVRELERİ

Modülasyon şekline göre alıcılar genlik modülasyonlu ve frekans modülasyonlu olmak üzere ikiye ayrılırlar.

5.3.1. Genlik Modülasyonlu (GM) Alıcılar

Genlik modülasyonlu radyo haberleşmesi dünya standardı olarak üç frekans bandında yapılır. Bunlar uzun dalga, orta dalga ve kısa dalga bantlarıdır. Bantların frekans aralıkları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Genlik Modülasyonlu Alıcıların Frekans Aralıkları

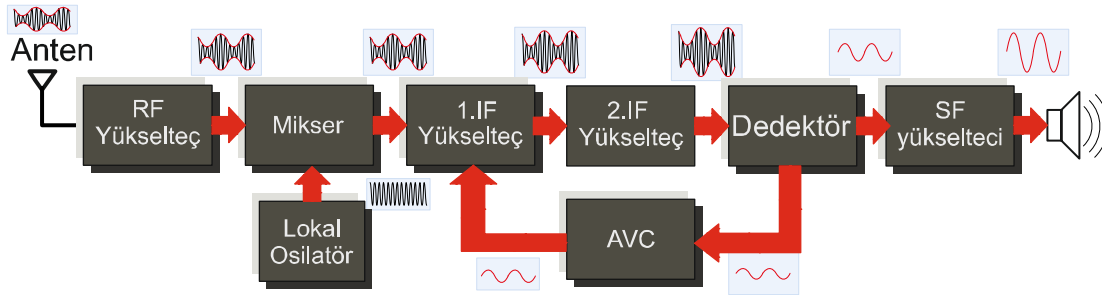
LF (Low frequency)	Uzun dalga frekans bandı	150 kHz-350 kHz
MF (Medium frequency)	Orta dalga frekans bandı	535 kHz-1605 kHz
HF (High frequency)	Kısa dalga frekans bandı	6 MHz-18 MHz

Bu üç dalganın radyo vericisi anteninden yayıldıktan sonra ulaşabildiği mesafeler birbirinden farklıdır. Uzun dalga modüli sinyalleri yer küresine paralel yol alır ve uzak mesafelerden dinlenebilir. Orta dalga modüli sinyalleri doğru bir çizgi gibi yol alır ve orta mesafelerden dinlenebilir. Kısa dalga modüli sinyalleri atmosferdeki iyonosfer tabakası ile yer yüzeyi arasında zikzaklar çizerek ilerler. Yer yüzeyine çarptığı noktalarda iyi dinlenir, arada kalan noktalarda dinlenemez.

Bazı hâllerde radyo vericisine yakın olan bölgede dinlenemezken daha uzak mesafedeki bölgede dinlenebilir. Orta ve kısa dalgada yapılan radyo yayınlarının dinlenme mesafesi iklim şartlarıyla değişir. Atmosferdeki iyonosfer tabakası ısı ile genişler ve yer yüzeyine yaklaşır ya da uzaklaşır. Bu durum dengesiz haberleşmeye neden olur. Geceleri ısı düşünce orta ve kısa dalgada yayın yapan radyo vericilerinin yayınları daha uzak mesafelerden dinlenebilir.

Süperheterodin Radyo Alıcıları

Radyo frekansta kullanılan tüm elemanlar istenmeyen kapasiteler oluşturur. Bu kapasitelere **kaçak** ya da **parazit kapasite** denir. Kaçak kapasitelerin devrenin çalışmasına etkisi frekans değiştiğinde farklılaşır. Bu nedenle radyo bandının her noktasında lineer yükseltme sağlamak çok zordur. Herhangi bir dalga boyunca seçicilik ve kazancın aynı düzeyde olduğu alıcılara **süperheterodin alıcılar** denir. Süper **üstün**, heterodin ise **iki ayrı frekansın karışımı** demektir. Görsel 5.17'de süperheterodin alıcının blok diyagramı görülmektedir.



Görsel 5.17: Süperheterodin alıcının blok diyagramı

RF Yükselteç

Antenden gelen, verici tarafından gönderilmiş düşük genlikli sinyali yükselten kattır. Aynı zamanda istasyon ayarı da bu katta yapılır.

Mikser (Frekans Değiştirici)

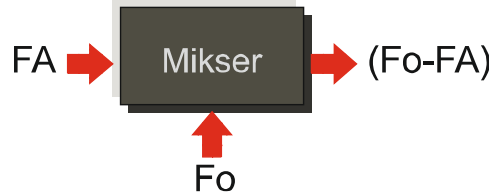
Süperheterodin alıcıların üstünlüğü, herhangi bir radyo dalgasının tamamında seçicilik ve kazancın aynı değerde olmasıdır. Bu işlem heterodin olayı sonucu ara frekansın oluşmasıyla sağlanır. Mikser katına, RF yükselteci çıkışı ile alıcının kendi içindeki lokal osilatörün ürettiği sinyal aynı anda uygulanır.



Bu sinyaller FA (anten sinyali frekansı), Fo (osilatör sinyali frekansı) olarak adlandırılır. FA ve Fo sinyallerinin karıştırılması sonucu dört değişik frekanslı sinyal elde edilir.

- FA = (Anten sinyali)
- Fo = (Osilatör sinyali)
- Fo+FA = (Toplam sinyal)
- Fo-FA = (Fark sinyali)

Bir sonraki katta elde edilen bu sinyallerden fark sinyali kullanılır. Fo, FA'dan büyük ise buna **üstten karıştırma** denir. Görsel 5.18'de blok şeması gösterilen süperheterodin alıcılarda bu sistem kullanılır. (Fo-FA) fark sinyaline ara frekans (IF) adı verilir. Bu sinyal hangi dalgada olursa olsun fark olarak belirli değerde sabittir. En fazla kullanılanı 455 kHz'dir.



Görsel 5.18: Mikser katı blok şeması

Lokal (Yerel) Osilatör

Mikser katından elde edilen fark sinyalin oluşabilmesi için gerekli frekanstaki sinyali üreten kattır.

Ara Frekans (IF) Yükselteci

Mikser katında elde edilen 455 kHz'lik modüleli sinyalin genliği 15 mikrovolt kadardır. Genliği çok küçük olan bu sinyal ara frekans katında yükseltilir. Bir radyo alıcısında en yüksek kazanç ara frekans katında elde edilir. Ara frekans katı aynı zamanda mikserden gelen 455 kHz'lik modüleli sinyalin frekans sapmalarını da yok eder.

Otomatik Volüm Kontrol Devreleri (Avc)

Ara frekans katına gelen değişik seviyedeki giriş sinyalleri ara frekans katının kazancını devamlı değiştirir. Özellikle aşırı giriş sinyallerinde kazancın yüksek olması büyük parazitlere neden olur. Bu istenmeyen durum negatif geri besleme devreleriyle ortadan kaldırılır.

Dedektör Katı

Modüleli radyo frekans dalgasında taşıyıcı dalga ve bilgi sinyali birlikte bulunur. Dedektör katı bilgi sinyalini taşıyıcı dalgadan ayırma işlemini yapar. Bu işleme, modülasyonun tam ters işlemi olduğundan **demodülasyon** denir.

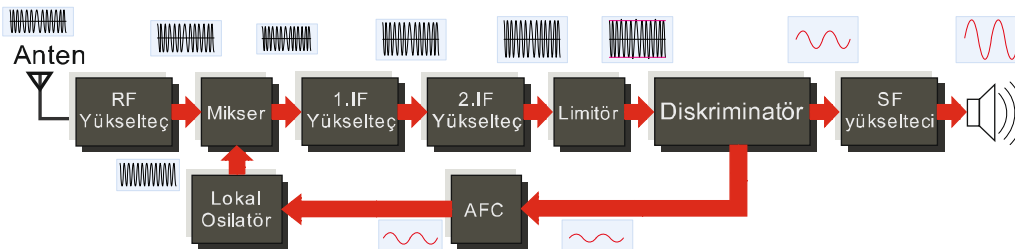
Ses Frekans Yükselteci

Genlik modülasyonlu süperheterodin radyo alıcılarının dedektör katında elde edilen ses frekanslı işaret, ses frekans katında yeteri kadar yükseltilerek hoparlöre iletilir.

5.3.2. Frekans Modülasyonlu (FM) Alıcılar

Frekans modülasyonlu radyo alıcıları en çok kullanılan alıcılardır. Frekans modülasyonunda taşıyıcı sinyalin genliği sabit kalıp frekansı ise bilgi sinyalinin genliğine göre değişmektedir.

Görsel 5.19'da FM radyo alıcısının blok diyagramı görülmektedir.



Görsel 5.19'da FM radyo alıcısının blok diyagramı

Anten

Radyo vericileri, radyo sinyallerini elektromanyetik dalgalar hâlinde uzaya yayar. Anten FM sinyallerini algılayarak çok küçük genlikte elektrik sinyaline çevirir. Bu sinyaller farklı frekanslarda olduklarından birbirlerini etkilemez. Çalışma frekanslarına göre antenin şekli ve boyutları değişir.

Radyo Frekans Yükselteci

Anten üzerinde oluşan radyo sinyali bu kat tarafından seçilir. Seçilen bu sinyal çok küçük genlikte olduğundan heterodin işlemi için yeterli değildir. Bu nedenle sinyal işlenebilmesi için bu katta yükseltilir. Bu işlem sonunda sinyalin diğer özellikleri değişmez, frekansı yine aynıdır.

Mikser ve Osilatör

Mikserde RF yükselteci katından gelen FM sinyalle lokal osilatörden gelen sinyalin karıştırılması gerçekleşir. Karıştırma işleminin yapılabilmesi için F_o sinyalinin frekansı dinlenmek istenen yayının frekansından IF değeri kadar (10,7 MHz) fazla olmalıdır.

Karıştırma işlemi sonucunda mikser çıkışında anten sinyali özelliğini taşıyan 10,7 MHz'lik ara frekans sinyali oluşur.

Ara Frekans (IF) Yükselteci

İki ya da daha fazla kattan oluşur. Mikser katı çıkışındaki 10,7 MHz'lik ara frekans sinyalini seçerek akım ve gerilim değerlerini yükseltir.

Limitör

Alıcıda kullanılan yükselteçlerin frekans karakteristiklerinin ideal olmaması, elektrikli aletler, araba motorları ve gök gürültüsü gibi gürültü kaynakları FM dalga üzerinde genlik değişimlerine yol açabilir. FM dalga bu hâliyle demodüle edilirse ses frekans sinyalinde bozulmalar meydana gelir. Bu nedenle FM dalga demodüle edilmeden önce limitleme işlemine tabi tutulur. Limitleme işleminde FM sinyalin tepe noktaları belli bir seviyeden kırılır. Böylece FM dalgadaki genlik değişimleri ve çıkışta oluşabilecek parazitler engellenmiş olur.

Diskriminatör

10,7 MHz'lik frekans modüleli dalganın frekans değişimlerini ses frekansına çevirir. Bir başka deyişle taşıyıcı sinyal ile bilgi sinyali bu katta birbirinden ayırır ve taşıyıcı sinyal zayıflatırken bilgi sinyali ses frekans yükseltecine gönderilir.

AFC (Otomatik Frekans Kontrolü)

Alıcıya ulaşan istasyon sinyallerinin genlikleri farklı düzeydedir. Alıcı içindeki yükselteçlerin kazançları sabit olduğundan ses ayarı değiştirilmediği hâlde istasyon değiştirildikçe alıcı çıkışında birbirinden çok farklı ses seviyeleri oluşur. Bu istenmeyen bir durumdur. Bunun önüne geçebilmek için diskriminatör çıkışından osilatöre geri besleme uygulanır. Osilatör tank devresine varikap diyot bağlanır. Diskriminatör çıkışında taşıyıcı genliğine bağlı olarak elde edilen DC gerilim varikap uçlarına uygulanır. Eğer antenden alınan sinyal kuvvetliyse diskriminatör çıkışından elde edilen DC gerilim artacak, bu da varikap diodun kapasitesini dolayısıyla osilatör frekansını değiştirecektir. Bu durum IF frekansının 10,7 MHz değerinden uzaklaşmasına neden olur. IF yükselteçleri 10,7 MHz değerine ayarlı olduklarından bu değerden farklı frekanslarda kazançları düşer. Kazancın düşmesi çıkışta ses seviyesinin düşmesine neden olur. Bu işlem sayesinde çıkışta oluşan sesin seviyesi her istasyon için tamamen aynı olmasa da yakın değerlerde olacaktır.

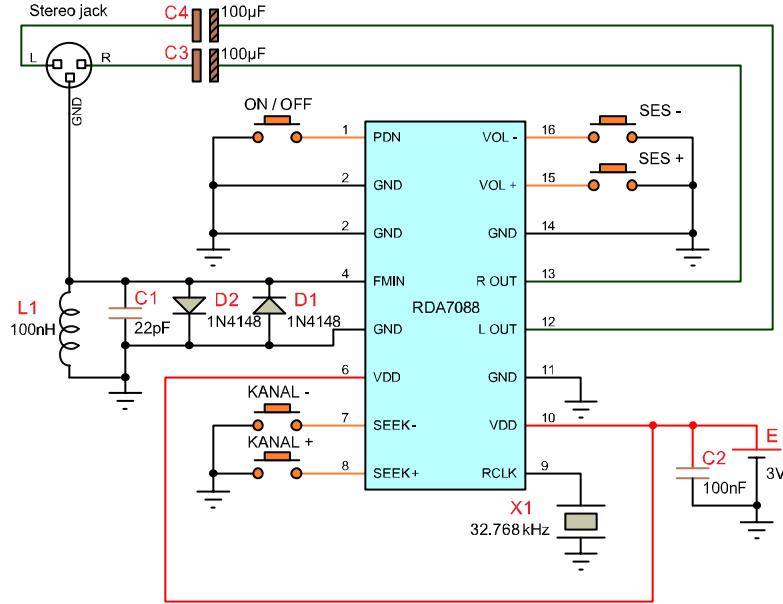
Ses Frekans Yükselteci

Demodülasyon işleminden sonra elde edilen ses frekans sinyalinin genliği hoparlörü sürebilecek seviyede değildir. Bu nedenle diskriminatör katından alınan ses frekans sinyali ses frekans yükseltecine uygulanır. Ses frekans yükselteci, ses frekans sinyalinin akım ve gerilim değerlerini yükselterek hoparlöre gerekli olan enerjiyi sağlar.



AMAÇ: FM alıcı devresini yapmak.

Görseldeki RDA7088 entegresi; SMD yapıya sahip, stereo çıkışlı FM radyo alıcısıdır. Yüksek kalitede ses oluşturan dijital ses işlemcisi içermektedir. Entegre çok az harici bağlantıya ihtiyaç duymaktadır. Açma ve kapama, ses artırma ve azaltma, istasyon arama işlemleri butonlarla yapılmaktadır. Çıkışında 32 Ω stereo kulaklıkla kullanılır.



Görsel 5.20: FM alıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Entegre	1x RDA 7088
Kondansatör	1x 22 pF/16 V, 1x 100 nF/16 V, 2x 100 μ F/16 V
Bobin	1x 100 nH
Diyot	2x 1 N 4148
Kristal	1x 32,768 kHz
Buton	5x Push buton (NO)
Jack Yuvası	1x Stereo

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 5.20'deki devreyi kurunuz.
2. Kulaklığı stereo jack yuvasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Butonları kullanarak FM alıcının çalışmasını gözlemleyiniz.

SORU

1. FM radyo alıcılarının çalışma frekans aralığı nedir? Belirtiniz.



6. ÖĞRENME BİRİMİ

DİJİTAL ELEKTRONİK UYGULAMALARI

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ ?

TEMEL MANTIK DEVRELERİ

BİRLEŞİK MANTIK DEVRELERİ

ARİTMETİK MANTIK DEVRELERİ

ARDIŞIK MANTIK DEVRELERİ

SAYICI VE KAYDEDİCİ DEVRELERİ

ADC-DAC DEVRELERİ

DİJİTAL ELEKTRONİK UYGULAMALARI

1950'li yıllarda analog elektronik, 1970'li yıllarda ise dijital elektronik yaygınlaşmaya başlamıştır. Dijital elektronik uygulamalar sahasında (alanında) yeni keşifler, entegre cihaz teknolojisinin daha da gelişmesini sağlamıştır.

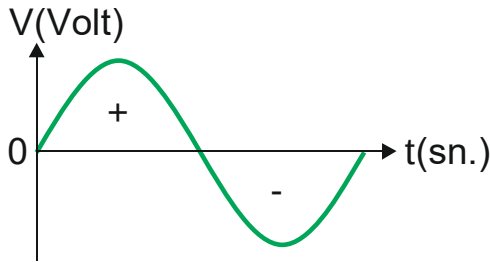
Dijital devrelerin kararlı çalışması, az yer kaplaması, az güç harcaması, kompleks devrelerin tasarımını kolaylaştırması gibi nedenler dijital elektroniğin hızlı bir yol kat etmesini sağlamıştır. Dijital devreler, günümüzde kullanılan bütün elektronik cihazların hatta günümüzün vazgeçilmezleri hâline gelen mikroişlemcilerin, mikrodenetleyicilerin, gömülü sistemlerin, yapay zekâ gibi gelişmelerin temelini oluşturmuştur.

Lojik (Mantık): Öne sürülen düşüncelere göre karar vermeye **lojik** denir.

Analog Sinyal: Maksimum ve minimum seviyeler arasında farklı değerler alabilen kesintisiz, sürekli bir sinyaldir. Belli bir zaman dilimindeki örnekleme sayısı sınırsızdır.

Görsel 6.1.a'da analog sinyal şekli görülmektedir.

Dijital (Sayısal) Sinyal: Yalnızca iki değer alabilen (var-yok, kapalı-açık, evet-hayır low-high vb.) sinyallerdir. Lojik 1 ve lojik 0 değerleri vardır. Lojik 0, 0 V veya GND'yi ifade ederken lojik 1 +5 V'u ifade eder. Sayısal sinyaller sürekli bir sinyal değildir, belli bir zaman dilimindeki sayısı sınırlıdır. Görsel 6.1.b'de dijital sinyal şekli görülmektedir.



Görsel 6.1.a: Analog sinyal



Görsel 6.1.b: Dijital sinyal

6.1. TEMEL MANTIK DEVRELERİ

Temel mantık devreleri, sayı sistemlerini ve mantıksal kapıları içerir.

6.1.1. Sayı Sistemleri

Dijital elektronik devreleri ile tasarım ve üretim yapılması veya yapılanın anlaşılması için temel matematik kuralları ve sayı sistemlerinin bilinmesi gerekir. Yaşamda onluk (desimal-decimal) sayı sistemi, dijital elektronikte ise ikilik (baynri-binary) ve onaltılık (heksedesimal-hexadecimal) sayı sistemleri kullanılır.

6.1.1.1. Onluk (Desimal, 10 Tabanlı) Sayı Sistemi

Günlük hayatta kullanılan sayı sistemine **onluk sayı sistemi** denir.

Onluk sayı sisteminde **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 olmak üzere toplam 10 tane rakam** kullanılır. Kullanılan rakamlardan en küçüğü 0'dır. En büyüğü ise taban sayının 1 eksiği olan 9 rakamıdır.

On tabanlı sayıların basamak değerleri aşağıdaki gibi gösterilir.



Örnek: $(254)_{10}$ sayısını 10'luk tabanda göstererek bulunuz.

Çözüm: $(254)_{10} = 2 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0$
 $= 2 \cdot (100) + 5 \cdot (10) + 4 \cdot (1)$
 $= 200 + 50 + 4$





Örnek: $(2103)_{10}$ sayısını onluk tabanda göstererek bulunuz.

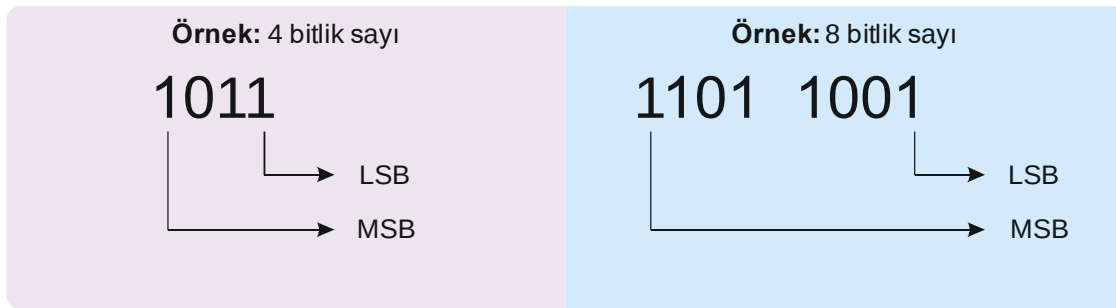
Çözüm: $(2103)_{10} = 2 \cdot (10^3) + 1 \cdot (10^2) + 0 \cdot (10^1) + 3 \cdot (10^0)$
 $= 2 \cdot (1000) + 1 \cdot (100) + 0 \cdot (10) + 3 \cdot (1)$
 $= 2000 + 100 + 0 + 3$

Onluk sayı sisteminde dört işlem (toplama, çıkarma, çarpma ve bölme) hayatta kullanıldığı gibi yapılır.

6.1.1.2. İkilik (Binary, 2 Tabanlı) Sayı Sistemi

İkilik sayı sistemi dijital elektronikte en çok kullanılan sayı sistemidir ve dijital elektronğin temelidir. İkilik sayı sistemi 0 ve 1 rakamlarının kullanıldığı sistemdir. Bu sayı sisteminde iki rakam olduğu için taban 2'dir.

İkilik sayılar yazılırken en sağdaki basamağa en düşük değerlikli bit (Least Significant Bit-LSB- list-sgnfknt bt-LSB) en soldaki basamağa en yüksek değerlikli bit (Most Significant Bit--most sgnfknt bt MSB) adı verilir.



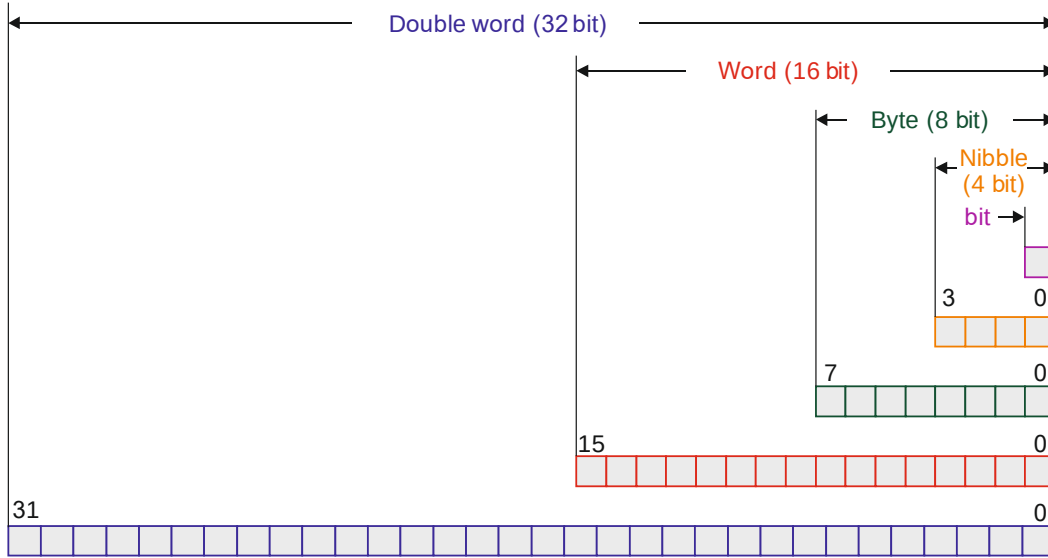
Dört bitlik ikilik sayıda bit ağırlıkları Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1: Dört Bitlik İkili Sayının Bit Ağırlıkları

	4. Basamak	3. Basamak	2. Basamak	1. Basamak
Üst değeri	2^3	2^2	2^1	2^0
Ağırlık	8	4	2	1

İkilik sayı sistemindeki her bir rakama (0 veya 1) **bit** denir. Bit, veri saklamanın en küçük birimidir. 8 bitin yan yana gelmesiyle oluşan veri tipine **byte (bayt)** denir. 4 bitin yan yana gelmesiyle oluşan veri tipine veya 1/2 byte'a **nibble (nibıl)** denir. 16 bitin yan yana gelmesiyle oluşan veri tipine veya 2 byte bilgiye **word (vörd)** denir. 32 bitin yan yana gelmesiyle oluşan veri tipine veya 2 word bilgiye veya 4 byte bilgiye **double word (dabil vörd)** denir. Görsel 6.2'de dijital elektronikte kullanılan veri tipleri görülmektedir.





Görsel 6.2: Veri tipleri

Onluk Sayının İkili Sayı Sistemine Çevrilmesi

1. Yöntem: Onluk sayılar, ikilik sayıya çevrilirken 2'ye bölme yöntemi kullanılır. Çevrilmek istenen sayı, bölüm değeri 2'den küçük olana kadar 2'ye bölünür. 2'den küçük olan bölüm ile başlanarak sırayla **sondan başa doğru** kalanlar yazılır. Elde edilen 1 ve 0'larla oluşan sayı, onluk sayının ikilik karşılığıdır.

Örnek: $(6)_{10}$ sayısını ikilik sayıya çeviriniz.

Çözüm

Bölünen	Bölüm	Kalan	Yazılış yönü	Bit ağırlığı
6:2	3	0	↑	LSB
3:2	2	1		
1:2	0	1		MSB

$(6)_{10} = (110)_2$

Örnek: $(17)_{10}$ sayısını ikilik sayıya çeviriniz.

Çözüm

Bölünen	Bölüm	Kalan	Yazılış Yönü	Bit Ağırlığı
17:2	8	1	↑	LSB
8:2	4	0		
4:2	2	0		
2:2	1	0		
1:2	0	1		
				MSB

$(17)_{10} = (10001)_2$

2. Yöntem: Onluk sayı ikilik sayıya çevrilirken onluk sayı sola yazılır. Biraz boşluk bırakılarak sağdan sola doğru onluk sayıya en yakın ikili sayıya ulaşılan kadar 2'nin kuvveti olan sayılar yazılır. Daha sonra en yüksek basamak değerinden başlamak şartı ile 2'nin kuvvetlerini onluk sayı, kalan sıfır olana kadar bölme işlemi yapılır. Tabloda elde edilen sayılar onluk sayının ikilik sayı sistemindeki karşılığıdır.



ÖRNEK: $(7)_{10}$ onlu sayısını ikili sayı sistemine çeviriniz?

CEVAP: 7 sayısını ikili sayı sistemine çevirirken 2.yöntem kullanılacaktır.
işlem basamakları

7				

a) 7 onlu sayısı yazılır

7				1

b) İlk bit değeri en sağa eklenir
($2^0=1$)

7		4	2	1

c) Diğer bit değerleri sola doğru eklenir
($2^1=2$), ($2^2=4$)

7	8	4	2	1

d) 7 sayısını geçtiği için ($2^3=8$) yazmaya gerek yoktur

7		4	2	1
-4		1		
3				

7		4	2	1
-4		1	1	
3				
-2				
1				

7		4	2	1
-4		1	1	1
3				
-2				
1				
-1				
0				

İşlemin sonucu
 $(7)_2=(111)_2$

e) 7 sayısı 0 olana kadar bölme işlemi yapılır.

ÖRNEK: $(9)_{10}$ sayısını ikilik sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

9	8	4	2	1
-8	1	0	0	1
1				
-1				
0				

Sonuç: $(1001)_2$

ÖRNEK: $(18)_{10}$ sayısını ikilik sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

18	16	8	4	2	1
-16	1	0	0	1	0
2					
-2					
0					

Sonuç: $(10010)_2$

ÖRNEK: $(25)_{10}$ sayısını ikilik sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

25	16	8	4	2	1
-16	1	1	0	0	1
9					
-8					
1					

Sonuç: $(11001)_2$

ÖRNEK: $(47)_{10}$ sayısını ikilik sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

47	32	16	8	4	2	1
-32	1	0	1	1	1	1
15						
-8						
7						
-4						
3						
-2						
1						
-1						
0						

Sonuç: $(101111)_2$



İkilik Sayının Onluk Sayı Sistemine Çevrilmesi

1. Yöntem: İkilik sayıların onluk sayı sistemindeki değerini bulabilmek için basamaklar sağdan sola doğru 2'nin kuvveti ile ($2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4, \dots$) çarpılır. Çarpım sonucu bulunan değerler toplanarak ikilik sayının onluk karşılığı elde edilir.

İkilik Sayının Onluk Sayıya Çevrilmesi

ÖRNEK: $(100)_2$ sayısını onluk sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

$$\begin{array}{rcl}
 (100)_2 & & \\
 \begin{array}{l} \rightarrow 2^0 \\ \rightarrow 2^1 \\ \rightarrow 2^2 \end{array} & & \\
 & = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 & \\
 & = 1 \times 4 + 0 \times 2 + 0 \times 1 & \\
 & = 4 + 0 + 0 & \\
 & = 4 &
 \end{array}$$

ÖRNEK: $(1011)_2$ sayısını onluk sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

$$\begin{array}{rcl}
 (1011)_2 & & \\
 \begin{array}{l} \rightarrow 2^0 \\ \rightarrow 2^1 \\ \rightarrow 2^2 \\ \rightarrow 2^3 \end{array} & & \\
 & = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 & \\
 & = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 1 \times 1 & \\
 & = 8 + 0 + 2 + 1 & \\
 & = 11 &
 \end{array}$$

2. Yöntem: İkilik sayı sistemindeki sayı, onluk sayı sistemine çevrilirken öncelikle verilen ikilik sayı aralıklı olarak yazılır. Aşağıda verilen işlem basamakları takip edilir. Tablonun üstüne basamak ağırlıkları yazılır. Her bir sütun kendi içinde çarpılır. Çarpım sonuçları toplanarak onluk sayı elde edilir.

ÖRNEK: $(1001)_2$ sayısını onluk sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

1	0	0	1

İkili sayı tabloda
alta yazılır.

8	4	2	1
1	0	0	1

Basamak ağırlık
değeri üste yazılır.

8	4	2	1
1	0	0	1
×			
8+0+0+1			

Her sütun kendi
içinde çarpılır.

8	4	2	1
1	0	0	1
×			
8+0+0+1			

Sonuç = $(9)_{10}$

Çarpımların
sonucu toplanır.

ÖRNEK: $(1011)_2$ sayısını onluk sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

8	4	2	1
1	1	1	1
×			
8+1+2+1			

$(15)_{10}$

ÖRNEK: $(10101)_2$ sayısını onluk sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

16	8	4	2	1
1	0	1	0	1
×				
16+0+4+0+1				

$(21)_{10}$



ÖRNEK: $(101101)_2$ sayısını onluk sayıya çeviriniz.

ÇÖZÜM:

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline 3 & 2 & 1 & 6 & 8 & 4 & 2 & 1 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & \\ \hline \times & & & & & & & \\ \hline 32+0+8+4+0+1 & & & & & & & \\ \hline (45)_{10} & & & & & & & \\ \hline \end{array}$$

İkilik Sayı Sisteminde Toplama

İkilik sayıların toplamada geçerli kurallar,

$0+0=0$ $0+1=1$ $1+0=1$ $1+1=10$ / (C=1) şeklindedir.

Burada dikkat edilmesi gereken tek işlem, dördüncü işlemdir ($1+1=10$). İkilik sayı sisteminde 0 ve 1 dışında rakam kullanılmadığı için ($1+1=2$) yazılamaz. Toplamda çıkan 2 yerine soldaki basamağa 1 elde eklenir ve toplam olarak da 0 yazılır. Elde sözcüğü İngilizcede **carry (keri)** ile ifade edildiğinden lojik devre işlemlerinde ilk harfiyle (C) gösterilir.

Örnek	Sağlama	Örnek	Sağlama
$\begin{array}{r} (10)_2 \\ + (11)_2 \\ \hline (101)_2 \end{array}$	$\begin{array}{r} 2 \\ + 3 \\ \hline 5 \end{array}$	$\begin{array}{r} (1001)_2 \\ + (1101)_2 \\ \hline (10110)_2 \end{array}$	$\begin{array}{r} 9 \\ + 13 \\ \hline 22 \end{array}$
$\begin{array}{r} (111)_2 \\ + (11)_2 \\ \hline (1010)_2 \end{array}$	$\begin{array}{r} 7 \\ + 3 \\ \hline 10 \end{array}$	$\begin{array}{r} (10111)_2 \\ + (11110)_2 \\ \hline (110101)_2 \end{array}$	$\begin{array}{r} 23 \\ + 30 \\ \hline 53 \end{array}$

İkilik Sayı Sisteminde Çıkarma

İkilik sayıların çıkarmasında geçerli kurallar,

$0-0=0$ $1-0=1$ $1-1=0$ $0-1=1$ / (B=1) şeklindedir.

Çıkarma işleminde dikkat edilmesi gereken tek işlem, dördüncü işlemdir ($0-1=1$). 0'dan 1 çıkmaz. Bir önceki (soldaki) bittten borç alınır. Bu işlemin yapıldığı sütuna ikilik sayı sisteminin tabanı 2 olduğu için 2 olarak borç (**barrow-barrov-B**) aktarılır ve çıkarma işlemi yapılır.

NOT: Aynı onluk sayı sisteminde küçük sayıdan büyük sayı çıkartılırken bir önceki basamaktan 1 borç alınıp işlem yapılan basamağa 10 olarak aktarıldığı (tabanı 10 olduğu için) gibi işlem yapılır.



Örnek	Sağlama	Örnek	Sağlama
$\begin{array}{r} (101)_2 \\ - (11)_2 \\ \hline (010)_2 \end{array}$	$\begin{array}{r} 5 \\ - 3 \\ \hline 2 \end{array}$	$\begin{array}{r} (11010)_2 \\ - (111)_2 \\ \hline (10011)_2 \end{array}$	$\begin{array}{r} 26 \\ - 7 \\ \hline 19 \end{array}$

6.1.1.3. On altılık (Heksadesimal, 16 Tabanlı) Sayı Sistemi

Onaltılık sayı sistemi, onluk sayı ve alfabedeki harflerle ifade edilen sayı sistemidir. Onluk sayılardaki 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 sayılarını kullanır. 10,11,12,13,14,15 sayıları çift rakamlı olduğu için kullanılmaz. Bunların yerlerine alfabedeki A,B,C,D,E,F harfleri ile sembolize edilir.

Onaltılık sayı sistemi, 10 tane rakam ve 6 tane harf birleşiminden **0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F** oluştuğu için tabanı 16'dır.

Tablo 6.2: Onaltılı Sayıların, Onluk ve İkilik Sayı Karşılıkları

Onaltılık sayılar	İkilik sayılar	Onluk sayılar	Onaltılık sayılar	İkilik sayılar	Onluk sayılar
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	A	1010	10
3	0011	3	B	1011	11
4	0100	4	C	1100	12
5	0101	5	D	1101	13
6	0110	6	E	1110	14
7	0111	7	F	1111	15

İkilik Sayı Sisteminin Onaltılık Sayı Sistemine Çevrilmesi

16 sayısı 2'nin 4'üncü kuvveti olduğu için ikilik sayı dörder basamaktan oluşan gruplara ayrılır. Her dördü gruptaki ikilik sayı onluk sayı sistemine çevriliyormuş gibi işlem yapılır. Sonuç olarak onaltılık sayı sistemi karşılığı yazılır.

Gruplandırma işlemi, en sağdan başlanarak sola doğru yapılır. En sondaki grupta dördü oluşmuyorsa sola doğru sıfır eklenerek grup sayısı 4'e tamamlanır. Çünkü soldaki sıfırların sayı değerine etkisi yoktur. Gruptaki sayıların karşılıkları olan sayılar soldan sağa doğru yazılınca onaltılı sayı bulunmuş olur.



ÖRNEK: $(10011111010111)_2$ sayısını onaltılık sayı sistemine çeviriniz.

ÇÖZÜM: İkilik sayı sağdan sola doğru 4'er bitlik gruplara ayrılır. En sol grup 4 bite tamamlanmamışsa soluna 0 eklenerek 4 bite tamamlanır.

0	1	0	0
4			
4			

1	1	1	1
15			
F			

1	1	0	1
13			
D			

0	1	1	1
7			
7			

Sonuç= (4FD7)₁₆

ÖRNEK : $(1001101101011101)_2$ sayısını onaltılık sayı sistemine çeviriniz.

ÇÖZÜM:

1	0	0	1
9			
9			

1	0	1	1
11			
B			

0	1	0	1
5			
5			

1	1	0	1
13			
D			

Sonuç= (9B5D)₁₆

Onaltılık Sayı Sisteminin İkilik Sayı Sistemine Çevrilmesi

İkilik sayının onaltılık sayı sistemine çevrilmesi konusunda anlatılan işlemlerin tam tersi işlem yapılır. Verilen onaltılık sayının her basamağının karşılığı 4 basamaklı ikilik sayı şeklinde yazılır. 4 basamaklı gruplar bir araya getirilerek ikilik sayı bulunur.

ÖRNEK : $(3AB)_{16}$ sayısını ikilik sayı sistemine çeviriniz.

ÇÖZÜM: Verilen onaltılık sayının her basamağının karşılığı olan ikilik sayı 4 basamak şeklinde yazılır. 4 basamaklı gruplar bir araya getirilerek ikilik sayı bulunur.

3			
0	0	1	1

A			
1	0	1	0

B			
1	0	1	1

Sonuç=(0011 1010 1011)₂

ÖRNEK : $(AC37F)_{16}$ onaltılık sayısını ikilik sayı sistemine çeviriniz.

CEVAP: Verilen onaltılık sayının her basamağının karşılığı olan ikilik sayı 4 basamak şeklinde yazılır. 4 basamaklı gruplar bir araya getirilerek ikilik sayı bulunur.

A				C				3				7				F			
1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	

Sonuç=(1010 1100 0011 0111 1111)₂



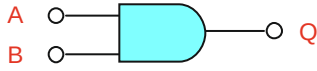
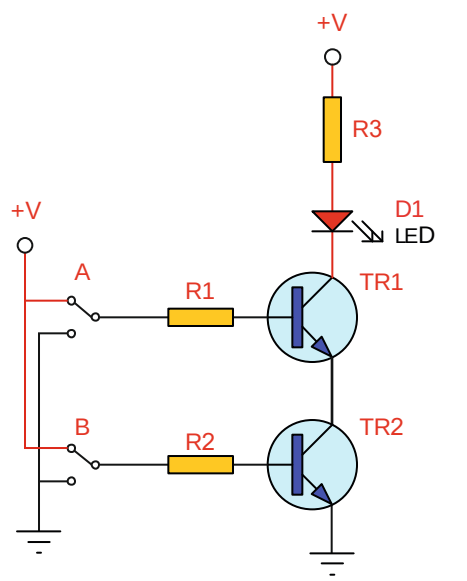
6.1.2. Lojik Kapılar

Anahtarlama devrelerinin matematikteki mantıksal işlemleri yapabilecek şekilde birbirine bağlanmasıyla oluşturulan devrelere **lojik kapılar** denir. Dijital elektronikte kullanılan toplam yedi adet lojik kapı vardır.

Lojik kapılar dijital elektroniğin temelini oluşturur. İkili sayı sisteminde işlem yapar. Her bir kapının belli bir işlevi bulunmaktadır. Dijital elektronikte **0 yokluğu** (anahtar açık durumu, şase), **1 ise varlığı** (+5 V, anahtar kapalı durumu) ifade eder. Lojik olarak **0** değeri analog olarak 0 V ile 1,5 V gerilim aralığını, lojik 1 değeri ise analog olarak 2 V ile 5 V gerilim aralığını ifade eder. Lojik kapıların birleşmesi ile lojik entegreler meydana gelir.

6.1.2.1. AND (VE) Kapısı

AND kapısı matematikteki çarpma işlemi gibi çalışır. Çarpma işleminde 0 yutan elemandır. En az iki girişi olmalıdır. Girişlerinden herhangi biri 0 ise çıkış sinyali 0'dır. Giriş sinyallerinin hepsi 1 ise çıkış sinyali 1'dir. Görsel 6.3'te AND kapısının özellikleri görülmektedir.

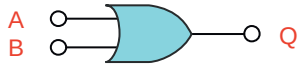
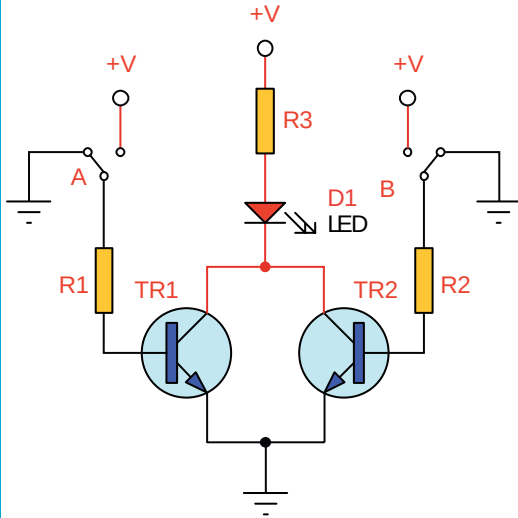
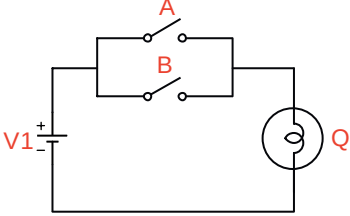
$Q=AB$																	
Boolean denklemi	VE (AND) kapısı sembolü																
<table border="1" data-bbox="320 1055 477 1310"><thead><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></tbody></table>	A		B	Q	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Elektriksel eş değeri
A	B		Q														
0	0	0															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															
Doğruluk tablosu																	

Görsel 6.3: AND kapısı

6.1.2.2. OR (VEYA) Kapısı

OR kapısı matematikte toplama işlemi gibi çalışır. Toplama işleminde 0 etkisiz elemandır. En az iki girişi olmalıdır. Girişlerinden herhangi biri 1 ise çıkış sinyali 1'dir. Giriş sinyallerinin hepsi 0 ise çıkış sinyali 0'dır. Görsel 6.4'te OR kapısının özellikleri görülmektedir.

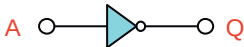
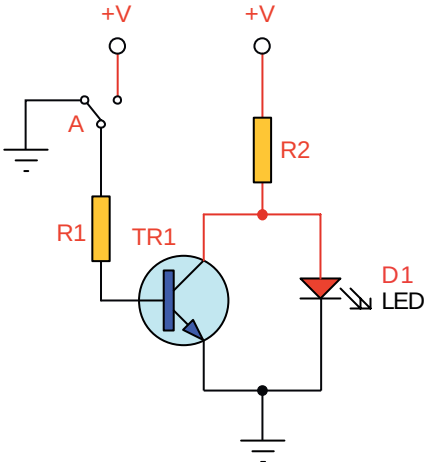
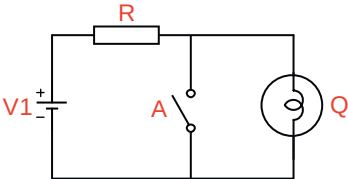


$Q=A+B$																	
Boolean denklemi	VEYA (OR) kapısı sembolü																
<table border="1" data-bbox="277 553 431 804"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	Q	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1		
A	B	Q															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	1															
Doğruluk tablosu	Elektriksel eş değeri	Transistör eş değeri															

Görsel 6.4: OR kapısı

6.1.2.3. NOT (DEĞİL) Kapısı

NOT kapısı değilleme işlemi yapar. Girişinden uygulanan sinyali ters çevirir. Giriş sinyali 1 ise çıkış sinyali 0'dır, giriş sinyali 0 ise çıkış sinyali 1'dir. Tek girişi vardır. Görsel 6.5'te NOT kapısının özellikleri görülmektedir.

$Q = \bar{A}$								
Boolean denklemi	DEĞİL (NOT) kapısı sembolü							
<table border="1" data-bbox="315 1547 417 1701"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	Q	0	1	1	0		
A	Q							
0	1							
1	0							
Doğruluk tablosu	Elektriksel eş değeri	Transistör eş değeri						

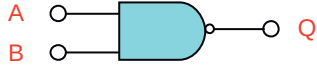
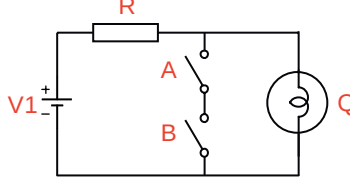
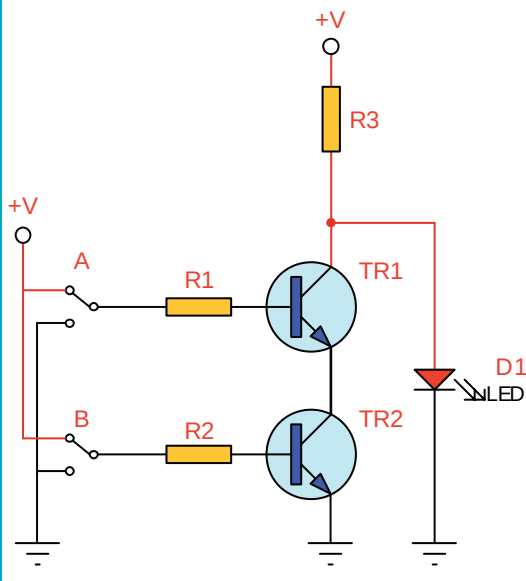
Görsel 6.5: NOT kapısı

6.1.2.4. NAND (VE DEĞİL) Kapısı

NAND kapısı, AND kapısının çıkışına NOT kapısı eklenerek elde edilmiştir. NAND kapısı önce çarpma işlemi yapar, sonra çıkan sonucun değerini alır. Çarpma işleminde 0 yutan elemandır. En az iki girişi



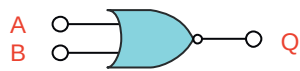
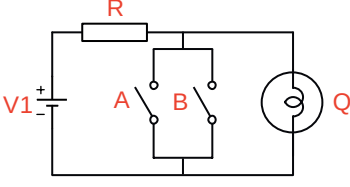
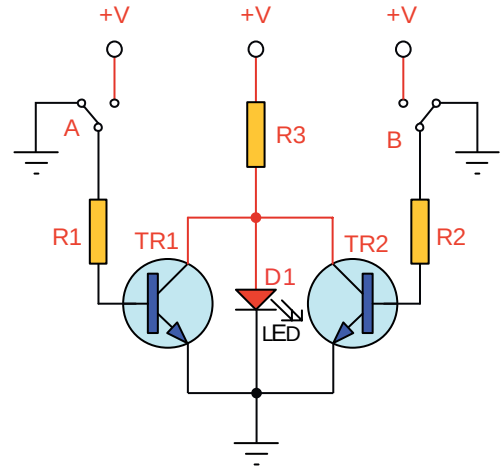
vardır. Girişlerinden herhangi biri 0 ise çarpma sonucu 0 olur ve değili alındığı için çıkış sinyali 1'dir. Giriş sinyallerinin hepsi 1 ise çıkış sinyali 0'dır. Görsel 6.6'da NAND kapısının özellikleri görülmektedir.

$Q = \overline{AB}$																	
Boolean denklemi	VE DEĞİL (NAND) kapısı sembolü																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	Q	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0		
A	B	Q															
0	0	1															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
Doğruluk tablosu	Elektriksel eş değeri	Transistör eş değeri															

Görsel 6.6: NAND kapısı

6.1.2.5. NOR (VEYA) Kapısı

NOR kapısı, OR kapısının çıkışına NOT kapısı eklenerek elde edilir. NOR kapısı önce toplama işlemi yapar, sonra çıkan sonucun değilini alır. Toplama işleminde 0 etkisiz elemandır. En az iki girişı vardır. Girişlerinden herhangi biri 1 ise toplama sonucu 1 olur ve değili alındığı için çıkış sinyali 0'dır. Giriş sinyallerinin hepsi 0 ise çıkış sinyali 1 olur. Görsel 6.7'de NOR kapısının özellikleri görülmektedir.

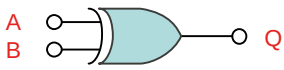
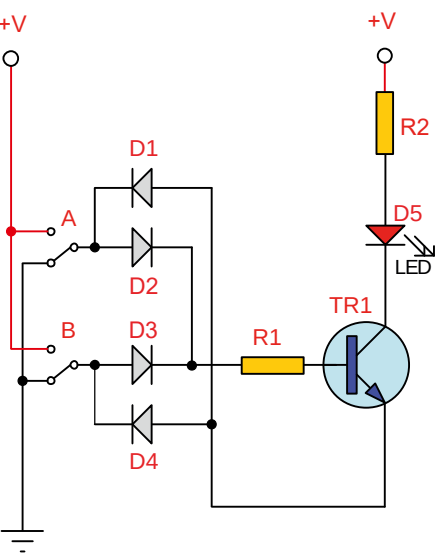
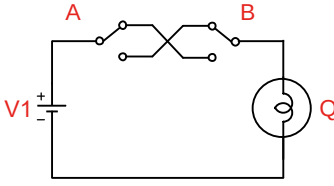
$Q = \overline{A+B}$																	
Boolean denklemi	VEYA DEĞİL (NOR) kapısı sembolü																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	Q	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0		
A	B	Q															
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	0															
Doğruluk tablosu	Elektriksel eş değeri	Transistör eş değeri															

Görsel 6.7: NOR kapısı



6.1.2.6. EX-OR (ÖZEL VEYA) Kapısı

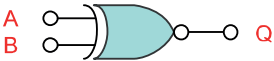
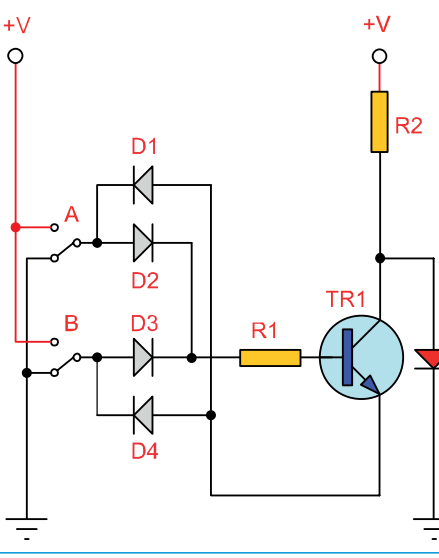
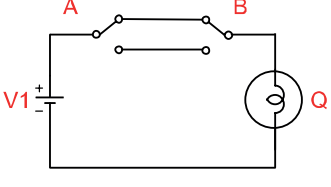
EX-OR kapısı karşılaştırma yapabilen iki girişli lojik kapıdır. Giriş sinyalleri aynı ise (0-0 / 1-1) çıkış sinyali 0, giriş sinyalleri farklı ise (0-1/1-0) çıkış sinyali 1'dir. Özel toplama kapısı da denmektedir. Görsel 6.8'de EX-OR kapısının özellikleri görülmektedir.

$Q=A\oplus B$ $Q=A\bar{B}+\bar{A}B$																	
Boolean denklemi	ÖZEL VEYA(EX-OR) kapısı sembolü																
<table><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A		B	Q	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	
A	B		Q														
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
Doğruluk tablosu	Elektriksel eş değeri	Transistör eş değeri															

Görsel 6.8: EX-OR kapısı

6.1.2.7. EX-NOR (ÖZEL VEYA DEĞİL) Kapısı

EX-NOR kapısı EX-OR kapısının çıkışına değil kapısı eklenerek elde edilmiştir. EX-NOR kapısı önce özel toplama işlemi yapar, sonra çıkan sonucun değerini alır. Giriş sinyalleri aynı ise (0-0/1-1) çıkış sinyali 1, giriş sinyalleri farklı ise (0-1/1-0) çıkış sinyali 0'dır. Görsel 6.9'da EX-NOR kapısının özellikleri görülmektedir.

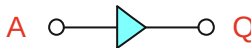
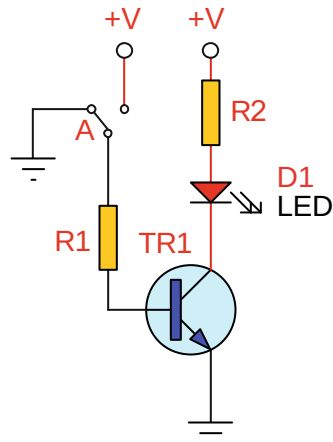
$Q = \overline{A \oplus B}$ $Q = \overline{A \cdot B} + A \cdot B$																	
Boolean denklemi	ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) kapısı sembolü																
<table border="1" data-bbox="355 1698 495 1935"><thead><tr><th>A</th><th>B</th><th>Q</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></tbody></table>	A		B	Q	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	
A	B		Q														
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															
Doğruluk tablosu	Elektriksel eş değeri	Transistör eş değeri															

Görsel 6.9 : EX-NOR kapısı



6.1.2.8. BUFFER (TAMPON) Kapısı

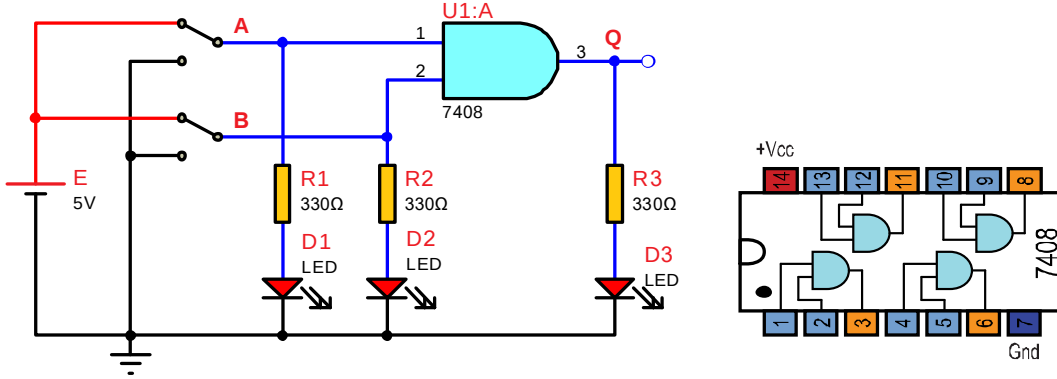
BUFFER kapısı, girişinden uygulanan sinyali aynen çıkışına aktarır ve bir girişi vardır. Giriş sinyali 1 ise çıkış sinyali 1, giriş sinyali 0 ise çıkış sinyali 0'dır. Görsel 6.10'da BUFFER kapısının özellikleri görülmektedir.

Q=A							
Boolean denklemi	TAMPON (BUFFER) sembolü						
<table border="1" data-bbox="353 683 452 845"> <tr> <th>A</th> <th>Q</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table>	A		Q	0	0	1	1
A	Q						
0	0						
1	1						
Doğruluk tablosu	Elektriksel eş değeri	Transistör eş değeri					

Görsel 6.10: BUFFER kapısı

AMAÇ: AND (VE) kapısı uygulaması yapmak.

AND (VE) kapısı lojik çarpma işlemi yapar (Çarpma işlemi 2'lik tabandadır.) Görsel 6.11'de 7408 entegresi ile yapılmış iki girişli, bir çıkışlı AND kapısı uygulama devresi ve 7408 entegresi içyapısı görülmektedir. Bu entegrenin içerisinde birbirinden bağımsız dört adet AND kapısı vardır.



Görsel 6.11: AND kapısı devresi ve 7408 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7408
Direnç	3x 330 Ω
LED diyot	3x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.11'deki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7408 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A, B anahtarlarının konumlarını Tablo 6.3'e uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.3: AND Kapısı Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

SORULAR

1. AND kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. AND kapısının eş değer elektrik devresini çiziniz.
3. Çıkış ne zaman lojik 1 olur? Açıklayınız.

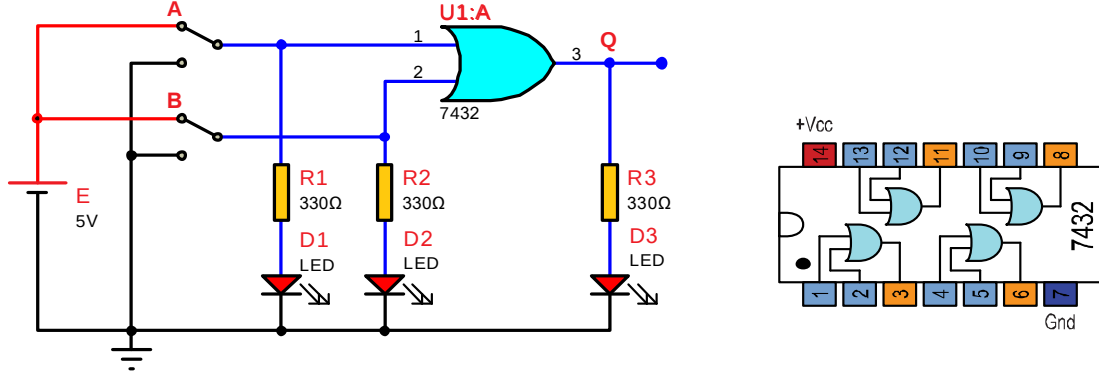


KOD=35385



AMAÇ: OR (VEYA) kapısı uygulaması yapmak.

Görsel 6.12'de 7432 entegresi ile yapılmış iki girişli bir çıkışlı OR kapısı uygulama devresi ve 7432 entegresi içyapısı görülmektedir. Girişlerden bir tanesinin lojik 1 olması, çıkışı lojik 1 yapmaktadır. Çıkış ancak her iki girişin de lojik 0 olduğu durumda lojik 0 olur. Girişlerin toplamı şeklinde çıkış verir.



Görsel 6.12: OR kapısı devresi ve 7432 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7432
Direnç	3x 330 Ω
LED diyot	3x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.12'deki devreyi kurunuz
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7432 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A, B anahtarlarının konumlarını Tablo 6.4'e uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.4: OR Kapısı Doğruluk Tablosu

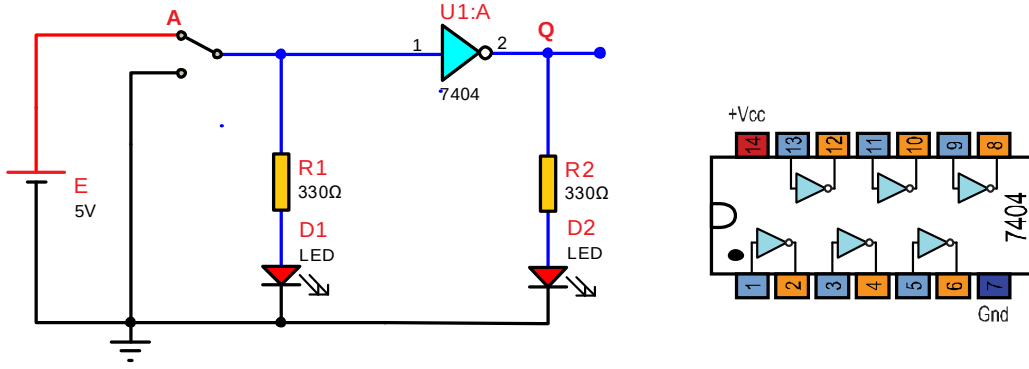
A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

SORULAR

1. OR kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. OR kapısının eş değer elektrik devresini çizin ve çıkış ne zaman lojik 0 olur? Açıklayınız.

AMAÇ: NOT (DEĞİL) kapısı uygulaması yapmak.

Görsel 6.13'te 7404 entegresi ile yapılmış NOT kapısı uygulama devresi ve 7404 entegresi içyapısı görülmektedir. NOT kapısı bir girişi ve bir çıkışı olan bir kapıdır. Girişine uygulanan lojik bilgiyi tersleyerek çıkışına aktarır. Giriş bilgisi lojik 0 ise çıkış lojik 1'dir. Giriş lojik 1 ise çıkış lojik 0'dır. 7404 entegresinde altı adet NOT kapısı bulunmaktadır.



Görsel 6.13: NOT kapısı devresi ve 7404 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7404
Direnç	2x 330 Ω
LED diyot	2x Kırmızı
Anahtar	1x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.13'teki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7404 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A anahtarının konumlarını Tablo 6.5'e uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.5: NOT Kapısı Doğruluk Tablosu

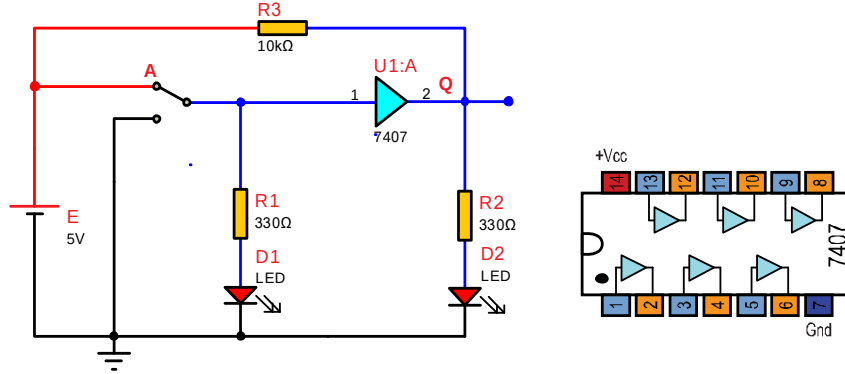
A	Q
0	
1	

SORULAR

1. NOT kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. NOT kapısının eş değer elektrik devresini çizin.
3. İki adet NOT kapısı arka arkaya bağlanırsa çıkış ifadesi ne olur? Açıklayınız.

AMAÇ: BUFFER (TAMPON) kapısı uygulaması yapmak.

Görsel 6.14'de BUFFER (TAMPON) kapısı devresi ve 7407 entegresi içyapısı görülmektedir. BUFFER kapısı zayıflayan sinyaldeki güç kaybını önleyen ve sinyalin gücünü yükselterek girişteki bilgiyi olduğu gibi çıkışa aktaran bir mantık kapısıdır. Kapı çıkışı open collector (open kollektör) olduğu için R3 direnci kullanılmıştır.



Görsel 6.14: BUFFER kapısı devresi ve 7407 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7407
Direnç	2x 330 Ω
Direnç	1x 10 Ω
LED diyot	2x Kırmızı
Anahtar	1x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.14'teki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A anahtarlarının konumlarını Tablo 6.6'ya uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.6: BUFFER Kapısı Doğruluk Tablosu

A	Q
0	
1	

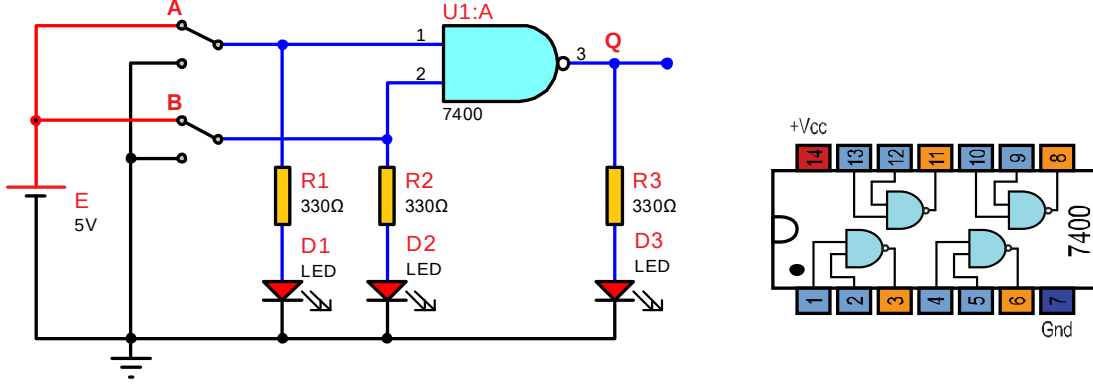
SORULAR

1. BUFFER kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. BUFFER kapısının eş değer elektrik devresini çizin.
3. BUFFER kapısı nerelerde kullanılır? Araştırınız.



AMAÇ: NAND (VE DEĞİL) kapısı uygulaması yapmak.

Görsel 6.15'te 7400 entegresi ile yapılmış iki girişli bir çıkışlı NAND kapısı uygulama devresi ve 7400 entegresi içyapısı görülmektedir. Tüm girişler lojik 1 olduğunda çıkış lojik 0, girişlerin diğer durumları için ise çıkış lojik 1'dir. NAND kapısının girişleri birleştirilerek NOT kapısı olarak kullanılabilir.



Görsel 6.15: NAND kapısı devresi ve 7400 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7400
Direnç	3x 330 Ω
LED diyot	3x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.15'teki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7400 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A, B anahtarlarının konumlarını Tablo 6.7'ye uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.7: NAND Kapısı Doğruluk Tablosu

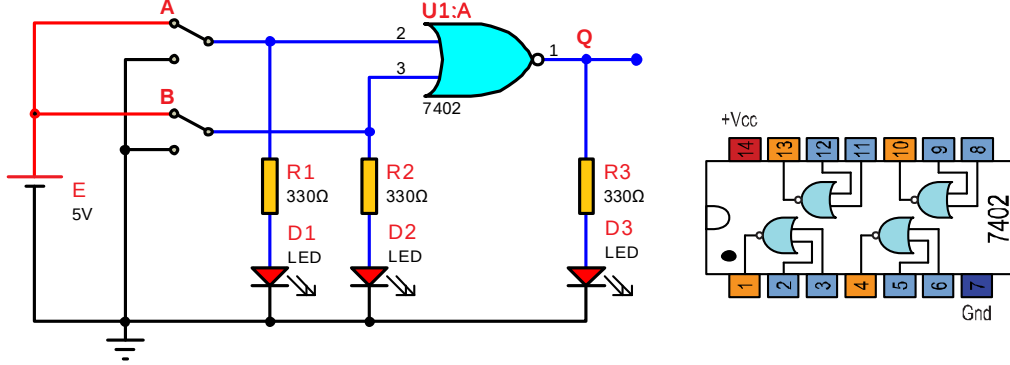
A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

SORULAR

1. NAND kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. NAND kapısının eş değer elektrik devresini çiziniz.
3. İki girişli NAND kapılarını kullanarak üç girişli NAND kapısı şeklini çiziniz.

AMAÇ: NOR (VEYA DEĞİL) kapısı uygulaması yapmak.

Görsel 6.16'da 7432 entegresi ile yapılmış iki girişli bir çıkışlı NOR kapısı uygulama devresi ve 7402 entegresi içyapısı görülmektedir. Girişlerin her ikisi de lojik 0 olduğunda çıkış lojik 1 olur. Diğer durumlarda çıkış daima lojik 0'dır.



Görsel 6.16: NOR kapısı devresi ve 7402 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Entegre	1x 7402
Direnç	3x 330 Ω
LED diyot	3x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.16'daki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7402 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A, B anahtarlarının konumlarını Tablo 6.8'e uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.8: NOR Kapısı Doğruluk Tablosu

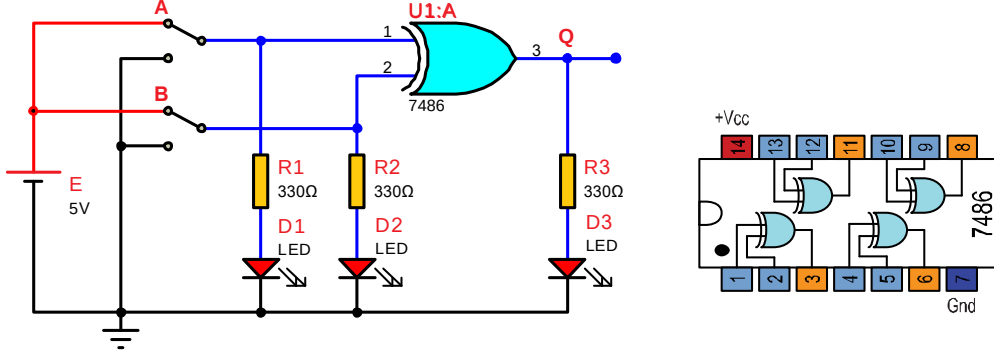
A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

SORULAR

1. NOR kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. NOR kapısının eş değer elektrik devresini çizin.
3. Çıkış ne zaman lojik 1 olur? Açıklayınız.

AMAÇ: EXOR (ÖZEL VEYA) kapısı uygulaması yapmak.

Görsel 6.17'de 7486 entegresi ile yapılmış iki girişli bir çıkışlı EXOR kapısı uygulama devresi ve 7486 entegresi içyapısı görülmektedir. EXOR kapısında girişlerin lojik seviyeleri farklı olduğunda çıkış lojik 1'dir. Girişler aynı lojik seviyede olduğunda ise çıkış daima lojik 0'dır. Girişlerin eşitlik durumlarını karşılaştırır.



Görsel 6.17: EXOR kapısı devresi ve 7486 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelligi
Entegre	1x 7486
Direnç	3x 330 Ω
LED diyot	3x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.17'deki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7486 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A, B anahtarlarının konumlarını Tablo 6.9'a uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.9: EXOR Kapısı Doğruluk Tablosu

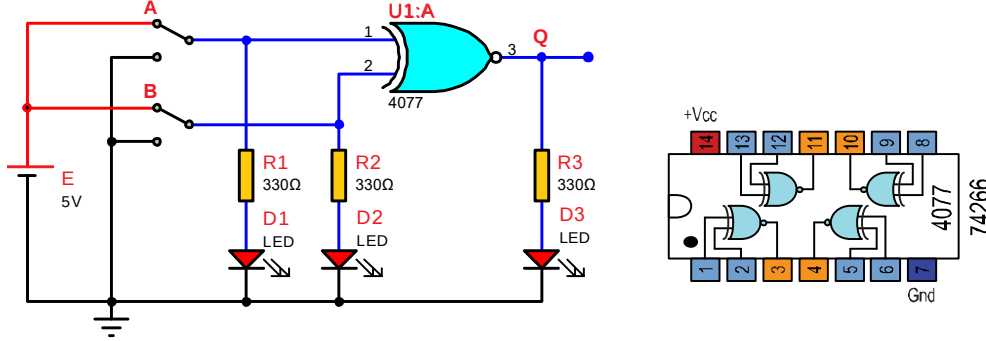
A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

SORULAR

1. EXOR kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. EXOR kapısının eş değer elektrik devresini çizin. Diğer kapıları kullanarak EXOR kapısını elde ediniz.

AMAÇ: EXNOR (ÖZEL VEYA DEĞİL) kapısı uygulaması yapmak.

Görsel 6.18'de 4077 (eş değeri 74266) entegresi ile yapılmış iki girişli bir çıkışlı EXNOR kapısı uygulama devresi ve 4077 entegresi içyapısı görülmektedir. EXNOR kapısında girişlerin lojik seviyeleri farklı olduğunda çıkış lojik 0'dır. Girişler aynı lojik seviyede olduğunda ise çıkış daima lojik 1'dir.



Görsel 6.18: EXNOR kapısı devresi ve 4077 entegresi içyapısı

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 4077
Direnç	3x 330 Ω
LED diyot	3x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.18'deki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 4077 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş A, B anahtarlarının konumlarını Tablo 6.10'a uygun şekilde ayarlayarak Q çıkış ifadesinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.10: EXNOR Kapısı Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

SORULAR

1. EXNOR kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
2. EXNOR kapısının eş değer elektrik devresini çizin.
3. 40xx serisi CMOS entegreler ile 74xx serisi TTL entegreler arasındaki farklar nelerdir? Araştırınız.

6.1.3. Boolean Matematiği

Boolean aritmetiği, ikilik sayı sisteminin matematiğidir. Matematikte görülen işlemlerin tamamı boolean aritmetiğinde de mevcuttur. Değişkenlerin alabileceği değerler 0 ve 1'dir.

6.1.3.1. Boolean Özdeşlikleri

Çarpma işlemi VE işlemine, toplama işlemi VEYA işlemine karşılık gelmektedir. Temel boolean özdeşlikleri Tablo 6.2'de verilmiştir.

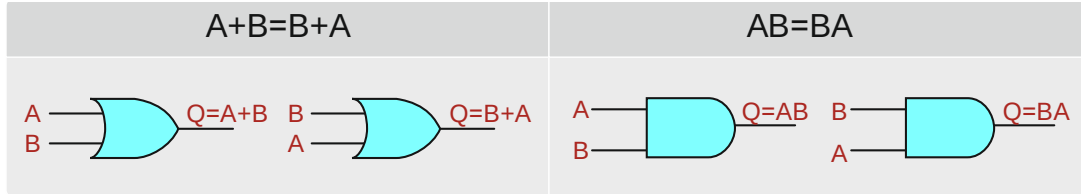
$0+0=0$	$A+0=A$	$0.0=0$	$A.0=0$
$0+1=1$	$A+1=1$	$0.1=0$	$A.1=A$
$1+0=1$	$A+A=A$	$1.0=0$	$A.A=A$
$1+1=1$	$A+\bar{A}=1$	$1.1=1$	$A.\bar{A}=0$
	VEYA işleminin değili VE	VE işleminin değili VEYA	$\bar{\bar{A}}=A$

6.1.3.2. Boolean Kuralları

Boolean kuralları, dijital devre tasarımlarındaki lojik ifadelerde doğruluk tabloları kurulmadan sadeleştirme işlemi yapmak için kullanılır.

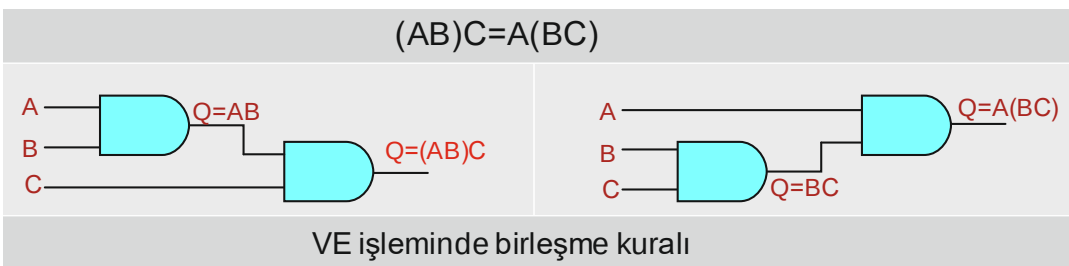
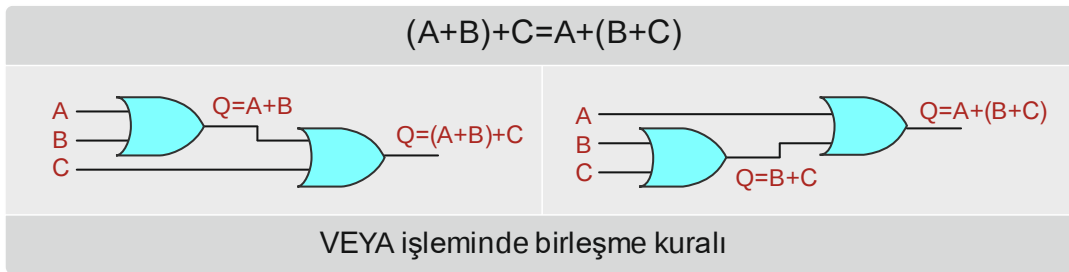
Değişim Kuralı: Lojik kapıların (VE, VEYA) girişlerinin sırası önemli değildir.

$A+B=B+A$ veya $A.B=B.A$



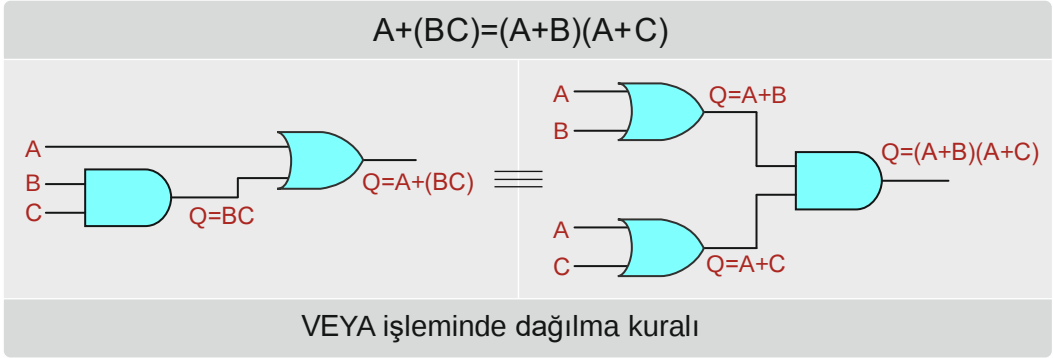
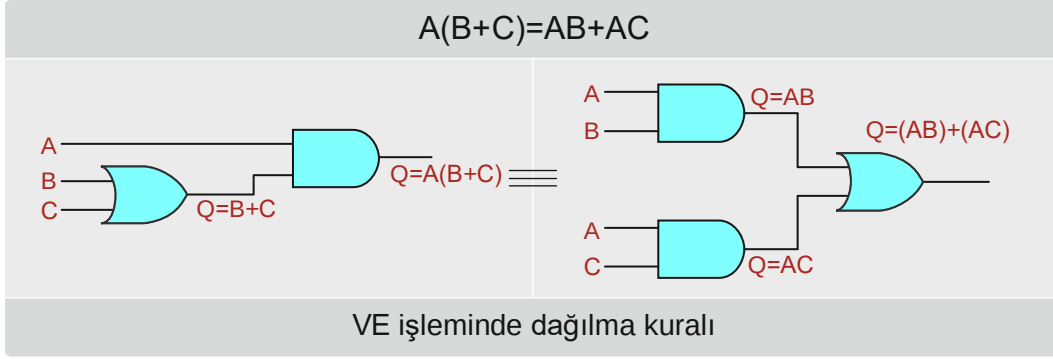
Birleşme Kuralı: Aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilebilir.

$A+(B+C)=(A+B)+C$ veya $A.(B.C)=(A.B).C$

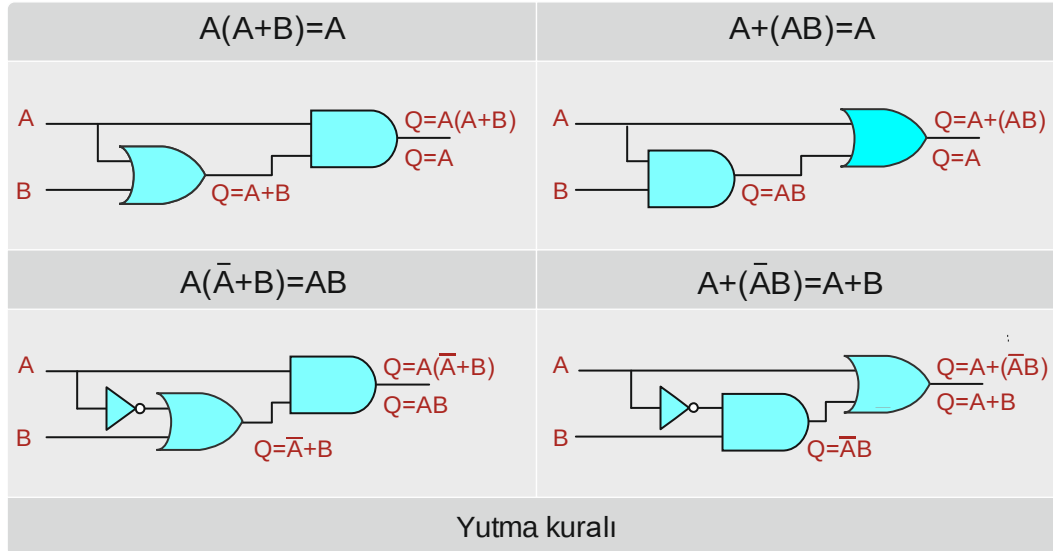


Dağılma Kuralı: Aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilebilir.

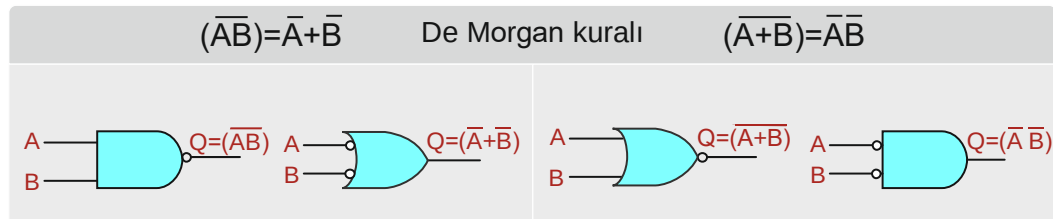
$A.(B+C)=(A.B)+(A.C)$ veya $A+(B.C)=(A+B).(A+C)$



Yutma Kuralı: Aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilebilir.



De Morgan Kuralı: Değilleme işlemi sonucu 1 bilgisi 0'a, 0 bilgisi 1'e dönüşür. Aynı zamanda toplama işlemi çarpma işlemine, çarpma işlemi toplama işlemine dönüşür.



6.1.3.3. Boolean İfadeleri İle Sadeleştirme

Lojik ifadeler boolean özdeşlik ve kurallar kullanılarak sadeleştirilebilir.

Örnek1: $Q = \overline{A}(A+B)$ ifadesini sadeleştiriniz.

$$Q = (\overline{A}A) + (\overline{A}B)$$

$$Q = (0) + (\overline{A}B)$$

$$Q = \overline{A}B$$

Örnek 2: $Q = AB + (A\overline{B})$ ifadesini sadeleştiriniz.

$$Q = A(B + \overline{B})$$

$$Q = A(1)$$

$$Q = A$$

Örnek 3: $Q = AB\overline{C} + ABC + \overline{A}B$ ifadesini sadeleştiriniz.

$$Q = AB(C + \overline{C}) + \overline{A}B$$

$$Q = AB + \overline{A}B$$

$$Q = B(A + \overline{A})$$

$$Q = B$$

Örnek 4: $Q = (\overline{A+B})(\overline{\overline{A}\overline{B}})$ ifadesini sadeleştiriniz.

$$Q = (\overline{A}\overline{B})(\overline{\overline{A}\overline{B}})$$

$$Q = (\overline{A}\overline{B})(A\overline{B})$$

$$Q = 0$$

Aşağıdaki ifadeleri sadeleştiriniz.

Soru 1: $Q = ABC + (\overline{A}BC)$

Soru 2: $Q = B(AB + C)$

Soru 3: $Q = ABCD + AB\overline{C}D + AB\overline{D}$

Soru 4: $Q = A + \overline{A} + 1$

Soru 5: $Q = A + B + 1$

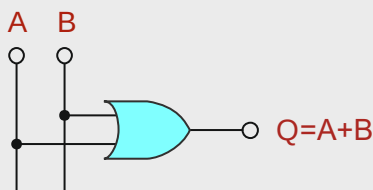
Soru 6: $Q = A\overline{A} + B$

Soru 7: $Q = \overline{A}\overline{B} + AB + \overline{A}$

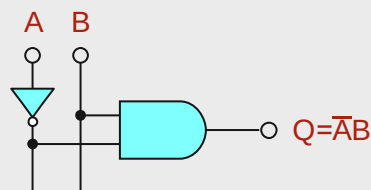
6.1.3.4. Boolean İfadelerinin Lojik Kapılar İle Gösterimi

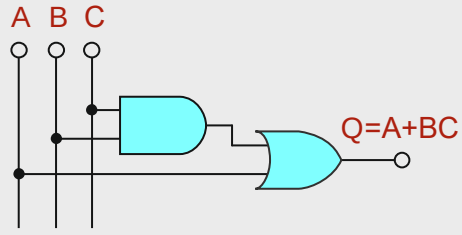
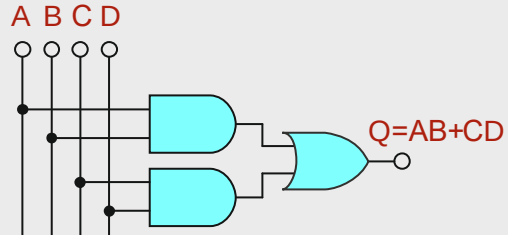
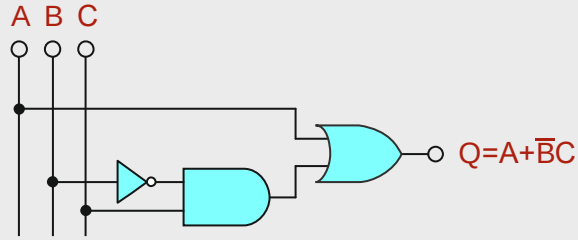
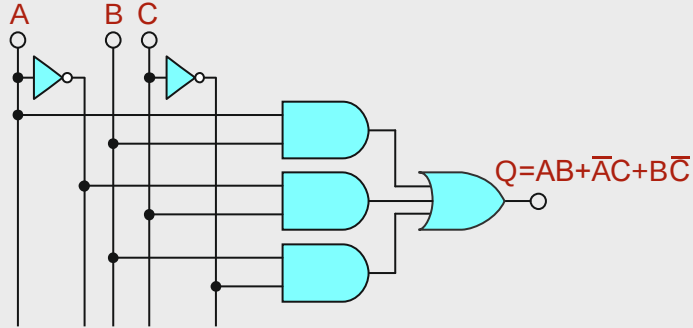
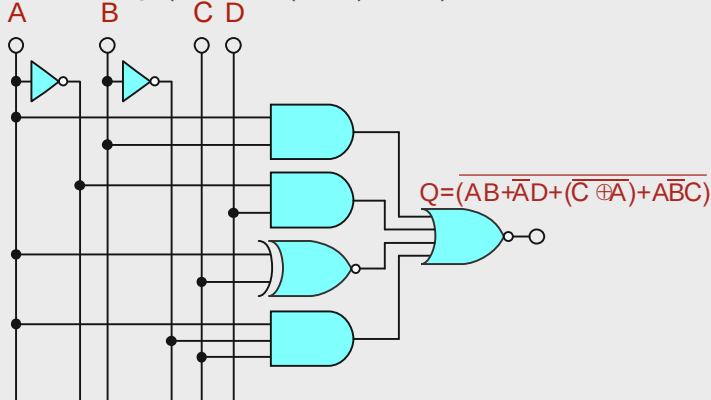
Boolean ifadelerinin lojik kapılar ile çizim örnekleri aşağıda görülmektedir.

Örnek1: $Q = A + B$



Örnek 2: $Q = \overline{A}B$



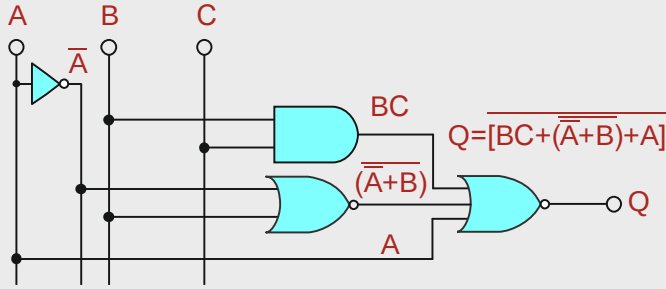
Örnek3: $Q=A+BC$ Örnek4: $Q=AB+CD$ Örnek5: $Q=A+\overline{B}C$ Örnek6: $Q=AB+\overline{A}C+B\overline{C}$ Örnek7: $Q=\overline{(AB+\overline{A}D+(C\oplus A)+A\overline{B}C)}$ 

- Soru 1: $Q=AB+CD$
 Soru 2: $Q=(\overline{A}+B)(C+\overline{D})$
 Soru 3: $Q=\overline{A}BC$
 Soru 4: $Q=A\overline{B}\overline{C}(A+D)$
 Soru 5: $Q=(\overline{A}\overline{B} + CD)$
 Soru 6: $Q=(\overline{C} + \overline{A}\overline{B})$
 Soru 7: $Q=A+(\overline{A}B + \overline{B}\overline{C})$
 Soru 8: $Q=(A \oplus B \oplus C)D$
 Soru 9: $Q=A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$
 Soru 10: $Q=(\overline{A}B+BC+\overline{C}D)$

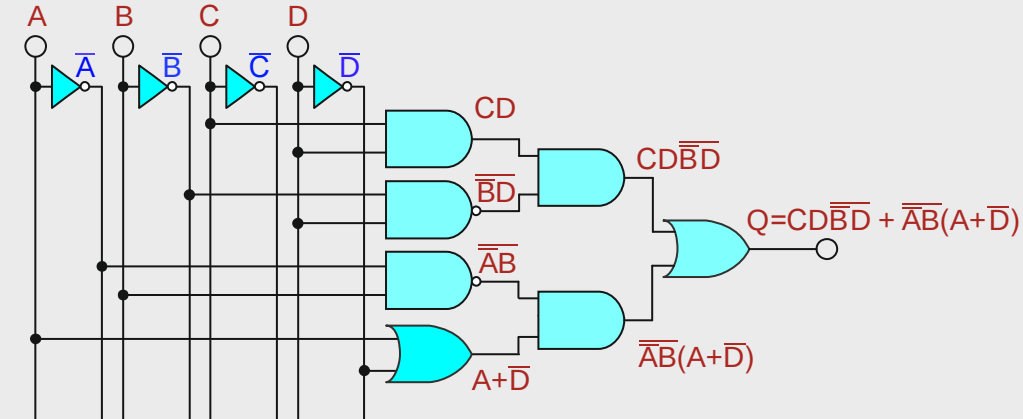
6.1.3.5. Lojik Kapıların Boolean İfadeleri İle Gösterimi

Lojik kapı çizimlerinin üzerine boolean formüllerini yazılarak tasarımı yapılan devrelerin boolean karşılıkları elde edilir.

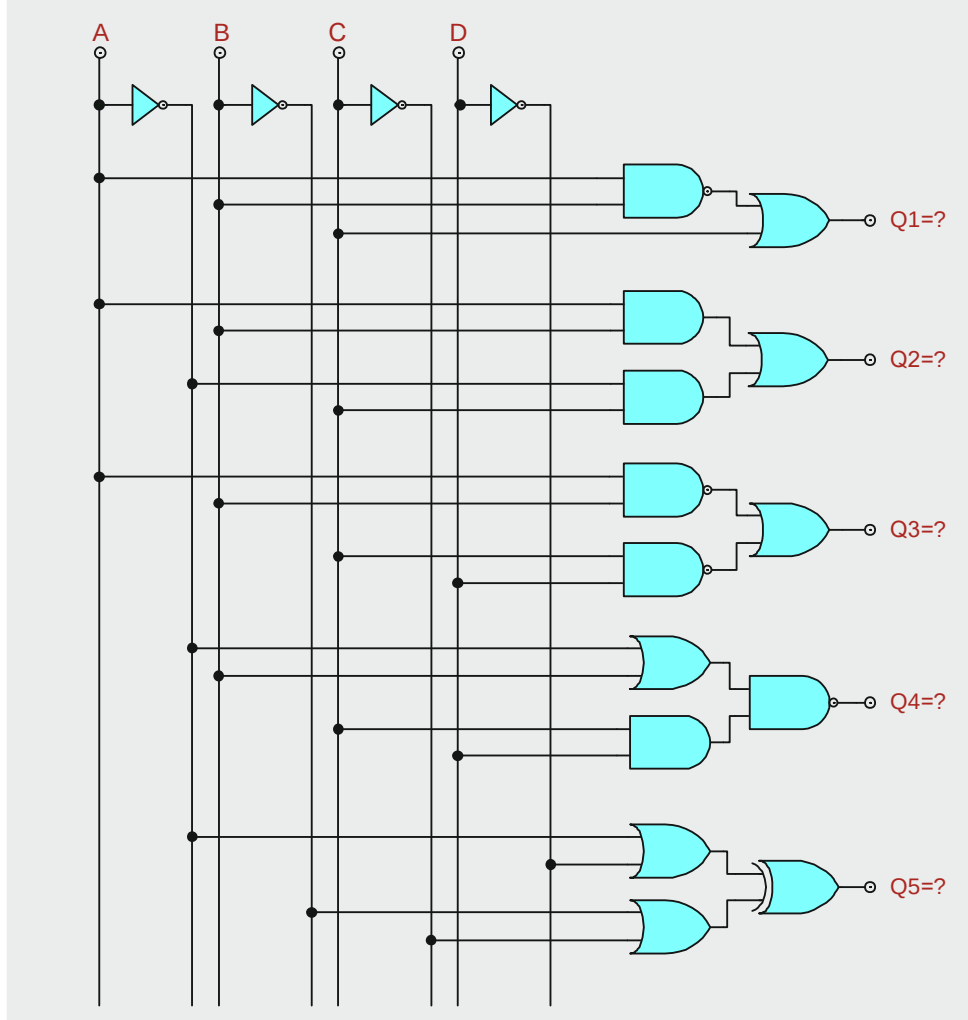
Örnek1: $Q=?$



Örnek2: $Q=?$



Aşağıda verilen lojik devrelerin boolean çıkış denklemlerini yazınız.



6.1.4. Karnaugh Haritaları

Lojik ifadelerin sadeleştirilmesinde boolean matematiği ile karnaugh haritaları kullanılır. Karnaugh haritalarında dikkat edilmesi gereken özellikler aşağıda verilmiştir.

- a)** Oluşturulacak kutu sayısı giriş değişkeni sayısına bağlıdır. n giriş sayısı ise 2^n karnaugh haritasındaki kutu sayısıdır.
- b)** Karnaugh haritasına istenen lojik tasarım doğrultusunda oluşturulan doğruluk tablosundaki 1 değişkenleri yerleştirilir. 0 değişkenleri dikkate alınmaz.
- c)** Karnaugh haritasında sadeleştirme gruplandırmaları 2^n sayısı ile belirlenir ve 1, 2, 4, 8, 16 şeklinde olmalıdır. Grup oluştururken mümkün olduğu kadar çok 1 değişkeni aynı grup içerisinde olmalıdır. Ne kadar büyük gruplama yapılırsa o kadar sadeleşmiş sonuçlar elde edilir.
- ç)** Karnaugh haritasında sadeleştirme gruplandırmaları çarpım (AND) şeklinde ifade edilir. Birden fazla gruba sahip karnaugh haritasının çıkış ifadesinde gruplar toplama (OR) işlemine tabi tutulur.
- d)** Karnaugh haritasında gruplama sırasında kullanılan 1 değişkeni başka bir grup oluşturmak için de kullanılabilir.



e) Karnaugh haritasında tüm kutular 1 ise çıkış 1, tüm kutular 0 ise çıkış 0'dır.

6.1.4.1. İki Değişkenli Karnaugh Haritası

İki değişkenli Karnaugh haritasında giriş sayısı 2, oluşturulacak kutu sayısı $2^n=4$ 'tür. Oluşturulacak grup sayısı ise 1'li veya 2'lidir. Görsel 6.19'da iki değişkenli Karnaugh haritasının tanıtılması gösterilmiştir.

$\begin{array}{c cc} & \bar{A} & A \\ \hline B & \bar{A}\bar{B} & A\bar{B} \\ \hline B & \bar{A}B & AB \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & 00 & 10 \\ \hline 1 & 01 & 11 \end{array}$	$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 0 \\ 01 & 1 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 0 \end{array}$
Değişkenlerin yerleşimi	Değişkenlerin sayısal gösterimi	İki girişli doğruluk tablosu	Doğruluk tablosunun karnaugh haritasına yerleşimi

Görsel 6.19: İki değişkenli Karnaugh haritasının tanıtılması

İki değişkenli doğruluk tablolarının karnaugh haritasına yerleşimi ve sadeleştirme işleminin örnekleri aşağıda verilmiştir.

$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 1 \\ 01 & 0 \\ 10 & 0 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & 1 & \\ \hline 1 & & \end{array} \quad Q = \bar{A}\bar{B}$	$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 0 \\ 01 & 1 \\ 10 & 0 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & & \\ \hline 1 & 1 & \end{array} \quad Q = \bar{A}B$
$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 0 \\ 01 & 0 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & & 1 \\ \hline 1 & & \end{array} \quad Q = A\bar{B}$	$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 0 \\ 01 & 0 \\ 10 & 0 \\ 11 & 1 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & & \\ \hline 1 & & 1 \end{array} \quad Q = AB$
$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 0 \\ 01 & 1 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & & 1 \\ \hline 1 & 1 & \end{array} \quad Q = \bar{A}B + A\bar{B}$	$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 1 \\ 01 & 0 \\ 10 & 0 \\ 11 & 1 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & 1 & \\ \hline 1 & & 1 \end{array} \quad Q = \bar{A}\bar{B} + AB$
$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 1 \\ 01 & 0 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline 1 & & \end{array} \quad Q = \bar{B}$	$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 1 \\ 01 & 1 \\ 10 & 0 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & 1 & \\ \hline 1 & 1 & \end{array} \quad Q = \bar{A}$
$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 0 \\ 01 & 1 \\ 10 & 1 \\ 11 & 1 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \end{array} \quad Q = A + B$	$\begin{array}{c c} AB & Q \\ \hline 00 & 1 \\ 01 & 1 \\ 10 & 1 \\ 11 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{c cc} & 0 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & \end{array} \quad Q = \bar{A} + \bar{B}$



6.1.4.2. Üç Değişkenli Karnaugh Haritası

Üç değişkenli karnaugh haritası, iki değişkenli Karnaugh haritasının x düzleminde sağ tarafa ayna görüntüsünün alınıp eklenmesi ile elde edilir.

Üç değişkenli Karnaugh haritasında giriş sayısı 3, oluşturulacak kutu sayısı $2^n = 8$, oluşturulacak grup sayısı ise 1, 2 veya 4'lüdür. Görsel 6.20'de üç değişkenli Karnaugh haritasının tanıtılması gösterilmiştir.

$ \begin{array}{c cccc} & AB & & & \\ \hline C & \bar{A}\bar{B} & \bar{A}B & A\bar{B} & AB \\ \hline \bar{C} & \bar{A}\bar{B}\bar{C} & \bar{A}B\bar{C} & A\bar{B}\bar{C} & AB\bar{C} \\ \hline C & \bar{A}B\bar{C} & \bar{A}BC & ABC & AB\bar{C} \end{array} $		$ \begin{array}{c cccc} & AB & & & \\ \hline C & 00 & 01 & 11 & 10 \\ \hline 0 & 000 & 010 & 110 & 100 \\ \hline 1 & 001 & 011 & 111 & 101 \end{array} $	
Değişkenlerin yerleşimi		Değişkenlerin sayısal gösterimi	
$ \begin{array}{c c} ABC & Q \\ \hline 000 & 0 \\ 001 & 1 \\ 010 & 0 \\ 011 & 0 \\ 100 & 1 \\ 101 & 1 \\ 110 & 0 \\ 111 & 0 \end{array} $		$ \begin{array}{c cccc} & AB & & & \\ \hline C & 00 & 01 & 11 & 10 \\ \hline 0 & & & & 1 \\ \hline 1 & 1 & & & 1 \end{array} $	
Üç girişli doğruluk tablosu		Doğruluk tablosunun karnaugh haritasına yerleşimi	

Görsel 6.20: Üç değişkenli karnaugh haritasının tanıtılması

Üç değişkenli doğruluk tablolarının karnaugh haritasına yerleşimi ve sadeleştirme işleminin yapılması örnekleri aşağıda verilmiştir.

$ \begin{array}{c c} ABC & Q \\ \hline 000 & 0 \\ 001 & 1 \\ 010 & 0 \\ 011 & 1 \\ 100 & 1 \\ 101 & 0 \\ 110 & 0 \\ 111 & 1 \end{array} $	$ \begin{array}{c cccc} & AB & & & \\ \hline C & 00 & 01 & 11 & 10 \\ \hline 0 & & & & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & \end{array} $
$Q = \bar{A}\bar{C} + BC + A\bar{B}\bar{C}$	
$ \begin{array}{c c} ABC & Q \\ \hline 000 & 1 \\ 001 & 0 \\ 010 & 0 \\ 011 & 1 \\ 100 & 1 \\ 101 & 0 \\ 110 & 0 \\ 111 & 1 \end{array} $	$ \begin{array}{c cccc} & AB & & & \\ \hline C & 00 & 01 & 11 & 10 \\ \hline 0 & 1 & & & 1 \\ \hline 1 & & 1 & 1 & \end{array} $
$Q = \bar{B}\bar{C} + BC$	



ABC	Q
000	0
001	1
010	0
011	1
100	0
101	1
110	1
111	1

AB	00	01	11	10
C=0			1	
C=1	1	1	1	1

$Q = AB + C$

ABC	Q
000	1
001	0
010	0
011	0
100	1
101	1
110	1
111	1

AB	00	01	11	10
C=0			1	1
C=1	1		1	1

$Q = A + \bar{B}\bar{C}$

ABC	Q
000	1
001	1
010	0
011	0
100	1
101	1
110	0
111	0

AB	00	01	11	10
C=0	1			1
C=1	1			1

$Q = \bar{B}$

ABC	Q
000	1
001	0
010	1
011	0
100	1
101	0
110	1
111	0

AB	00	01	11	10
C=0	1	1	1	1
C=1				

$Q = \bar{C}$

ABC	Q
000	0
001	1
010	1
011	1
100	0
101	1
110	1
111	1

AB	00	01	11	10
C=0		1	1	
C=1	1	1	1	1

$Q = B + C$

ABC	Q
000	1
001	1
010	1
011	1
100	0
101	1
110	1
111	1

AB	00	01	11	10
C=0	1	1	1	
C=1	1	1	1	1

$Q = \bar{A} + B + C$

6.1.4.3. Dört Değişkenli Karnaugh Haritası

Dört değişkenli karnaugh haritası, üç değişkenli karnaugh haritasının **y** düzleminde aşağı tarafa ayna görüntüsünün alınıp eklenmesi ile elde edilir.

Dört değişkenli karnaugh haritasında giriş sayısı 4, oluşturulacak kutu sayısı $2^n = 16$ 'dır. Oluşturulacak grup sayısı 1, 2, 4 veya 8'lidir. Görsel 6.21'de dört değişkenli karnaugh haritasının tanıtılması gösterilmiştir.

AB	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
CD	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B C\bar{D}$
$\bar{C}\bar{D}$				
$\bar{C}D$				
$C\bar{D}$				
CD				

Değişkenlerin yerleşimi

AB	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
CD	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B C\bar{D}$
$\bar{C}\bar{D}$	0000	0100	1100	1000
$\bar{C}D$	0001	0101	1101	1001
$C\bar{D}$	0011	0111	1111	1011
CD	0010	0110	1110	1010

Değişkenlerin sayısal gösterimi

A B C D Q	
0 0 0 0	1
0 0 0 1	1
0 0 1 0	1
0 0 1 1	1
0 1 0 0	0
0 1 0 1	0
0 1 1 0	0
0 1 1 1	0
1 0 0 0	1
1 0 0 1	1
1 0 1 0	1
1 0 1 1	1
1 1 0 0	0
1 1 0 1	0
1 1 1 0	0
1 1 1 1	0

AB \ CD	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
$\bar{C}\bar{D}$	1			1
$\bar{C}D$	1			1
CD	1			1
$C\bar{D}$	1			1

Dört girişli doğruluk tablosu

Doğruluk tablosunun karnaugh haritasına yerleşimi

Görsel 6.21: Dört değişkenli karnaugh haritasının tanıtılması

Dört değişkenli doğruluk tablolarının karnaugh haritasına yerleşimi ve sadeleştirme işleminin yapılması örnekleri aşağıda verilmiştir.

A B C D Q	
0 0 0 0	1
0 0 0 1	0
0 0 1 0	1
0 0 1 1	0
0 1 0 0	1
0 1 0 1	0
0 1 1 0	0
0 1 1 1	1
1 0 0 0	0
1 0 0 1	1
1 0 1 0	0
1 0 1 1	0
1 1 0 0	0
1 1 0 1	1
1 1 1 0	0
1 1 1 1	0

AB \ CD	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
$\bar{C}\bar{D}$	1	1		
$\bar{C}D$			1	1
CD		1		
$C\bar{D}$	1			

$$Q = \bar{A}\bar{B}\bar{D} + \bar{A}\bar{C}\bar{D} + A\bar{C}D + \bar{A}BCD$$

A B C D Q	
0 0 0 0	1
0 0 0 1	0
0 0 1 0	1
0 0 1 1	0
0 1 0 0	1
0 1 0 1	0
0 1 1 0	1
0 1 1 1	0
1 0 0 0	1
1 0 0 1	1
1 0 1 0	1
1 0 1 1	1
1 1 0 0	1
1 1 0 1	1
1 1 1 0	1
1 1 1 1	1

AB \ CD	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
$\bar{C}\bar{D}$	1	1	1	1
$\bar{C}D$			1	1
CD			1	1
$C\bar{D}$	1	1	1	1

$$Q = A + \bar{D}$$

ABCD	Q
0000	0
0001	1
0010	0
0011	1
0100	1
0101	0
0110	1
0111	0
1000	0
1001	1
1010	0
1011	1
1100	1
1101	0
1110	1
1111	0

AB	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
CD	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
		1	1	
	1			1
	1			1
		1	1	

$$Q = B\bar{D} + \bar{B}D$$

ABCD	Q
0000	1
0001	1
0010	1
0011	1
0100	1
0101	0
0110	1
0111	0
1000	1
1001	1
1010	1
1011	1
1100	1
1101	0
1110	1
1111	0

AB	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$	AB	$A\bar{B}$
CD	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
	1	1	1	1
	1			1
	1			1
	1	1	1	1

$$Q = \bar{B} + \bar{D}$$

6.1.4.4. Karnaugh Haritası İle Tasarım Örnekleri



Örnek 1: İki değişkenli bir devrede anahtarlardan en az biri kapandığında çıkışındaki LED'i yakan devreyi karnaugh haritası ile tasarlayarak lojik devresini çiziniz.

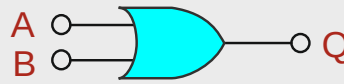


Çözüm:

AB	Q
00	0
01	1
10	1
11	1

A	0	1
B		
0		1
1	1	1

$$Q = A + B$$



Örnek 2: İki değişkenli bir devrede anahtarlardan sadece biri kapandığında çıkışındaki LED'i yakan devreyi karnaugh haritası ile tasarlayarak lojik devresini çiziniz.



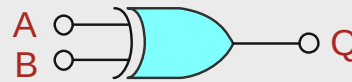
Çözüm:

AB	Q
00	0
01	1
10	1
11	0

A	0	1
B		
0		1
1	1	

$$Q = A\bar{B} + \bar{A}B$$

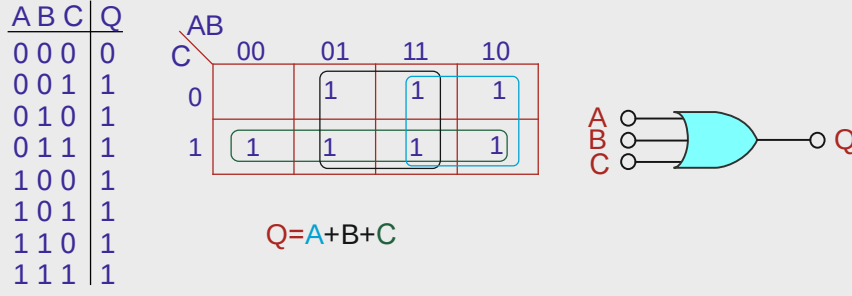
$$Q = A \oplus B$$





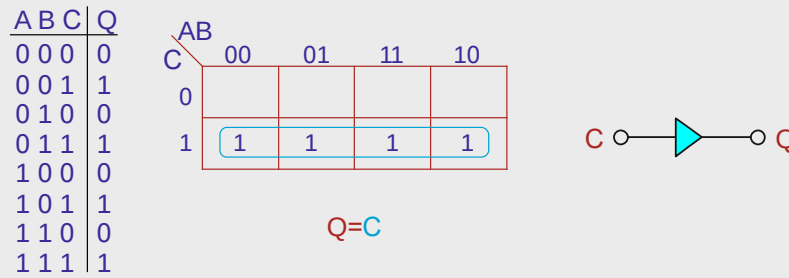
Örnek 3: Üç değişkenli bir devrede anahtarlardan en az biri kapandığında çıkışındaki LED'i yakan devreyi karnaugh haritası ile tasarlayarak lojik devresini çiziniz.

Çözüm:



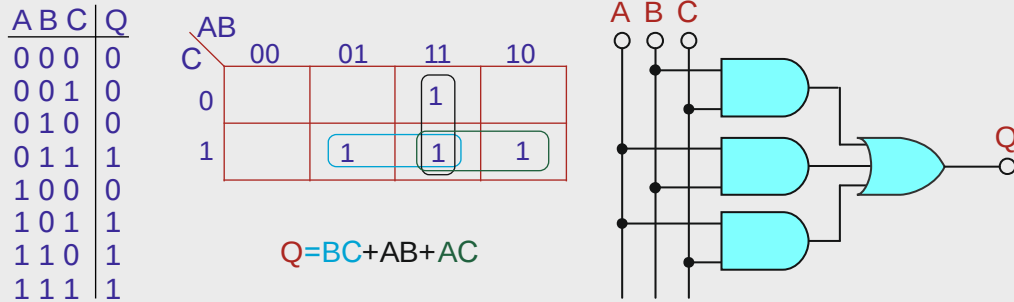
Örnek 4: Üç değişkenli sayıcı devresinde sadece tek sayılarda çıkışındaki LED'i yakan devreyi karnaugh haritası ile tasarlayarak lojik devresini çiziniz.

Çözüm:



Örnek 5: Üç değişkenli bir devrede anahtarlardan en az ikisi kapandığında çıkışındaki LED'i yakan devreyi karnaugh haritası ile tasarlayarak lojik devresini çiziniz.

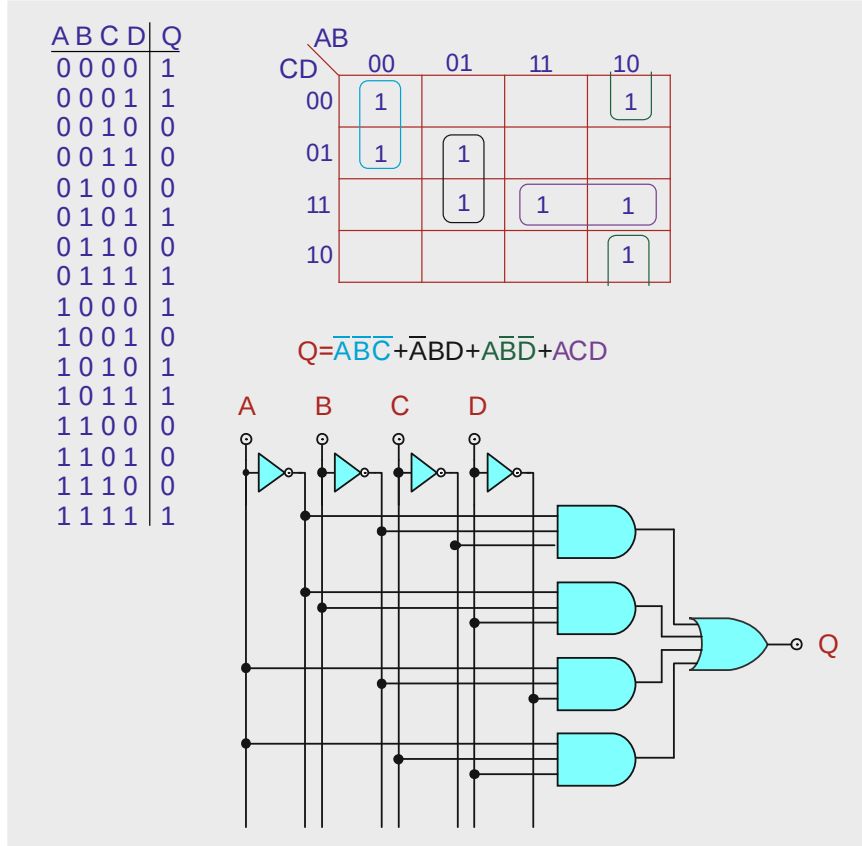
Çözüm:





Örnek 6: Aşağıda verilen dört değişkenli bir devrenin doğruluk tablosuna göre çıkışındaki LED'i yakan devreyi karnaugh haritası ile tasarlayarak lojik devresini çiziniz.

Çözüm:



6.2. BİRLEŞİK MANTIK DEVRELERİ

Mantık kapılarının birleşimi ile meydana gelmiş devrelere **birleşik mantık devreleri** denir. Birleşik mantık devreleri giriş değişkenleri, mantık kapıları ve çıkış değişkenlerinden oluşur. Girişte verilen değerleri işleyerek çıkışta yeni bilgiler üretir.

6.2.1. Kod Çözücüler (Decoder)

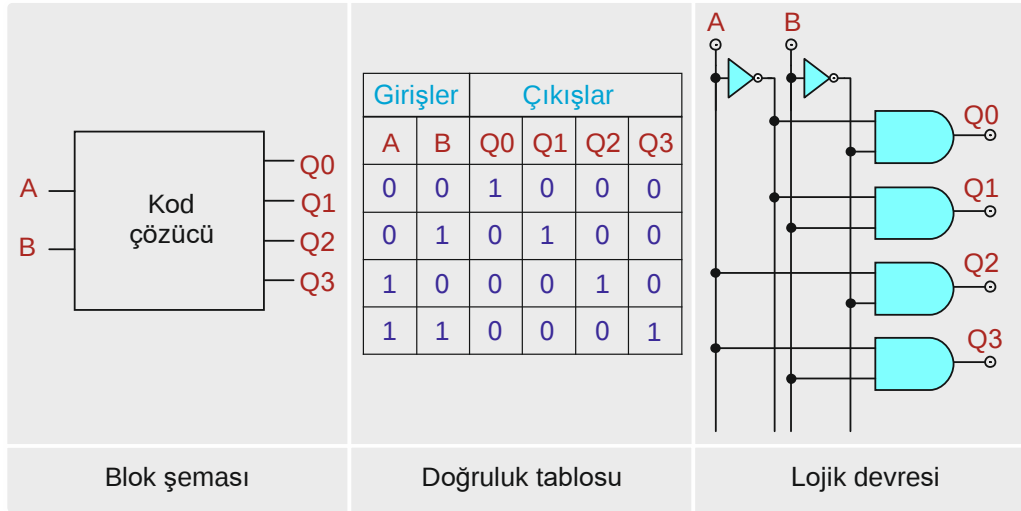
İkili sistemde belirtilen bilgilerin anlaşılır şekle dönüştürülmesine **kod çözücü**, bu işi yapan devrelere **kod çözücü (decoder) devre** denir. Diğer bir ifade ile n sayıdaki giriş hattından gelen ikili bilgileri, maksimum 2^n sayıda çıkış hattına dönüştüren lojik devreye **kod çözücü devresi** denir. İkilik sayı sisteminde kodlanmış bilgileri, anlaşılması daha kolay bilgilere dönüştürür. Birçok çeşidi vardır.

6.2.1.1. İki Girişli Dört Çıkışlı Kod Çözücü

İki girişli kod çözücünün ($2^n = 2^2 = 4$) dört adet çıkışı vardır. Girişlerinden gelen lojik bilgiye göre ilgili çıkış aktif olur. Lojik uygulamalarda girişe gelen bilginin çıkışa aktarılmasına göre farklılık gösterir.



Görsel 6.22'de iki girişli dört çıkışlı 1'de aktif kod çözücünün blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.

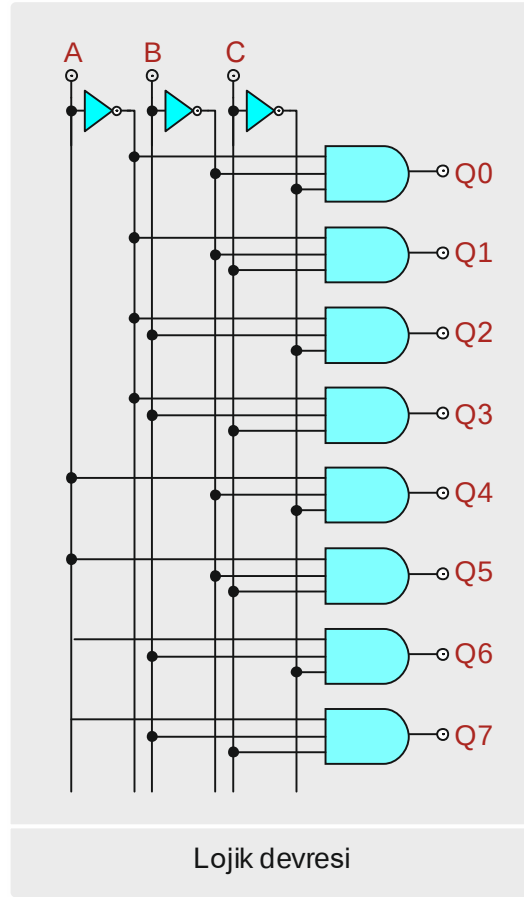


Görsel 6.22: İki girişli dört çıkışlı 1'de aktif kod çözücü

6.2.1.2. Üç Girişli Sekiz Çıkışlı Kod Çözücü

Üç girişli kod çözücünün ($2^n = 2^3 = 8$) sekiz adet çıkışı vardır. Girişlerinden gelen lojik bilgiye göre ilgili çıkış aktif olur. Görsel 6.23'te üç girişli sekiz çıkışlı 1'de aktif kod çözücünün blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.

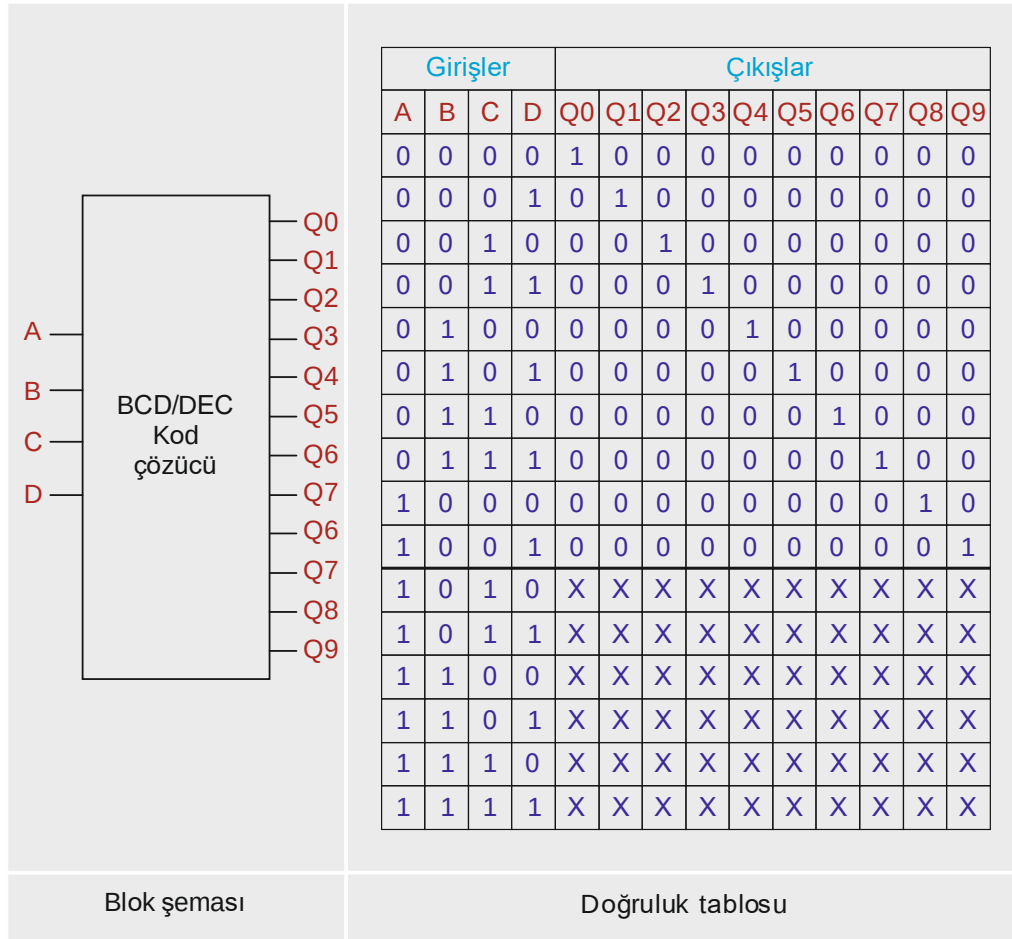




Görsel 6.23: Üç girişli sekiz çıkışlı 1'de aktif kod çözücü

6.2.1.3. BCD Giriş Desimal Çıkış Kod Çözücü

Desimal sayı sistemindeki rakamların ikilik sayı sisteminde 4 bitlik kodlanmasına **BCD (Binary Coded Decimal-baynari kodı desimal)** denir. BCD kod çözücünün doğal olarak dört girişi vardır. On tane rakamın karşılığı olarak on tane de çıkışı bulunur. Görsel 6.24'te BCD giriş desimal çıkış kod çözücünün blok şeması ve doğruluk tablosu gösterilmiştir. BCD kod çözücü entegrelerine örnek olarak 7445 ve 7442 verilebilir.



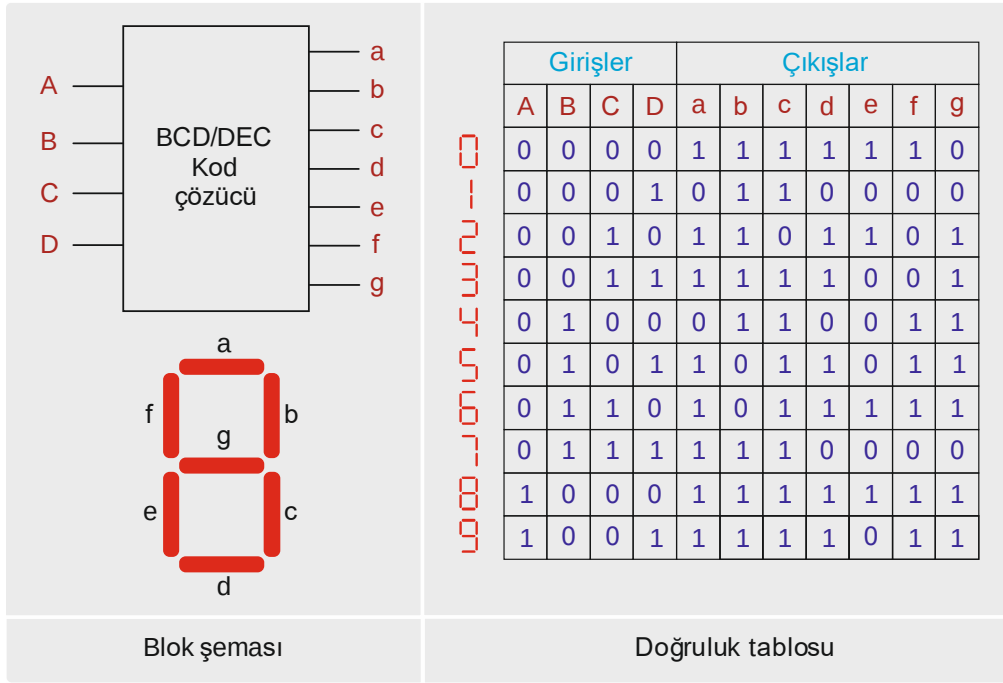
Görsel 6.24: BCD giriş desimal çıkış kod çözücü

6.2.1.4. BCD Giriş 7 Segment Çıkış Kod Çözücü

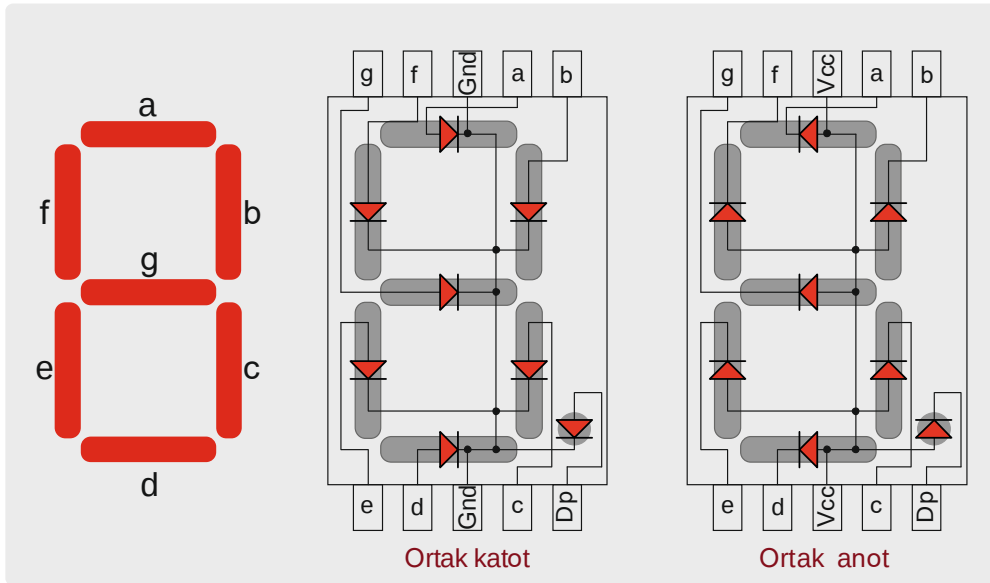
7 segment display (gösterge) 0-9 arası rakamları göstermek için kullanılan devre elemanıdır. Görsel 6.25'te 7 segment displayin blok şeması ve doğruluk tablosu görülmektedir. 7 segment, yedi adet LED'in uygun bağlanması ile elde edilir. Displayler, LED bağlantılarına göre ortak anot ve ortak katot olmak üzere iki çeşittir. Görsel 6.26'da ortak anot ve ortak katot displayler ve iç bağlantıları görülmektedir.

Örneğin displaylerde 2 sayısını görebilmek için **a, b, g, e, d** segmentlerine ortak anot display için lojik 0 (-), ortak katot display için lojik 1 (+) verilmesi gerekir.

BCD giriş 7 segment çıkış kod çözücü devreleri, 7 segment displayleri sürmek için geliştirilmiştir. BCD giriş 7 segment çıkış kod çözücü entegrelerine örnek olarak 4055, 4056, 4511, 4543, 7446, 7447 ve 7448 verilebilir.



Görsel 6.25: 7 segment displayin blok şeması ve doğruluk tablosu



Görsel 6.26: Ortak anot ve ortak katot 7 segment displayler iç bağlantıları

6.2.2. Kodlayıcılar (Encoder)

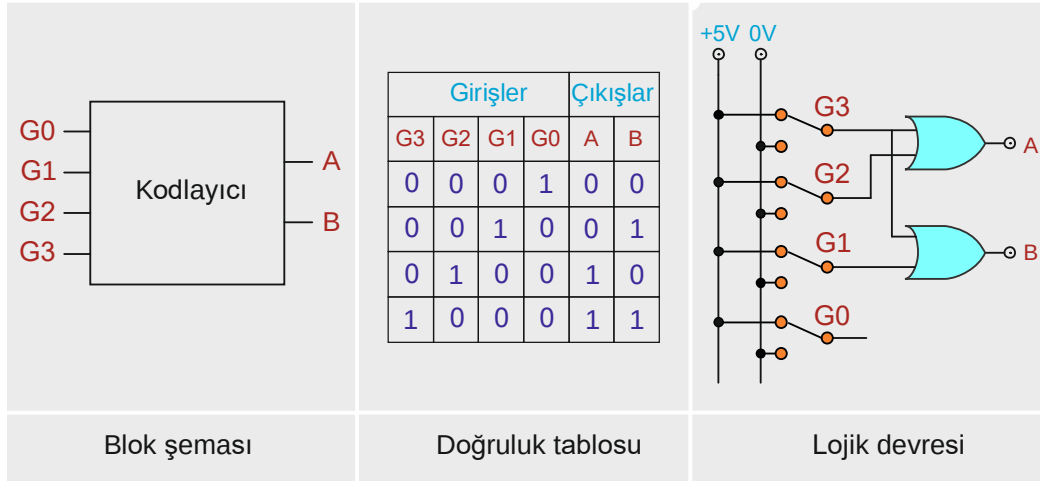
İkili sistemde belirtilen bilgilerin anlaşılır şekle dönüştürülmesine **kod çözücü**, bu işi yapan devrelere **kod çözücü (decoder) devre** denir. Diğer bir ifade ile n sayıdaki giriş hattından gelen ikili bilgileri, maksimum 2^n sayıda çıkış hattına dönüştüren lojik devreye **kod çözücü devresi** denir. İkili sayı sisteminde kodlanmış bilgileri, anlaşılması daha kolay bilgilere dönüştürür. Birçok çeşidi vardır.

6.2.2.1. 2 Bitlik Kodlayıcı

2 bitlik kodlayıcı devresine **4'ten 2'ye kodlayıcı** da denir. 2 bitlik kodlayıcı devresinde dört adet giriş ucu iki adet çıkış ucu vardır. Girişlerinden gelen bilgiye göre çıkışlarında lojik bilgi oluşur.



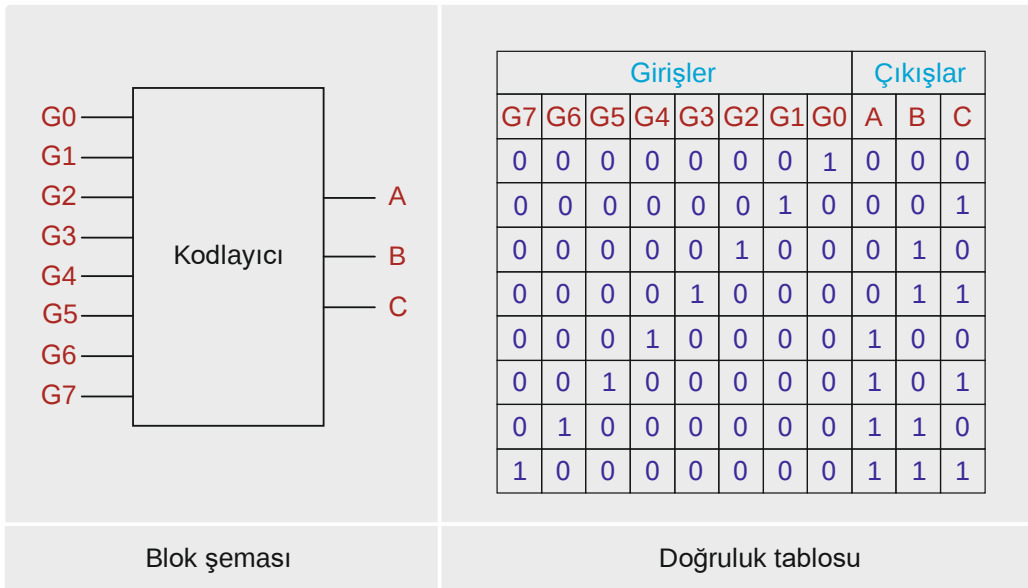
Görsel 6.27’de iki bitlik kodlayıcının blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.

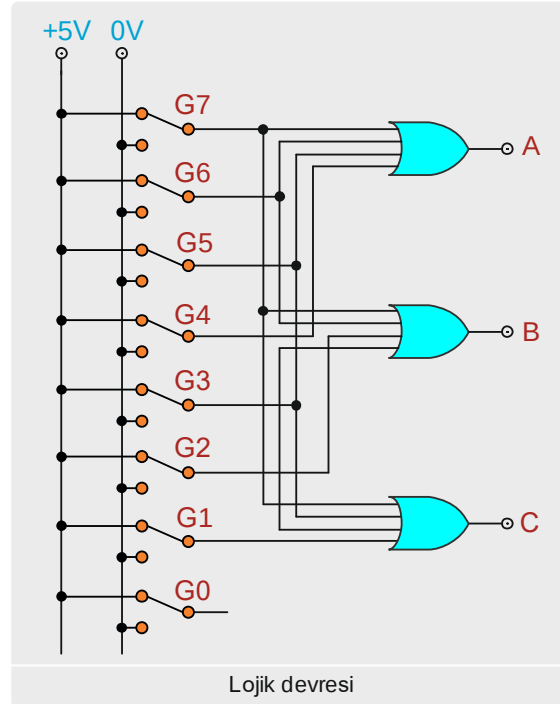


Görsel 6.27: 2 bitlik kodlayıcı blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi

6.2.2.2. 3 Bitlik Kodlayıcı

3 bitlik kodlayıcı devresine **8’den 3’e kodlayıcı** da denir. 3 bitlik kodlayıcı devresinde sekiz adet giriş ucu, üç adet çıkış ucu vardır. Görsel 6.28’de 3 bitlik kodlayıcının blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.

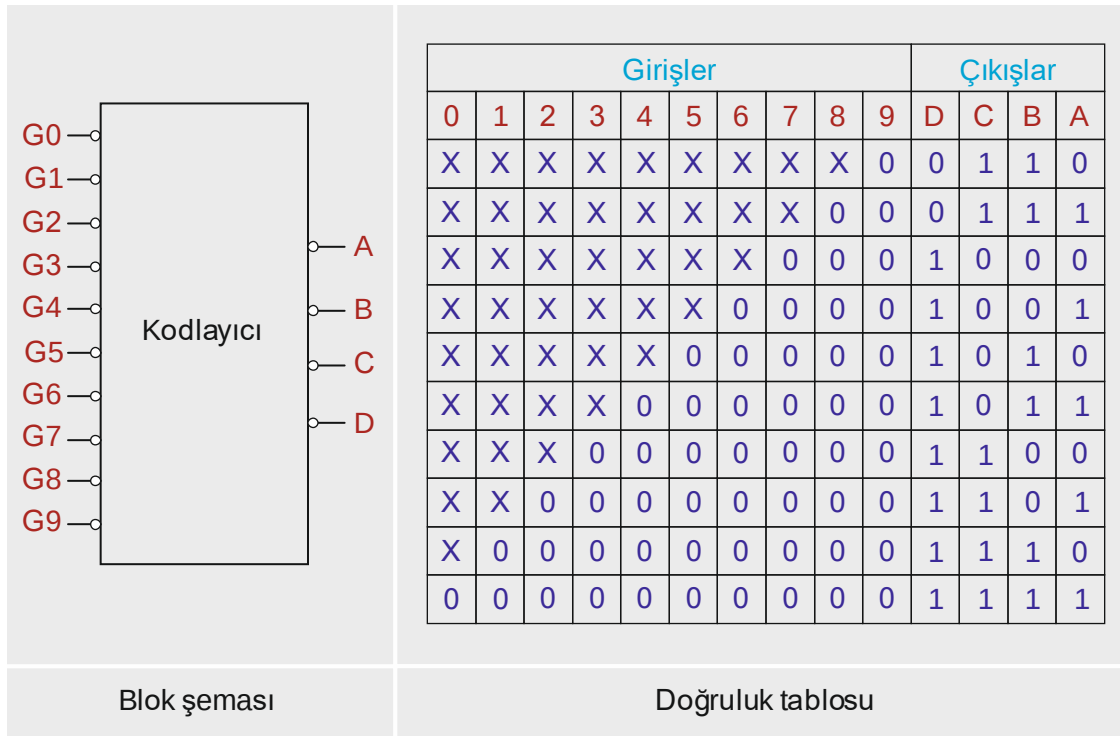




Görsel 6.28: 3 bitlik kodlayıcı blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi

6.2.2.3. Desimal Giriş BCD Çıkış Kodlayıcı

Desimal giriş BCD çıkış kodlayıcılar, 0-9 arası rakamların BCD (Binary Coded Decimal-ikilik sisteme kodlanmış desimal) kodunda karşılığını verir. BCD kodlayıcının on tane rakamın karşılığı olarak on tane giriş ucu ve dört tane de çıkış ucu vardır. Görsel 6.29'da desimal giriş BCD çıkış kodlayıcının blok şeması ve doğruluk tablosu gösterilmiştir. BCD kodlayıcı entegresine örnek olarak 74147 verilebilir.

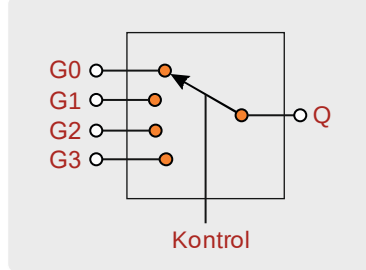


Görsel 6.29: Desimal giriş BCD çıkış kodlayıcı blok şeması ve doğruluk tablosu

6.2.3. Multiplexer

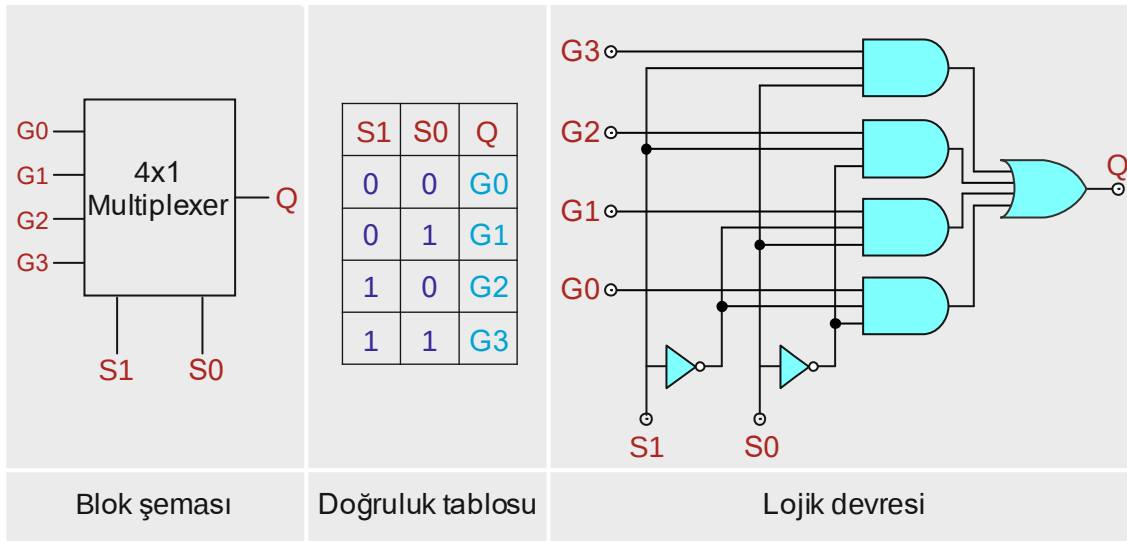
Birden fazla girişı olan ve bu girişlerden istenen birinin çıkışa aktarılması işlemini yapan devrelere **multiplexer** denir. Paralel bilgiyi seri bilgiye çevirir. 2^n tane giriş içerisinde, n adet seçme uçları yardımıyla seçilen giriş çıkışa aktaran devrelerdir.

Görsel 6.30'da multiplexer devresinin mekanik modellemesi görülmektedir. Kontrol ucu yardımıyla, komitatör G_0 , G_1 , G_2 ve G_3 uçlarından herhangi birinde bırakılabilir. Örneğin Görsel 6.30'da G_0 ucunda bırakılmıştır. Dolayısıyla çıkışa G_0 ucundaki bilgi aktarılır.



Görsel 6.30: Dört girişli multiplexerın mekanik modellemesi

Görsel 6.31'de dört çıkışlı multiplexer'ın blok şeması, lojik devresi ve doğruluk tablosu görülmektedir. Blok diyagramında G_3 , G_2 , G_1 ve G_0 giriş uçlarını, S_1 ve S_0 seçme (kontrol) uçlarını ve Q çıkış ucunu ifade etmektedir. Seçme uçları ile çıkışa hangi girişin aktarılacağı belirtilir. Örneğin seçme uçları $S_1=0$ ve $S_0=0$ ise G_0 girişı çıkışa aktarılır.



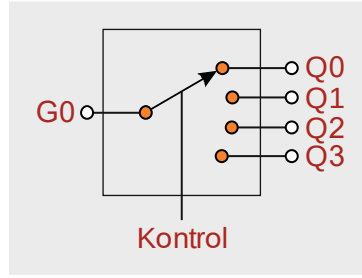
Görsel 6.31: Dört girişli multiplexer blok şeması, lojik devresi ve doğruluk tablosu

6.2.4. Demultiplexer

Girişteki bilgiyi, birden fazla sayıda çıkıştan istenen birine aktarılması işlemini yapan devrelere **demultiplexer** denir. Seri bilgiyi paralel bilgiye çevirir. Girişteki bilgiyi n adet seçme uçları yardımıyla 2^n tane çıkış içerisinde seçilen çıkışa aktaran devrelerdir.

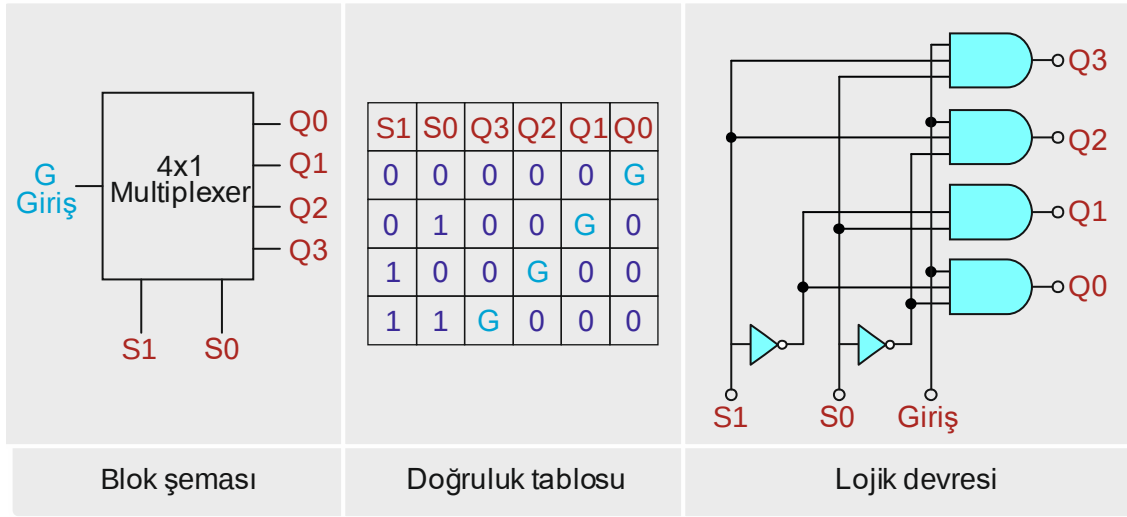
Görsel 6.32'de demultiplexer devresinin mekanik modellemesi görülmektedir. Kontrol ucu yardımıyla komitatör Q_0 , Q_1 , Q_2 ve Q_3 uçlarından herhangi birinde bırakılabilir.

Örneğin görsel 6.32’de Q0 ucunda bırakılmıştır. Dolayısıyla girişteki bilgi Q0 çıkışına aktarılır.



Görsel 6.32: Dört çıkışlı demultiplexerin mekanik modellemesi

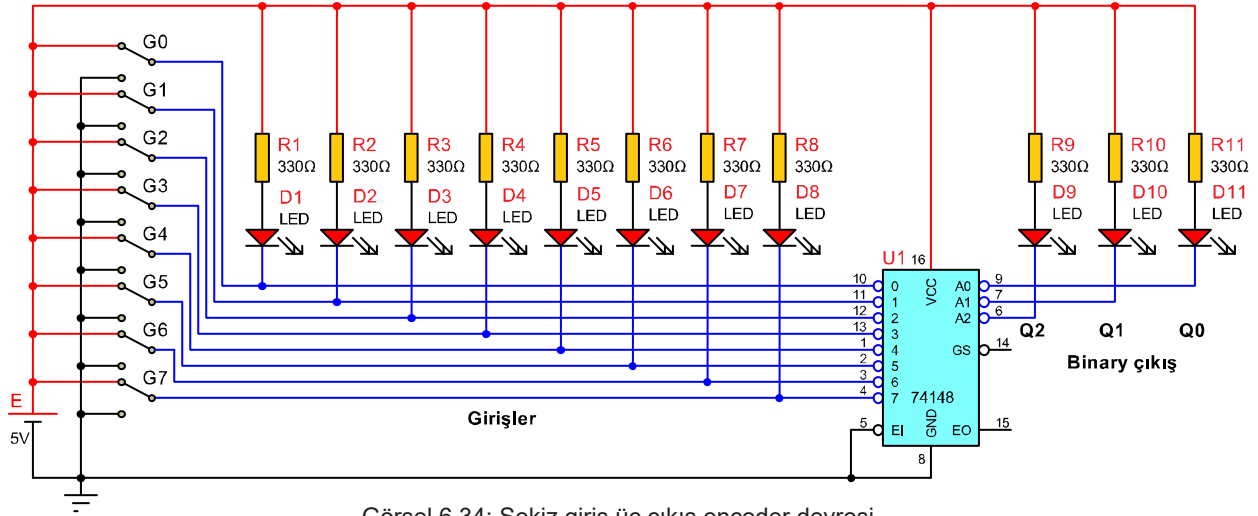
Görsel 6.33’te dört çıkışlı multiplexerin blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir. Blok şemasında Q3, Q2, Q1 ve Q0 çıkış uçlarını, S1 ve S0 seçme (kontrol) uçlarını ve G giriş ucunu ifade etmektedir. Seçme uçları ile girişin hangi çıkışa aktarılacağı belirtilir. Örneğin seçme uçları S1=0 ve S0=0 ise G girişi Q0 çıkışına aktarılır.



Görsel 6.33: Dört çıkışlı demultiplexer blok diyagramı, doğruluk tablosu ve lojik devresi

AMAÇ: Encoder uygulaması yapmak.

Görsel 6.34'teki sekiz giriş üç çıkış kodlayıcı devresinde girişler 0-7 arası onluk sayı sistemindeki rakamlardan oluşurken çıkışlar 3 bitlik (basamaklı) ikilik (binary) sayı sisteminden oluşmaktadır. Bu devre onluk sayı sisteminin ikilik sayı sistemindeki karşılığını göstermektedir. Devrede LED'lerin yanık durumu lojik 1'i ifade ederken LED'lerin sönük durumu lojik 0'ı ifade etmektedir. 74148 entegresinde girişler ve çıkışlar aktif 0'dır. Yüksek öncelikli kodlayıcı olduğundan girişteki en yüksek değerlikli biti dikkate alır.



Görsel 6.34: Sekiz giriş üç çıkış encoder devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 74148
Direnç	11x 330 Ω
LED diyot	11x Kırmızı
Anahtar	8x3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.34'daki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Anahtara bağlı LED'in yanması 1, sönük olması 0 anlamını taşır. Giriş anahtarlarının sadece biri aktif olacak şekilde sırasıyla konumlarını 1 yapacak şekilde ayarlayınız. Her bir girişin aktif olma durumuna göre Q çıkış ifadelerinin durumlarını Tablo 6.11'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.11: Sekiz Giriş Üç Çıkış Encoder

Kod Girişleri								Kod Çıkışları		
G_0	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5	G_6	G_7	Q_2	Q_1	Q_0
1	0	0	0	0	0	0	0			
0	1	0	0	0	0	0	0			
0	0	1	0	0	0	0	0			
0	0	0	1	0	0	0	0			
0	0	0	0	1	0	0	0			
0	0	0	0	0	1	0	0			
0	0	0	0	0	0	1	0			
0	0	0	0	0	0	0	1			
0	0	0	0	0	0	0	1			
X	X	X	X	X	X	X	1			

SORULAR

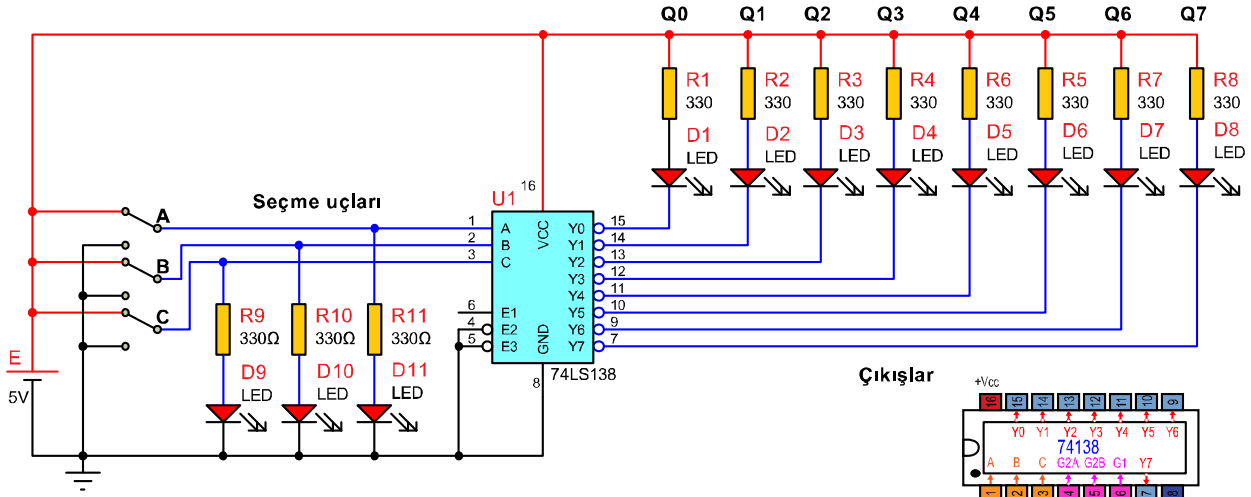
1. Çıkışta dört LED olursa (4 bit) girişte en fazla kaç anahtar kullanılır? Yazınız.
2. HIGH ve LOW ifadelerinin lojik karşılıkları nedir? Belirtiniz.
3. İki konumlu anahtar yerine tek konumlu anahtar kullanılırsa nasıl bir istenmeyen durum ortaya çıkabilir? Yazınız.
4. Encoder ve öncelikli kodlayıcı nedir? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Decoder uygulaması yapmak.

Görsel 6.35'teki üç giriş sekiz çıkış kod çözücü devresinde girişler 3 bitlik ikilik sayı sisteminden oluşurken çıkışlar 0-7 arası onluk sayı sistemindeki rakamlardan oluşmaktadır. Bu devre ikilik sayı sisteminin onluk sayı sistemindeki karşılığını göstermektedir. A, B, C anahtarlarıyla girişten 3 bitlik binary sayı oluşturulurken çıkışta onluk sistemde karşılığı olan bir LED yanar. A basamağı ikilik sayısının en düşük (1'ler) basamağıdır. B basamağı ikiler basamağı, C basamağı dörtler basamağıdır.



Görsel 6.35: Üç giriş sekiz çıkış decoder devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 74LS138
Direnç	11x 330 Ω
LED diyot	11x Kırmızı
Anahtar	3x3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.35'deki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. A,B,C anahtarlarının durumlarını Tablo 6.12'deki sırayla giriniz. 1 ifadesi, ilgili anahtara ait LED'in yanması anlamına gelmektedir. Girişteki anahtarın durumuna göre çıkışta sadece bir anahtar yanar. Her bir girişin için Q çıkış ifadelerinin durumlarını Tablo 6.12'ye yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.12: Üç Giriş Sekiz Çıkış Decoder

Girişler			Çıkış							
C	B	A	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇
0	0	0								
0	0	1								
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

SORULAR

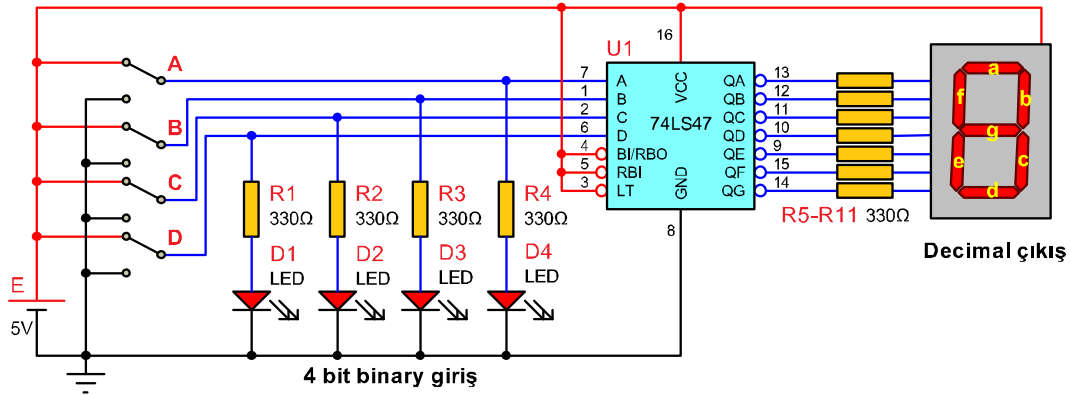
1. Çıkışta 16 LED olursa (4 bit) girişte kaç anahtar kullanılır? Yazınız.
2. Devredeki 5 V ve 0 V gerilimlerinin lojik karşılıkları nedir? Açıklayınız.
3. D girişi olsaydı ikilik sayı sistemin hangi basamağı olurdu? Belirtiniz.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: 7 segment display kod çözücü uygulaması yapmak.

Görsel 6.36'daki devrede 4 bitlik binary sayıları 7 segment displayde decimal olarak gösteren kod çözücü görülmektedir. 0000-1001 arasındaki ikilik sayılar, 0-9 rakamları olarak görünür. Rakamlar displaydeki yedi adet LED'in uygun şekilde yanmasıyla oluşur. Her LED gösterge üzerinde küçük harflerle isimlendirilmiştir



Görsel 6.36: 7 segment display kod çözücü devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 74LS47
Direnç	11x 330 Ω
LED diyot	4x Kırmızı
Anahtar	4x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch
Display	1x 9 mm Ortak Anot 7 Segment Display-Kırmızı

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.36'deki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. A,B,C,D anahtarlarının durumlarını Tablo 6.13'teki sırayla giriniz.
4. Her bir girişin için çıkışta yanan LED'in harfini Tablo 6.13'e 1 olarak sönmük olan LED'lerin harfini 0 olarak yazınız.



KOD=35386



DEĞERLENDİRME

Tablo 6.13: 7 Segment Display Kod Çözücü Devresi

Girişler			Çıkışlar							
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0							
0	0	0	1							
0	0	1	0							
0	0	1	1							
0	1	0	0							
0	1	0	1							
0	1	1	0							
0	1	1	1							
1	0	0	0							
1	0	0	1							

SORULAR

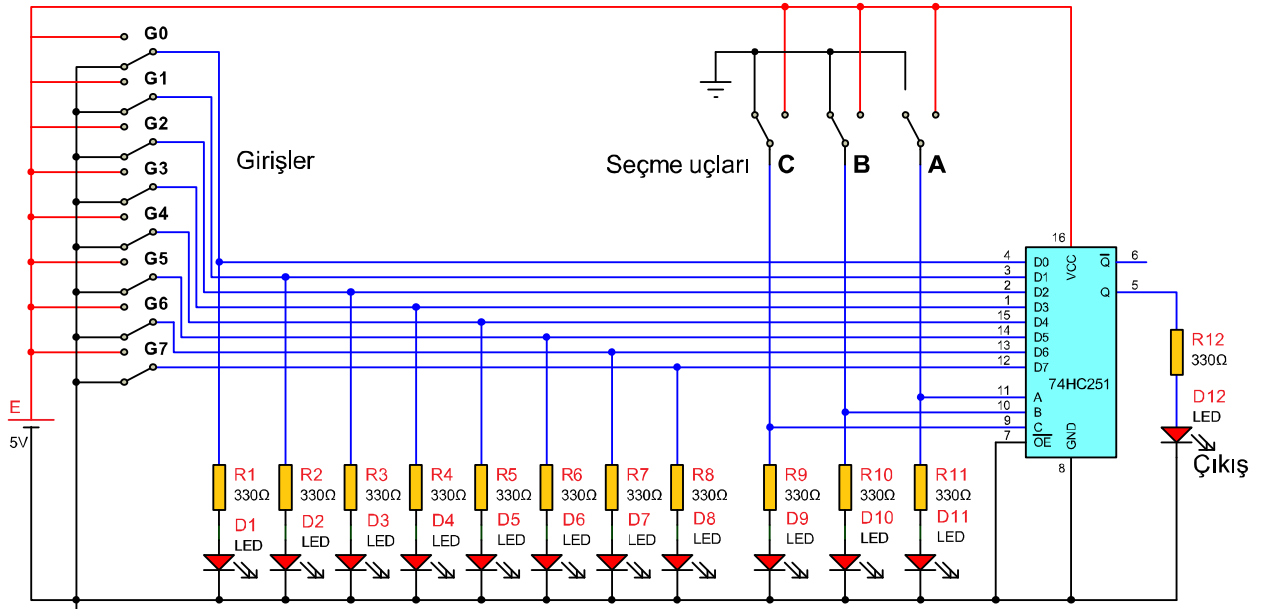
1. 1001-1111 arasındaki sayılar displayde nasıl görünür? Deneyiniz.
2. D girişi olmasaydı çıkışta en büyük hangi rakam görünürdü? Yazınız.
3. BCD giriş 7 segment çıkış kod çözücüde giriş (1010) 2 olduğunda göstergede hangi rakam görülür? Belirtiniz.
4. BCD giriş 7 segment çıkış kod çözücüde göstergede 5 rakamının görülmesi için girişe hangi bilgi uygulanmalıdır? Yazınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Multiplexer uygulaması yapmak.

Görsel 6.37'deki multiplexer devresi 3 bitlik A, B, C seçme uçlarıyla sekiz girişten birini seçerek çıkışa aktarır. Çıkıştaki LED, seçme uçları ile seçilmiş girişin durumunu gösterir. Örneğin CBA 001 şeklinde ayarlandığında G1 girişi seçilir ve G1'in lojik değeri çıkışa aktarılır. Diğer girişlerin bu anda çıkışa etkisi yoktur.



Görsel 6.37: Multiplexer devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Entegre	1x 4077
Direnç	12x 330 Ω
LED diyot	12x Kırmızı
Anahtar	11x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.37'deki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Tablo 6.14'de A, B, C anahtarları sırasıyla ayarlayarak hangi girişin seçildiğini yazınız.
4. CBA 010 şeklinde ayarlayarak G1 girişini seçiniz. G1 girişindeki bilgiyi değiştirerek çıkıştaki LED'i gözlemleyiniz ve Tablo 6.14'e yazınız.
5. CBA 010 şeklinde ayarlıyken G1 dışındaki giriş bilgilerini değiştirerek çıkıştaki LED'i gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.14: Multiplexer Devresi

Girişler			Çıkış							
C	B	A	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇
0	0	0								
0	0	1								
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

SORULAR

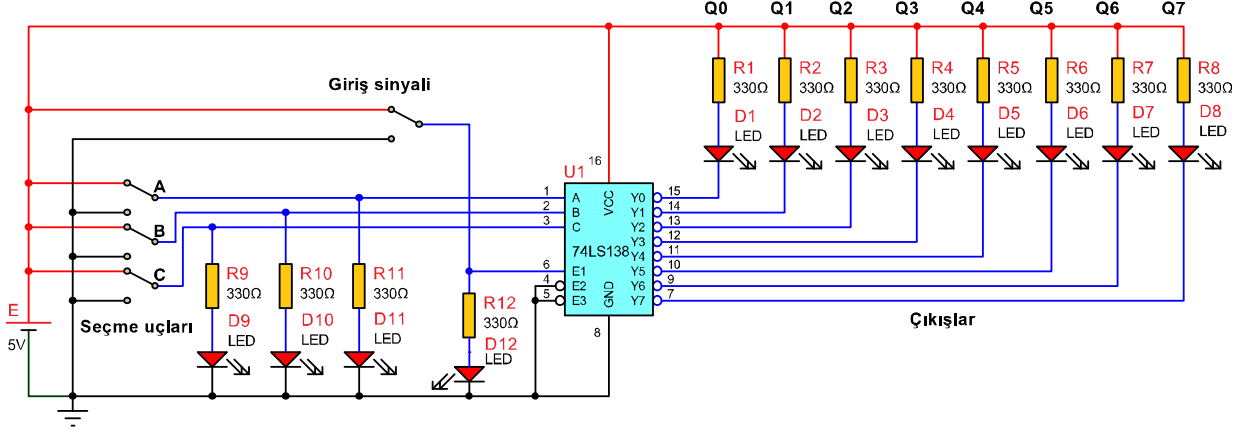
1. A, B, C basamaklarından hangisi en yüksek değerlikli bittir (en büyük basamaktır.)? Yazınız.
2. D5 ve D12 LED'lerini yanıyorsa devrede hangi anahtarlar kapalı (1) konumdadır? Yazınız.
3. Multiplexer nedir? Yazınız.
4. Dört adet seçme ucuna sahip bir multiplexer ile kaç adet giriş verisi seçilebilir? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Demultiplexer uygulaması yapmak.

Görsel 6.38'deki demultiplexer devresi, giriş sinyalini 3 bitlik seçme uçlarıyla sekiz adet çıkıştan birine aktarır. Giriş sinyali anahtarı açık konumdaysa (0) çıkışlardan hiçbirisi yanmaz.



Görsel 6.38: Demultiplexer devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 4077
Direnç	12x 330 Ω
LED diyot	12x Kırmızı
Anahtar	4x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.38'deki devreyi kurunuz. Devreye enerji veriniz.
2. Giriş sinyali anahtarını kapalı (1) konumuna alınız.
3. TCBA konumlarını sırasıyla ayarlayarak karşılık gelen çıkış bilgisini 1 olarak Tablo 6.15'e işaretleyiniz.
4. CBA 010 ayarlayarak Q2 seçiniz. Giriş sinyali anahtarını birkaç kez aç kapa yaparak çıkışı gözlemleyiniz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.15: Demultiplexer Çıkış Fonksiyonu

Girişler			Çıkış							
C	B	A	Q ⁰	Q ¹	Q ²	Q ³	Q ⁴	Q ⁵	Q ⁶	Q ⁷
0	0	0								
0	0	1								
0	1	0								
0	1	1								
1	0	0								
1	0	1								
1	1	0								
1	1	1								

SORULAR

1. A, B, C basamaklarından hangisi en yüksek değerlikli bittir (En büyük basamaktır.) Yazınız.
2. D5 ve D12 LED'lerini yanıyorsa devrede hangi anahtarlar kapalı (1) konumdadır? Açıklayınız.
3. Demultiplexer nedir? Yazınız.
4. Dört adet seçme ucuna sahip bir demultiplexer ile dağıtılacak çıkış sayısı kaç tane olabilir? Açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



6.3. ARİTMETİK MANTIK DEVRELERİ

İkilik sayılarda dört işlem yapan devrelere **aritmetik mantık devreleri** denir.

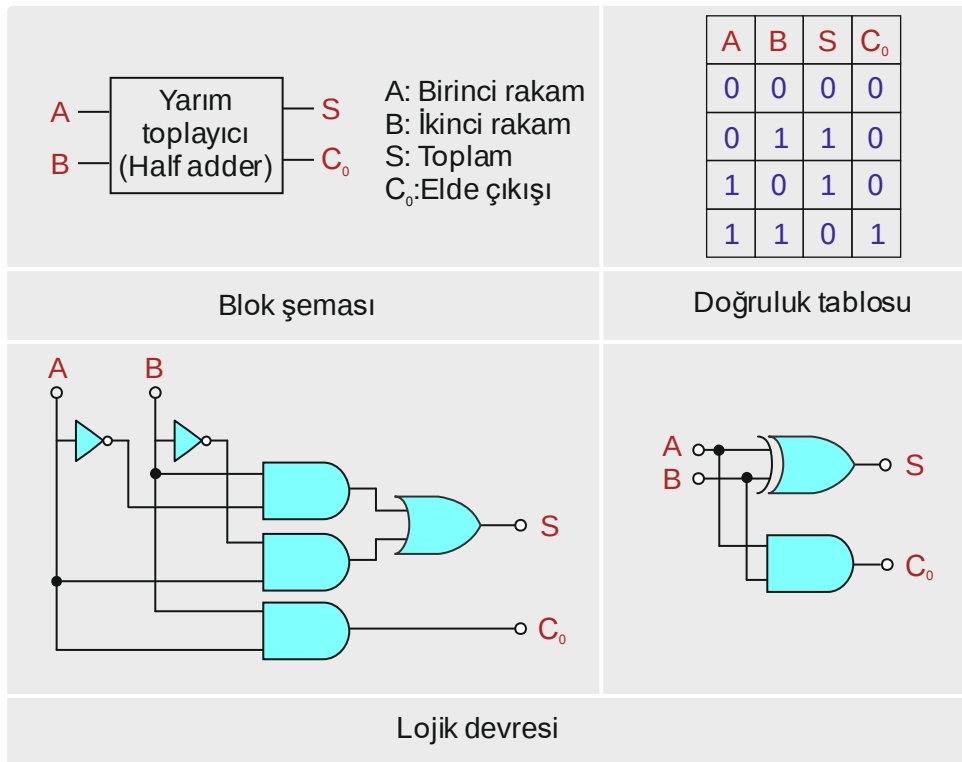
6.3.1. Toplayıcı (Adder) Devreleri

Toplayıcı devreleri, bir bitlik A ve B gibi ikilik sayıları toplayarak çıkışa lojik olarak aktaran devrelerdir. İkilik sayıları toplarken boolean ifadelerindeki kurallar geçerlidir.

0+0=0, 0+1=1, 1+0=1, 1+1=10 (Elde (C_0)=1, Toplam(S)=0)

6.3.1.1. Yarım Toplayıcı (Half Adder)

Girişindeki bir bitlik iki sayıyı toplar ve çıkışında toplam (S) ve elde (C_0) olmak üzere iki çıkışı vardır. Yarım toplayıcılarda elde girişi yoktur. Görsel 6.39'da yarım toplayıcının blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.



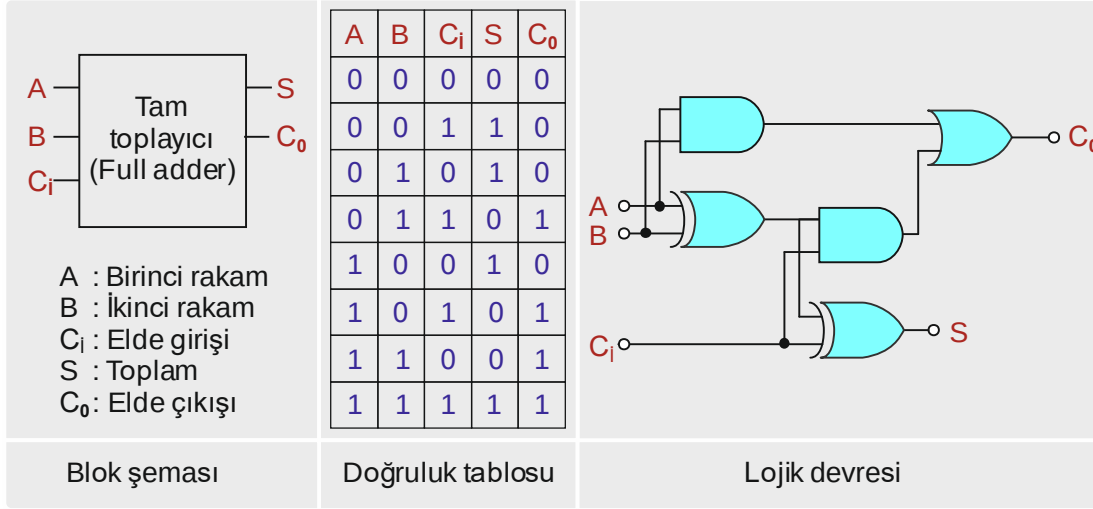
Görsel 6.39: Yarım toplayıcı

6.3.1.2. Tam Toplayıcı (Full Adder)

Girişindeki bir bitlik üç sayıyı toplayan devreye **tam toplayıcı** denir. Yarım toplayıcıdan farkı elde girişinin olmasıdır. Bu devre iki yarım toplayıcı ve bir OR kapısından oluşur.



Görsel 6.40'da tam toplayıcının blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.



Görsel 6.40: Tam toplayıcı

6.3.2. Çıkarıcı (Subtractor) Devreleri

Çıkarıcı devreleri, A ve B gibi bir bitlik ikilik sayıların farkını alarak çıkışa lojik olarak aktaran devrelerdir. İkilik sayıların farkını alırken boolean ifadelerindeki kurallar geçerlidir.

$$0-0=0, \quad 1-0=1, \quad 1-1=0 \quad 0-1=1 \text{ (Borç (B}_0\text{)=1, Fark(D)=1)}$$

6.3.2.1. Yarım Çıkarıcı (Half Subtractor)

Girişindeki bir bitlik iki sayıyı çıkarır. Çıkışında fark (D) ve borç (B₀) olmak üzere iki çıkışı vardır. Görsel 6.41'de yarım çıkarıcının blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir

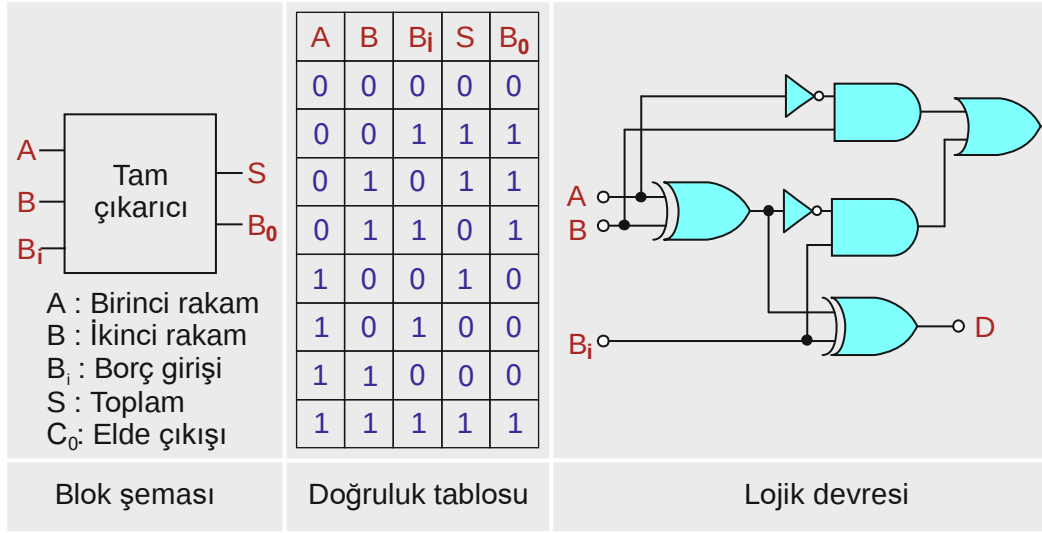


Görsel 6.41: Yarım çıkarıcı

6.3.2.2. Tam Çıkarıcı (Full Subtractor)

Girişinde A ve B bitleri ile birlikte borç girişi (B₁) vardır. Çıkışında ise fark (D) ve borç çıkışı (B₀) bulunur. Bu devre iki yarım çıkarıcı ve bir OR kapısından oluşur.

Görsel 6.42'de tam çıkarıcının blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.



Görsel 6.42: Tam çıkarıcı

6.3.3. Karşılaştırıcı (Comparator) Devreleri

A ve B değerindeki iki sayıyı lojik bitleri olarak karşılaştıran ve sonucu istenen şartlara uygun çıkışa yansıtan devrelere **karşılaştırıcı devreleri** denir. İki sayıyı lojik olarak büyük (>), eşit (=) veya küçük (<) şekillerinde karşılaştırarak durumu çıkışta gösterir. Görsel 6.43'te iki bitlik karşılaştırıcının blok şeması, doğruluk tablosu ve lojik devresi görülmektedir.

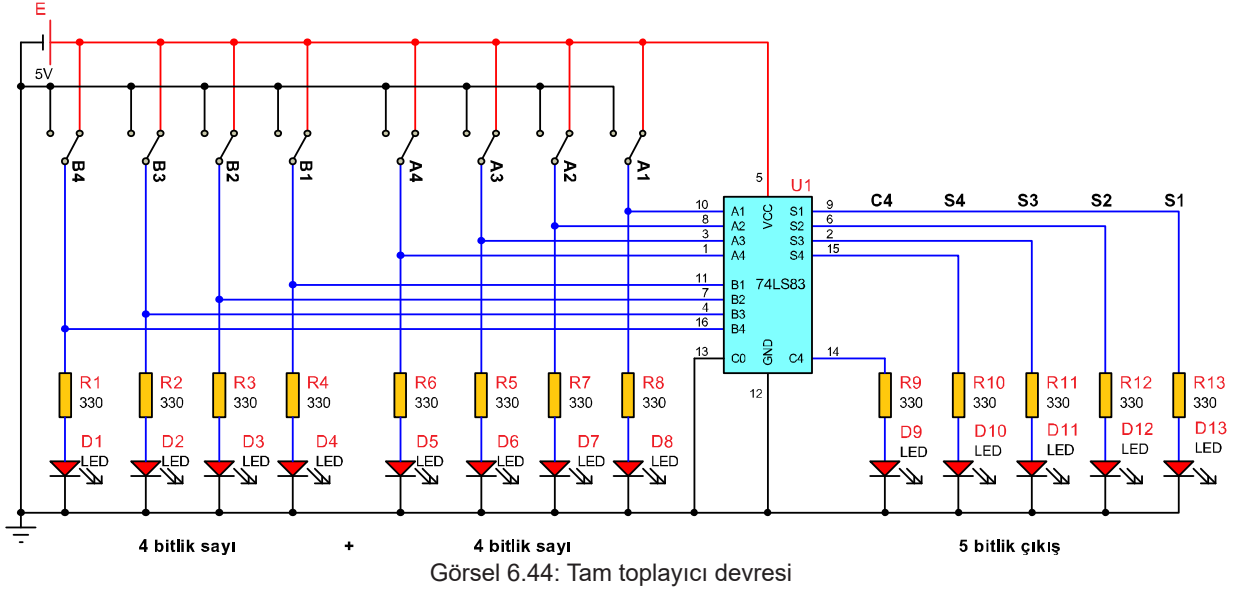


Görsel 6.43: İki bitlik karşılaştırıcı



AMAÇ: Tam toplayıcı uygulaması yapmak.

Görsel 6.44'teki tam toplayıcı devresi iki adet 4 bitlik sayıyı toplar. Toplam sonucunda elde oluştursa elde C4 çıkışında görülür.



Görsel 6.44: Tam toplayıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 74LS83
Direnç	13x 330 Ω
LED diyot	13x Kırmızı
Anahtar	8x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.44'teki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Tablo 6.16'daki giriş bilgilerine göre toplam sonuçlarını yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.16: Tam Toplayıcı Devresi

B4	B3	B2	B1	A4	A3	A2	A1	C4	S4	S3	S2	S1
0	0	1	1	0	0	0	0					
0	1	0	1	0	0	0	1					
0	1	1	1	1	0	1	0					
1	0	0	0	1	0	1	1					
1	1	1	1	1	1	0	0					



SORULAR

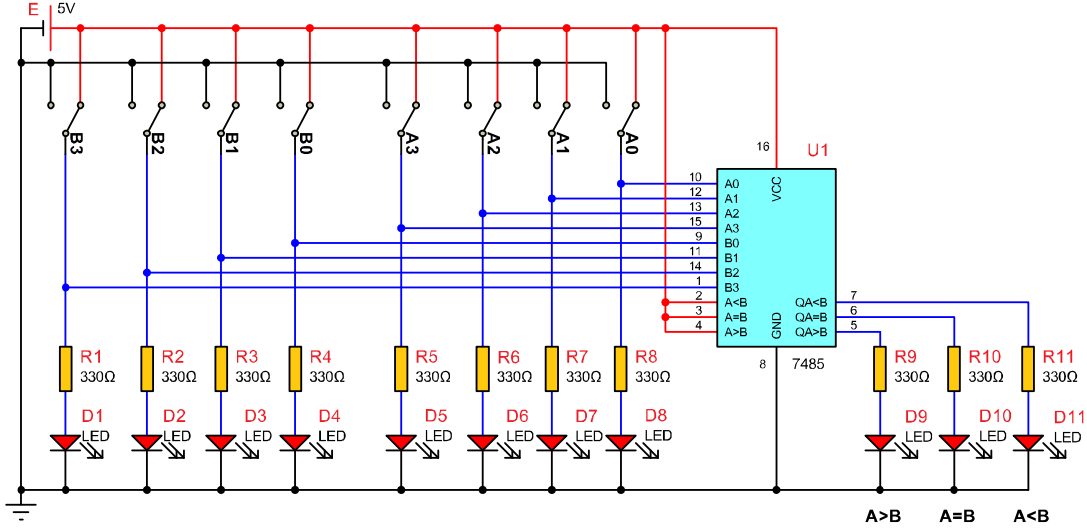
1. Toplama işlemimde elde biti hangi durumda oluşur? Yazınız.
2. 5 bitlik sayı 4 bitlik sayının kaç katıdır? Yazınız.
3. Yukarıdaki 4 bitlik tam toplayıcı devresi ile oluşabilecek en büyük toplam sonucunun decimal karşılığı kaçtır? İşlem yaparak açıklayınız.
4. Yarım toplayıcı lojik devresini ve doğruluk tablosunu çiziniz.
5. Yarım toplayıcı ile tam toplayıcı arasındaki farkı açıklayınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Tam karşılaştırıcı uygulaması yapmak.

Görsel 6.45'teki karşılaştırıcı devresi iki adet 4 bitlik sayıyı karşılaştırır. 4 bitlik A sayısı, 4 bitlik B sayısından büyükse çıkışta A>B LED'i yanar. Birbirine eşitse A=B LED'i yanar. A sayısı B'den küçükse çıkışta A<B LED'i yanar.



Görsel 6.45: Tam karşılaştırıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 74LS83
Direnç	11x 330 Ω
LED diyot	11x Kırmızı
Anahtar	8x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.45'teki devreyi kurunuz.
3. Tablo 6.17'deki giriş bilgilerine göre çıkışı doldurunuz.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.17: Tam Karşılaştırıcı Devresi

A3	A2	A1	A0	B3	B2	B1	B0	A>B	A=B	A<B
0	0	1	1	0	0	0	0			
0	1	0	1	0	0	0	1			
0	1	1	1	1	0	1	0			
1	0	0	0	1	0	1	1			
1	1	1	1	1	1	0	0			

SORULAR

1. 1 bayt kaç bittir? Yazınız. 16 bite verilen isim nedir? Araştırınız.

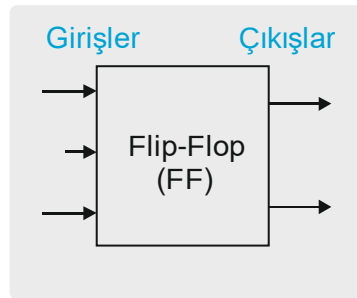
6.4. ARDIŞIK MANTIK DEVRELERİ

Ardışık mantık devreleri, lojik kapılarla oluşturulmuş flip-flop uygulamalarıdır.

6.4.1. Flip-Flop'lar (FF)

Flip-flop'lar; girişlerine uygulanan sinyal ile çıkışları iki durumlu konum alan, bir bitlik bilgi saklamak için kullanılan devrelerdir. Görsel 6.46'da genel bir flip-flop'un blok şeması görülmektedir. Flip-flop'lar, çeşidine göre en fazla iki giriş ve iki adet çıkış ucuna (Q ve $\bar{Q}$) sahiptir. Flip-flop, Q ve $\bar{Q}$ olarak isimlendirilen ve birbirinin tersi olan iki çıkışa sahiptir. Q çıkışı normal çıkış, $\bar{Q}$ terslenmiş çıkış olarak kabul edilir. Giriş uçları ise kullanılan FF'un ismini alır.

Flip-flop işlem yaparken $\bar{Q}$ çıkışı, her zaman Q değerinin tersi (değili) değere sahip olmak zorundadır. Giriş uçlarından yeni bilgi değerleri uygulanana kadar çıkış değeri, 0 veya 1 durumunu korur. Yeni bilgi değerleri uygulandığında ise bellek elemanının çıkışı, 0'da iken 1'e (flip) veya 1'de iken 0'a (flop) geçer. FF'larda giriş uçlarındaki bilgiler çıkışa kare dalga palsleri (clock pulse) ile aktarılır. Q çıkışındaki bilgi FF'un durumunu belirler. $Q = 1$ ise FF 1 durumunda $Q = 0$ ise FF 0 durumunda denir.



Görsel 6.46: Genel flip-flop blok şeması

Temel olarak RS, JK, D ve T olmak üzere dört adet flip-flop türü vardır.

6.4.1.1. RS Flip-Flop

RS flip-flop, S (Set=Kur) ve R (Reset=Sıfırla) isimlerinde iki girişe sahiptir. Görsel 6.47'de NAND kapılı RS FF'un blok şeması, lojik devresi ve doğruluk tablosu görülmektedir. RS FF'lar iki kararlı (bistable) multivibratör gibi çalışır.



Görsel 6.47: NAND kapılı RS flip-flop

6.4.1.2. Tetiklemeli RS Flip-Flop

Tetikleme sinyali uygulanan RS FF'tur. Tetiklemeli RS FF, RS FF'taki yasaklı bölgenin kaldırılması için gerçekleştirilmiştir. Tetikleme girişine kare dalga uygulanmadığı sürece giriş bilgileri çıkış bilgilerini değiştirmez.

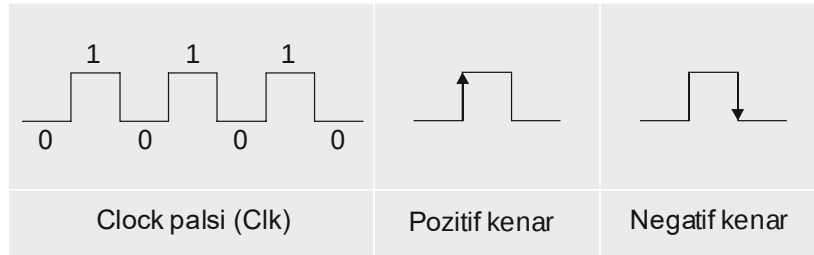


Görsel 6.48'de tetiklemeli RS FF'un blok şeması, lojik devresi ve doğruluk tablosu görülmektedir.



Görsel 6.48: Tetiklemeli RS flip-flop

Tetikleme sinyali; kare dalga, clock pulse olarak da ifade edilebilir. Dijital elektronikte pozitif (yükselen) kenar ve negatif (düşen) kenar tetiklemesi kullanılır. Kare dalga'nın 0 durumundan 1 durumuna geçtiği andaki tetiklemeye **pozitif kenar**, 1 durumundan 0 durumuna geçtiği andaki tetiklemeye **negatif kenar tetiklemesi** denir. Görsel 6.49'da tetikleme sinyalleri görülmektedir.



Görsel 6.49: Clock palsi (Clk) ve tetikleme şekilleri

6.4.1.3. JK Flip-Flop

JK flip-flop'lar, RS flip-flop'un geliştirilmiş modelidir. Bu flip-flop'larda belirsizlik durumu yoktur. JK flip-flop'ta, J girişi **Kur** ve K girişi **Sıfırla** olmak üzere iki giriş vardır. JK FF'un çıkış verebilmesi için tetikleme palsinin 1 olması gerekir. Görsel 6.50'de JK tipi FF'un blok şeması, lojik devresi ve doğruluk tablosu görülmektedir.

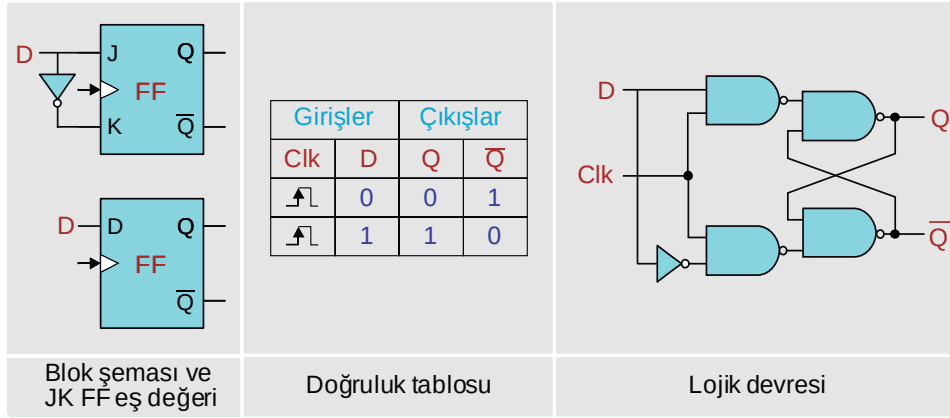


Görsel 6.50: JK flip-flop



6.4.1.4. D Tipi Flip-Flop

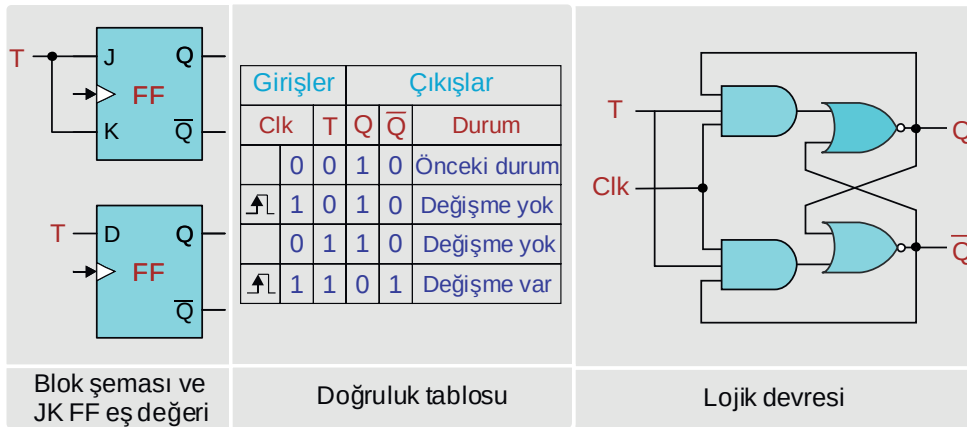
D (Data) tipi flip-flop; tek girişe sahip, clock palsi ile durum değiştiren, bilgi kaydetmede kullanılan flip-floptur. D tipi flip-flop'ta tetikleme palsi ile giriş ucundaki (D) bilgi aynen çıkış ucuna (Q) aktarılır. D tipi flip-flop, JK tipi flip-flop'un girişleri birleştirilip (J ve K arasına bir DEĞİL (NOT) kapısı eklenip) birleştirilerek elde edilir. Görsel 6.51'de D tipi FF'un blok şeması, lojik devresi ve doğruluk tablosu görülmektedir.



Görsel 6.51: D tipi flip-flop

6.4.1.5. T (Toggle) Tipi Flip-Flop

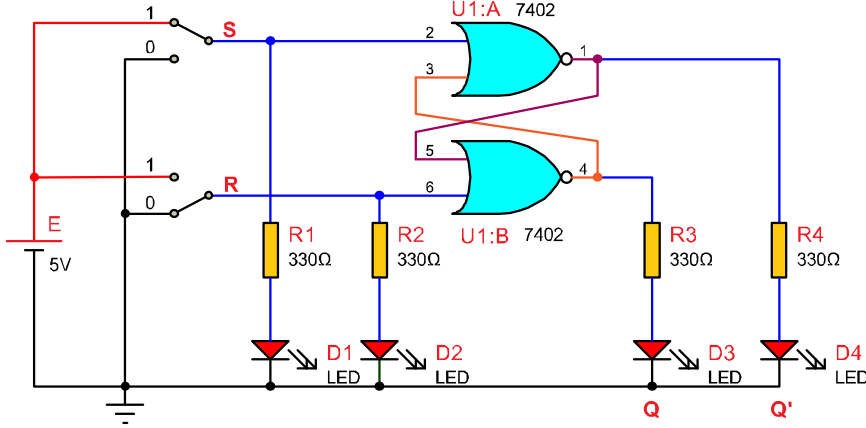
T tipi flip-flop'un tek giriş ucu ve iki çıkış ucu vardır. Tetikleme palsi ile durum değiştiren flip-flop'tur. T tipi flip-flop, JK tipi flip-flop'un girişleri kısa devre edilerek elde edilir. T tipi flip-flop' ta giriş 0 konumundayken çıkışta bir değişim olmaz. Ancak T girişi 1 olduğunda çıkış önceki durumun tersi olur. Genellikle sayıcı devrelerinde kullanılır. Görsel 6.52'de T tipi FF'un blok şeması, lojik devresi ve doğruluk tablosu görülmektedir.



Görsel 6.52: T tipi flip-flop

AMAÇ: RS flip-flop uygulaması yapmak.

Görsel 6.53'teki devrede 7402 entegresiyle yapılmış RS flip flop görülmektedir. Set girişi 1 olduğunda Q çıkışı 1, reset girişi 1 olduğunda Q çıkışı 0 olur.



Görsel 6.53: RS flip-flop devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7402
Direnç	4x 330 Ω
LED diyot	4x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.53'teki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7402 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş S, R anahtarlarının konumlarını Tablo 6.18'e uygun şekilde ayarlayarak Q ve $\bar{Q}$ çıkış ifadelerinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.18: RS FF Doğruluk Tablosu

S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

SORU

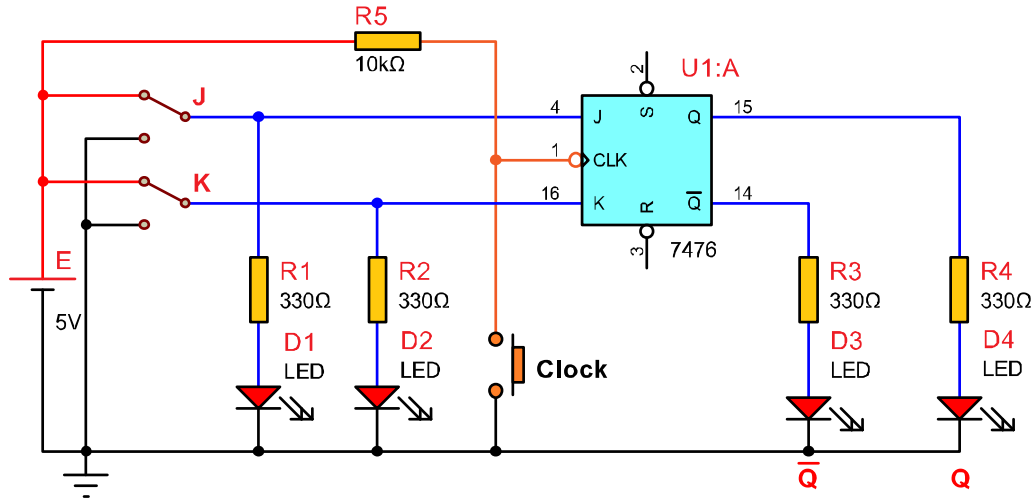
1. Set ve reset nerelerde kullanılmaktadır? Örnekler veriniz.

AMAÇ: JK, D ve T flip-flop uygulaması yapmak.

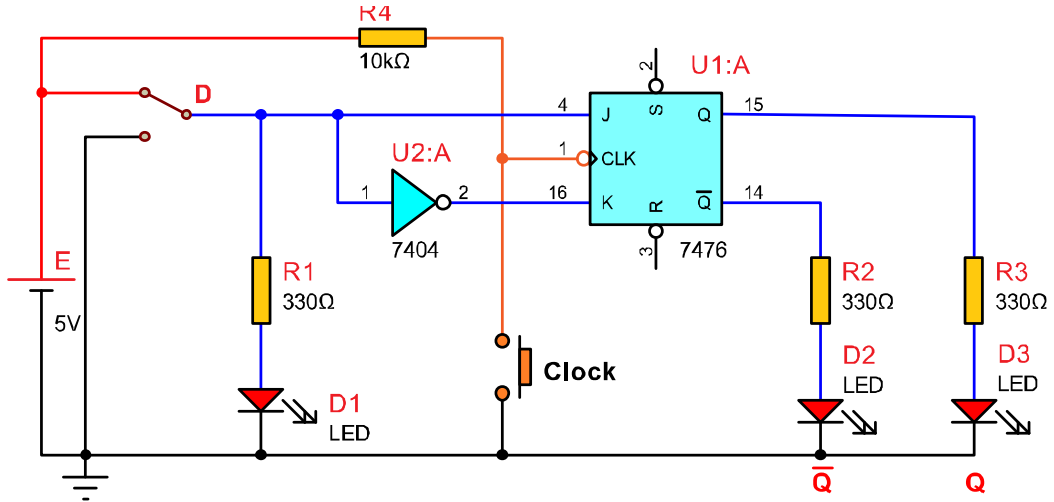
Görsel 6.54'teki devrede 7476 entegresiyle yapılmış JK flip-flop görülmektedir. JK, RS flip-flop'un geliştirilmiş seklidir. J girişi Q çıkışını kurma (set), K girişi Q çıkışını sıfırlama (reset) görevini yapmaktadır. JK'nın her ikisi 0 olduğunda çıkış değişim göstermezken JK'nın her ikisinin 1 olduğu durumlarda her clock palsinde çıkış sürekli konum değiştirir.

D tipi flip-flop ise J ve K arasına değil kapısı konulmuş şeklidir. D girişi 1 olduğunda kurma gerçekleşir ve Q çıkışı 1 olur. D girişi 0 olduğunda ise Q çıkışı sıfırlanır. Görsel 6.55.a'da D flip-flop devresi görülmektedir.

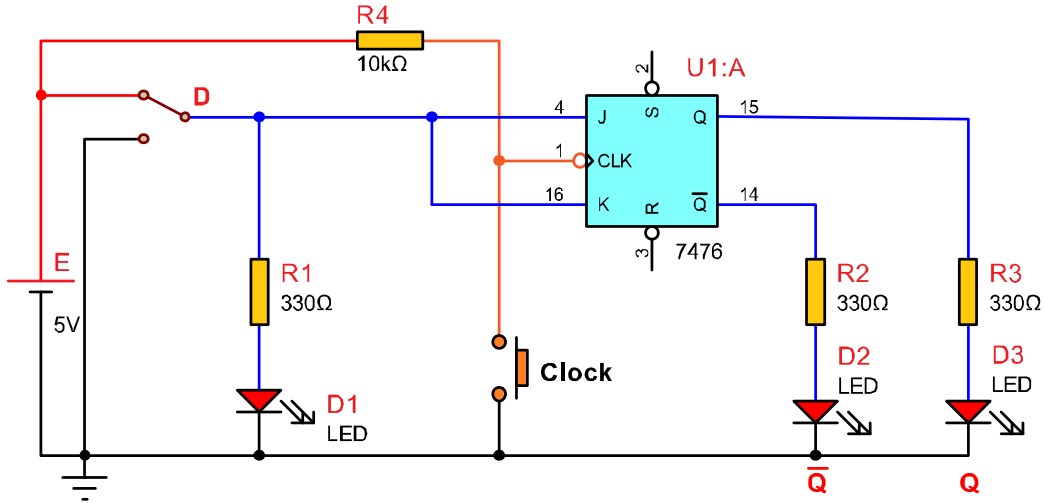
T tipi flip-flop ise J ve K girişlerinin birleştirilmiş şeklidir. JK'nın her ikisi aynı anda 1 veya 0 olur. T girişi 0 olduğunda Q çıkışı değişmezken T girişi 1 olduğunda her clock palsinde çıkış sürekli konum değiştirir. Görsel 6.55'te T flip-flop devresi görülmektedir.



Görsel 6.54: JK flip-flop devresi



Görsel 6.55.a: D flip-flop devresi



Görsel 6.55.b: T flip flop devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7476, 1x 7404
Direnç	4x 330 Ω, 1x 10k Ω
LED diyot	4x Kırmızı
Anahtar	2x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch
Buton	1x Push buton (NO)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.54'teki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7476 entegresinin 5 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 13 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Giriş J ve K anahtarlarının konumlarını Tablo 6.19'a uygun şekilde ayarlayarak Q ve $\bar{Q}$ çıkış ifadeleri -nin durumlarını tabloya yazınız.
4. Görsel 6.55.a'daki devreyi kurunuz.
5. Besleme kaynağının (+) ucunu 7404 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
6. Giriş D anahtarının konumunu Tablo 6.20'ye uygun şekilde ayarlayarak Q ve $\bar{Q}$ çıkış ifadelerinin durumlarını tabloya yazınız.
7. Görsel 6.55.b'deki devreyi kurunuz.
8. Giriş T anahtarının konumunu Tablo 6.21'e uygun şekilde ayarlayarak Q ve $\bar{Q}$ çıkış ifadelerinin durumlarını tabloya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.19: JK FF Doğruluk Tablosu

S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		



Tablo 6.20: D FF Doğruluk Tablosu

Clk	D	Q	$\bar{Q}$
1	0		
1	1		

Tablo 6.20: D FF Doğruluk Tablosu

Clk	D	Q	$\bar{Q}$
0	0		
1	0		
0	1		
1	1		

SORULAR

1. JK ile RS flip-flop arasındaki fark nedir? Belirtiniz.
2. Girişi 1 olan T tipi flip-flop, çıkışının değişmesi için neyi beklemektedir? Belirtiniz.
3. Birinci alkışla yanan, ikinci alkışla sönen lamba devresi yapılmak istendiğinde hangi tür flip-flop tercih edilmelidir? Nedeniyle yazınız.
4. Flip-flop çeşitlerini yazınız.
5. Flip-flop'ların genel özelliklerini yazınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



6.5. SAYICI VE KAYDEDİCİ DEVRELERİ

Sayıcılar, dijital elektroniğin temel devrelerindendir. Her tetikleme palsinde ileri veya geri sayma yapar. Flip-flop kullanılarak yapılır.

Bir sayıcının tekrarlamadan sayabildiği durum miktarına o sayıcının **modülosu** denir. Bir sayıcının sayma modu, kullanılan flip-flop sayısı ile orantılıdır. Sayıcının kaç kadar sayacağı $2^n - 1$ formülüyle hesaplanır. Buradaki n kullanılan flip-flop sayısıdır. Örneğin üç flip-flop'tan oluşan bir sayıcı 0'dan $2^3 - 1$ 'e yani 7'ye kadar sayabilir ve mod-8 sayıcısı olarak isimlendirilir. Dört tane flip-flop kullanılan sayıcı 0'dan $2^4 - 1$ 'e yani 15'e kadar sayabilir ve mod-16 sayıcısı olarak isimlendirilir. Sayıcının 2^n dışında sayma yapabilmesi için modlara göre sıfırlama işlemi veya direkt resetli sayıcı tasarımı yöntemlerinden biri kullanılmalıdır.

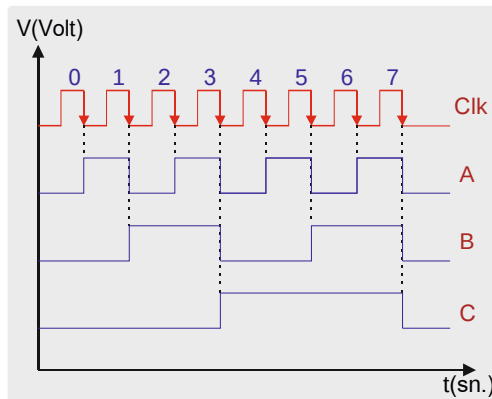
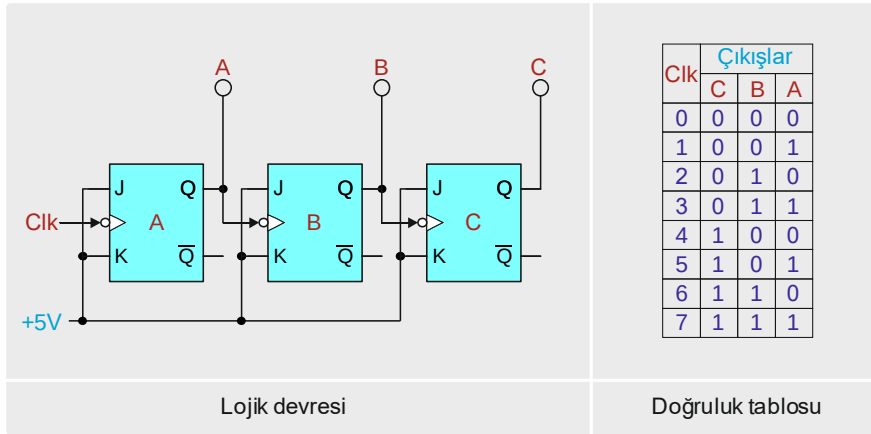
Sayıcılarının kullanım alanlarına dijital saat, frekans sayıcı, frekans bölücü, kod çözücü, dijital alarm ve trafik lambaları örnekler verilebilir.

6.5.1. Asenkron Sayıcılar

Asenkron sayıcılar JK FF'ların arka arkaya bağlanması ile elde edilir. Tetikleme palsi ilk FF'a uygulanır. Birinci FF'un çıkışı ikinci FF'un tetikleme palsini sağlar. Böylelikle FF'ların tetikleme palsleri, bir önceki FF'un çıkışına bağlanarak elde edilir. Her tetikleme palsi, önce 1.FF sonra 2. FF şeklinde çalışır. Bu yüzden asenkron sayıcıların yapıları basittir. Kullanılan FF sayısı arttıkça hızları düşer.

6.5.1.1. 3 Bitlik Asenkron Yukarı Sayıcı

JK flip-flop'ların J ve K girişleri birleştirilmiş ve lojik 1 seviyesi uygulanmıştır. Bu nedenle bu devredeki JK flip-flop'lar (F/F), T (toggle) tipi FF modunda çalışmaktadır yani girişlerine uygulanan her tetikleme palsiyle çıkışları durum değişir. 000'dan 111'e kadar sayma işlemi yapmaktadır. Görsel 6.56'da 3 bitlik asenkron yukarı sayıcının lojik devresi, doğruluk tablosu ve zaman diyagramı görülmektedir.

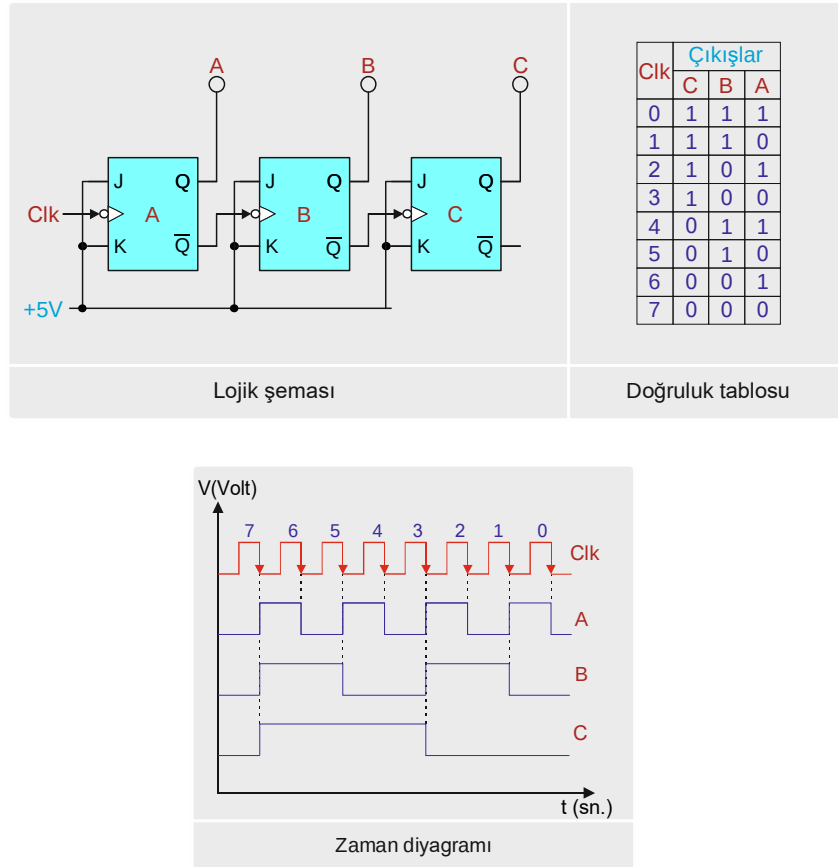


Görsel 6.56: 3 bitlik asenkron yukarı sayıcı

6.5.1.3. 3 Bitlik Asenkron Aşağı Sayıcı

3 bitlik aşağı doğru sayıcılarda sayıcı sayma işlemine ilk tetikleme palsi ile birlikte 111'den başlar ve 000'a kadar aşağı doğru sayma işlemi yapar. Daha sonra sayma işlemi yine 111 olur. Döngü bu şekilde devam eder.

3 bitlik aşağı sayıcının 3 bitlik yukarı sayıcıdan farkı, ikinci flip-flop'un saat sinyalinin birinci flip-flop'un Q çıkışından değil $\bar{Q}$ çıkışından alınmasıdır. Aynı şekilde üçüncü flip-flop'un da saat sinyali ikinci flip-flop'un $\bar{Q}$ çıkışından alınmıştır. Görsel 6.57'de 3 bitlik asenkron aşağı sayıcının lojik devresi, doğruluk tablosu ve zaman diyagramı görülmektedir.



Görsel 6.57: 3 bitlik asenkron aşağı sayıcı

6.5.1.3. Programlanabilen Asenkron Sayıcılar (Modlu Sayıcılar)

İstenen değere kadar sayıp sıfır değerine dönen sayıcılara **programlanabilir sayıcılar** veya **modlu sayıcılar** denir.

Örneğin üç FF'tan oluşan bir yukarı sayıcı 000 değerinden başlar 111 değerine kadar sekiz farklı sayı çıkışı üretip yeniden 000 değerine döner. Bu tip bir devreye mod 8 sayıcı adı verilir. Üç FF'lu yukarı sayıcı devresinin 100 değerinden sonra 000 değerini göstermesi için mod 5 olarak çalışan bir sayıcı yapılması gerekir. Mod 5 sayıcı devresi çalıştığında, 000, 001, 010, 011, 100 olmak üzere beş çeşit sayı çıkışı üretir. Görsel 6.58'de mod 5 sayıcının lojik devresi görülmektedir.

Görsel 6.59'da ise dört FF'lu mod 10 sayıcının lojik devresi görülmektedir. Mod 10 sayıcısı BCD sayıcı olarak da isimlendirilebilir. BCD sayıcıya örnek olarak 7490 entegresi verilebilir.

Görsel 6.58: 3 FF'lu mod 5 sayıcı

Görsel 6.59: 4 FF'lu mod 10 sayıcı

6.5.2. Senkron Sayıcılar

Senkron sayıcılarda tetikleme sinyali tüm FF'lara aynı anda uygulanır. Sistemdeki tüm flip-flop'lar aynı anda girişlerindeki sinyalleri işler ve bundan dolayı da zaman gecikmesi oluşmaz. Senkron sayıcılarda flip-flop'lara ilave olarak lojik kapılarda kullanılır.

6.5.2.1. 3 Bitlik Senkron Yukarı Sayıcı

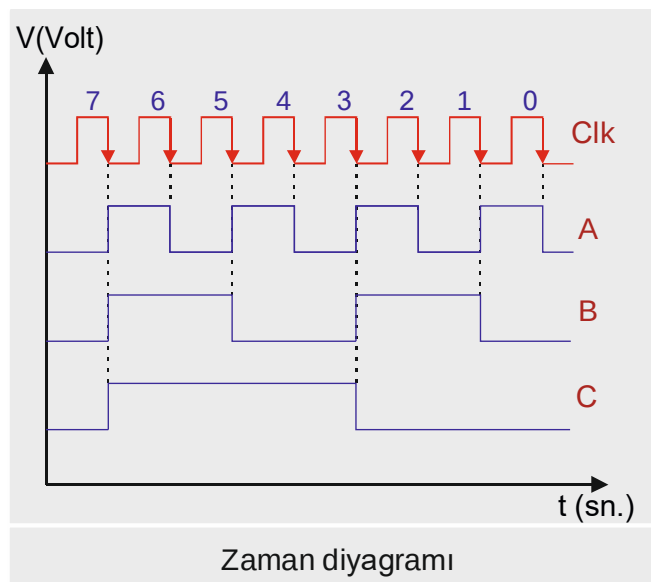
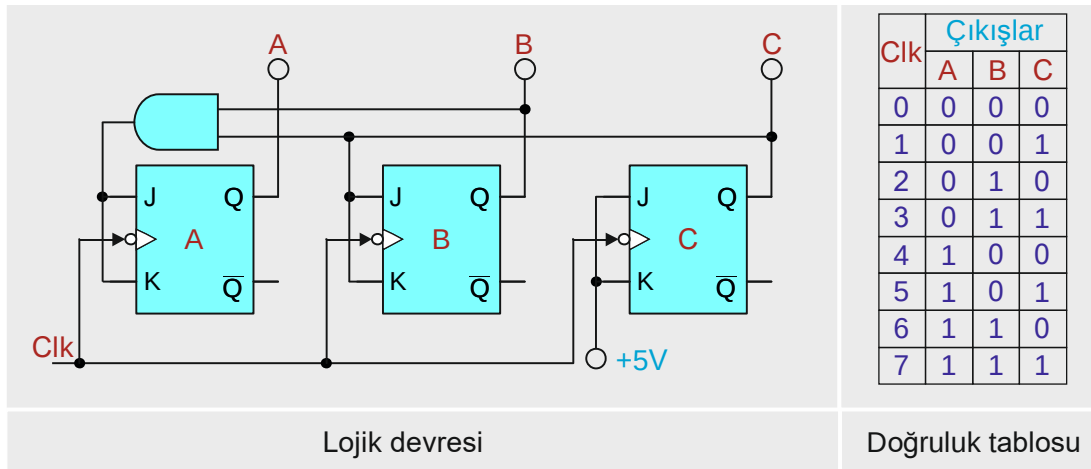
3 bitlik senkron yukarı sayıcı, 000'dan başlayıp 111'e kadar sayma işlemi yapar. Görsel 6.60'da 3 bitlik senkron yukarı sayıcının lojik devresi, doğruluk tablosu ve zaman diyagramı görülmektedir. Lojik devrede görüldüğü gibi sadece FF3'e (C) +5 V uygulanmıştır. Bundan dolayı her tetikleme palsi ile C çıkışı konum değiştirecektir. Burada C en küçük basamak A ise en büyük basamaktır.

İlk tetikleme palsinde sadece FF3 (C) çıkışı lojik 1, FF2 (B) ve FF1 (A) lojik 0 olur. Bu çıkış aynı zamanda FF2'nin J-K girişlerine uygulanır.

İkinci tetikleme palsinde FF2(B) çıkışı lojik 1 olurken FF3 (C) lojik 1'den lojik 0 ve FF1 (A) konumunu korur, lojik 0'dır. Bu çıkış aynı zamanda FF2'nin J-K girişlerine uygulanır.

Üçüncü tetikleme palsinde FF3 (C) çıkışı lojik 0'dan lojik 1 olurken FF2 (B) konumunu korur, lojik 1'dir. C çıkışı ve B çıkışı 1 olduğundan devredeki AND kapısının çıkışı 1 olur ve bu durum FF1'in (A) girişlerine uygulanır.

Dördüncü tetikleme palsi ile FF1 (A) çıkışı 1 olurken FF2 (B) ve FF3 (C) çıkışları 0 olur. Bundan sonraki üç tetikleme palsinde ise ilk üç durum tekrarlanır ve FF1 (A), FF2 (B) ve FF3 (C) çıkışları 1 olur. Bir sonraki tetikleme palsi ile üçü de 0 durumunu alır ve bu şekilde sayma işlemi devam eder.

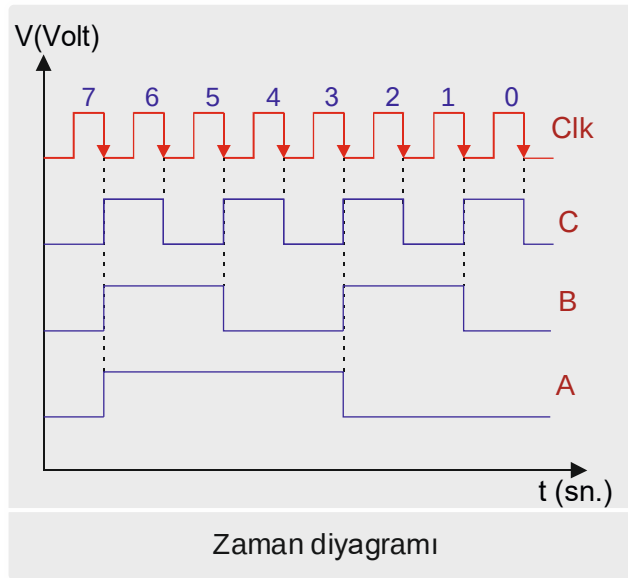
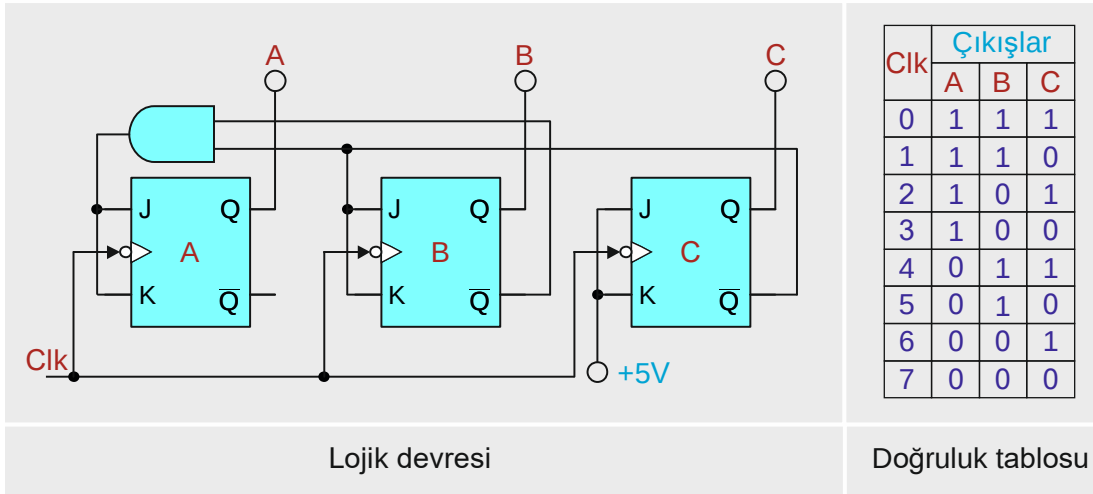


Görsel 6.60: Üç bitlik senkron yukarı sayıcı

6.5.2.2. 3 Bitlik Senkron Aşağı Sayıcı

Senkron 3 bitlik aşağı sayıcı 111'başlayıp 000'a kadar sayma işlemi yapan sayıcıdır. Senkron aşağı sayıcıların FF'ları arasındaki bağlantı Q çıkışından değil $\bar{Q}$ çıkışından yapılır. Böylece sayma işlemi 111'den başlayarak geriye doğru ilerler. 000'a ulaşıncaya kadar tekrar 111 olur ve bu şekilde döngü devam eder.

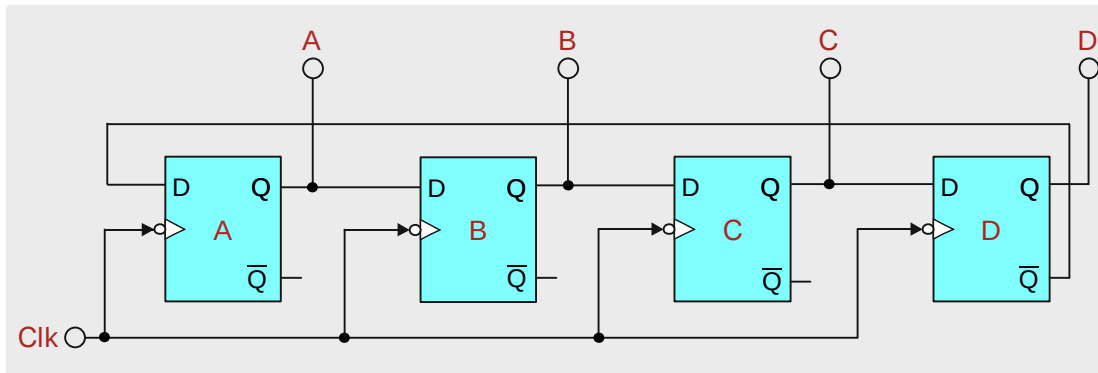
İlk tetikleme palsi verilmeden önce flip-flop'ların Q çıkışı 0, $\bar{Q}$ çıkışı 1 olduğu durumudur. Bu durumda ilk tetikleme palsinden önce tüm flip-flop'ların J-K bacaklarına 1 bilgisi ulaşmış durumdadır. İlk tetikleme palsi ile beraber tüm flip-flop'ların Q çıkışı 1 olurken $\bar{Q}$ çıkışları da 0 olur. Bu aşamadan sonra her tetikleme palsi ile FF3 konum değiştirir. Bu konum değiştirme FF2'yi her iki tetikleme palsinde bir, FF3'ünde her dört tetikleme palsinde bir konum değiştirmesine sebep olur. Bu değişimler sonucu 111'den başlayan sayıcı devresi 000'a ulaşınca kadar sayma işlemine devam eder. Görsel 6.61'de 3 bitlik senkron aşağı sayıcının lojik devresi, zaman diyagramı ve doğruluk tablosu görülmektedir.



Görsel 6.61: 3 bitlik senkron aşağı sayıcı

6.5.3. Yürüyen Halka Sayıcı

Görsel 6.62'de 4 bit yürüyen halka sayıcının lojik devresi görülmektedir. En sondaki FF'un $\bar{Q}$ çıkışının ilk FF'un D girişine bağlanması ile elde edilir. Yürüyen halka sayıcının çalışması, FF'ların çıkışlarının sıra ile aktif edilmesi prensibine dayanır. Yürüyen halka sayıcıya 7476 ve 7474, 10 bit yürüyen halka sayıcıya 4017 entegresi örnek verilebilir.



Görsel 6.62: Dört bitlik yürüyen halka sayıcının lojik devresi

6.5.4. Kaydediciler

Kaydediciler (register), ikili veriyi saklamak veya işlemek için kullanılır. Flip-flop'lardan oluşur. Her flip-flop bir bitlik (lojik 1 veya lojik 0) veri saklama kapasitesine sahiptir fakat kaydediciler, devreden besleme gerilimi kesildiğinde tuttukları bilgileri kaybeder. Kaydedicideki flip-flop sayısı saklanacak veya işlenecek bit sayısı kadardır. İkili sayı bitleri kaydedilirken iki yöntem kullanılır.

Seri Kaydetme: Verilerin bir bit olarak tetikleme sinyaliyle kaydırılarak kaydedilmesidir.

Paralel Kaydetme: Bütün verilerin aynı anda tetikleme palsiyle kaydedilmesidir.

Kaydediciler bilgi giriş-çıkışlarına göre dörde ayrılır.

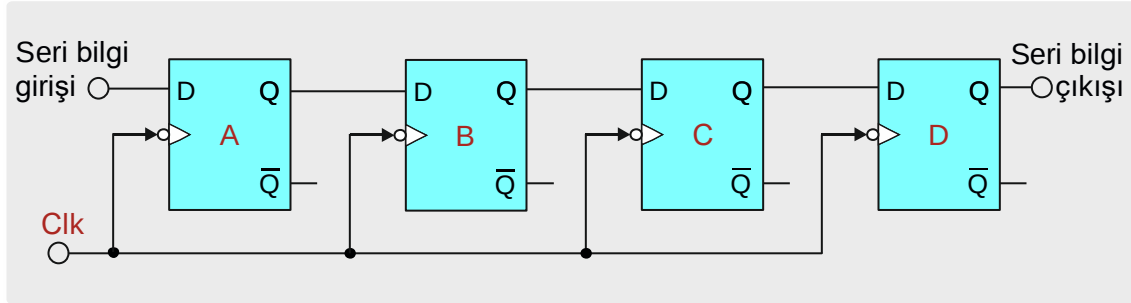
- Seri giriş-seri çıkışlı kaydediciler
- Seri giriş-paralel çıkışlı kaydediciler
- Paralel giriş-paralel çıkışlı kaydediciler
- Paralel giriş-seri çıkışlı kaydediciler

Kaydediciler bilgiyi kaydırma yönüne göre üçe ayrılır.

- Sağa kaydırmalı kaydediciler
- Sola kaydırmalı kaydediciler
- Sağa-sola kaydırmalı kaydediciler

6.5.4.1. Seri Giriş-Seri Çıkışlı Kaydediciler

Görsel 6.63'te seri giriş-seri çıkışlı kaydedicilerin blok şeması ve bilginin giriş ucundan çıkış ucuna nasıl taşındığı gösterilmiştir. Bilgi (data) ilk flip-flop'un D girişine uygulanır. Her bir tetikleme palsinde bilgi bir sonraki FF'a geçer. Çıkış en son FF'un Q çıkışından alınmaktadır.



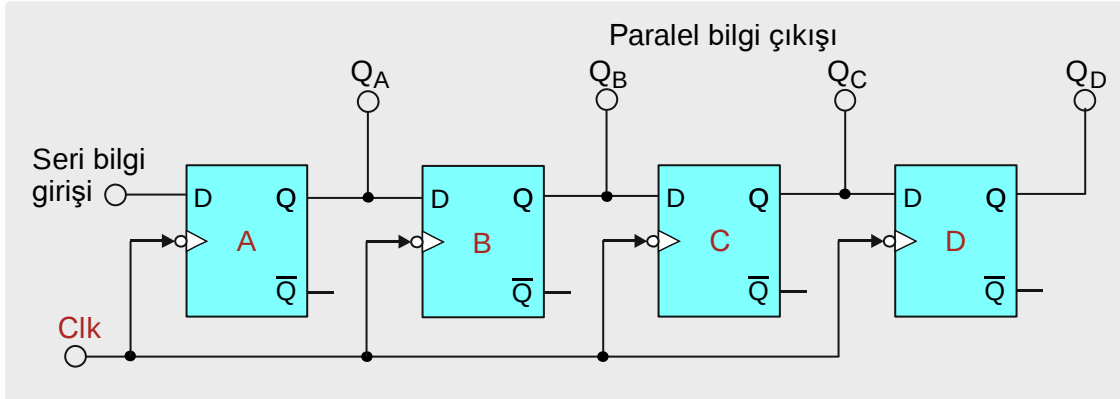
Clock pals (Clk)	Kaydedici			
	A	B	C	D
Başlangıç durumu	0	0	0	0
Birinci palsden sonra	1	0	0	0
İkinci palsden sonra	0	1	0	0
Üçüncü palsden sonra	0	0	1	0
Dördüncü palsden sonra	0	0	0	1

Görsel 6.63: Seri giriş-seri çıkışlı kaydedici



6.5.4.2. Seri Giriş-Paralel Çıkışlı Kaydediciler

Görsel 6.64'te seri giriş-paralel çıkışlı kaydedicilerin blok şeması ve 4 bitlik 1100 bilginin giriş ucundan çıkış ucuna nasıl taşındığı gösterilmiştir. Bilgi (data) ilk FF'un D girişine uygulanır ve tüm FF'ların Q çıkışlarından aynı anda alınır. Her bir tetikleme palsinde bilgi bir sonraki FF'a geçer. 4 bitlik bir seri bilginin çıkışlarda görünmesi için dört adet tetikleme palsi uygulanmalıdır.

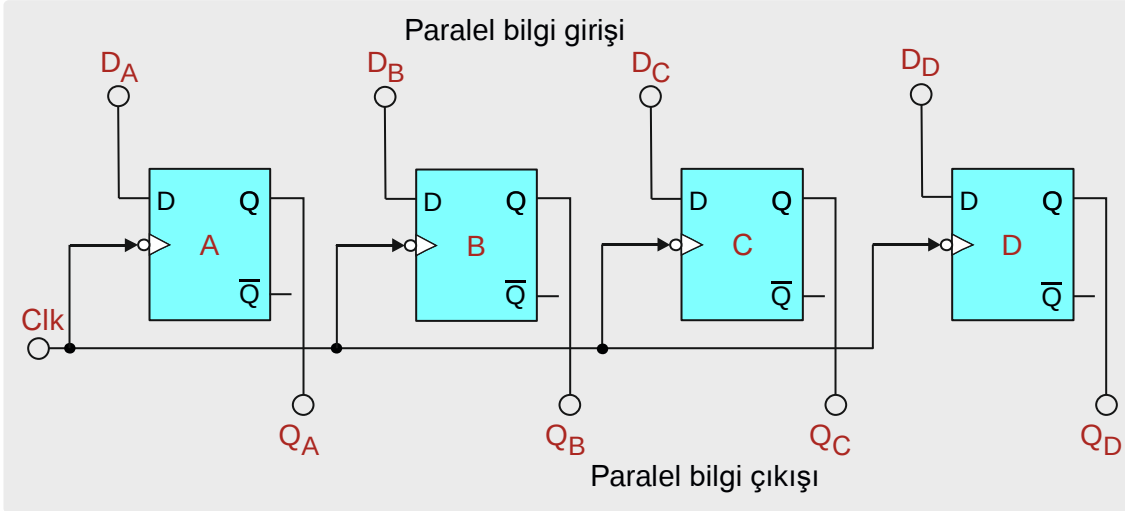


Clock pals (Clk)	Seri bilgi girişi	A	B	C	D
Başlangıç durumu	0	0	0	0	0
Birinci palsden sonra	1	1	0	0	0
İkinci palsden sonra	1	1	1	0	0
Üçüncü palsden sonra	0	0	1	1	0
Dördüncü palsden sonra	0	0	0	1	1

Görsel 6.64: Seri giriş-paralel çıkışlı kaydedici

6.5.4.3. Paralel Giriş-Paralel Çıkışlı Kaydediciler

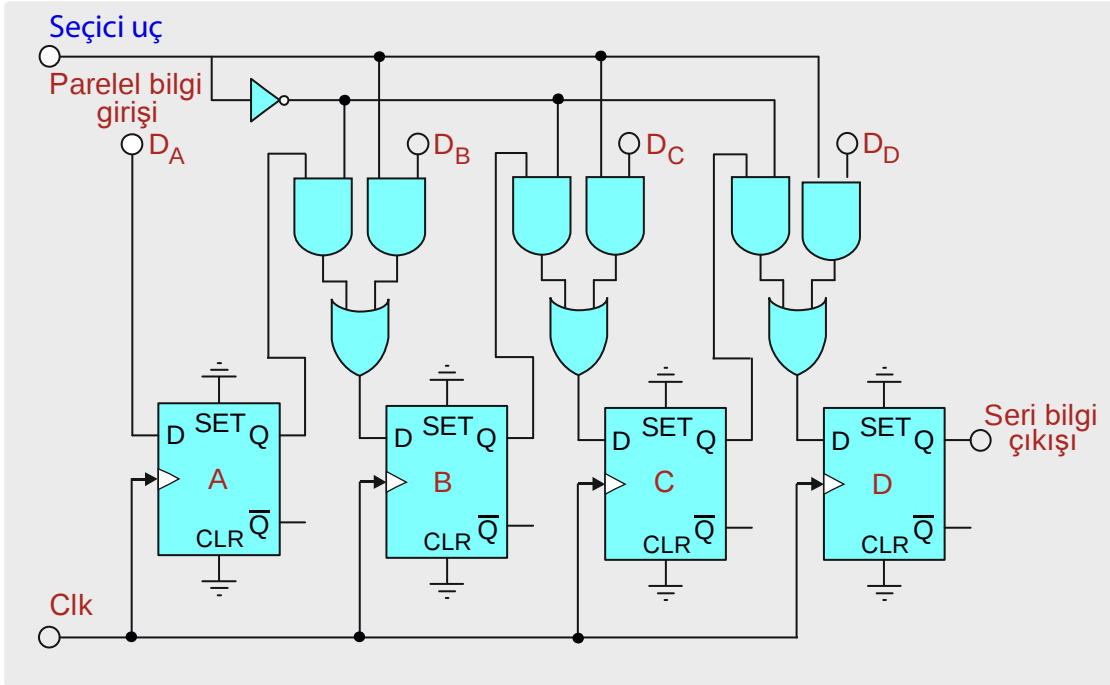
Görsel 6.65'te paralel giriş-paralel çıkışlı kaydedicilerin blok şeması görülmektedir. Giriş sinyalleri FF'ların D girişine uygulanır. Tetikleme palsi ile tüm FF'lerin Q çıkışlarından aynı anda alınır. Kaç tane FF kullanılıyorsa o kadar bitlik paralel giriş paralel çıkışlı kaydedici olarak isimlendirilir.



Görsel 6.65: Paralel giriş-paralel çıkışlı kaydedici

6.5.4.4. Paralel Giriş-Seri Çıkışlı Kaydediciler

Görsel 6.66'da paralel giriş-paralel çıkışlı kaydedicilerin prensip şeması görülmektedir. Paralel giriş-seri çıkışlı kaydedicilerde bilgiler paralel girişler yardımıyla tüm FF'lara yüklenir ve çıkıştan da seri olarak tek tek alınır. Bilginin çıkıştan alınabilmesi için bit adedince kaydırma sinyali uygulanır. Paralel giriş-seri çıkışlı kaydediciler yükleme ve kaydırma olarak iki moda sahiptir. Seçici uçtan 0 verildiğinde yükleme modu, 1 verildiğindeyse kaydırma modu seçilir



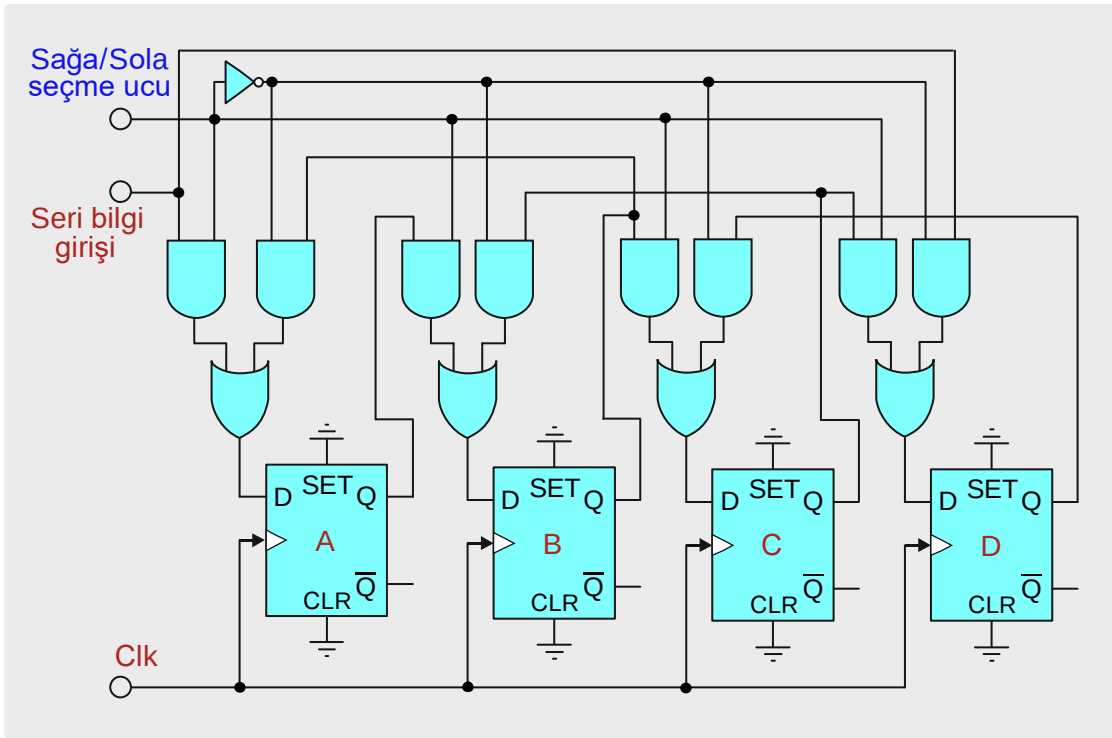
Görsel 6.66: Paralel giriş-seri çıkışlı kaydedici

6.5.4.5. Kaydırmalı Kaydediciler

Giriş ucundan uygulanan bilgi sinyalinin her tetikleme palsinde sağa, sola veya sağa-sola hareket etmesini sağlayan devrelerdir. Giriş sinyali en soldan uygulanıp bir sonraki FF bir öncekinin sağında kalacak şekilde bağlantı yapılıyorsa buna **sağa kaydırmalı kaydedici devresi** denir. Giriş sinyali en sağdan uygulanıp bir sonraki FF bir öncekinin solunda kalacak şekilde bağlantı yapılıyor ise buna **sola kaydırmalı kaydedici devresi** denir. Kayma işleminin yönü harici bir kontrol girişi ile sağ veya sol olarak belirlenebiliyor ise buna **sağa-sola kaydırmalı kaydedici devresi** denir.

Görsel 6.67’de sağa-sola kaydırmalı kaydedicilere ait bir lojik devre görülmektedir. Bu devreye göre kaydırma yönü **Sağa/Sola** kontrol girişine uygulanan lojik seviye ile belirlenir. Bu giriş lojik 1 seviyesine çekilirse G1 kapısının çıkışında seri giriş bilgisi; G2, G3, G4 kapılarının çıkışlarında ise bir önceki FF’un Q çıkışları görülecektir. Bu çıkışlar FF’ların D girişlerine bağlı oldukları için bilgi seri olarak yüklenecek ve gelen her kaydırma sinyali ile birlikte sağa doğru kaydırılacaktır.

Sağa/Sola kontrol girişinin seviyesi lojik 0 yapılırsa G8 kapısının çıkışında seri giriş bilgisi, G7, G6, G5 kapılarının çıkışlarında sağdaki FF’ların Q çıkışları görülecektir. Böylece bilgi seri olarak en düşük değerlikli biti taşıyan FF’a yüklenecek ve sola doğru kaydırılacaktır.



Görsel 6.67: Sağa-sola kaydırmalı kaydedicinin lojik devresi

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.22: Asenkron Yukarı Sayıcı Devresi

CLK	Çıkışlar				Desimal Eş Değeri
	QD (D4)	QC (D3)	QB (D2)	QA (D1)	
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

SORULAR

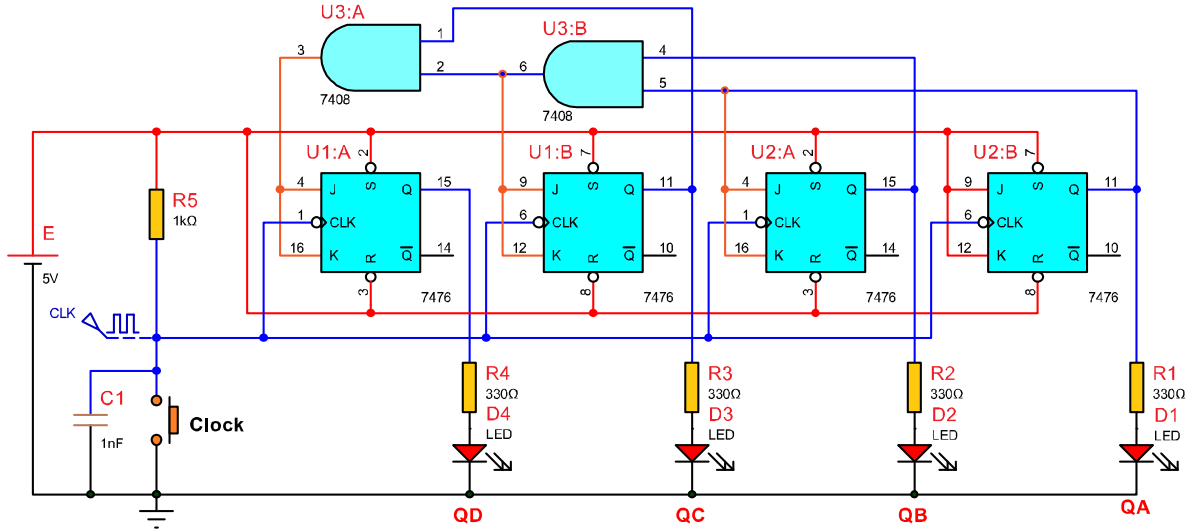
1. Asenkron sayıcıların özelliklerini araştırınız.
2. Clock palsinin uygulandığı flip-flop'un bit derecesi nedir? Yazınız.
3. Sayma işleminin aşağı doğru olması için devrede nasıl bir düzenleme yapılmalıdır? Araştırınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Senkron yukarı sayıcı uygulaması yapmak.

Görsel 6.69'daki senkron yukarı sayıcı devresinde flip-flop'ların clock girişleri birleştirilerek clock sinyali aynı anda tüm flip-flop'lara uygulanmaktadır. Toggle modda çalışan flip flop'lar, J ve K girişleri 1 olduğunda her clock palsinde konum değiştirir. J ve K girişleri 0 olduğunda ise konumlarını korur. Sayma sırası tasarımına bağlı olarak devrede iki adet AND kapısı kullanılmıştır.



Görsel 6.69: Senkron yukarı sayıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	2x 7476, 1x7408
Direnç	4x 330 Ω, 1x 1 k Ω
LED diyot	4x Kırmızı
Kondansatör	1x 1 nF
Buton	1x Push buton (NO)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.69'daki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7476 entegresinin 5 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 13 numaralı ayağına bağlayınız.
3. Besleme kaynağının (+) ucunu 7408 entegresinin 14 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
4. Clock butonuna her basıldığında Q çıkış ifadelerinin (LED'lerin) durumlarını ve onluk karşılığını Tablo 6.23'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.23: Senkron İleri Sayıcı Devresi

CLK	Çıkışlar				Desimal Eş Değeri
	QD (D4)	QC (D3)	QB (D2)	QA (D1)	
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

SORULAR

1. Senkron sayıcıların özelliklerini araştırınız.
2. Senkron ve asenkron sayıcılar arasındaki ayırt edici özellik nedir? Açıklayınız.

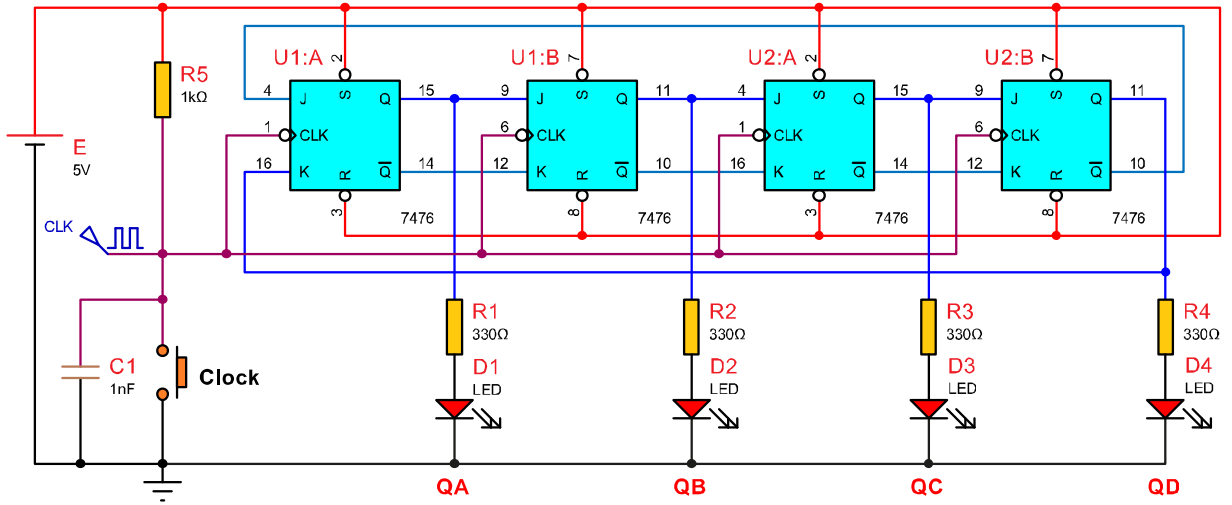
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: Johnson sayıcı uygulaması yapmak

Görsel 6.70'deki Johnson sayıcısı, farklı bir senkron sayıcı uygulamasıdır. Flip-flop'ların Q çıkışları bir sonraki flip-flop'un J girişine, $\bar{Q}$ çıkışları K girişine bağlanmıştır. Son flip-flop'un $\bar{Q}$ çıkışı ilk flip-flop'un J girişine, Q çıkışı ise K girişine bağlanmıştır.

Başlangıçta bütün flip-flop çıkışları 0'dır. Gelen ilk clock pulsı ile ilk flip-flop'un çıkışı 1 olur. Gelen her clock pulsı ile birlikte sırayla tüm flip-flop'ların çıkışı 1 olur. Son flip-flop'un çıkışı da 1 olduğunda gelen clock pulsı ile ilk flip-flop'un çıkışı 0 olur. Bundan sonra gelen her clock pulsında çıkışlar sırasıyla 0 olur. Bu işlem en son flip-flop çıkışı 0 olana kadar devam eder. Devre bu durumdan sonra başlangıç durumuna geri döner.



Görsel 6.70: Johnson sayıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	2x 7476
Direnç	4x 330 Ω , 1x 1 k Ω
LED diyot	4x Kırmızı
Kondansatör	1x 1 nF
Buton	1x Push buton (NO)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.70'deki devreyi kurunuz.
2. Besleme kaynağının (+) ucunu 7476 entegresinin 5 numaralı ayağına, (-) ucunu ise 13 numaralı ayağına bağlayınız. Devreye enerji veriniz.
3. Clock butonuna her basıldığında Q çıkış ifadelerinin (LED'lerin) durumlarını Tablo 6.24'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.24: Johnson Sayıcı Devresi

CLK	Çıkışlar			
	QA (D1)	QB (D2)	QC (D3)	QD (D4)
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

SORULAR

1. Johnson sayıcı JK FF yerine başka hangi FF'lar ile tasarlanabilir? Açıklayınız.
2. Halka sayıcıları araştırınız.

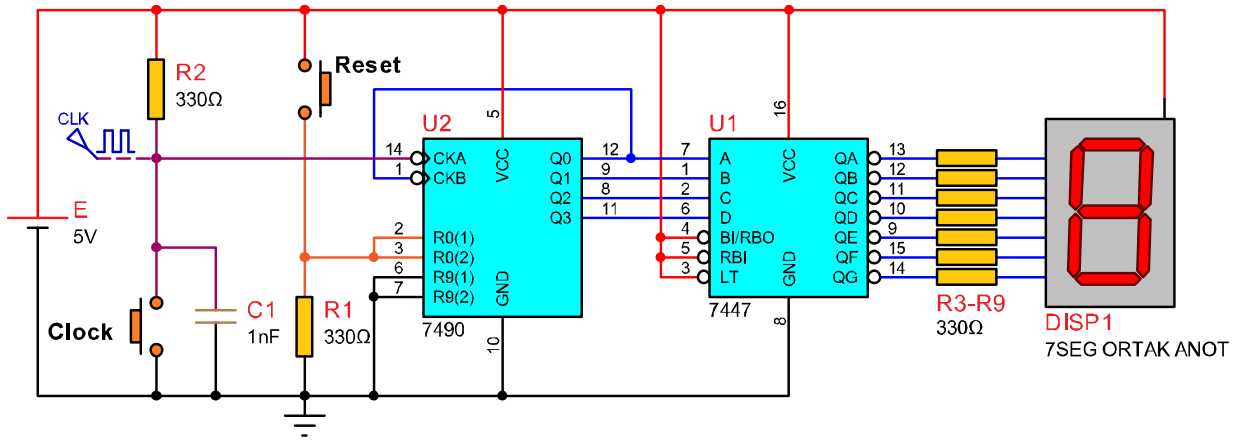
NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

AMAÇ: 0-9 Yukarı sayıcı uygulaması yapmak.

0'dan 9'a kadar sayan bir sayıcı yapmak için sayıcının yalnızca 0000'den 1001'e kadar olan ikili sayıları saymasına ihtiyaç vardır. Görsel 6.71'deki devrede 7490 entegresi bunu yapmaktadır. Uygulanan her clock palsinde BCD çıkış üreten bir mod 10 sayıcıdır. Bu çıkışlar BCD giriş 7 segment çıkış kod çözücü 7447 entegresi tarafından displaye uygulanır. 7447 aktif sıfır çıkışlı bir entegre olduğu için ortak anot display kullanılmıştır. Devredeki reset butonuna basılırsa sayma işlemi ve displaydeki değer sıfırlanır.



KOD=35387



Görsel 6.71: 0-9 yukarı sayıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 7490, 1x 74LS47
Display	9 mm 7 Segment Ortak Anot Display -Kırmızı
Direnç	9x 330 Ω
Kondansatör	1x 1 nF/16 V
Buton	1x Push buton (NO)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.71'deki devreyi kurunuz. Devreye enerji veriniz.
2. Clock butonuna basarak displayi gözlemleyiniz.
3. 2 Hz clock sinyali uygulayınız.

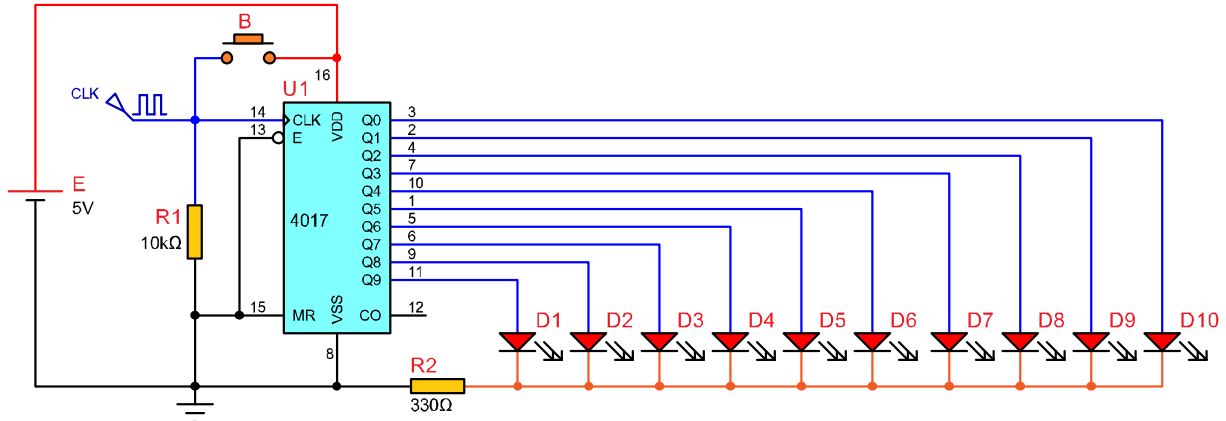
SORULAR

1. Devrede ortak katot display kullanmak için nasıl bir değişiklik yapılmalıdır? Araştırınız.



AMAÇ: Ring sayıcı uygulaması yapmak.

Görsel 6.72'deki 4017 entegresiyle yapılmış devrenin on adet çıkışı vardır. Devrede clock pulsı için B butonu kullanılır. 14 no.lu clock bacağından uygulanan her tetiklemede bir sonraki LED yanar. Son LED'den sonra başa döner ve döngü devam eder. Kayan yazı uygulamalarında da kullanılır. Çıkışlardan biri 15 no.lu sıfırlama ucuna verilirse döngü o çıkışa kadar gerçekleşir. Örneğin Q2 çıkışı MR ucuna bağlanırsa döngü her clock pulsında sadece Q 0 ve Q1 arasında gerçekleşir. Tetikleyici olarak bir clock pulsı (5 V unipolar kare dalga) devresi de kullanılabilir.



Görsel 6.72: Ring sayıcı devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 4017
Direnç	8x 330 Ω, 1x 10 k Ω
LED diyot	10x Kırmızı
Kondansatör	2x 1 nF/16 V
Buton	1x Push buton (NO)

İŞLEM BASAMAKLARI

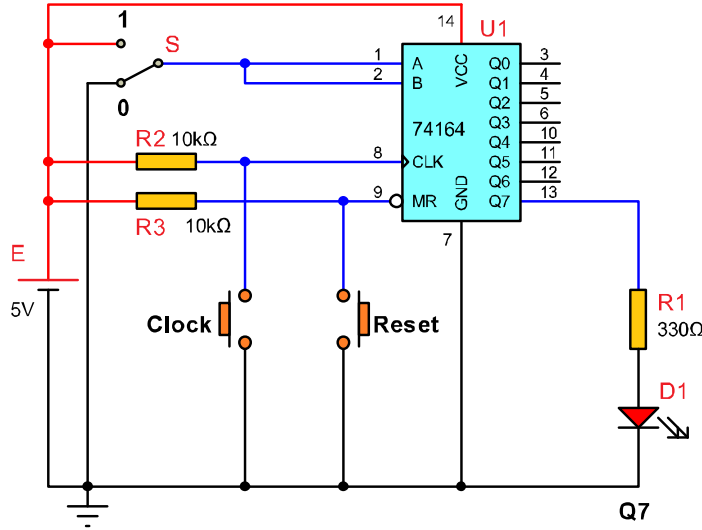
1. Görsel 6.72'deki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. B butonuna her basıldığında LED'lerin durumunu gözlemleyiniz.
4. 14 no.lu uca clock sinyali vererek farklı frekanslarda çalışmasını gözlemleyiniz.

SORULAR

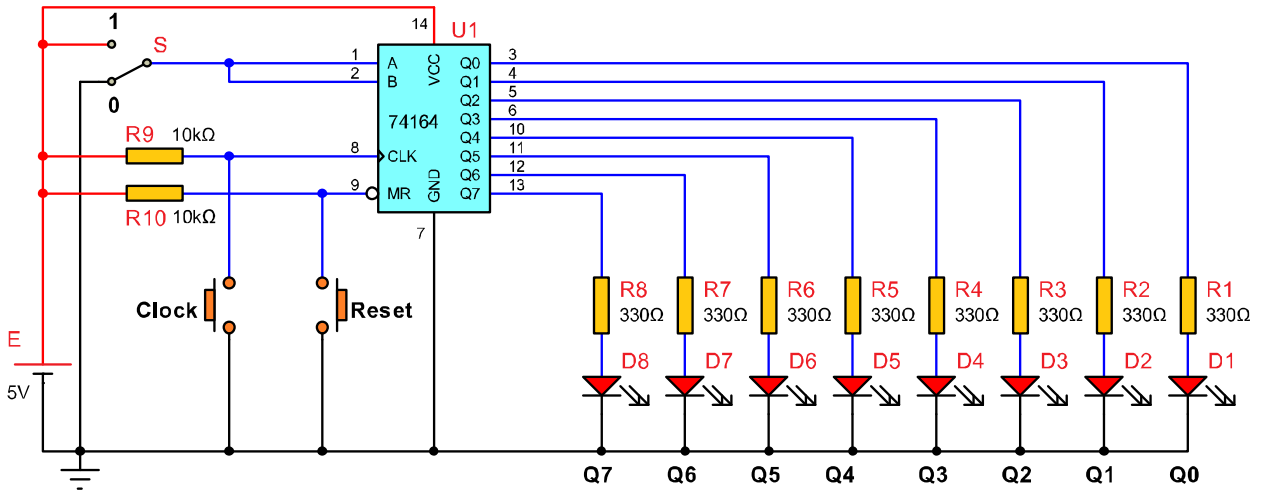
1. 4017 entegresi kullanılarak kayan yazı uygulaması nasıl yapılır? Araştırınız.
2. Birinci alkışla yanan, ikinci alkışla sönen lamba devresi yapılmak istense hangi Q çıkışı MR ucuna bağlanmalıdır? Belirtiniz.
3. Devrede her bir LED için neden ayrı birer seri direnç kullanılmamıştır? Açıklayınız.

AMAÇ: Kaydedici uygulaması yapmak.

Görsel 6.73'te 74164 ile yapılmış seri giriş devrelerinde, S anahtarı her clock palsinden sonra 1 veya 0 ayarlanarak seri giriş oluşturulur. 8 bitlik kaydedicide giriş bilgisi 8 clock darbesinden sonra Q7 çıkışından alınır. Takip eden giriş bilgileri, takip eden clock darbesiyle çıkışta görülür. Görsel 6.74'te ise paralel çıkışta giriş bilgisinin ilk biti, ilk clock darbesinden sonra Q0 çıkışında görülür. Her bir clock darbesinde bir bit sola kaydırılarak 8 clock darbesinde 8 bitlik bilginin tümü LED'lerden okunur. Reset butonu çıkış bilgisini sıfırlamak için kullanılır.



Görsel 6.73: Seri çıkış kaydedici devresi



Görsel 6.74: Paralel çıkış kaydedici devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x 74164
Direnç	8x 330 Ω , 2x 10 k Ω
LED diyot	8x Kırmızı
Buton	2x Push buton (NO)
Anahtar	3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.73'teki devreyi kurunuz. Devreye enerji veriniz.
2. S anahtarını 1 konumuna alıp clock butonuna basınız.
3. S anahtarını 0 konumuna alıp clock butonuna yedi kez daha basınız.
4. Çıkışı gözlemleyiniz.
5. Görsel 6.74'teki devreyi kurunuz. Devreye enerji veriniz.
6. S anahtarını 1 konumuna alıp clock butonuna iki kez basınız.
7. S anahtarını 0 konumuna alıp clock butonuna altı kez daha basınız.
8. Çıkışı gözlemleyiniz.

SORULAR

1. İşlem basamaklarında 8 bitlik seri çıkış bilgisi nedir? Yazınız.
2. İşlem basamaklarında 8 bitlik paralel çıkış bilgisi nedir? Yazınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.

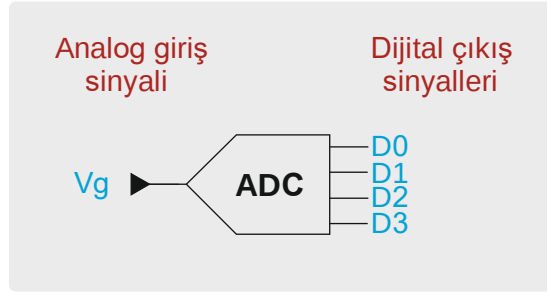


6.6. ADC-DAC DEVRELERİ

Fiziksel sistemlerdeki ısı, sıcaklık, basınç, ağırlık, nem oranı, ışık şiddeti, ses şiddeti gibi büyüklükler analog olarak değişir. Dış ortamdaki büyüklüklerin analog değerlerden oluşmasına karşılık bilgi işleyen cihazlar dijital sistemlerdir. Dijital sistemler, bilgiyi daha güvenli ve daha hızlı işleyip değerlendirebilmektedir. Sayısal sistemde değerlendirilen bilginin tekrar dış dünyaya aktarılması analog veya dijital biçimde olabilmektedir. Bu nedenlerle analog değerlerin dijitale, dijital değerlerin de analog değerlere çevrilmesi gerekebilmektedir.

6.6.1. ADC Devreleri

ADC (Analog Digital Converter) devreleri, giriş ucundaki analog sinyali çıkış uçlarında dijital sinyallere çevirir. Görsel 6.75'te ADC blok şeması görülmektedir.



Görsel 6.75: ADC blok şeması

ADC seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler aşağıda verilmiştir.

Çözünürlük: ADC'nin analog girişindeki en küçük değer değişimine karşılık çıkışında dijital farklılık oluşturma yeteneğidir.

Çevrim Zamanı: Analog-dijital dönüşümünün başlangıcı ile dijital değer kodlanarak çıkışta görüldüğü an arasında geçen süredir.

Örnekleme Frekansı (Çevrim Frekansı): Analog-dijital dönüşüm frekansıdır. Bir saniye içinde yapılan dönüşüm sayısı anlamına gelir.

Quantum Seviyesi (Bölüntü Seviyesi): ADC girişine uygulanan analog sinyal, minimum ve maksimum genlik değerleri arasında eşit aralıklara bölünür. Her aralık dijital çıkışta bir bitlik değişime neden olur.

Doğruluk: Girişteki analog değere karşılık olması beklenen dijital çıkış ile gerçekleşen dijital çıkış arasındaki ilişkidir.

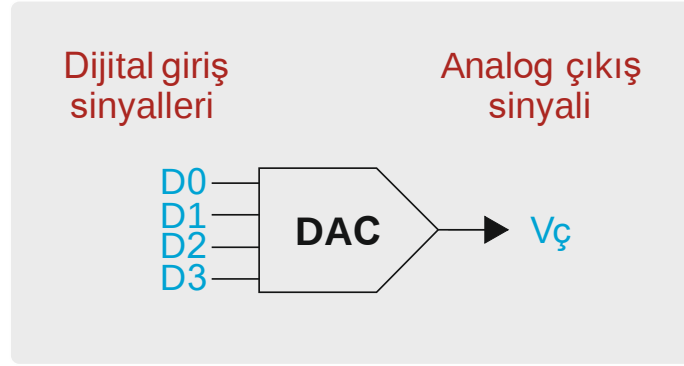
Polarite: Girişe sıfır-pozitif (0, +Vin) sinyaller uygulanabiliyorsa buna tek yönlü (monolitik) ADC denir. Tek girişi vardır. Girişe negatif-pozitif (-Vin, +Vin) sinyaller uygulanabiliyorsa çift yönlü (bidirectional) ADC denir. Çift giriş ucu vardır.

6.6.2. DAC Devreleri

DAC (Digital Analog Converter) devreleri, giriş uçlarındaki dijital sinyali çıkış ucunda analog sinyale çevirir.



Görsel 6.76'da DAC blok şeması görülmektedir.



Görsel 6.76: DAC blok şeması

DAC seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler aşağıda verilmiştir.

Çözünürlük (Resolution): Bir D/A dönüştürücünün çıkışında oluşabilecek en küçük analog değer en büyük analog değere oranıdır.

Nicemleme Boyutu (Quantization Size): Girişteki ardışık iki veri arasında çıkıştaki gerilim değişimine **nicemleme boyutu** denir ve tam ölçek çıkış geriliminin toplam basamak sayısına bölümü ile gösterilir.

Doğruluk (Accuracy): Gerçek DAC çıkışı ile umulan çıkışın karşılaştırılmasıdır. Tam ölçek ya da en yüksek çıkış geriliminin yüzdesi olarak gösterilir.

Doğrusallık (Linearity): Doğrusal bir hata, DAC'nin beklenen düz-doğru çıkışından sapmadır. Bu sapmanın özel bir durumu, bütün giriş bitleri sıfırken çıkışta görülen gerilimdir ve kayıklık hatası (offset error) olarak adlandırılır.

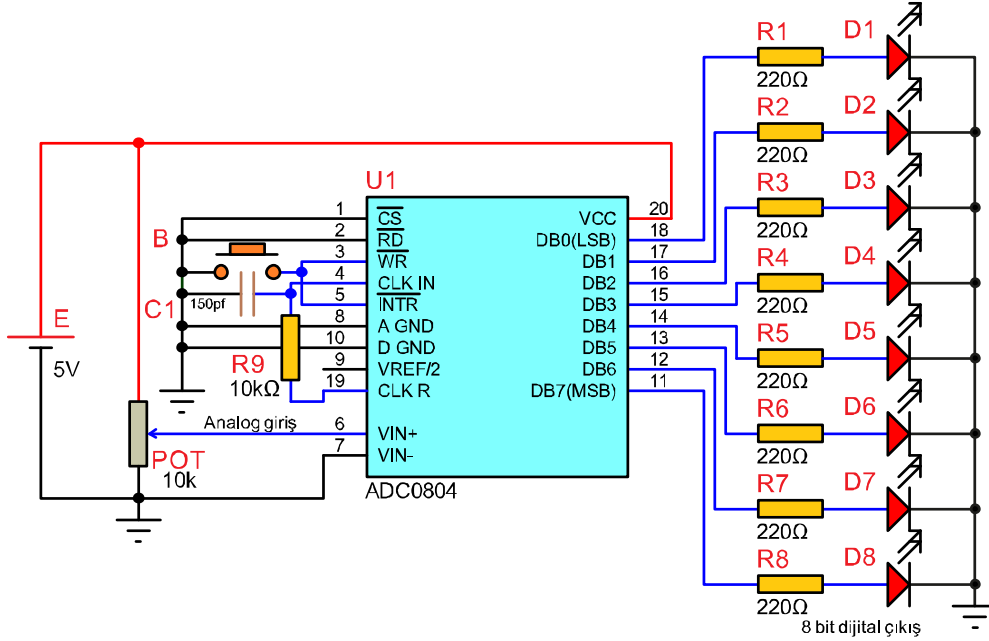
Tekdüzelik (Monotonicity): Giriş verisi sırayla artarken DAC çıkışının geri adım atmamasıdır.

Durulma Süresi (Settling Time): Giriş kodunda bir değişiklik oluştuktan sonra DAC çıkışının $\pm 1/2$ LSB sapma ile oturması arasında geçen süredir.

Giriş-Çıkış İlişkisi: Giriş bitlerindeki değişime karşılık çıkış akım veya geriliminde gözlenen değişimdir. LSB'den MSB'ye doğru bitlerdeki ağırlık değeri artacağından çıkış voltajı üzerindeki etkisi de artacaktır. Birim artışı çözünürlük gerilimine eşittir.

AMAÇ: ADC uygulaması yapmak.

Görsel 6.77'deki ADC devresi Vin girişlerinden uygulanan analog sinyallerin farkını 8 bitlik dijital bilgi olarak çıkıştaki LED'lerden vermektedir. Devrede -Vin 0 V'ta sabitken +Vin ucundan 0 V -5 V arası gerilim potansiyometre ile ayarlanarak verilir. 8 bit ADC'de giriş gerilimi $2^8=256$ eşit basamağa bölünür. Her bir adıma karşılık gelen voltaj değeri $5 V/256=0,019 V$ 'tur. Giriş gerilimin karşılığı çıkıştan 8 bit değer olarak okunur. LED'ler değişen giriş gerilimine cevap vermezse B butonuna basılarak yenileme yapılır.



Görsel 6.77: ADC devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özellği
Entegre	1x ADC0804
Direnç	8x 220 Ω, 1X 10 k Ω
Potansiyometre	1x 10 k Ω
LED diyot	8x Kırmızı
Kondansatör	1x 150 pF/16 V
Buton	1x Push buton (NO)

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.77'deki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi +Vin girişine bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Tablo 6.25'teki Vin giriş bilgilerine göre çıkışta yanan LED'lerin durumunu tablo 6.25'e yazınız.
5. LED'lerin durumuyla oluşan ikilik sayının onluk karşılığını hesaplayıp Tablo 6.25'e yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.25: ADC Doğruluk Tablosu

Vin	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	Onluk Karşılığı
0 V									
1 V									
2,5 V									
4 V									
5 V									

SORULAR

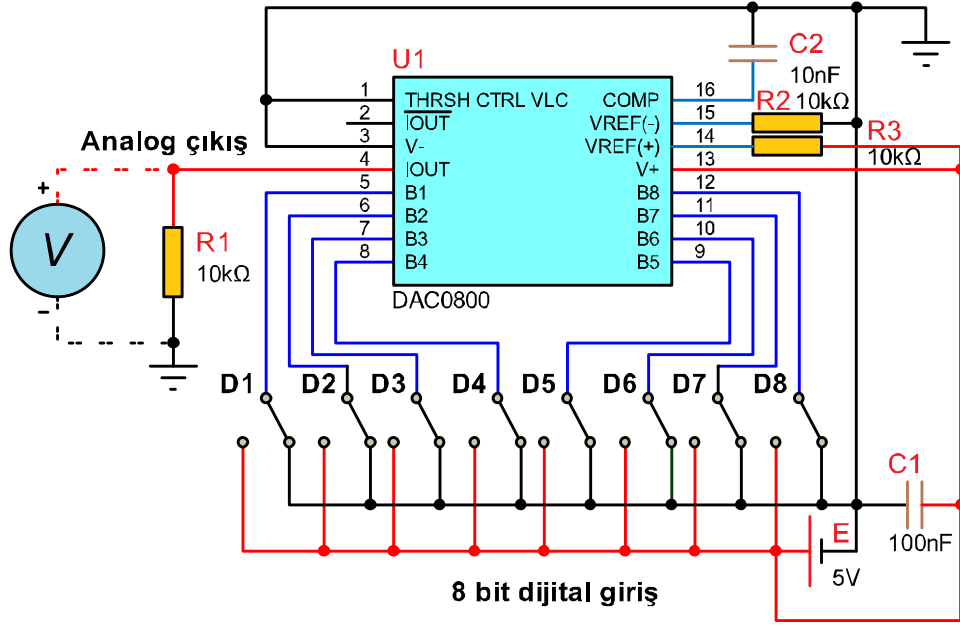
1. Analog ve dijital kavramlarını örneklerle açıklayınız.
2. Vin girişi -1 V ile + 1 V arası değişen bir gerilim olsaydı ADC0804'ün her bir adımı kaç volt olurdu? Hesaplayınız.
3. Giriş bilgisini 1024 adıma bölebilen bir ADC kaç bitliktir? Yazınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



AMAÇ: DAC uygulaması yapmak.

Görsel 6.78'deki DAC devresi, anahtarlara girişinden uygulanan 8 bitlik dijital bilgiyi çıkışta 0 V-5 V olarak verir. 8 bit DAC çıkış gerilimini $2^8=256$ eşit basamağa böler. Her bir adıma karşılık gelen voltaj değeri $5\text{ V}/256=0,019\text{ V}$ 'tur. 8 bitlik giriş bilgisinin karşılığı çıkıştan 0 V-5 V arasında bir gerilim değeri olarak okunur.



Görsel 6.78: DAC devresi

MALZEME LİSTESİ

Adı	Özelliği
Entegre	1x ADC0800
Direnç	3X 10 k Ω
Kondansatör	1x 10 nF/16 V, 1x 100 nF/16 V
Anahtar	8x 3 Pin SPDT Mini On Off Switch

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Görsel 6.78'deki devreyi kurunuz.
2. Voltmetreyi devredeki gibi bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Tablo 6.26'daki anahtarların durumunu giriş bilgisi olarak girip çıkışta ölçülen gerilim değerini tablo 6.26'ya yazınız.
5. Anahtarların durumuyla oluşan ikilik sayının onluk karşılığını hesaplayıp Tablo 6.26'ya yazınız.

DEĞERLENDİRME

Tablo 6.26: DCA Doğruluk Tablosu

D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	Onluk Karşılığı	Çıkış Gerilimi (V)

SORULAR

1. Bir DAC çıkışına bağlı motor sürücüyü uygulanan 10000000 ve 01000000 girişlerden hangisi motoru daha hızlı döndürür? Açıklayınız.
2. Genel ağdan (internet) dinlediğiniz müzik ADC veya DAC'den hangisine örnek gösterilebilir? Belirtiniz.
3. PWM ile DAC arasındaki ilişki nedir? Araştırınız.

NOT: Uygulamalar atölye ortamında yapılmıştır.



DERS NOTLARI



A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.



A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.



A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.



A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.



A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.



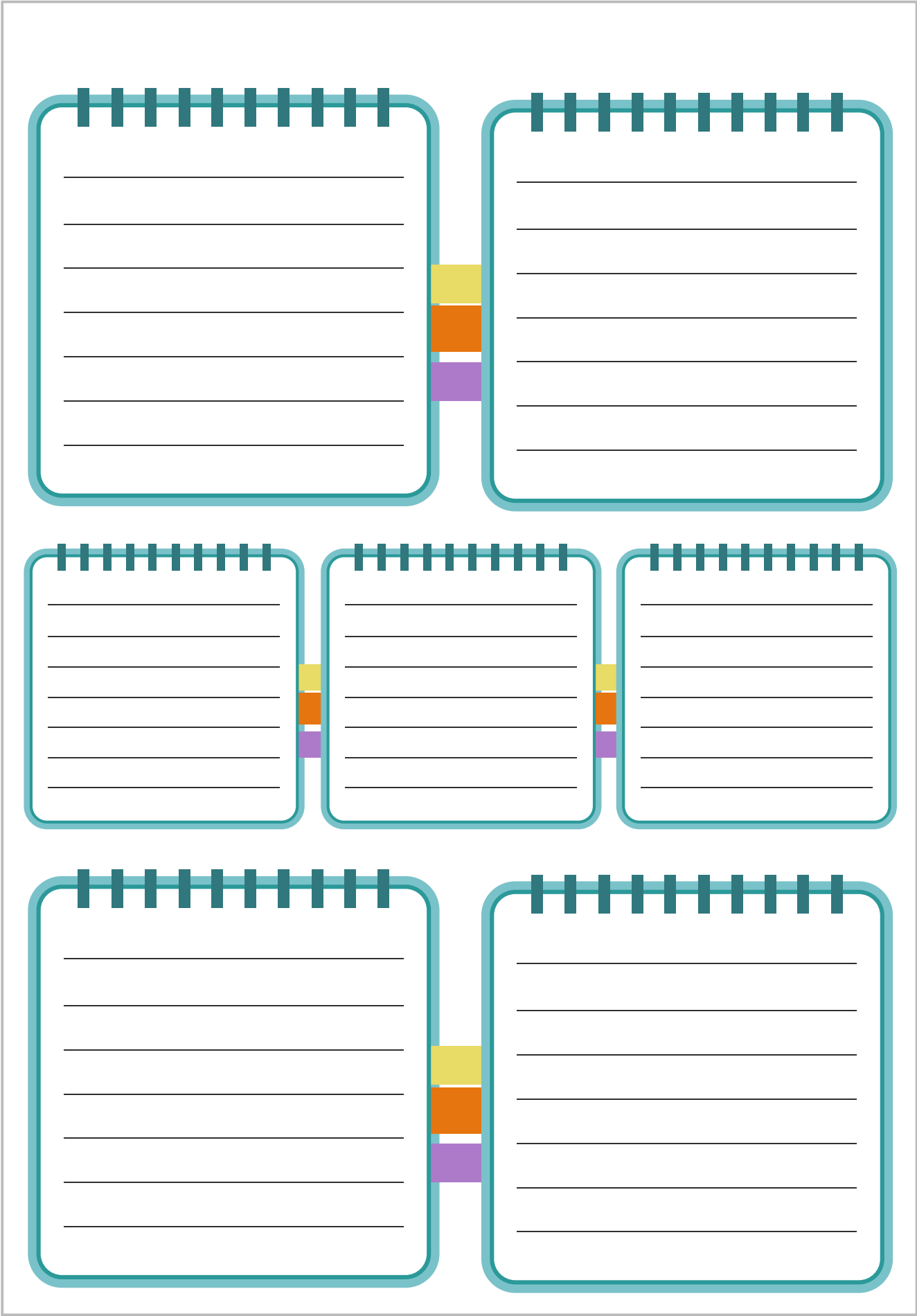
A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.



A spiral-bound notebook with a teal cover and 10 horizontal lines for writing.







- MEB, (2020). Elektrik-Elektronik alanı Çerçeve Öğretim Programı, Ankara.
- Yazım Kılavuzu, (2012, 27. Baskı). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Bereket, M., ve Tekin, E. (2005). Elektronik Atelye ve Laboratuvar 2. İzmir: Kanyılmaz Matbaası.
- Boylestad, R., ve Nashelsky, L. (1994). Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi. Ankara: MEB-Evren Ofset AŞ
- Eric Coates MA BSc. (2020, 11 28). Learnabout Electronics: <https://learnabout-electronics.org>.
- Floyd, T. L. (2012). Electronic Devices. New Jersey : Prentice Hall.
- Şensoy, R., Ercan, Ö., ve Cangir, A. O. (2003). Elektronik Endüstri Meslek Liseleri X. Sınıf - Atelye. İstanbul: Barış Matbaacılık.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

- <https://sozluk.gov.tr/>
- <https://www.electronics-tutorials.ws/> (20 04.2021 saat 13.54)
- <https://aspencore.com/> (20 04.2021 saat 13.54)
- Electronics-tutorials.ws (20 04.2021 saat 13.54)
- <https://www.electroimc.com> (25.12.2020 saat 21.34)
- https://www.electroimc.com/en/doc/projects/audio/77_mixer_main_boarda (20.04.2021 saat 14.05).
- Princeton Technology Corp. (26.12.2020 saat 23.36)
- <http://www.princeton.com.tw/en-us/products/multimediaaudioic/echoprocessor.aspx> (20.04.2021 saat 14.10).
- STMicroelectronics. (22.11.2020 saat 16.19)
- https://www.st.com/content/st_com/en/products/audio-ics/audio-amplifiers/classab-audio-power-amplifiers/tda2030.html (27.12.2020 saat 22.32)
- <http://www.temrinler.com/?p=168>. (21.12.2020 saat 14.16)



GÖRSEL KAYNAKÇA

KAPAK: Elektronik freepik.com

KAPAK: www.shutterstock.com'dan alınan görseller

Öğrenme birimi içerisinde kullanılan tüm görseller komisyon tarafından hazırlanmıştır.



KOD=1680

Materyalde kullanılan görsel kaynakça için yukarıdaki linke tıklayınız.

KAREKODLAR

- 1) Röle Uçlarının Bulunması <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23118>
- 2) Turn On Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=26501>
- 3) IGBT ile Dimmer Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23133>
- 4) Triyaklı Dimmer Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23145>
- 5) Optokuplör ile Flaşör Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23152>
- 6) LM35'li Sıcaklıkta Çalışan Devre <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=35384>
- 7) Reed Röle Uygulaması <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=35383>
- 8) Ağırlık Sensörlü Devre <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23235>
- 9) LDR'li Karanlıkta Çalışan Devre <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23242>
- 10) Kumanda Test Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23245>
- 11) Alkışla Çalışan Devre <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23251>
- 12) LDR'li Karşılaştırmalı Uygulaması <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23219>
- 13) Transistörlü Kararsız Multivibratör Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23169>
- 14) 555'li PWM Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23186>
- 15) Bant Geçiren Aktif Filtre Devresi <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=23202>
- 16) Kapılar <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=35385>
- 17) 7 Segment Display Kod Çözücü Uygulaması <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=35386>
- 18) 0-9 Yukarı Sayıcı Uygulaması <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=35387>
- 19) ADC Uygulaması <http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=35388>

