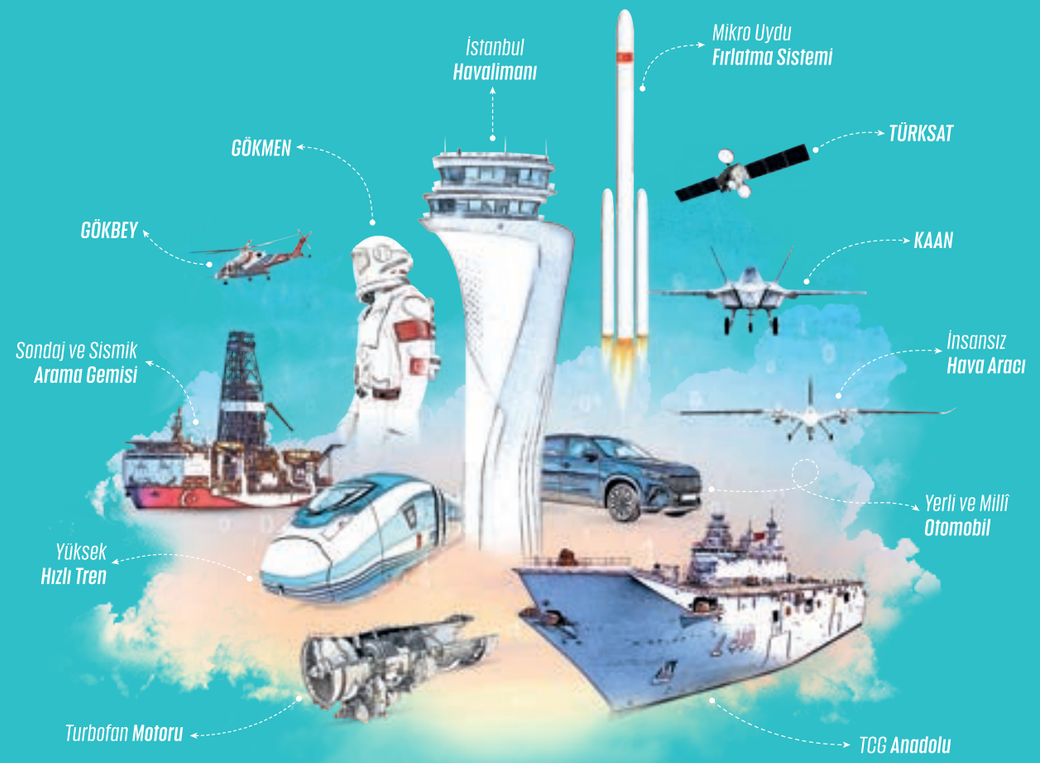
# Bu kitaba sığmayan daha neler var!

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: 978-975-11-6870-2**


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

DENİZCİLİK ALANI GEMİ ELEKTRONİĞİ ATÖLYESİ 10

**MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ**

DENİZCİLİK ALANI

# GEMİ ELEKTRONİĞİ ATÖLYESİ



**10 DERS MATERYALİ**

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

*DENİZCİLİK ALANI*

# GEMİ ELEKTRONİĞİ ATÖLYESİ

## 10

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

**Fatih DUMAN**

**İbrahim Halil TÜFEKÇİ**

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .....8330
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ .....2222

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

**HAZIRLAYANLAR**

Dil Uzmanı

**Abdullah ŞAHİN**

Görsel Tasarım Uzmanı

**Hatice DUMLU AK**

Program Geliştirme Uzmanı

**Ergül SIRKINTI**

Rehberlik Uzmanı

**Gülşen YALIN**

ISBN: 978-975-11-6870-2

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



# İSTİKLÂL MARŞI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Mehmet Âkif Ersoy**

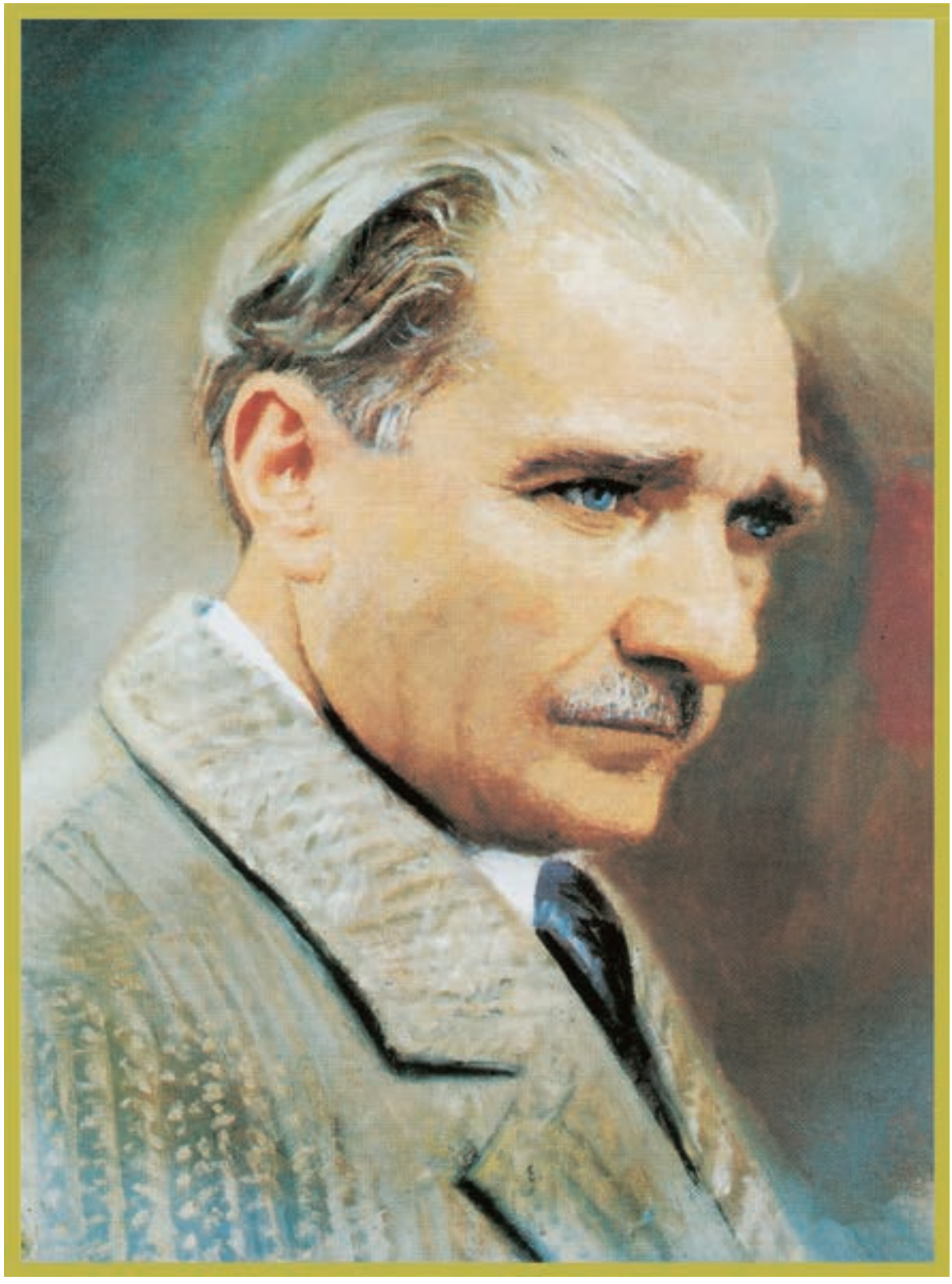
## GENÇLİĞE HİTABE

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

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

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

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER


DERS MATERYALİNİN TANITIMI ..... 14

1. ALTERNATİF AKIM VE ELEKTROMANYETİZMANIN TEMELLERİ ..... 15
1.1. OSİLOSKOP İLE ÖLÇÜM ..... 16
1.1.1. Alternatif Akım ..... 16
1.1.2. Alternatif Akımın Bileşenleri ..... 17
1.1.3. Alternatif Akım Değerleri ..... 19
1.2. OSİLOSKOP ..... 21
1.2.1. Osiloskop İle AC Gerilim Ölçme ..... 25
1.2.2. Osiloskop İle DC Gerilim Ölçme ..... 26
1.2.3. Osiloskop ile Frekans Ölçme ..... 27
1.1. UYGULAMA OSİLASKOP İLE FARKLI SİNYALLERİN ÖLÇMELERİNİ YAPMAK ..... 28
1.3. DİRENÇLER ..... 31
1.3.1. Direnç ..... 31
1.3.2. Direnç Birimleri ve Dönüşümleri ..... 31
1.3.3. Direnç Çeşitleri ..... 31
1.3.3.1. Sabit Dirençler ..... 31
1.3.3.2. Ayarlı Dirençler ..... 32
1.3.3.3. Ortam Etkili Dirençler ..... 32
1.3.4. Direnç Renk Kodları ..... 33
1.3.5. Breadboard (Bredbord) ve Yapısı ..... 35
1.3.6. Direnç Bağlantıları ..... 36
1.3.6.1. Dirençlerin Seri Bağlantısı ..... 36
1.3.6.2. Dirençlerin Paralel Bağlantısı ..... 36
1.3.6.3. Dirençlerin Karışık Bağlantısı ..... 36
1.3.6.4. Direnç Ölçme İşlemi ..... 36
1.2. UYGULAMA DİRENÇ RENK KODU UYGULAMALARI ..... 37
1.3. UYGULAMA EŞ DEĞER DİRENÇ, GERİLİM VE AKIM ÖLÇÜMLERİ YAPMAK ..... 38
1.4. KONDANSATÖRLER ..... 41
1.4.1. Kondansatör ..... 41
1.4.2. Kapasiteyi Belirleyen Faktörler ..... 41
1.4.3. Kapasite Birimleri ve Dönüşümleri ..... 41
1.4.4. Kondansatör Çeşitleri ..... 42
1.4.5. Rakam Kodlu Kondansatör Değerlerinin Okunması ..... 43
1.4.6. Kondansatör Bağlantıları ..... 45
1.4.6.1. Kondansatörlerin Seri Bağlantısı ..... 45
1.4.6.2. Kondansatörlerin Paralel Bağlantısı ..... 46
1.4.6.3. Kondansatörlerin Karışık Bağlantısı ..... 46
1.4.6.4. Kapasite Ölçme İşlemi ..... 46
1.4. UYGULAMA KONDANSATÖR ÖLÇME ..... 47
1.5. BOBİNLER ..... 48
1.5.1. Bobin ve Endüktans ..... 48
1.5.2. Bobinlerde Zıt Elektromotor Kuvveti (EMK) ..... 48
1.5.3. Endüktans Birimleri ve Dönüşümleri ..... 49
1.5.4. Bobin Çeşitleri ..... 49
1.5.4.1. Sabit Bobinler ..... 49
1.5.4.2. Ayarlı Bobinler ..... 51
1.5.5. Bobin Bağlantıları ..... 51
1.5.5.1. Bobinlerin Seri Bağlanması ..... 51
1.5.5.2. Bobinlerin Paralel Bağlanması ..... 51
1.5.6. Endüktans Ölçme İşlemi ..... 52
1.5. UYGULAMA ENDÜKTANS ÖLÇME UYGULAMALARI ..... 53
1.6. UYGULAMA FARKLI TİPTE ENDÜKTANS BAĞLANTILARI ÖLÇME UYGULAMALARI ..... 54
1.6. REZONANS DEVRELERİ ..... 55
1.6.1. Alternatif Akımda Seri, Paralel ve Karışık Devre Hesapları ..... 55
1.6.2. Empedans ve Admitans İlişkisi ..... 55
1.6.3. Seri R-L Devreleri ve Özellikleri ..... 55
1.6.4. Seri R-C Devreleri ve Özellikleri ..... 57
1.6.5. Seri R-L-C Devreler ve Özellikleri ..... 58
1.6.6. Alternatif Akımda R-L Paralel Devreler ve Özellikleri ..... 59

# İÇİNDEKİLER


1.6.7. Alternatif Akımda R-C Paralel Devreler ve Özellikleri ....61
1.6.8. Alternatif Akımda R-L-C Paralel Devreler ve Özellikleri ....62
**1.7. UYGULAMA** SERİ RLC DEVRELERİNDE AKIM GERİLİM ÖLÇMELERİ ....**64**
1.7. ALTERNATİF AKIMDA GÜÇ HESAPLARI ....65
1.7.1. Dirençli Devrelerde Aktif Güç Hesabı ....65
**1.8. UYGULAMA** DİRENÇLİ DEVREDE GÜÇ ÖLÇÜMÜ ....**66**
1.7.2. Bobinli Devrelerde Reaktif Güç Hesabı ....67
1.7.3. Kondansatörlü Devrelerde Reaktif Güç Hesabı ....68
1.8. ALTERNATİF AKIMDA REZONANS DEVRE HESAPLARI ....69
1.8.1. Seri Rezonans Devreler ve Özellikleri ....70
1.8.2. Paralel Rezonans Devreler ve Özellikleri ....71
1.9. ELEKTROMANYETİZMA ....72
1.9.1. Mıknatıs ....72
1.9.2. Manyetik Alan ....72
1.9.3. Kulon Kanunu ....72
1.9.4. Faraday İndüksiyon Yasası ve Transformatörlerin Çalışma Prensibi ....73
**1.9. UYGULAMA** ELEKTROMANYETİZMA UYGULAMASI ....**75**
**1.10. UYGULAMA** TRANSFORMATÖR UYGULAMASI ....**76**

2. ÖĞRENME BİRİMİ

**2. ELEKTRİK-ELEKTRONİK RESMİ ....77**
2.1. ZAYIF AKIM ELEKTRİK TESİSATLARI ....78
2.1.1. Çağırma ve Bildirim Tesisatları Çizimi ....78
2.1.2. Aydınlatma Tesisatları Çizimi ....79
**2.1. UYGULAMA** BİR ZİLİN İKİ AYRI YERDEN ÇALIŞTIRILMASINA AİT ÇİZİM ....**80**
**2.2. UYGULAMA** KAPI KİLİDİ OTOMATİĞİ TESİSATI ÇİZİMİ ....**82**
**2.3. UYGULAMA** ADİ ANAHTARLI VE KOMÜTATÖR ANAHTARLI AYDINLATMA TESİSATLARI ÇİZİMİ ....**84**
**2.4. UYGULAMA** VAVİYEN ANAHTARLI AYDINLATMA TESİSATLARI ÇİZİMİ ....**86**
2.2. ELEKTRONİK DEVRE ŞEMALARI ÇİZİMİ ....88
2.2.1. Elektronikte Kullanılan Devre Elemanları Sembollerinin (Simgelerin) Çizimi ....88
**2.5 UYGULAMA** ELEKTRONİK DEVRE SEMBOLLERİ ÇİZİMİ ....**91**
**2.6 UYGULAMA** SAYISAL ELEKTRONİK DEVRE SEMBOLLERİ ÇİZİMİ ....**92**
2.2.2. Çeşitli Elektronik Devre Çizimleri ....93
**2.7. UYGULAMA** KÖPRÜ TİPİ TAM DALGA DOĞRULTMA DEVRESİ ÇİZİMİ ....**93**
**2.8. UYGULAMA** GÜÇ KAYNAĞI DEVRE ŞEMASI ÇİZİMİ ....**95**
**2.9. UYGULAMA** TÜMLEŞİK (ENTEGRE) DEVRELİ YÜKSELTEÇ ÇİZİMİ ....**96**

3. ÖĞRENME BİRİMİ

**3. LEHİMLEME VE BASKI DEVRE ....97**
3.1. DEVRE ELEMANLARINI LEHİMLEME ....98
3.1.1. Lehimlemede Kullanılan Malzemeler ....98
3.1.2. Lehimleme ....100
3.1.3. Lehim Sökme İşlemi ....101
**3.1. UYGULAMA** ÜNİVERSAL PLAKET ÜZERİNE LEHİMLEME ....**102**
3.2. BASİT ELEKTRONİK DEVRE ŞEMASINI BAKIR PLAKET ÜZERİNE ÇIKARMA ....103
3.2.1. Baskı Devre Plaketlerinin Yapısı ....103
3.2.2. Plaket Boyutunun Belirlenmesi ....104
3.2.3. Yerleştirme Şekli ve Montaj Ölçülerinin Ayarlanması ....105
3.2.4. Baskı Devre Plaketinin Hazırlanması ....105
3.2.4.1. Giyotin Makasla Kesme ....105
3.2.4.2. Maket Bıçağı İle Kesme ....106
3.2.4.3. Testere İle Kesme ....106
3.2.5. Patern Çıkarma ....107
3.2.6. Paternin Baskı Devre Plaketi Üzerine Aktarılması ....109
3.2.6.1. Baskı Devre Kalemi Metodu ....109
3.2.6.2. Foto Rezist Metodu ....109
3.2.6.3. Serigrafi Metodu ....109
3.2.7. Baskı Devreyi Plaket Üzerine Çıkarma Yöntemleri ....110
3.2.8. Elemanların Baskı Devre Plaketi Üzerine Montajı ....110
**3.2. UYGULAMA** REGÜLE DEVRESİ YAPIMI ....**111**
**3.3. UYGULAMA** KÖPRÜ TİPİ TAM DALGA DOĞRULTMAÇ DEVRESİ YAPIMI ....**113**
**3.4. UYGULAMA** FLİP FLOP DEVRESİ YAPIMI ....**115**

İÇİNDEKİLER

4. ÖĞRENME BİRİMİ


**4. SAYISAL ELEKTRONİK TEMELLERİ ..... 117**

4.1. MANTIKSAL KAPI DEVRELERİ ..... 118
4.1.1. Elektronik Sistemlerde Kullanılan Farklı Kodlar ..... 118
4.1.2. Sayı Sistemlerinin Birbirlerine Dönüştürülmesi ..... 118
4.1.3. İkilik Sayı Sisteminde Toplama ve Çıkarma ..... 121
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME: 4.1 ..... 125
4.1.4. Lojik Kapı Devreleri ..... 126
4.1.4.1. Tampon Kapısı (Buffer Gate) ..... 126
4.1.4.2. Değil Kapısı (Not Gate, Inverter) ..... 127
4.1.4.3. VE Kapısı (AND Gate) ..... 129
4.1.4.4. VEYA Kapısı (OR Gate) ..... 130
4.1.4.5. VE DEĞİL Kapısı (NAND Gate) ..... 131
4.1.4.6 VEYA DEĞİL Kapısı (NOR Gate) ..... 132
4.1.4.7. ÖZEL VEYA Kapısı (EXCLUSİVE OR Gate EX-OR) ..... 133
4.1.4.8. ÖZEL VEYA DEĞİL Kapı Devresi (Exclusive NOR Gate, EX-NOR) ..... 135
4.2. SAYISAL DEVRELER ..... 136
4.2.1. Breadbaoard ..... 136
4.2.2. Breadboard Yapısı ve Breadboard Üzerine Devre Kurma ..... 136
4.2.3. Birleşik Mantık Devreleri ..... 136
**4.1. UYGULAMA** LOJİK TAMPON (BUFFER) DEVRESİ UYGULAMASI ..... **140**
**4.2. UYGULAMA** LOJİK DEĞİL (NOT) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **142**
**4.3. UYGULAMA** LOJİK VE (AND) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **144**
**4.4. UYGULAMA** ÜÇ GİRİŞLİ VE (AND) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **146**
**4.5. UYGULAMA** LOJİK VEYA (OR) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **148**
**4.6. UYGULAMA** LOJİK VE DEĞİL (NAND) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **150**
**4.7. UYGULAMA** FAALİYETİ LOJİK VEYA DEĞİL (NOR) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **152**
**4.8. UYGULAMA** FAALİYETİ LOJİK ÖZEL VEYA (EX-OR) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **154**
**4.9. UYGULAMA** LOJİK ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) KAPI DEVRESİ UYGULAMASI ..... **156**
**4.10. UYGULAMA** KOD ÇÖZÜCÜ (DEKODER) DEVRESİ UYGULAMASI ..... **159**


5. ÖĞRENME BİRİMİ


**5. ELEKTRONİK DEVRE UYGULAMALARI ..... 161**

5.1. YARI İLETKEN ELEMANLAR İLE YÜKSELTEÇ DEVRELERİ ..... 162
5.1.1. Yarı İletken Devre Elemanı Kılıf Çeşitleri ve Bağlantıları ..... 162
5.1.1.1. Diyot ..... 162
5.1.1.2. Zener Diyot ..... 163
5.1.1.3. Foto Diyot ..... 163
5.1.1.4. Işık Yayan Diyot (LED) ..... 163
5.1.1.5. Bipolar Jonksiyon Transistör (BJT) ..... 164
5.1.1.6. Alan Etkili Transistör (Field Effect Transistör, Fet) ..... 165
5.1.1.7. Yalıtılmış Kapılı İki Kutuplu Transistör (IGBT) ..... 167
5.1.1.8. Tristör ..... 167
5.1.1.9. Diyak ..... 167
5.1.1.10. Triyak ..... 168
5.1.2. Yükselteç Devrelerinin Yapıları ..... 168
5.1.2.1. Geri Besleme ..... 168
5.1.2.2. Yükselteçlerde Bağlantı Şekilleri ..... 168
5.1.2.3. Yükselteçlerde Çalışma Sınıfları ..... 170
5.1.2.4. Yükselteçlerin Çalışmasını Etkileyen Faktörler ..... 171
5.1.3. Yükselteç Devrelerinin Yapılması ..... 171
**5.1. UYGULAMA** TRANSİSTÖRÜN ANAHTARLAMA ELEMANI OLARAK KULLANIMI ..... **172**
**5.2. UYGULAMA** TRANSİSTÖRLÜ YÜKSELTEÇ DEVRESİ YAPIMI ..... **174**
**5.3. UYGULAMA** MOSFET İLE DC MOTOR HIZ KONTROLÜ ..... **176**
**5.4. UYGULAMA** TRİYAKLI DİMMER DEVRESİ ..... **178**
5.2. OPERASYONEL YÜKSELTEÇ DEVRELERİ ..... 180
5.2.1. Genel Yükselteçlerin Özellikleri ..... 180
5.2.2. Operasyonel (İşlemsel) Yükselteçler ..... 181
5.2.2.1. Operasyonel Yükselteçlerin Yapısı ..... 181
5.2.2.2. Operasyonel Yükseltecin Sembolü, Entegre Kılıfları ve Beslenmesi ..... 182

# İÇİNDEKİLER


5.2.2.3. Operasyonel Yükselteçlerde Negatif Geri Besleme ....183
5.2.2.4. İdeal ve Uygulamadaki Operasyonel Yükselteçlerin Karşılaştırılması ....183
**5.5. UYGULAMA** OPERASYONEL YÜKSELTEÇ İLE EVİREN YÜKSELTEÇ DEVRESİ ....**184**
**5.6. UYGULAMA** OPERASYONEL YÜKSELTEÇ İLE EVİRMEYEN YÜKSELTEÇ DEVRESİ ....**186**
**5.7. UYGULAMA** OPERASYONEL YÜKSELTEÇ İLE GERİLİM İZLEYİCİ DEVRESİ ....**188**
**5.8. UYGULAMA** OPERASYONEL YÜKSELTEÇ İLE TÜREV ALICI DEVRE DEVRESİ ....**190**
**5.9. UYGULAMA** OPERASYONEL YÜKSELTEÇ İLE İNTEGRAL ALICI DEVRE DEVRESİ ....**192**

6. ÖĞRENME BİRİMİ

**6. YÜKSELTEÇ VE OSİLATÖR DENEYLERİ ....195**
6.1. OSİLATÖRLER ....196
6.1.1. Bobin-Kondansatör (LC) Osilatörler ....197
6.1.2. Direnç-Kondansatör (RC) Osilatörler ....197
6.1.3. Kristal kontrollü (XTALL) Osilatörler ....198
**6.1. UYGULAMA** RC FAZ KAYMALI OSİLATÖR DEVRESİ ....**199**
**6.2. UYGULAMA** KRİSTAL OSİLATÖR DEVRESİ YAPIMI ....**202**
**6.3. UYGULAMA** COLPİTTS OSİLATÖR DEVRESİ ....**204**
**6.4. UYGULAMA** HARTLEY OSİLATÖR DEVRESİ ....**206**
6.2. HOPARLÖR ....208
6.2.1. Dinamik (Hareketli Bobinli) Hoparlör ....208
6.2.2. Piezoelektrik (Kristal) Hoparlör ....208
6.2.3. Hoparlörlerin Özellikleri ....208
6.2.4. Hoparlörlerin Seri ve Paralel Bağlanması ....209
**6.5. UYGULAMA** SES YÜKSELTEÇ DEVRESİ ....**210**
6.3. MİKROFON ....212
6.3.1. Dinamik Mikrofon ....212
6.3.2. Kapasitif Mikrofon ....212
6.3.3. Kristal Mikrofon ....212
**6.6. UYGULAMA** EL ÇIRPMA SESİ İLE ÇALIŞAN DEVRE ....**213**

7. ÖĞRENME BİRİMİ

**7. MODÜLASYON TEKNİĞİ ....215**
7.1. GENLİK MODÜLASYONU ....216
7.1.1. Modülasyon ve Demodülasyon ....216
7.1.2. Genlik Modülasyonu ....216
7.1.3. Modülasyon Faktörü ....217
7.1.4. Genlik Demodülasyonu ....218
7.2. FREKANS MODÜLASYONU ....219
7.2.1. Frekans Modülasyonu ....219
7.2.2. Frekans Demodülasyonu ....220
**7.1. UYGULAMA** FM VERİCİ DEVRESİ YAPIMI ....**221**
**7.2. UYGULAMA** FM ALICI DEVRESİ YAPIMI ....**222**
7.3. FAZ MODÜLASYONU ....223
7.3.1. Faz Modülatörü ve Demodülatörü ....226
7.4. SAYISAL MODÜLASYONLAR ....226
7.4.1. PAM Modülasyonu ....226
7.4.2. PSK ....228
7.4.2.1. ASK ....229
7.4.2.2. FSK ....229
7.4.3. QAM ....230

8. ÖĞRENME BİRİMİ

**8. ASENKRON MOTOR UYGULAMALARI ....231**
8.1. ASENKRON MOTORLARA YOL VERME ....232
8.1.1. Üç Fazlı Asenkron Motorlar ....232
8.1.2. Bir Fazlı Asenkron Motorlar ....234
8.1.3. Üç Fazlı Asenkron Motorlara Yol Verme ....234
**8.1. UYGULAMA** MOTOR ETİKETİ OKUMA ....**236**
8.2. ASENKRON MOTORLARDA DEVİR AYARI ....237
8.2.1. Asenkron Motorlarda Kutup Sayısını Değiştirerek Devir Ayarı ....237
8.2.2. Asenkron Motorlarda Frekans Değiştirerek Devir Ayarı ....239

**8.2. UYGULAMA** DEVİR SAYISI ÖLÇÜMÜ ....241
**8.3. UYGULAMA** ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORUN FREKANS İLE DEVİR AYARI ....242
8.3. ASENKRON MOTORLARDA FRENLEME ....246
8.3.1. Asenkron Motorlarda Balatalı (Elektromanyetik) Frenleme ....246
8.3.2. Asenkron Motorlarda Dinamik Frenleme ....247
8.3.3. Asenkron Motorlarda Ani Frenleme ....249
**8.4. UYGULAMA** ÜÇ FAZLI ASENKRON MOTORUN PERİYODİK FRENLENMESİ VE ÇALIŞTIRILMASI ..250

**9. KONTROL KARTI DEVRELERİ** ....251
9.1. KONTROL KARTI PROGRAMLAMA ....252
9.1.1. Mikrodenetleyiciler ....252
9.1.2. IDE (Tümleşik Geliştirme Ortamı) Programının Bilgisayara Kurulumu ve Çalıştırılması ....253
**9.1. UYGULAMA** KONTROL KARTINA ÖRNEK PROGRAM YÜKLEMEK ....256
9.2. KONTROL KARTI İLE DC MOTOR SÜRMEK ....258
9.2.1. DC Motorlar ....258
9.2.2. DC Motor Sürücü Devresi ....258
**9.2. UYGULAMA** KONTROL KARTI İLE DC MOTOR SÜRMEK ....259
9.3. KONTROL KARTI İLE LCD KONTROL ETMEK ....261
**9.3. UYGULAMA** KONTROL KARTI İLE LCD KULLANMAK ....262
9.4. KONTROL KARTI İLE SENSÖRLERİ KULLANMAK ....264
**9.4. UYGULAMA** KONTROL KARTI İLE SICAKLIK SENSÖRÜ KULLANMAK ....264
**9.5. UYGULAMA** KONTROL KARTI İLE BASINÇ SENSÖRÜ KULLANMAK ....266
**9.6. UYGULAMA** KONTROL KARTI İLE LİMİT ANAHTARI KULLANMAK ....268
**9.7. UYGULAMA** KONTROL KARTI İLE GAZ SENSÖRLERİNİ KULLANMAK ....270
**9.8. UYGULAMA** PYTHON İLE KONTROL KARTINI PROGRAMLAMAK ....272

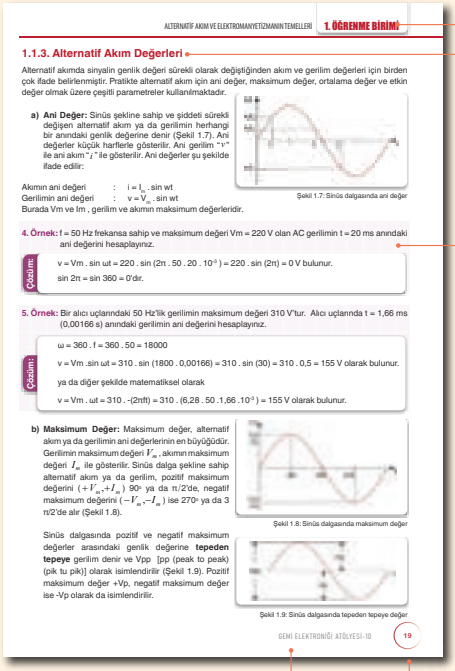
**10. TELSİZ ALICI-VERİCİ SİSTEMLERİ** ....275
10.1. DSC HABERLEŞMESİ ....276
10.1.1. DSC ile Genel Amaçlı (Rutin) Haberleşme ....277
10.1.2. DSC ile Tehlike Haberleşmesi ....278
10.1.2.1. DSC Tehlike Uyarısının Gönderilmesi ....278
10.1.2.2. DSC Tehlike Uyarılarının Alınması / Onaylanması ....279
10.1.2.3. DSC Tehlike ve Güvenlik Uyarılarının Aktarılması ....281
10.1.3. DSC İle İvedilik Haberleşmesi ....281
10.1.4. DSC İle Güvenlik Haberleşmesi ....282
10.1.5. DSC Cihazların Kullanımı ....283
**10.1. UYGULAMA** VHF DSC CİHAZI İLE TEHLİKE ÇAĞRISI ....285
**10.2. UYGULAMA** VHF DSC CİHAZI İLE GEMİDEN GEMİYE RUTİN DSC ÇAĞRISI ....286
10.2. DAR BANT DOĞRUDAN YAZMALI (NBDP) TELGRAF SİSTEMİ ....287
10.2.1. NAVTEX Mesaj Yayın Formatı ve Mesaj Türleri ....289
10.2.2. NAVTEX Alıcı Cihazında Bulunan Kontrol Düğmeleri ve Göstergeler ....292
**10.3. UYGULAMA** NAVTEX CİHAZI (Dar Bant Doğrudan Yazmalı Telgraf Sistemi (NBDP) ve Telsiz Cihazı) İLE HABERLEŞME ....293
10.3. ANTENLER ....294
**10.4. UYGULAMA** NAVTEX CİHAZI ANTEN BAĞLANTISI ....296

**KAYNAKÇA** ....297
**CEVAP ANAHTARI** ....298

9. ÖĞRENME BİRİMİ

10. ÖĞRENME BİRİMİ

# DERS MATERYALİNİN TANITIMI


ALTERNATİF AKIM VE ELEKTROMANYETİZMANIN TEMELLERİ 1. ÖĞRENME BİRİMİ

1.1.3. Alternatif Akım Değerleri

Alternatif akımda sinyalin genlik değeri sürekli olarak değiştiğinden akım ve gerilim değerleri için birden çok ifade belirlenmiştir. Pratikte alternatif akım için ani değer, maksimum değer, ortalama değer ve etkin değer olmak üzere çeşitli parametreler kullanılmaktadır.

a) **Ani Değer:** Sinüs şekline sahip ve şiddeti sürekli değişen alternatif akım ya da gerilimin herhangi bir anındaki genlik değerine denir (Şekil 1.7). Ani değerler küçük harflerle gösterilir. Ani gerilim "v" ile ani akım "i" ile gösterilir. Ani değerler şu şekilde ifade edilir:

Akımın ani değeri : $i = I_m . \sin \omega t$
Gerilimin ani değeri : $v = V_m . \sin \omega t$
Burada Vm ve Im , gerilim ve akımın maksimum değerleridir.

Şekil 1.7: Sinüs dalgasında ani değer

4. Örnek: f = 50 Hz frekansa sahip ve maksimum değeri Vm = 220 V olan AC gerilimin t = 20 ms anındaki ani değerini hesaplayınız.

Çözüm: v = Vm . sin ωt = 220 . sin (2π . 50 . 20 . $10^{-3}$) = 220 . sin (2π) = 0 V bulunur.
sin 2π = sin 360 = 0'dır.

5. Örnek: Bir alıcı uçlarındaki 50 Hz'lik gerilimin maksimum değeri 310 V'tur. Alıcı uçlarında t = 1,66 ms (0,00166 s) anındaki gerilimin ani değerini hesaplayınız.

Çözüm: ω = 360 . f = 360 . 50 = 18000
v = Vm .sin ωt = 310 . sin (1800 . 0,00166) = 310 . sin (30) = 310 . 0,5 = 155 V olarak bulunur.
ya da diğer şekilde matematiksel olarak
v = Vm . ωt = 310 . -(2πft) = 310 . (6,28 . 50 .1,66 .$10^{-3}$) = 155 V olarak bulunur.

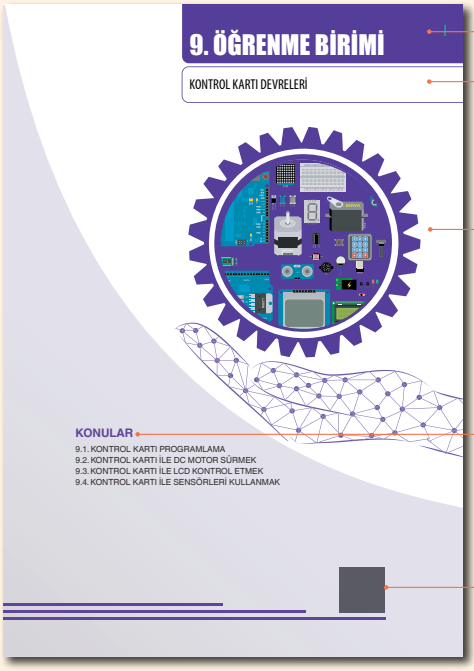
b) **Maksimum Değer:** Maksimum değer, alternatif akım ya da gerilimin ani değerlerinin en büyüğüdür. Gerilimin maksimum değeri $V_m$ , akımın maksimum değeri $I_m$ ile gösterilir. Sinüs dalga şekline sahip alternatif akım ya da gerilim, pozitif maksimum değerini $(+V_m, +I_m)$ 90° ya da π/2'de, negatif maksimum değerini $(-V_m, -I_m)$ ise 270° ya da 3 π/2'de alır (Şekil 1.8).

Şekil 1.8: Sinüs dalgasında maksimum değer

Sinüs dalgasında poztif ve negatif maksimum değerler arasındaki genlik değerine **tepeden tepeye** gerilim denir ve Vpp [pp (peak to peak) (pik tu pik)] olarak isimlendirilir (Şekil 1.9). Pozitif maksimum değer +Vp, negatif maksimum değer ise -Vp olarak da isimlendirilir.

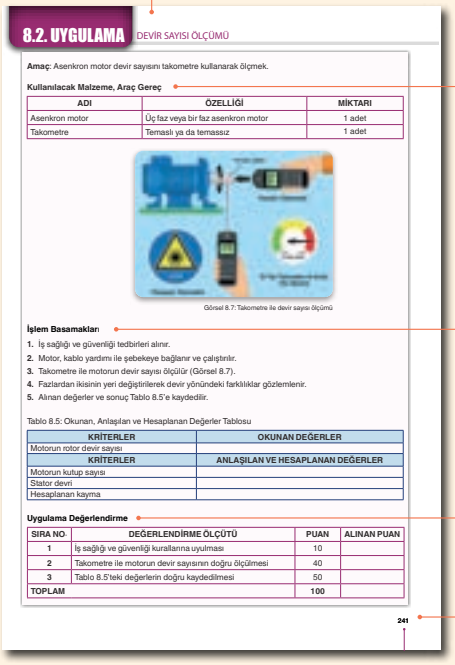
Şekil 1.9: Sinüs dalgasında tepeden tepeye değer

GEMİ ELEKTRONİĞİ ATÖLYESİ-10 19


9. ÖĞRENME BİRİMİ

KONTROL KARTI DEVRELERİ

KONULAR
9.1. KONTROL KARTI PROGRAMLAMA
9.2. KONTROL KARTI İLE DC MOTOR SÜRMEK
9.3. KONTROL KARTI İLE LCD KONTROL ETMEK
9.4. KONTROL KARTI İLE SENSÖRLERİ KULLANMAK


8.2. UYGULAMA DEVİR SAYISI ÖLÇÜMÜ

**Amaç:** Asenkron motor devir sayısını takometre kullanarak ölçmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Asenkron motor | Üç faz veya bir faz asenkron motor | 1 adet |
| Takometre | Temaslı ya da temassız | 1 adet |

Görsel 8.7: Takometre ile devir sayısı ölçümü

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Motor, kablo yardımı ile şebekeye bağlanır ve çalıştırılır.
3. Takometre ile motorun devir sayısı ölçülür (Görsel 8.7).
4. Fazlardan ikisinin yeri değiştirilerek devir yönündeki farklılıklar gözlemlenir.
5. Alınan değerler ve sonuç Tablo 8.5'e kaydedilir.

Tablo 8.5: Okunan, Anlaşılan ve Hesaplanan Değerler Tablosu

| KRİTERLER | OKUNAN DEĞERLER |
|---|---|
| Motorun rotor devir sayısı | |
| **KRİTERLER** | **ANLAŞILAN VE HESAPLANAN DEĞERLER** |
| Motorun kutup sayısı | |
| Stator devri | |
| Hesaplanan kayma | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Takometre ile motorun devir sayısının doğru ölçülmesi | 40 | |
| 3 | Tablo 8.5'teki değerlerin doğru kaydedilmesi | 50 | |
| TOPLAM | | 100 | |

241

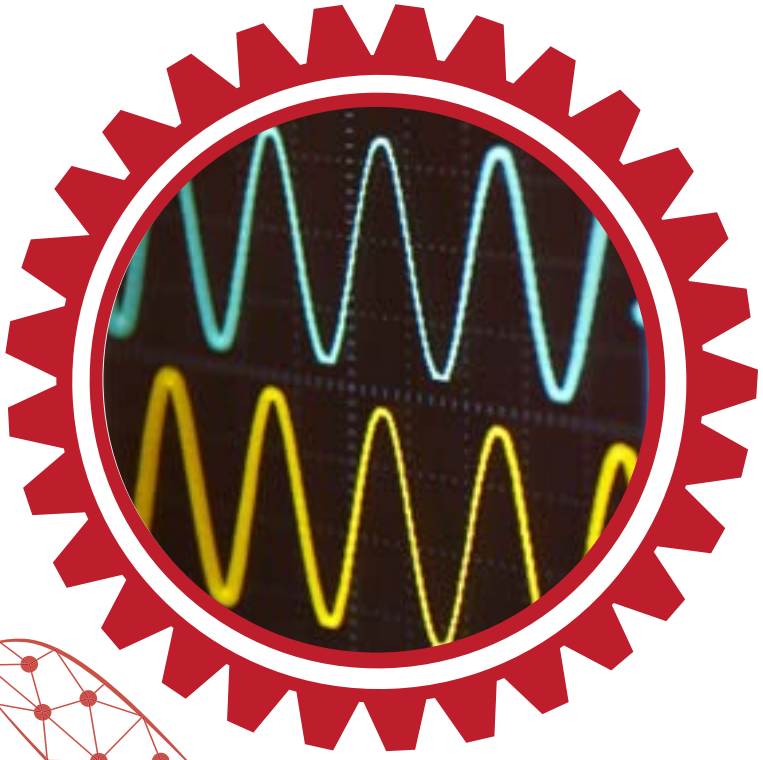
Öğrenme Birimi Numarası ve Adı
Konu Başlığı
Örnek Soru ve Çözümü
Ders Materyalinin Adı ve Sınıf Seviyesi
Sayfa Numarası
Öğrenme Birimi Numarası
Öğrenme Birimi Adı
Öğrenme Birimi Görseli
Öğrenme Birimi Konuları
Uygulamanın Numarası ve Adı
Öğrenme Birimi Karekod
Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç
İşlem Basamakları
Uygulama Değerlendirme
Sayfa Numarası

Karekod okuyucu ile taratarak resim, video, animasyon, soru ve çözümleri vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekod. Detaylı bilgi için http://kitap.eba.gov.tr/karekod

* Bu ders materyalinde ölçü birimlerinin uluslararası kısaltmaları kullanılmıştır.

# 1. ÖĞRENME BİRİMİ

## ALTERNATİF AKIM VE ELEKTROMANYETİZMANIN TEMELLERİ



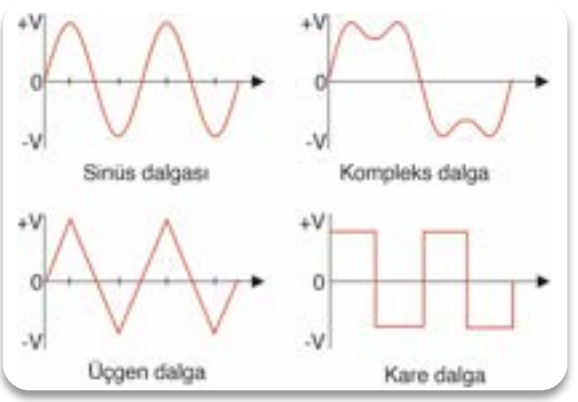
## KONULAR

1.1. OSİLOSKOP İLE ÖLÇÜM
1.2. OSİLOSKOP
1.3. DİRENÇ BAĞLANTISI
1.4. KONDANSATÖRLER
1.5. BOBİNLER
1.6. REZONANS DEVRELERİ
1.7. ALTERNATİF AKIMDA GÜÇ HESAPLARI
1.8. ALTERNATİF AKIMDA REZONANS DEVRE HESAPLARI

# 1.1. OSİLOSKOP İLE ÖLÇÜM

## 1.1.1. Alternatif Akım

Zaman içerisinde yönü ve şiddeti belli bir düzen içerisinde değişen akıma **alternatif akım** denir. Alternatif akım Türkçe "AA" kısaltması ile gösterilir. İngilizcesi **Alternative Current**, kısaltması "**AC**"dir. AC denince akla ilk gelen sinyal sinüzoidal sinyaldir. Yine de farklı uygulamalarda üçgen ve kare dalga gibi değişik dalga biçimleri de kullanılmaktadır. Şekil 1.1'de farklı alternatif akım kaynaklarına ait gerilim eğrileri görülmektedir.




Şekil 1.1: Alternatif akımın farklı şekilleri

Alternatif akım ya da gerilimin elde edilmesinde alternatör denilen aygıtlar kullanılır. Bir fazlı alternatör modeli ve alternatif akımın elde edilmesi Görsel 1.1'de gösterilmiştir.

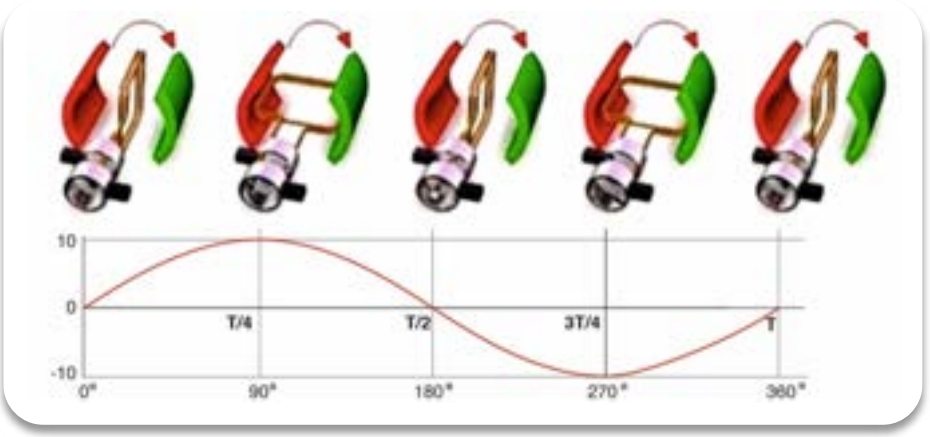
Manyetik alan içinde tel çerçeve dönerken bir tam devir için (360˚lik dönüş için) geçen süre T ise bu süre içinde akımın zamana bağlı değişimi, aşağıdaki şekildeki gibidir. Tel çerçevenin harekete başladığı an ile T/4 zaman aralığında akım, sıfırdan pozitif maksimum değerine ulaşır. T/4 ile T/2 zaman aralığında akım maksimum değerinden en küçük değerine iner. T/2 ile 3T/4 zaman aralığında sıfırdan negatif maksimum değerine ulaşır. 3T/4 ile T zaman aralığında ise akım ters yönde maksimum değerinden başlangıç konumuna döner. Böylece tel çerçeve 360˚ dönmüş olur. Akım bu esnada iki kez yön değiştirir.




Görsel 1.1: Alternatif akım elde edilmesi (alternatör modeli)

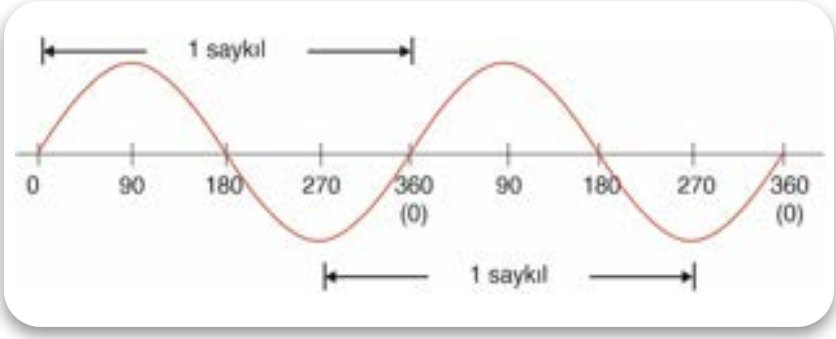
## 1.1.2. Alternatif Akımın Bileşenleri

Alternatör ile AC gerilim üretilirken akım yönünün zamanın bir fonksiyonu olarak sürekli değiştiğinden daha önce bahsedilmişti. Alternatör ile üretilen bu alternatif akım ya da gerilimin şekli **sinüs dalgası** (sinüzoidal sinyal) olarak isimlendirilir. Sinüs dalgası alternatörün dairesel dönme hareketinden dolayı oluşan bir şekildir (Şekil 1.2). Bir sinüzoidal işaretin ölçülebilmesi ve matematiksel hesaplamaların yapılabilmesi için bilinmesi gereken terimler ve tanımlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.



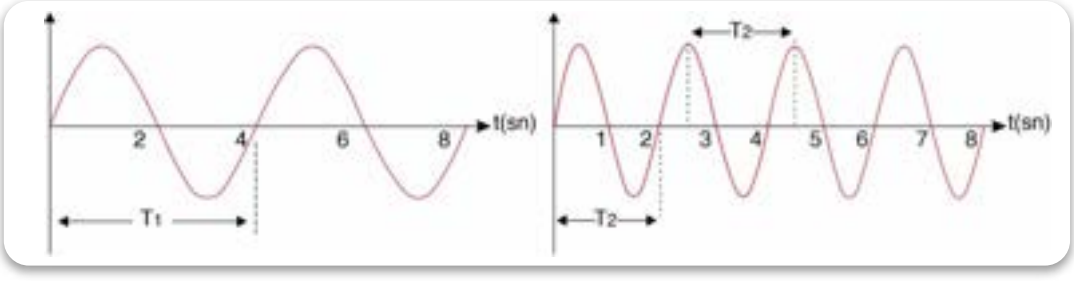

Şekil 1.2: Manyetik alan içinde hareket eden iletken üzerinde gerilim düşümü

**a) Saykıl:** Alternatörün bir tam tur dönmesiyle meydana gelen dalga şeklidir. Sinüs dalgasında bir saykıl gerçekleştikten sonra sinyal kendini tekrarlamaya başlar. Şekil 1.3'te görüldüğü gibi bir saykılı tespit edebilmek için sinüs sinyalinde başlangıç olarak kabul edilen açı değerinden (x düzleminde) 360 derece ileri ya da geri gidilir. Başlangıç ve bitiş noktaları arasında kalan dalga şekli bir saykılı gösterir.



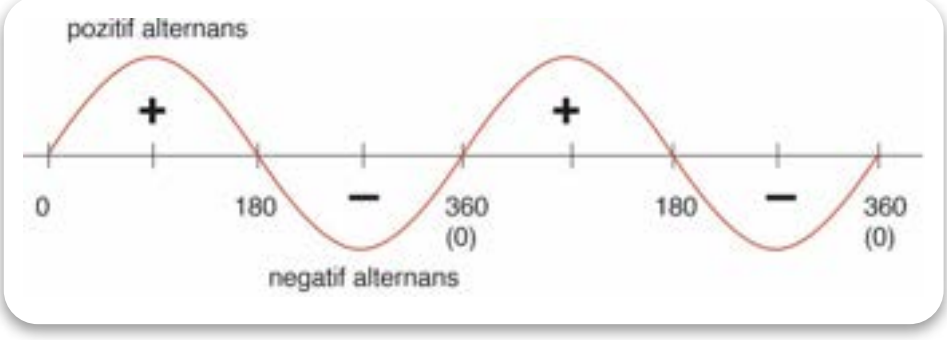

Şekil 1.3: Sinüs dalgasında saykıl

**b) Periyot:** Bir saykılın gerçekleşmesi için geçen süreye denir. Periyot birimi saniyedir (s) ve "T" ile gösterilir. Şekil 1.4 incelendiğinde periyodu T1 ile gösterilen sinüs sinyalinin bir saykılını 4 saniyede tamamladığı yani periyodunun T1 = 4 sn. olduğu görülebilir. Periyodu T2 ile gösterilen sinüs sinyali ise bir saykılını 2 saniyede tamamlamıştır. Yani bu sinyalin periyodu T2 = 2 sn. olur.




Şekil 1.4: Sinüs dalgasında periyot

**c) Alternans:** Bir sinüs sinyalinde x ekseni referans olarak kabul edilirse sinyalin x ekseninin üzerinde kalan kısmı pozitif (+) alternans, altında kalan kısmı ise negatif (-) alternans olarak isimlendirilir (Şekil 1.5).




Şekil 1.5: Sinüs dalgasında alternans

**ç) Frekans:** Sinüs sinyalinin bir saniyede tekrarlanan saykıl sayısıdır. Bir AC sinyalin frekansından bahsedebilmek için o sinyalin bir periyoda sahip olması gerekir. Diğer bir deyişle bir AC sinyal belirli bir saykılı sürekli tekrarlıyorsa o sinyalin frekansından söz edilebilir.

Frekans, periyodun matematiksel tersi olarak ifade edilir: $f = \frac{1}{T}$

Bu denklemde f sinyalin frekansını belirtir ve birimi hertzdir (Hz). En çok kullanılan üst katları kilohertz (1 KHz = $10^3$ Hz), megahertz (1 MHz = $10^6$ Hz) ve giga hertz [giga (ciga)] 1 GHz = $10^9$ Hz'dir. T periyottur ve birimi saniyedir (sn.). Örnek olarak Şekil 1.5'teki sinüs sinyallerinin frekansları aşağıdaki gibi hesaplanır.

**1. Örnek:** T1 = 0,25 sn. periyoda sahip sinyalin frekansını hesaplayınız.

**Çözüm:**

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}25\ sn} = 4\ Hz$$

**2. Örnek:** T2 = 0,5 sn. periyoda sahip sinyalin frekansını hesaplayınız.

**Çözüm:**

$$f = \frac{1}{0{,}5\ sn} = \frac{10}{5} = 2\ Hz \text{ bulunur.}$$

Frekans, AC sinyalleri ifade edebilmek için kullanılan çok önemli bir parametredir. Bu nedenle frekansın ve diğer AC parametrelerinin iyi kavranması ileride sıkça karşılaşılacak bu terimlerin karışıklık yaratmasının önüne geçecektir.

Alternatif gerilim enerji santrallerinde üretilir ve insanların kullanımı için evlere ve iş yerlerine taşınır. Kullanılan bu sinyalin sabit bir frekansı vardır. Türkiye'de ve Avrupa ülkelerinde şebeke geriliminin frekansı 50 Hz'dir. Yani evlerde kullanılan AC gerilim saniyede bir saykılı 50 kez tekrar eden bir dalga şeklidir.

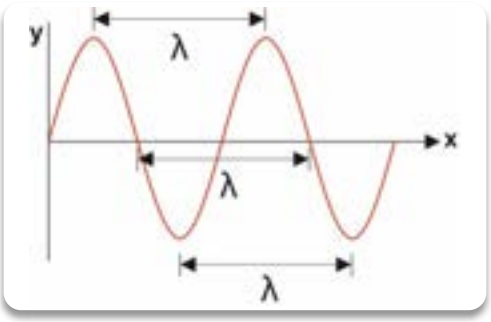
**d) Açısal Hız:** Sinyalin saniyede radyan cinsinden kaç salınım yaptığını gösteren bir parametredir. Açısal hız $\omega$ (omega) ile gösterilir. Zamanın bir fonksiyonu olarak sinüs sinyalinin matematiksel olarak genel formu aşağıdaki gibidir.

$$y(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

Burada simgelerin ifade ettiği anlamlar şunlardır:

$A$ : Sinyalin genliğini, yani sinyalin alabileceği en büyük gerilim değerini,
$\omega$ : Açısal hızı,
$\varphi$ : Faz açısını, yani t = 0 anındayken sinyalin açısal pozisyonunu belirtir.
$\omega = 2\pi f$ açısal hızı ifade eder.

**e) Dalga Boyu:** Sinüs sinyalinin iki saykılının birbiriyle aynı olan iki noktası (örneğin saykıl başlangıçları) arasındaki uzaklıktır. "λ" (Lamda) ile gösterilir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6: Sinüs dalgasında dalga boyu

Dalga boyu aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Burada;
λ : Dalga boyunu, metre (m),
v : Dalga hızını, metre/saniye (m/sn),
f : Sinyalin frekansını, hertz (Hz) ifade eder.

Elektromanyetik radyasyon ya da ışık serbest ortamda, ışık hızıyla yani yaklaşık 3 x 108 m/sn hızla hareket eder. Havadaki ses dalgalarının hızı ise oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında 343 m/sn dir.

**3. Örnek:** 100 MHz frekansa sahip elektromanyetik (radyo) sinyalinin dalga boyunu hesaplayınız.

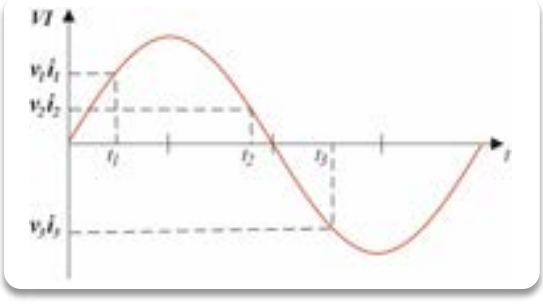
**Çözüm:**

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{100 \cdot 10^6} = 3 \text{ metre olarak bulunur.}$$

## 1.1.3. Alternatif Akım Değerleri

Alternatif akımda sinyalin genlik değeri sürekli olarak değiştiğinden akım ve gerilim değerleri için birden çok ifade belirlenmiştir. Pratikte alternatif akım için ani değer, maksimum değer, ortalama değer ve etkin değer olmak üzere çeşitli parametreler kullanılmaktadır.

**a) Ani Değer:** Sinüs şekline sahip ve şiddeti sürekli değişen alternatif akım ya da gerilimin herhangi bir anındaki genlik değerine denir (Şekil 1.7). Ani değerler küçük harflerle gösterilir. Ani gerilim "$v$" ile ani akım "$i$" ile gösterilir. Ani değerler şu şekilde ifade edilir:



Şekil 1.7: Sinüs dalgasında ani değer

Akımın ani değeri : $i = I_m . \sin wt$
Gerilimin ani değeri : $v = V_m . \sin wt$
Burada Vm ve Im , gerilim ve akımın maksimum değerleridir.

**4. Örnek:** f = 50 Hz frekansa sahip ve maksimum değeri Vm = 220 V olan AC gerilimin t = 20 ms anındaki ani değerini hesaplayınız.

**Çözüm:**

$v = Vm . \sin \omega t = 220 . \sin (2\pi . 50 . 20 . 10^{-3}) = 220 . \sin (2\pi) = 0$ V bulunur.

$\sin 2\pi = \sin 360 = 0$'dır.

**5. Örnek:** Bir alıcı uçlarındaki 50 Hz'lik gerilimin maksimum değeri 310 V'tur. Alıcı uçlarında t = 1,66 ms (0,00166 s) anındaki gerilimin ani değerini hesaplayınız.

**Çözüm:**

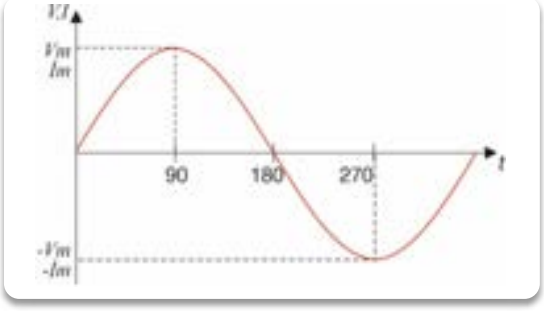
$\omega = 360 . f = 360 . 50 = 18000$

$v = Vm . \sin \omega t = 310 . \sin (1800 . 0,00166) = 310 . \sin (30) = 310 . 0,5 = 155$ V olarak bulunur.

ya da diğer şekilde matematiksel olarak

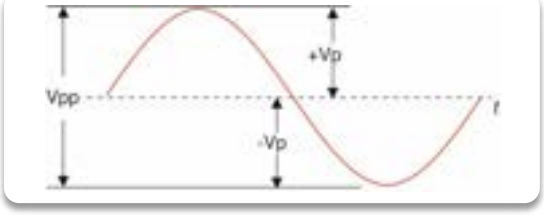
$v = Vm . \omega t = 310 . -(2\pi ft) = 310 . (6,28 . 50 . 1,66 . 10^{-3}) = 155$ V olarak bulunur.

**b) Maksimum Değer:** Maksimum değer, alternatif akım ya da gerilimin ani değerlerinin en büyüğüdür. Gerilimin maksimum değeri $V_m$ , akımın maksimum değeri $I_m$ ile gösterilir. Sinüs dalga şekline sahip alternatif akım ya da gerilim, pozitif maksimum değerini $(+V_m, +I_m)$ 90° ya da π/2'de, negatif maksimum değerini $(-V_m, -I_m)$ ise 270° ya da 3 π/2'de alır (Şekil 1.8).



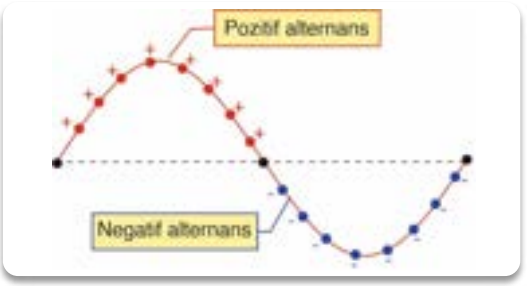

Şekil 1.8: Sinüs dalgasında maksimum değer

Sinüs dalgasında pozitif ve negatif maksimum değerler arasındaki genlik değerine **tepeden tepeye gerilim** denir ve Vpp [pp (peak to peak) (pik tu pik)] olarak isimlendirilir (Şekil 1.9). Pozitif maksimum değer +Vp, negatif maksimum değer ise -Vp olarak da isimlendirilir.



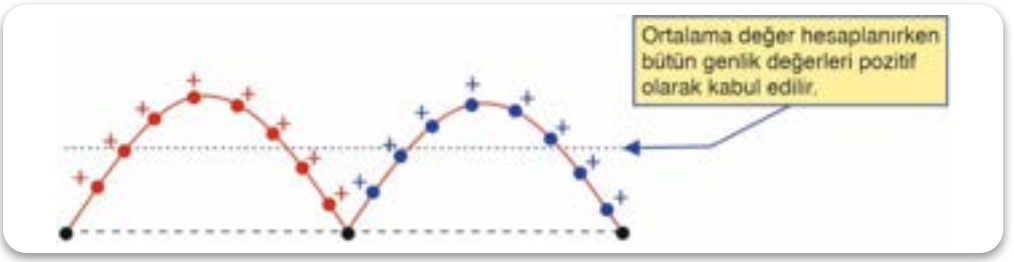

Şekil 1.9: Sinüs dalgasında tepeden tepeye değer

**c) Ortalama Değer:** Sinüs dalgasının ortalama değeri hesaplanmak istenirse bütün periyotlar birbirinin aynısı olduğundan sadece bir periyodun ortalama değerini bulmak yeterli olacaktır. Ancak Şekil 1.10'da görüldüğü gibi ortalama değer hesaplanırken periyot boyunca bütün genlik değerleri toplanmalı ve hesaba katılan genlik sayısına bölünmelidir. Toplama işlemi yapıldığında periyodun yarısı pozitif, diğer yarısı da negatif değerler aldığından sonuç sıfır çıkacaktır.




Şekil 1.10: Sinüs dalgasında ortalama değer

Ancak pratikte AC bir gerilim kaynağının uçlarına yük olarak bir direnç bağlanırsa akımın yönü direnç üzerinden yayılan ısıyı etkilemez. Isı sadece akımın şiddetine bağlıdır. Bu nedenle uygulamada AC akım ya da gerilimin ortalama değeri bulunurken bütün alternanslar pozitif olarak kabul edilir (Şekil 1.11) ve hesaplama buna göre yapılır.




Şekil 1.11: Sinüs dalgasında ortalama değer hesaplanması

Şekil 1.11'deki pozitif alternansın sadece ortalama değeri hesaplanacak olursa da

$V_{ort} = 0{,}636 \cdot V_m$

$I_{ort} = 0{,}636 \cdot I_m$ eşitlikleri elde edilir.

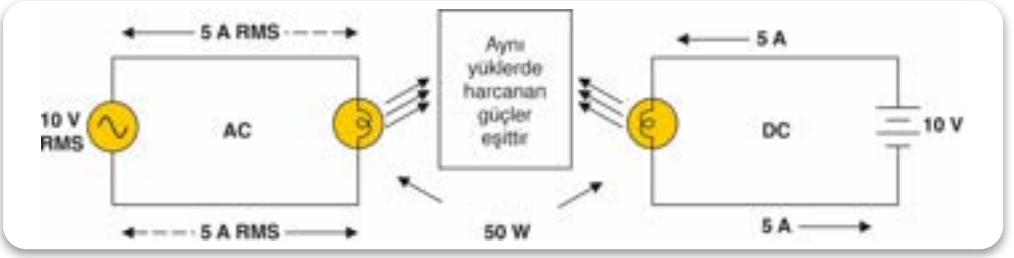
$V_{ort}$ ifadesi yerine $V_{avg}$ [avg (/ "average) (evırıc)] ifadesi de kullanılabilir.

**6. Örnek:** Şekil 1.11'deki sinüs sinyalinin maksimum değeri 10 V ise bu sinyalin ortalama değerini hesaplayınız.

**Çözüm:**

$V_{ort} = 0{,}636 \cdot V_m = 0{,}636 \cdot 10 =$ **6,36 V** bulunur.

**ç) Etkin Değer:** Alternatif akımın bir alıcı üzerinde yaptığı işe eşit iş yapan doğru akım karşılığıdır. Örnek olarak belirli bir zaman aralığında bir ısıtıcıya verilen alternatif akımın sağladığı ısı miktarını elde etmek için aynı ısıtıcıya aynı sürede uygulanan doğru akımın değeri alternatif akımın etkin değeridir.




Şekil 1.12: Sinüs dalgasında etkin (efektif) değer

Şekil 1.12'de etkin değeri 10 V olan bir AC kaynağı ve 10 V DC gerilim kaynağı uçlarına 50 W değerinde bir lamba bağlanmıştır. Bu gerilim kaynaklarından her ikisi de lamba üzerinden 5 A RMS akım geçirir ve dirençler üzerinde 50 W güç etkisi yaratır. Dolayısıyla her iki direnç de aynı miktarda ışık enerjisi yayar.

AC ampermetrede ölçülen akım ve AC voltmetrede ölçülen gerilim etkin değerdir. Etkin gerilim V ya da $V_{eff}$ ($V_e$) ile etkin akım değeri ise I ya da $I_{eff}$ ($I_e$) ile gösterilir. Alternatif akım veya gerilim değeri söylenirken aksi belirtilmediyse söylenen değer etkin değeri ifade etmektedir.

**RMS:** Karesel Ortalama Değer [***Root Mean Square*** *(rut min sukuer)]* anlamına gelir ve etkin değer veya efektif değer olarak da isimlendirilir.

Örneğin şebeke gerilimi 220 V denildiğinde bu değer şebeke geriliminin etkin değeridir.

Sinüs dalgasının etkin değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$V_{eff} = 0{,}707 \cdot Vm$

$I_{eff} = 0{,}707 \cdot Im$

**7. Örnek:** 10 V maksimum değere sahip bir gerilim kaynağı 1 Ω direnç ile seri bağlanmışsa direnç üzerindeki gerilimin RMS değerini hesaplayınız.

**Çözüm:**

$V_{eff} = 0{,}707 \cdot Vm = 0{,}707 \cdot 10 =$ **7,07 V**

Direnç üzerinden geçecek akımın RMS değeri ise

$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{0{,}707V}{1\Omega} =$ **7,07 A** olarak bulunur.

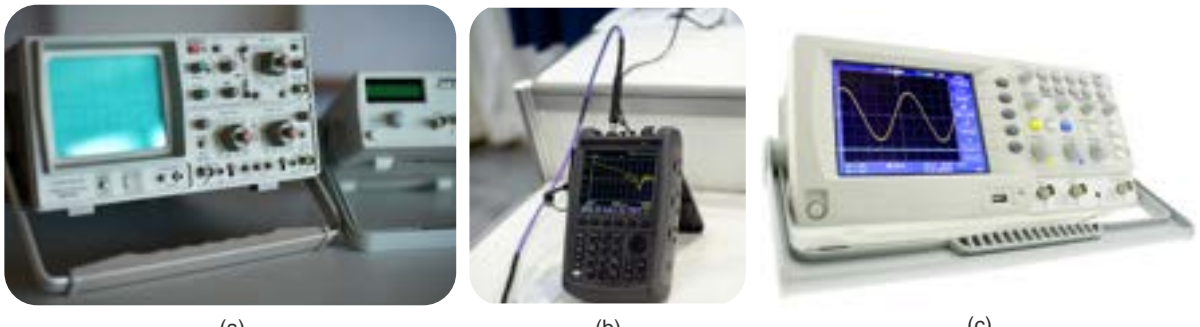
**8. Örnek:** Şehir şebeke gerilimi 220 V olduğuna göre maksimum değerini hesaplayınız.

**Çözüm:**

$V_{eff} = 0{,}707 \cdot Vm \Rightarrow Vm = \frac{V_{eff}}{0{,}707} = \frac{220}{0{,}707} =$ **311,17 V** olarak bulunur.

## 1.2. OSİLOSKOP

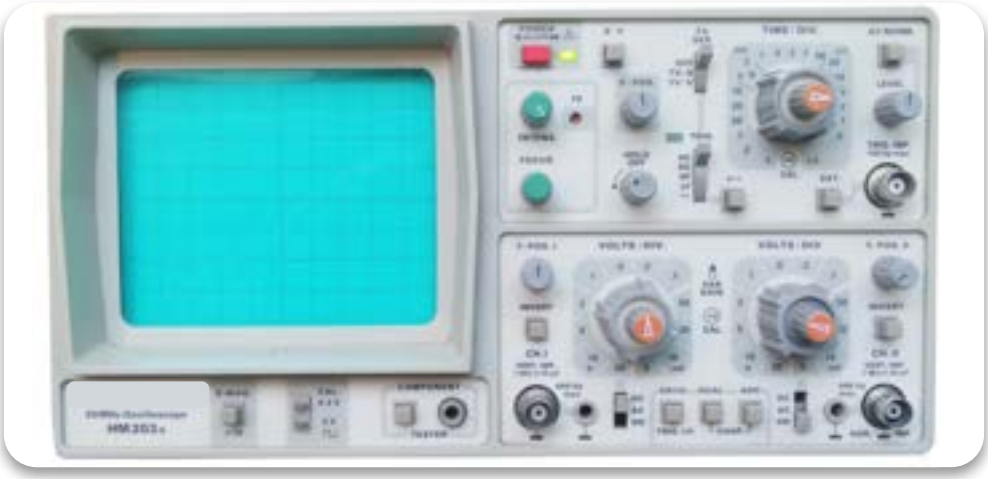
**Osiloskop**, elektriksel işaretlerdeki değişimleri zamana bağlı olarak dalga şekilleriyle göstermeye yarayan ölçü aletidir. Alternatif ve doğru akım devrelerinde akım ve gerilim, farklı dalga şekillerine sahiptir. Osiloskop, bu farklı dalga şekillerini kontrol etmek ve gerilim ile frekansını ölçmek amacıyla kullanılır. Ozonoskoplar marka ve modellerine göre iki veya daha fazla giriş kanalına sahip, dijital veya analog, taşınabilir veya masaüstü ve değişik frekans değerlerine sahip olarak üretilmektedir. Gelişen teknoloji ile daha çok dijital ve taşınabilir özelliklerde osiloskoplar üretilmekte ve kullanılmaktadır.



(a) (b) (c)

Görsel 1.2: a) Analog b) Taşınabilir c) Dijital osiloskop çeşitleri

Tek kanallı bir osiloskop ile AC ve DC gerilimler, periyot, frekans, kare dalganın yükselme ve düşme zamanları ölçülebilir. Çift kanallı bir osiloskop ile bunlara ek olarak iki AC sinyal arasındaki faz açısı ölçümleri yapılabilir. Ayrıca diyot, transistor gibi yarı iletken elemanların karakteristikleri, kondansatörün şarj ve deşarj eğrileri, histerisiz eğrileri ölçmeleri de yapılabilir. Bunların dışında kalan akım, uygun direnç kullanılarak gerilime dönüştürülerek ölçülebilir. Basınç, titreşim, sıcaklık, ışık gibi ölçümler ise transdüserler (dönüştürücü) yardımıyla gerilime dönüştürülerek dolaylı olarak ölçülebilir.



Görsel 1.3: Okulda kullanılan osiloskop genel görünümü

**Osiloskop üzerindeki ayar düğmelerinin hangi amaçla kullanılacakları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.**

- **POWER:** Osiloskop açıp kapatmaya yarayan güç düğmesidir. Osiloskop açık olduğu sürece düğmenin kenarındaki yeşil LED yanık durumdadır.
- **INTENSITY:** Ekranın parlaklık ayarıdır. Ekrandaki şekil en iyi görünecek şekilde ayarlanmalıdır. Gereğinden fazla açılması ekranın fosfor tabakasına zarar vereceğinden parlak olacak şekilde çok fazla açılmamalıdır.
- **FOCUS:** Ekran görüntüsünün netleme ayarıdır. İyi ayarlanmadığında ekrandaki sinyal şekli bulanık ve kalın görünür. Olabilecek en ince şekilde ayarlanması doğru kullanım şeklidir.
- **TR (TRACE ROTATİON):** Ekrandaki çizgiyi oluşturan katot taramasının açısal yataylığını ayarlamaya yarar. Ekranda görünen kanal çizgisi X ekseni üzerine tam olarak oturmuyor ve eğik görünüyorsa düz bir tornavida ile ekrandaki çizgi X ekseni ile tam bir paralellik oluşturana kadar ayar yapılır.
- **CAL:** Bu giriş ucu osiloskobun kalibrasyonunu yapmak için kullanılır. Osiloskop probu bu uçlardan 2 V'a bağlandığında **V/DİV = 0,2 V ve prob 1/10 pozisyonunda iken** ekranda bir kare yüksekliğinde kare dalga sinyal görmek gerekir. Eğer 0,2 V'a bağlanırsa **prob 1/1 pozisyonunda ve V/DİV = 0,2 V iken** yine bir kare yüksekliğinde kare dalga gözlemlemek gerekir. Eğer tam olarak bu gözlem yapılamıyorsa ilgili kanalın V/DİV düğmesi üzerindeki kırmızı oklu potansiyometre ile bu ayarı yapılmalıdır· Bu kalibrasyon ayarı bir kez yapıldıktan sonra ölçme sırasında değiştirilmemelidir.
- **VOLTS/DİV:** İlgili kanalın genlik kademe ayar düğmesidir. Çok kademeli bir tür komütatör anahtardır. Ekrandaki dikey eksen üzerindeki her bir skala çizgisinin Volt olarak değerini gösterir.

  Örneğin bu komütatör 2 V kademesinde iken ekrandaki dalga şekli tepeden tepeye üç skala çizgisini kapsıyorsa bu sinyalin tepeden tepeye değeri

  Vpp = V/DİV . Kare Sayısı = 2 . 3 = 6 V olur.
- **TIME/DIV:** Yatay eksenin zaman kademesini seçmeye yarar. Bu komütatörün belirttiği kademe ekrandaki her bir yatay skala çizgisi arasındaki zamanı belirtir. Böylece ekrandaki bir sinyalin bir periyodunun kapladığı yatay skala çizgileri sayılarak bu sinyalin periyodu bulunur ve frekansı hesaplanabilir.

Örneğin T/DİV = 0,5 ms ve ekrandaki sinyalin periyodu 8 skala çizgisi boyunda ise
Sinyalin periyodu T = T/DİV . Kare Sayısı = 0,5. 8 = 4 ms bulunur.
Frekans ise f = 1/ T = $1/4.10^{-3}$ = 250 Hz olarak hesaplanır.

- **AC / GD / DC:** İlgili kanal girişinin kuplajını seçer.
- **AC:** Bu kademede sadece AC gerilimler ölçülebilir.
- **DC:** Bu kademede sadece DC gerilimler ölçülebilir.
- **GD:** Bu kademede giriş her türlü sinyale kapalıdır. Ölçümde kullanılacak referans noktası bu kademede belirlenir.
- **Y POSITION:** Ekrandaki sinyalin yukarı aşağı kaydırılmasını sağlar. Doğru ölçüm yapabilmek için ilgili kanal girişi GND pozisyonuna alınıp bu ayar düğmesiyle sinyal yatay eksende istenilen skala çizgisi ile çakışacak şekilde ayar yapılır.
- **X POSITION:** Ekrandaki sinyalin yatay olarak sağa sola kaydırılmasını sağlar. Doğru ölçüm yapabilmek için ilgili kanal girişi GD pozisyonuna alınıp bu ayar düğmesiyle sinyal yatay eksende ekranda bir uçtan diğerine kadar on kare olacak şekilde ayarlanır.
- **X MAG (x10):** İlgili kanal girişindeki sinyalin genliğini 10 kat büyütmeye yarar. Bu durumda sinyal 10 kat büyütüldüğü için sinyalin gerçek değeri hesaplanan değerin onda biri olur.
- **CH I/II:** Buton basılı değilken kanal 1, buton basılı iken kanal 2 kullanılır.
- **DUAL:** Her iki kanal birlikte kullanılacaksa bu butona basılır.
- **ADD:** Bu butona basılı iken her iki kanala uygulanan sinyalin toplamının ekranda tek bir sinyal olarak görüntülenmesi sağlanır.
- **VARIABLE:** T/DIV komütatörü üzerindeki kırmızı ayar (CAL) düğmesidir. Zaman ekseninin kalibrasyonu bu potansiyometre ile yapılır. Bir kez ayar yapıldıktan sonra ölçme boyunca tekrar değiştirilmez.
- **INVERT:** Bu düğmeye basıldığında ilgili kanal görüntüsü terslenir.
- **XY:** Osiloskopta XY çalışma modunu seçmeye yarar. Normal çalışmada yatay eksen zaman eksenidir. XY çalışma modunda ise yatay eksen 1 no.lu kanal, düşey eksen ise 2 no.lu kanal tarafından kontrol edilir. Bu çalışma moduna verilecek örneklerden bir tanesi lissajous eğrilerini kullanarak iki sinyal arasındaki faz açısının ölçülmesidir. XY çalışma modunda zaman ekseni yoktur.
- **CHOP:** Hem ADD hem de dual basılı iken her iki girişten uygulanan sinyal ekranda aynı anda ve eş zamanlı olarak görünür.

**Bundan sonra açıklanacak olan ayarlar ise trigger (tetikleme) kontrol fonksiyonları ile ilgili olanlardır.** Trigger, osiloskop ekranında görünen sinyal ile tetikleme sinyali arasındaki uyumu (senkronizasyon) sağlar. Eğer ekranda görünen şekil sabit kalmıyor ve daima kayıyorsa bu düğmeler ile ayarlamalar yapılarak şeklin ekranda sabit olarak kalması sağlanır. Osiloskopta ölçümler büyük çoğunlukla zaman eksenine göre yapılmaktadır. Zaman içinde akıp giden bir sinyal üzerinde ölçümler yapmak pek olanaklı değildir. Bu nedenle ölçülen sinyalin en azından incelenmek istenen kısmının ekranda kalması istenir. Tetikleme fonksiyonu bunu sağlar. Periyodik bir dalga şeklinde, dalga şekli her defasında aynı noktasından başlanarak ekrana çizilirse sanki ekranda sabit duruyormuş gibi görünür. Bu da ölçme yapmak için olanak tanır. Tetikleme fonksiyonu, ölçülen sinyalin ayarlanan her gerilim seviyesine ulaşan kısmında sinyali ekrana çizmeye başlar.

**LEVEL:** Tetikleme gerilim seviyesini ayarlayarak sinyalin ekranda sabitlenmesini sağlar. Bir diğer deyişle ölçülmek istenen sinyal ile osiloskobun kendi içerisinde üretilen sinyalin üst üste bindirilmesidir.

**AT/NORM:** AT/NORM seçici anahtarı AT [Automatic (Otomatik)] konumuna getirilerek osiloskop içerisinde bulunan elektronik devrelerin senkronizasyon işlemini yaparak görüntünün sabitlenmesi işlemini otomatik olarak yapması sağlanır. Bu birçok ölçüm için geçerli ve yeterli bir yoldur. Bunun dışında NORM (Normal) konumu seçilirse bu işi kullanıcı manuel olarak yapabilir. Sadece tetikleme söz konusu olduğunda dalga şekli ekranda görünür. Tetikleme olmadığında dalga şekli ekranda görünmez.

**EXT:** Bu düğme ile tetikleme sinyalinin Trig Inp [( Trigger Input (tetikleme girişi)] BNC soketi üzerinden dışarıdan uygulanması sağlanır.

**TV SEP:** TV senkron ayırıcı.

**OFF:** Normal işlem.

**TV: V:** Televizyon devrelerinde her bir düşey tarama satırında tetikleme yapar.

**TV: H:** Televizyon devrelerinde her bir yatay tarama satırında tetikleme yapar.

**TRIG. Led.:** Eğer tarama tetiklenmişse yanar.

**TRIG.AC-DC-HF-LF:** Tetiklemeyi seçer.

**LF:** Ses frekansında tetiklemeyi sağlar.

**HF:** Yüksek frekansta tetiklemeyi sağlamak için kullanılır.

**Component Tester:** Direnç kondansatör gibi bazı devre elemanlarının test edilmesi için kullanılır.

## Osiloskop Probları

Osiloskop girişini ölçülecek noktaya bağlamak için kullanılan koaksiyel kablolu bağlantı aparatıdır (Görsel 1.4). Her kanal ayrı bir prob üzerinden devreye bağlanır. Osiloskop probları giriş sinyalini zayıflatma özelliğine göre 1X ya da 10X olabilir. Bu problar osiloskop giriş direncini ve etkin giriş kapasitesini artırmak amacıyla kullanılır. 1X pozisyonunda birebir ölçme yapılırken 10X pozisyonunda ise giriş sinyali 10 defa zayıflatılmış olarak uygulanır.



Görsel 1.4: Osiloskop probu

Prob üzerindeki ayarlı trimmer kondansatör ile prob kompanzasyon ayarı yapılır. Kompanzasyon ayarı sadece X10 kademesi için yapılır. X1 kademesinde herhangi bir kompanzasyon ayarı gerekmez.

Kalibrasyon ayarlaması için prob CAL yazan terminale bağlanır. Ekranda birkaç adet kare dalga görünecek şekilde V/Div ve Time/Div ayarları yapılır. Daha sonra prob üzerindeki trimmer en düzgün kare dalga gözükünceye kadar ayarlanır (Görsel 1.5).



(a) Kompanzasyon çok kötü



(b) Kompanzasyon kötü



(c) Kompanzasyon iyi

Görsel 1.5: Prob kompanzasyon ayarı

## Osiloskop İle Ölçme Yapmaya Başlamadan Önce Yapılması Gereken Ayarlar

Osiloskop ile ölçme yapmaya başlamadan önce bazı ayarlamaların yapılması gerekir. Bu ayarlar şunlardır:

- Öncelikle ölçüm yapılacak kanal girişi GND kademesine getirilir ve Time/Div komütatörü kullanılarak ekranda düz yatay bir çizgi elde edilir.
- Daha sonra focus ve intensity ayarları kullanılarak bu çizgi en iyi görünmesini sağlayacak şekilde ayar yapılır.
- X .MAG büyütme tuşu devre dışı bırakılır.
- TRIGGER anahtarı ilgili ölçme pozisyonuna alınır.
- Kanal seçim anahtarı tek kanal kullanılıyorsa CH1, iki kanal birlikte kullanılacaksa DUAL pozisyonuna getirilir.

- Kanal kuplaj anahtarı GND pozisyonunda iken kanala ait Y POSİTİON potansiyometresinden ekrandaki çizgi sıfır skala çizgisine sıfırlanır.
- Osiloskop kalibrasyonu kontrol edilir ve gerekiyorsa yeniden ayarlanır.
- Probumuz X10 kademesinde kullanılacaksa ona göre kalibrasyon işlemi yapılır.
- Ölçülecek sinyalin türüne göre kanal kuplaj anahtarı AC ya da DC kademesine getirilir.
- Prob ölçecek sinyale bağlanarak ekranda bir ya da birkaç periyot görülecek şekilde TIME/DIV. ve VOLTS/DIV komütatörleri uygun pozisyona ayarlanır.
- Eğer dalga şekli ekranda sabit durmuyorsa LEVEL potansiyometresi ile tetikleme seviyesi ayarlanarak dalga şeklinin ekranda sabitlenmesi sağlanır.
- İstenen skala çizgileri sayılarak ölçüm gerçekleştirilir.
- Eğer gerekiyorsa position potansiyometresi ile dalga şekli ileri geri kaydırılarak daha kolay okuma sağlanabilir.

## 1.2.1. Osiloskop İle AC Gerilim Ölçme

Ölçme işlemlerinde osiloskop power düğmesi ile açıldıktan sonra parlaklık, netlik, yatay ve dikey hizalama ayarları yapılarak ölçüm işlemine geçilir.

- Hangi girişten ölçüm yapılacaksa o giriş için AC seçimi yapılır.
- Osiloskop probları, sinyal ölçülecek noktalara bağlanır (Görsel 1.6).
- Ölçülecek sinyal, ekranda dikey olarak ne kadar büyük görüntülenirse okunan gerilim değeri gerçek değere o kadar yakın olur. Bu işlem için VOLTS/DIV düğmesi ile uygun kademe ayarı yapılır.
- Gerilimin osiloskopta oluşan sinyal yüksekliği tespit edilir.
- Bu andaki VOLTS/DIV düğmesinin gösterdiği değer V/cm veya mV/cm cinsinden okunur.
- Ekrandaki sinyalin alt tepe noktası ile üst tepe noktası arasındaki kare sayısı sayılır.



Görsel 1.6: Osiloskop ile AC gerilim ölçümü

- Bulunan dikey kare sayısı ile VOLTS/DIV düğmesinin konumunun değeri çarpılır. Bulunan değer, ölçülen AC sinyalinin tepeden tepeye gerilim değeridir (Vpp veya Vtt).
- Tepeden tepeye değer ikiye bölünerek maksimum gerilim değeri (Vmax) hesaplanır.
- Maksimum değer 0,707 değeri ile çarpılarak gerilimin etkin değeri (Veff) bulunur.

Vpp = (Dikey kare sayısı) . (VOLTS/DIV kademesi) (Volt)

Vmax = Vpp/2 (Volt)

Veff = 0,707 . Vmax (Volt)

**Örnek:** Bir AC sinyalin ölçümünde sinyalin genliği yatayda toplam 6 kare dikeyde ise toplam 4 karedir. VOLTS/DIV düğmesi 2 V kademesinde olduğuna göre gerilimin tepeden tepeye, maksimum ve etkin değerini hesaplayınız.

**Çözüm:**

Vpp = (Dikey kare sayısı) . (VOLTS/ DIV kademesi) = 4 . 2 = 8 V

Vmax = 8 / 2 = 4 V

Veff = Vmax . 0,707 = 4 . 0,707 = 2,83 V

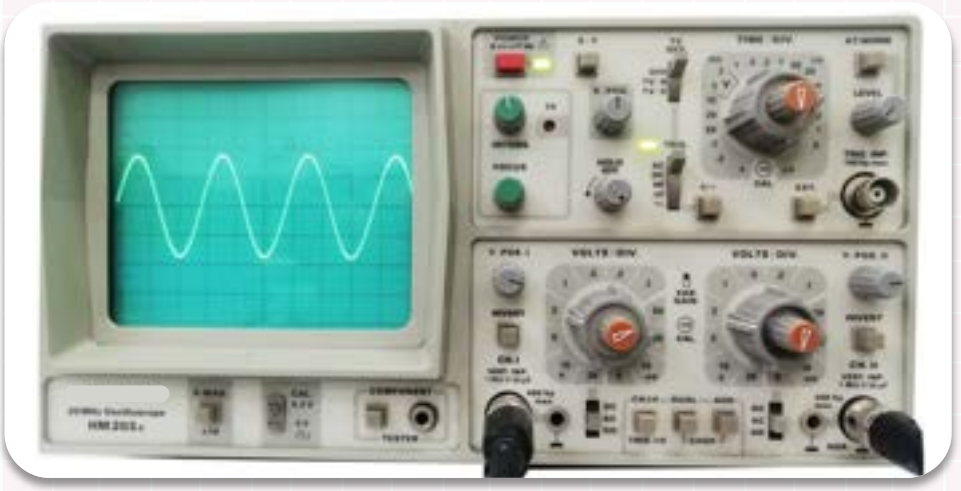
**Örnek:** Görsel 1.7'de verilen kanal 2'ye uygulanmış olan osiloskop sinyalinin Vpp, Vmax, ve Veff gerilim değerlerini belirleyiniz. VOLTS/DIV kademesi 2 V değerindedir.

**Çözüm:**

Vpp = (Dikey kare sayısı) . (VOLTS/DIV kademesi) = 3,6 . 2 = 7,2 V

Vmax = 7,2 / 2 = 3,6 V

Veff = Vmax . 0,707 = 3,6 . 0,707 = 2,54 V



Görsel 1.7: Osiloskop ile AC sinyal ölçümü

## 1.2.2. Osiloskop İle DC Gerilim Ölçme

- Hangi girişten ölçüm yapılacaksa o giriş için DC seçimi yapılır.
- Osiloskop probları, sinyal ölçülecek noktalara bağlanır (Görsel 1.8).
- Ölçülecek sinyal, ekranda dikey olarak referans noktasına ne kadar uzak olursa okunan gerilim değeri gerçek değere o kadar yakın olur. Bu işlem için VOLTS/DIV düğmesi ile uygun kademe ayarı yapılır.
- Gerilimin osiloskopta oluşan sinyal yüksekliği tespit edilir.
- Bu andaki VOLTS/DIV düğmesinin gösterdiği değer V/cm veya mV/cm cinsinden okunur.
- Dikey kare sayısı ile VOLTS/DIV kademe değeri çarpılarak DC gerilimin değeri bulunur.

  V = (Dikey kare sayısı) . (VOLTS/DIV kademesi) (Volt)



Görsel 1.8: Osiloskop ile DC gerilim ölçümü

**Örnek:** Görsel 1.9'da verilen osiloskop sinyalinin DC gerilimin değerini belirleyiniz. VOLTS/DIV kademesi 5 V değerindedir. Referans olarak en ortadaki yatay çizgi alınacaktır.

**Çözüm:**

V = (Dikey kare sayısı) . (VOLTS/DIV kademesi) = 2 . 5 = 10 V




(a) (b)

Görsel 1.9: DC sinyal ölçümü ve kademe konumu

## 1.2.3. Osiloskop İle Frekans Ölçme

Her osiloskobun bir frekans ölçme sınırı vardır. Yüksek frekanslar ölçülürken bu sınıra dikkat edilmelidir.

- Osiloskop probları, sinyal ölçülecek noktalara bağlanır.
- Ekrandaki sinyalin genliği VOLTS/DIV düğmesi ile ayarlanır.
- Ölçülecek sinyalin bir periyodu, pozitif alternansının başlangıç noktasından negatif alternansın bitim noktasına kadar geçen sürede meydana gelir. Sinyalin bir periyodu ekranda yatay olarak ne kadar büyük görüntülenirse okunan frekans değeri de gerçek değere o kadar yakın olur. Bu işlem için TIME/DIV düğmesi ile uygun kademe ayarı yapılır.
- Bir periyodun sığdığı yataydaki kare sayısı sayılır. TIME/DIV düğmesinin konumu ms veya sn. cinsinden okunur.
- Bir periyodun sığdığı yataydaki kare sayısı ile TIME/DIV düğmesinin bulunduğu kademenin değeri çarpılır.

  F = 1/T formülü ile sinyalin frekansı hesaplanır.

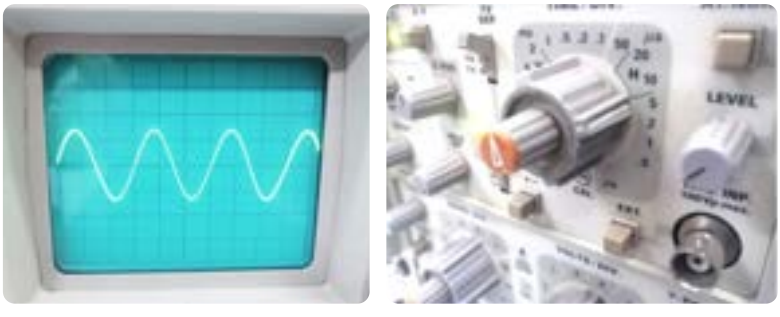
  T = (Bir periyodun kare sayısı) . (TIME/DIV kademesi) (sn.)

**Örnek:** Görsel 1.10'da verilen osiloskop sinyalinin frekansını belirleyiniz. TIME/DIV komütatörü 05 µs konumundadır.

**Çözüm:**

T= (Bir periyodun kare sayısı) . (TIME/ DIV kademesi) = 3 . 5 µs = 15 µs = 15 . 10-6 sn.

F = 1 / T = 1 / (15 . 10-6) = 106 / 15 = 66666,66 Hz = 66,66 KHz




(a) (b)

Görsel 1.10: AC sinyalin frekansının ölçülmesi ve TIME/DIV düğmesinin konumu

**Amaç:** Osiloskop ile alternatif gerilim, doğru gerilim ve frekans ölçmeleri yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Osiloskop | Dijital veya analog | 1 adet |
| DC güç kaynağı | Ayarlı | 1 adet |
| Prob | Osiloskop ve güç kaynağı için | 2 adet |
| Sinyal jeneratörü | Ses frekans | 1 adet |

**a)** DC Gerilim Ölçümü



Görsel 1.11: DC sinyalin ölçülmesi

**İşlem Basamakları**

1. Osiloskop fişi AC enerji kaynağına bağlanır (Görsel 1.11).
2. Ekranın parlaklığı ve netliği osiloskop üzerindeki tuşlar ile ayarlanır.
3. AC/DC düğmesi DC konumuna alınır.
4. Y-POS düğmesi ile referans noktası ayarlanır.
5. Problar DC gerilim kaynağının uçlarına bağlanır.
6. DC gerilim kaynağı açılarak osiloskop ekranındaki sinyal şekli gözlemlenir.
7. Sinyal, ekranda yeterli büyüklükte görününceye kadar VOLTS/DIV düğmesi ile ayarlanır.
8. Ekrandaki sinyal sekli Şekil 1.13'teki grafiğe çizilir.
9. Ölçülen sinyalin DC gerilim değeri hesaplanarak sonuç Tablo 1.1'e yazılır.
10. DC gerilim kaynağı kapatılır.

**b)** AC Gerilim Ölçümü



Görsel 1.12: AC sinyalin ölçülmesi

**İşlem Basamakları**

1. Osiloskop AC/DC düğmesi AC konumuna alınır.
2. Problar AC gerilim kaynağının uçlarına bağlanır (Görsel 1.12).
3. AC gerilim kaynağı açılır ve Osiloskop ekranındaki sinyal şekli gözlemlenir.
4. Sinyal, ekranda yeterli büyüklükte görününceye kadar VOLTS/DIV düğmesi ile ayarlanır.
5. X-POS ve Y-POS düğmeleri ile sinyalin ortalanması sağlanır.
6. Ekrandaki sinyal şekli Şekil 1.14'teki grafiğe çizilir.
7. Ölçülen sinyalin AC gerilim değeri hesaplanarak Tablo 1.1'e yazılır.
8. AC gerilim kaynağı kapatılır.

**c)** Frekans Ölçümü



Görsel 1.13: Frekansın ölçülmesi

**İşlem Basamakları**

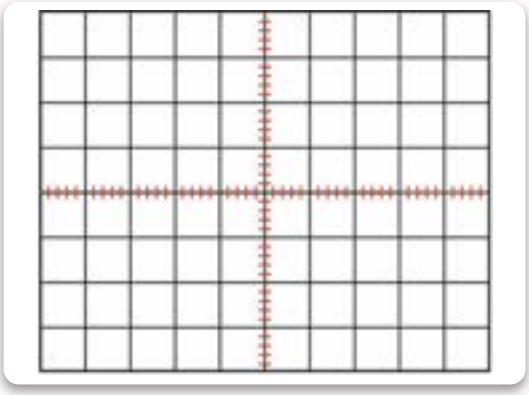
1. Osiloskobun AC/DC düğmesi AC konumuna alınır.
2. Problar sinyal jeneratörünün uçlarına bağlanır (Görsel 1.13).
3. X-POS ve Y-POS düğmeleri ile sinyalin ortalanması sağlanır.
4. Öğretmeniniz tarafından uygulanan sinyalin frekansı sinyal jeneratöründen ölçülür.
5. TIME/DIV düğmesi ile sinyalin bir periyodu ekranda en geniş görünebilecek şekilde ayarlanır.
6. Ekrandaki sinyal, Şekil 1·15'teki grafiğe çizilir.
7. Ölçülen sinyalin frekansı hesaplanarak frekansın değeri Tablo 1.1'e yazılır.
8. Sinyal jeneratörü kapatılır.

Tablo 1.1: Osiloskop İle Yapılan Ölçümler

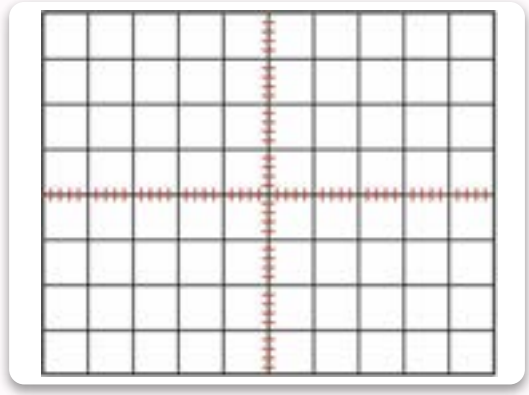
| DC GERİLİM | AC GERİLİM | | | FREKANS |
|---|---|---|---|---|
| | $V_{pp}$ | $V_{max}$ | $V_{eff}$ | |
| | | | | |

**Yapılan Hesaplamalar**

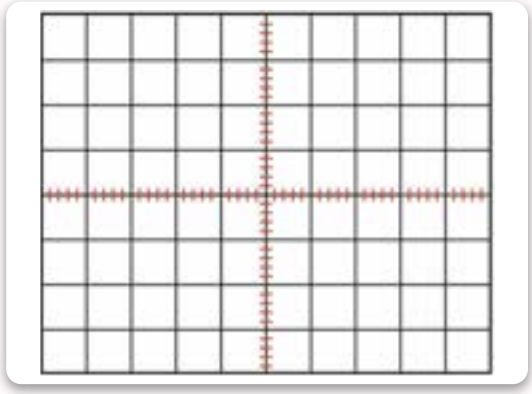
VDC =
Vpp =
Vmax =
Veff =
F =



Şekil 1.13: DC gerilim ölçümünde



Şekil 1.14: AC gerilim ölçümünde izlenen sinyalin çizilmesi



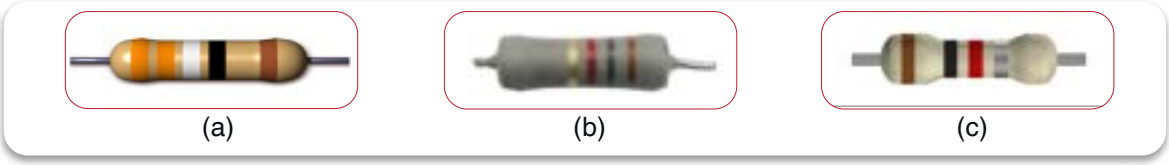
Şekil.1.15: Frekans ölçümünde izlenen sinyalin çizilmesi

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Osiloskop ayarlarının ve prob bağlantılarının doğru yapılması | 20 | |
| 3 | DC gerilim ölçümünün doğru yapılması | 20 | |
| 4 | AC gerilim ölçümünün doğru yapılması | 20 | |
| 5 | Frekans ölçümünün doğru yapılması | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 1.3. DİRENÇ BAĞLANTISI

## 1.3.1. Direnç

Elektrik akımına karşı gösterilen zorluğa **direnç** denir. Bir iletkenin iki ucunun arasına 1 V'luk gerilim uygulandığında bu iletkenden 1 A'lik akım geçerse iletkenin direnci **1 ohm** olur. Direnç **R** ile gösterilir. Birimi 1Ω (Ohm)'dur (Görsel 1.14).




Görsel 1.14: Farklı değerlerde karbon dirençler

## 1.3.2. Direnç Birimleri ve Dönüşümleri

Tablo 1.2'de direnç birimleri ve dönüşüm değerleri görülmektedir.

Tablo 1.2: Direnç Birimleri

| DİRENÇ BİRİMLERİ | KISALTMASI | KAT ÇARPANLARI |
|---|---|---|
| Mega Ohm | MΩ | $10^6$ Ω = 1·000·000 Ω |
| Kilo Ohm | kΩ | $10^3$ Ω = 1.000 Ω |
| Ohm | Ω | 1 Ω |
| Mili Ohm | mΩ | $10^{-3}$ Ω = 0,001 Ω |

**Örnek:** 6800 Ω, 4,7 kΩ, 33 kΩ ve 5,6 MΩ'luk direnç değerlerinin dönüşümlerini yapınız.

**Çözüm:**

6800 Ω =____ kΩ → 6800 k = 6800 . $10^{-3}$ kΩ = 6,8 kΩ

4,7 kΩ =____ Ω → 4,7 Ω = 4,7 . $10^3$ Ω = 4700 Ω

33 kΩ =____ Ω → 33 Ω = 33 . $10^3$ Ω = 33000 Ω

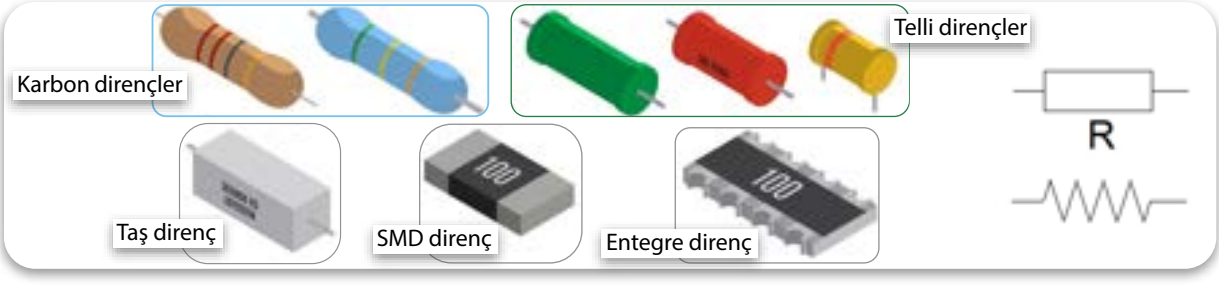
5,6 MΩ =____ kΩ → 5,6 MΩ = 5,6 . $10^3$ kΩ = 5600 kΩ

## 1.3.3. Direnç Çeşitleri

Dirençlerin; sabit, ayarlı ve ortam etkili olmak üzere üç farklı çeşidi bulunmaktadır.

### 1.3.3.1. Sabit Dirençler

Direnç değeri değişmeyen dirence **sabit direnç** denir. Sabit dirençlerin hassasiyetleri yüksektir. Bu dirençlerin; karbon direnç film direnç, SMD direnç, telli direnç, taş direnç ve entegre direnç şeklinde çeşitleri mevcuttur (Görsel 1.15).

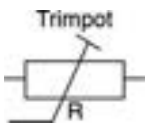
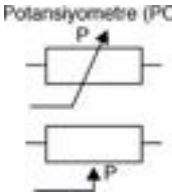
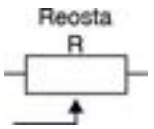



Görsel 1.15: Sabit dirençler ve sembolü

### 1.3.3.2. Ayarlı Dirençler

Direnç değeri ayarlanabilen dirence **ayarlı direnç** denir. Tablo 1.3'te ayarlı direnç çeşitleri gösterilmiştir.

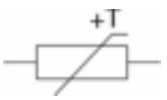
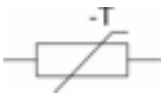
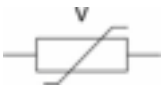
Tablo 1.3: Ayarlı Direnç Çeşitleri

| GÖRSELLERİ | SEMBOLLERİ | AÇIKLAMA |
|---|---|---|
|  |  | Devre direncinin bir veya birkaç defa ayarlandıktan sonra sabit bırakıldığı yerlerde kullanılan dirençlerdir. İnce uçlu tornavida ile ayarı yapılır. Düşük güce sahiptir ve elektronik devrelerde sıklıkla kullanılır. |
|  |  | Devre direncinin sık değiştirildiği yerlerde kullanılan dirençlerdir. Değeri ayar çubuğu sayesinde el ile ayarlanır. Trimpotlar gibi düşük güce sahiptir. |
|  |  | Büyük güçlü, ayarlı dirençlerdir. Direnç ayarı, direnç üzerinde hareket edebilen ayar kolu kullanılarak el ile yapılır. Boyutları oldukça büyüktür ve büyük güçlü devrelerde kullanılır. |

### 1.3.3.3. Ortam Etkili Dirençler

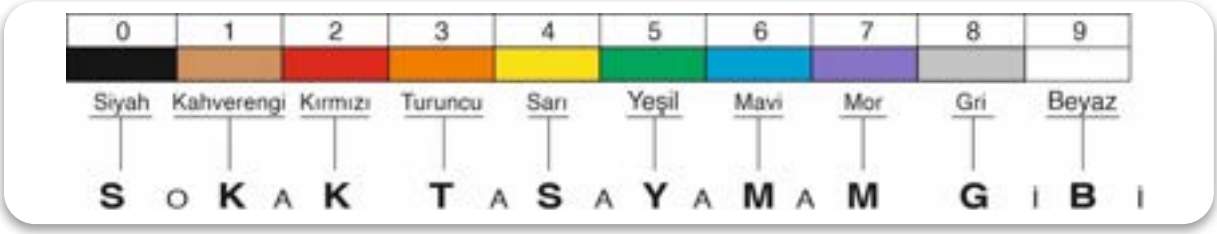
Bulunduğu ortamdaki ısı, ışık gibi etkenlerle değeri değişen dirence **ortam etkili direnç** denir. Tablo 1.4'te ortam etkili direnç çeşitleri gösterilmiştir.

Tablo 1.4: Ortam Etkili Direnç Çeşitleri

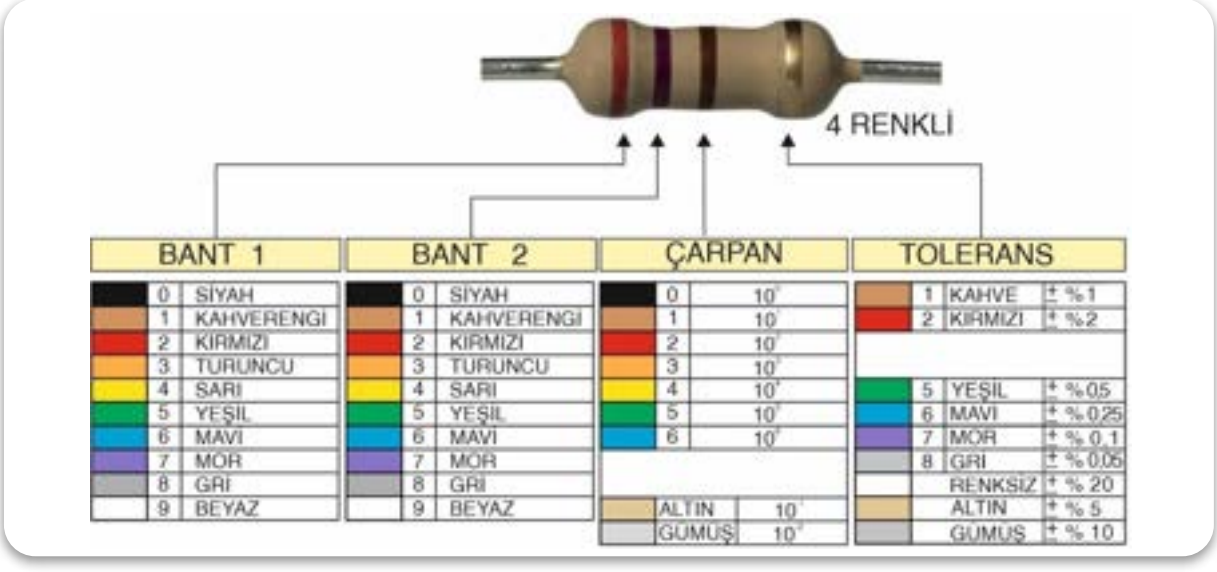
| GÖRSELLERİ | SEMBOLLERİ | AÇIKLAMA |
|---|---|---|
|  |  Işık Etkili (LDR, Foto Direnç) Dirençler | Aydınlıkta düşük, karanlıkta yüksek direnç gösteren devre elemanıdır. Direnci, üzerine düşen ışık ile ters orantılıdır. |
|  |  Pozitif Katsayılı (PTC) Dirençler | Isı etkili dirençlerdir. Ortam veya temas sıcaklığı arttıkça direnç değeri artan ve azaldıkça direnç değeri azalan dirençlerdir. Dirençleri, ısı ile doğru orantılıdır. |
|  |  NegatifKatsayılıDirençler(NTC) | Isı etkili dirençlerdir. Ortam veya temas sıcaklığı arttıkça direnç değeri azalan ve azaldıkça direnç değeri artan dirençlerdir. Dirençleri, ısı ile ters orantılıdır. |
|  |  Gerilim Etkili (VDR) Dirençler (Varistörler) | Uçlarına uygulanan gerilim miktarı ile ters orantılı olarak direnç değeri değişen elemanlardır. Genellikle aşırı gerilimden korunmak amacıyla kullanılır. |

## 1.3.4. Direnç Renk Kodları

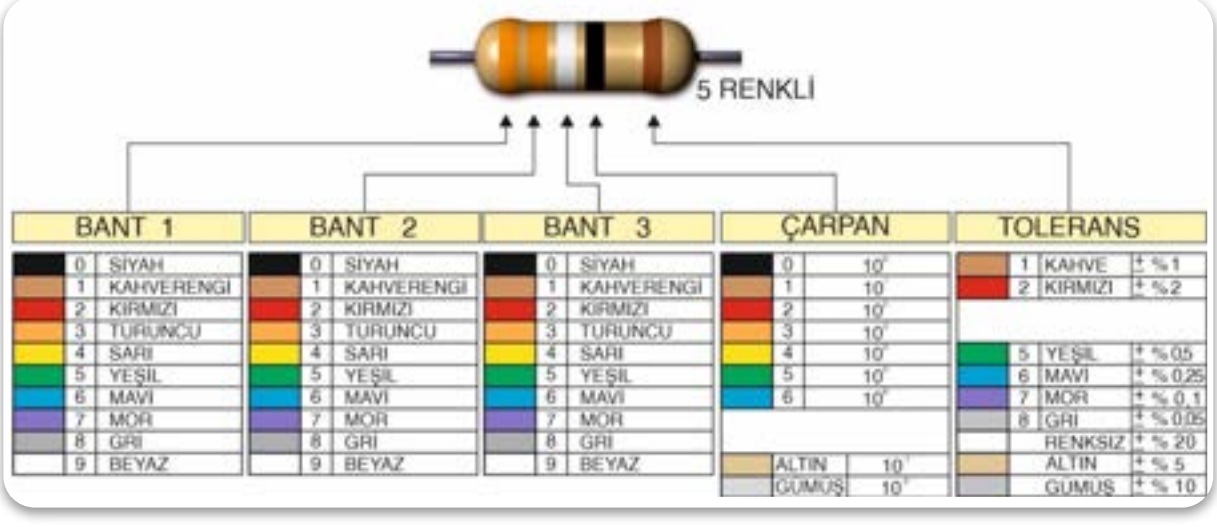
Sabit dirençler üzerinde direnç değerini belirlemeyi amaçlayan renk bantları bulunur. Her rengin bir rakam karşılığı vardır. Rakam karşılığına ve rengin bant üzerindeki sırasına göre direncin değeri tespit edilebilir. Renk bant sayısına göre dirençler, dört ya da beş renkli olmak üzere ikiye ayrılır (Görsel 1.17 ve Görsel 1.18). Dördüncü ve beşinci renkler, toleransı ifade eder. Direnç değeri, tolerans değeri kadar toleranstan eksik veya fazla olabilir. Direnç üzerindeki renkler okunarak direncin değeri ve toleransı bulunabilir. Direnç renk kodlarını akılda tutabilmek için aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi **S**o**K**a**K**ta **S**a**Y**a**M**a**M** **G**i**B**i cümlesi ile kodlama yapılabilir (Görsel 1.16).




Görsel 1.16: Direnç renk kodları ve kodların karşılığı




Görsel 1.17: Dört renkli dirençlerin renk ve tolerans değerleri




Görsel 1.18: Beş renkli dirençlerin renk ve tolerans değerleri

**Örnek:** Tablo 1.5'te verilen dirençlerin renklerini ve direnç değerlerini belirtiniz.

Tablo 1.5: Dört Renkli Dirençler ve Değerlerinin Hesaplanması

| DİRENÇLER | DİRENÇ VE TOLERANS DEĞERLERİ | AÇIKLAMA |
|---|---|---|
|  | Kırmızı – Kırmızı – Kahverengi – Altın<br>2 2 x $10^1$ %5 | 220 Ω ± %5 |
|  | Kahverengi – Siyah – Kırmızı – Altın<br>1 0 x $10^2$ %5 | 1 kΩ ± %5 |
|  | Sarı – Mor – Turuncu – Gümüş<br>4 7 x $10^3$ %10 | 47 kΩ ± %10 |
|  | Mavi – Gri – Sarı – Altın<br>6 8 x $10^4$ %5 | 680 kΩ ± %5 |
|  | Sarı – Mor – Yeşil – Altın<br>4 7 x $10^5$ %5 | 4,7 MΩ ± %10 |

**Örnek:** 47 kΩ, %5 toleransa sahip dört renkli bir direncin renk kodlarını belirleyiniz.

**Çözüm:**

Her bir rakamın değeri ve rakama karşılık gelen renkler şu şekildedir:

| 1. Renk | 2. Renk | 3. Renk | 4. Renk | |
|---|---|---|---|---|
| 4 (Sarı) | 7 (Mor) | x$10^3$ (Turuncu) | %5 (Altın) | **Sarı, Mor, Turuncu, Altın** |

**Örnek:** 6,8 kΩ, %5 toleransa sahip beş renkli bir direncin renk kodlarını belirleyiniz.

**Çözüm:**

Her bir rakamın değeri ve rakama karşılık gelen renkler şu şekildedir:

| 1. Renk | 2. Renk | 3. Renk | 4. Renk | 5. Renk | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 (Mavi) | 8 (Gri) | 0 (Siyah) | X $10^1$ (Kahve) | %5 (Altın) | **Mavi, Gri, Siyah, Kahverengi, Altın** |

**Örnek:** Aşağıda verilen Tablo 1.6'daki dört renkli dirençlerin değerlerini bulunuz.

Tablo 1.6: Dört Renkli Direnç Değerlerinin Renklerine Göre Belirlenmesi

| 1. RENK | 2. RENK | 3. RENK | 4. RENK | DİRENÇ DEĞERİ VE TOLERANSI |
|---|---|---|---|---|
| Turuncu | Beyaz | Kırmızı | Altın | |
| Kırmızı | Kırmızı | Sarı | Altın | |
| Sarı | Mor | Kahverengi | Kırmızı | |
| Yeşil | Mavi | Siyah | Gümüş | |

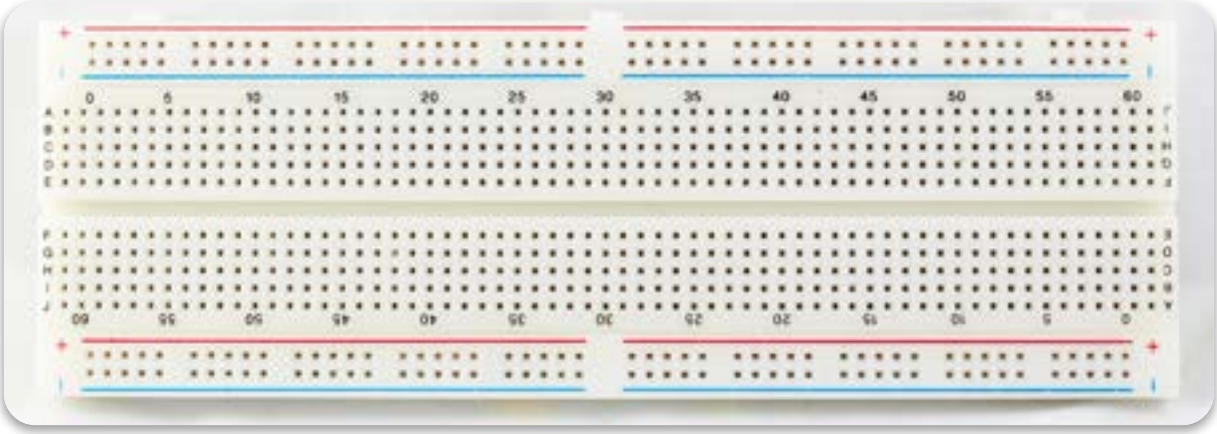
**Örnek:** Aşağıda verilen Tablo 1.7'deki beş renkli dirençlerin değerlerini bulunuz.

Tablo 1.7: Beş Renkli Direnç Değerlerinin Renklerine Göre Belirlenmesi

| 1. RENK | 2. RENK | 3. RENK | 4. RENK | 5. RENK | DİRENÇ DEĞERİ VE TOLERANSI |
|---|---|---|---|---|---|
| Kahverengi | Yeşil | Siyah | Kırmızı | Altın | |
| Mavi | Gri | Kırmızı | Siyah | Altın | |
| Kırmızı | Mor | Yeşil | Kahverengi | Kırmızı | |
| Turuncu | Beyaz | Siyah | Kırmızı | Altın | |

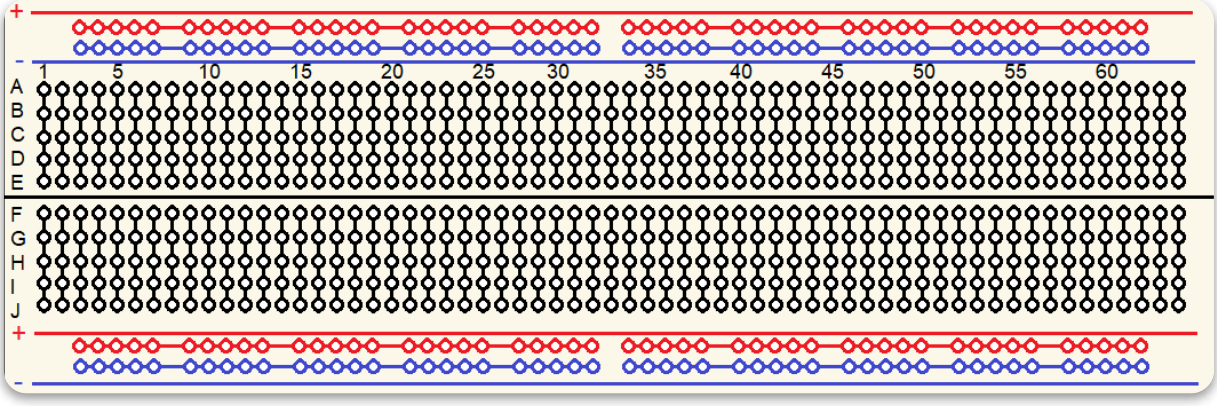
## 1.3.5. Breadboard (Bredbord) ve Yapısı

Lehim yapılmaksızın üzerinde elektronik devrelerin kurulabildiği elemanlara **breadboard** denir. Üzerinde iletkenlerin girebileceği şekilde delikler açılmış plastik bir gövdeye sahiptir. Enerji hattı ile elemanların yerleştirildiği bölge ayrılmıştır (Görsel 1.19).



Görsel 1.19: Breadboard

Görsel 1.20'de görüldüğü gibi plastik gövdede bulunan delikler, enerji hattında (mavi ve kırmızı işaretli) sütun olarak içten birbirine bağlıdır. Elektronik devre kurarken iletken bağlantıları bu yapı göz önünde bulundurularak yapılır. A, B, C, D, E ve F, G, H, I, J satırları da kendi aralarında içeride birbirlerine bağlıdır. Elektronik devre elemanları, breadboard üzerine yerleştirilerek iletkenler ile elektronik devre elemanlarının bağlantıları sağlanır ve bu sayede devre kurulur. Enerji hattından verilen enerji ile de devre çalıştırılır.




Görsel 1.20: Breadboardın içyapısı

**Breadboard kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:**

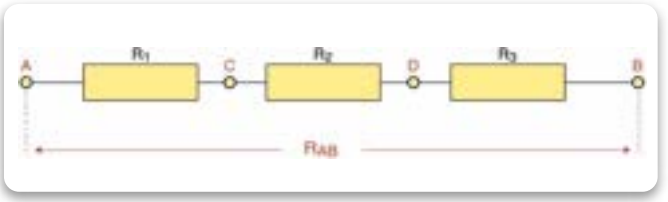
- Bağlantıları yapmak için kullanılacak iletkenlerin çapı breadboard deliklerine uygun seçilmelidir.
- Breadboarda takılacak iletken uçları uygun uzunlukta yalıtkanından sıyrılmış olmalıdır.
- Breadboard içine takılacak elemanların bacakları alana dik şekilde ve uygun aralıklarla takılmalıdır.
- Entegre ve benzeri çok bacaklı elemanlar, orta alanın yarısına denk gelecek şekilde ve bacaklarında bükülme olup olmadığı kontrol edilerek takılmalı ve ince ağızlı tornavida veya cımbız ile çıkarılmalıdır.
- Entegre elemanları breadboarda takıldıktan sonra entegre elemanlarının ilk olarak beslenme bağlantıları yapılmalıdır.
- Ayak uzunlukları farklı olan devre elemanlarının ayakları takılmadan önce eşitlenmelidir.
- Bir breadboard üzerine sığmayan devreler, uygun bağlantılar sağlanarak ikinci breadboard üzerinden devam ettirilmelidir.
- Devreye enerji, enerji hattından verilmelidir.

## 1.3.6. Direnç Bağlantıları

Dirençler seri, paralel veya karışık bağlanabilir.

### 1.3.6.1. Dirençlerin Seri Bağlantısı

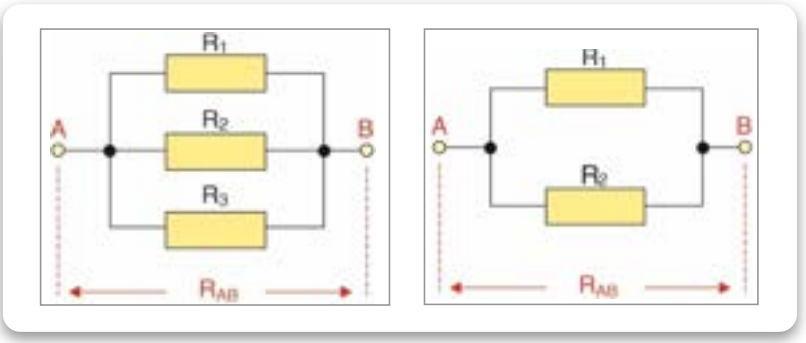
Dirençlerin ardışık bağlandığı devre türüdür. Eşdeğer direnç tüm dirençlerin toplanması ile bulunur (Şekil 1.16).




Şekil 1.16: Seri direnç bağlantısı

### 1.3.6.2. Dirençlerin Paralel Bağlantısı

Dirençlerin Şekil 1.17'deki gibi bağlanmasına **paralel bağlantı** denir. Eşdeğer direnç aşağıda yazılan formül ile hesaplanır.

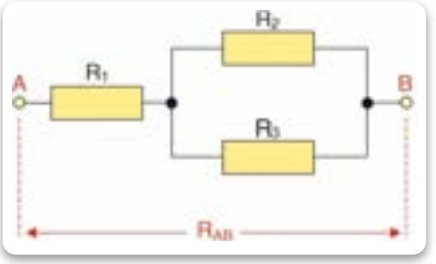



Şekil 1.17: a) Paralel direnç bağlantısı b) İki direncin paralel bağlantısı

Eğer Şekil 1.17 b'de görüldüğü gibi sadece iki direnç birbirine paralel bağlıysa eşdeğer direnç, bu iki direncin çarpımları ile toplamlarının bölümüne eşittir.

### 1.3.6.3. Dirençlerin Karışık Bağlantısı

Aynı devre içindeki dirençlerin seri ve paralel bağlanmasına **karışık bağlantı** denir. Önce paralel bağlı olan dirençlerin eşdeğeri hesaplanır, daha sonra bu değer seri dirençlerle toplanarak işlem sonuçlandırılır (Şekil.1.18).




Şekil 1.18: Karışık direnç bağlantısı

### 1.3.6.4. Direnç Ölçme İşlemi

Direnç ölçme işlemi yapılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Kırmızı prob "Ω/V/mA" girişine, siyah prob "COM" girişine takılır (Görsel 1.21).
- Kademe anahtarı, uygun direnç kademesine alınır.
- Problar, ölçülecek direnç uçlarına dokundurulur (Direncin her iki ucuna birden eller dokunmamalıdır. Aksi hâlde vücudun direnci yanlış ölçmeye yol açabilir.).
- Göstergeden ölçülen değer okunur.
- Ölçme sırasında seçilen kademe ölçülen değerden küçük ise ekranın solunda "1" veya "OL" ifadesi görülür. Bu durumda kademe büyütülmelidir.
- Seçilen kademe ölçülen değerden büyük ise ekranın sağında "0" ifadesi görülür. Bu durumda kademe küçültülmelidir.




Görsel 1.21: Multimetre ile direnç ölçme

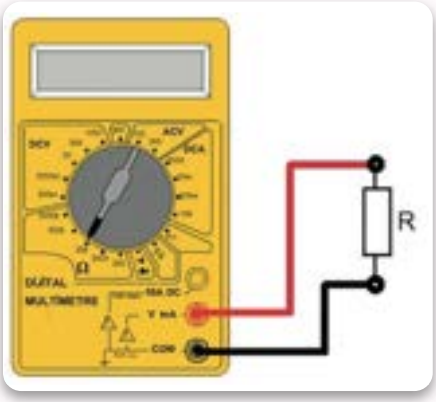
**Amaç:** Farklı değerlerdeki dirençlerin renk kodlarına göre değerlerini bulmak ve multimetre ile ölçme yapmak (Görsel 1.22).

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Değişik değerlerde dirençler | Karbon direnç | 5 adet |
| Multimetre | Dijital | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. Beş adet farklı değerlere sahip direnç renkleri Tablo 1.8'deki ilgili alanlara yazılır.
2. Renklere uygun olarak direnç değerleri "Hesaplanan Değer" sütununda R, Rmax, Rmin değerleri hesaplanarak ilgili hücreye yazılır.
3. Multimetre Ω (ohm) kademesine alınarak direnç değeri ölçülür ve "Ölçülen Değer" sütununa yazılır (Tablo 1.8).
4. Hesaplanan ve ölçülen değerlerin karşılaştırması yapılarak tolerans değerinin etkisi gözlenir.




Görsel 1.22: Multimetre ile direnç ölçme

Tablo 1.8: Direnç Renklerine Göre Değerlerinin Belirlenmesi ve Ölçülmesi

| 1. RENK | 2. RENK | 3. RENK | 4. RENK | HESAPLANAN DEĞER | | | ÖLÇÜLEN DEĞER |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | R | Rmax | Rmin | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

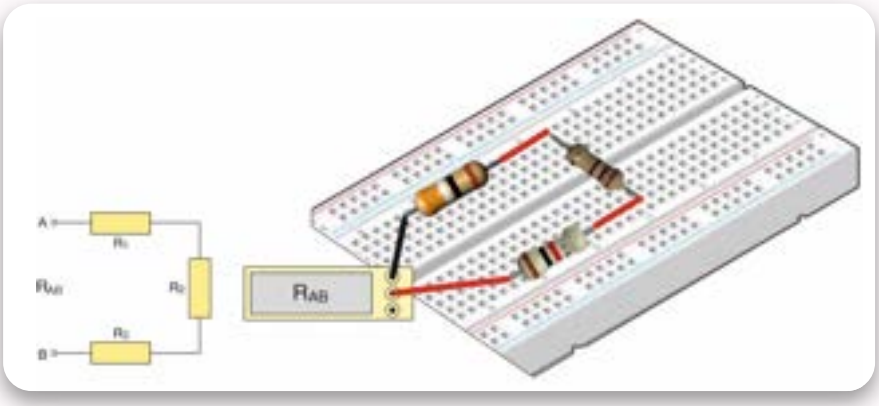
**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Dirençlerin renklerinin belirlenmesi | 15 | |
| 3 | Dirençlerin değerlerinin hesaplanması | 20 | |
| 4 | Dirençlerin birimlerinin belirlenmesi | 15 | |
| 5 | Dirençlerin multimetre ile ölçülmesi | 30 | |
| TOPLAM | | 100 | |

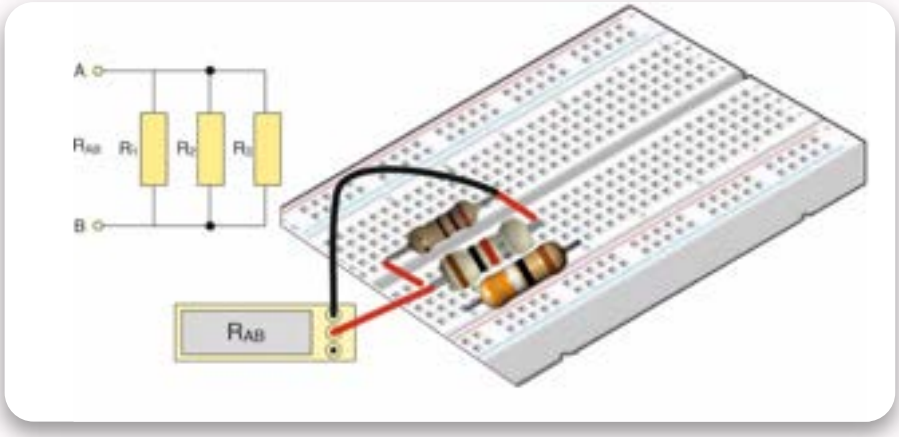
**Amaç:** Dirençleri seri, paralel ve karışık şekillerde bağlayarak dirençlerin eşdeğer direnç değerlerini ölçmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereçler**

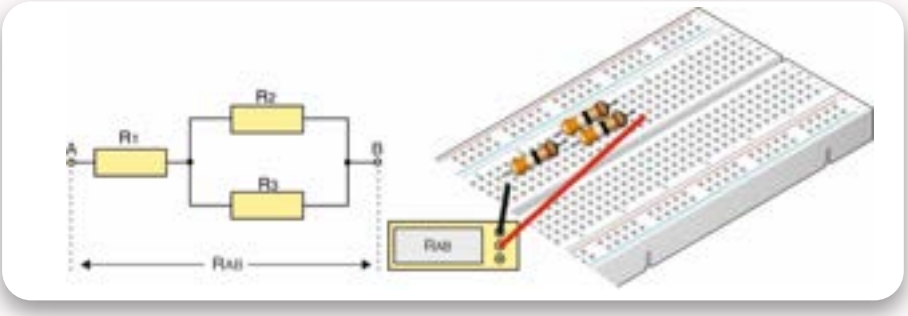
| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Breadboard | | 1 adet |
| Direnç | Farklı değerlere sahip dirençler (Ω ve KΩ cinsinden) | 3 adet |
| Multimetre | Dijital | 1 adet |
| Zil teli | 0,5 $mm^2$ kesitli | 1 m |
| El aletleri | Kargaburun, yan keski | |




Şekil 1.19: Seri direnç bağlantısı




Şekil 1.20: Paralel direnç bağlantısı




Şekil 1.21: Karışık direnç bağlantısı

**İşlem Basamakları**

1. Üç farklı direnç Şekil 1.19'daki gibi breadboard üzerine yerleştirilir.
2. Bağlantıları yapmadan önce direnç değerleri tek tek multimetre ile ölçülerek Tablo 1.9'a yazılır.
3. Şekil 1.19'daki devre, breadboard üzerine kurulur.
4. Eşdeğer direnç değeri Reş hesaplanarak Tablo 1.9'a; gerilim değerleri UR1, UR2, UR3 ve devre akımı hesaplanarak Tablo 1.10'daki ilgili alanlara yazılır.
5. A ve B noktaları arasındaki eşdeğer direnç ölçülerek Tablo 1.9'daki ilgili alana yazılır.
6. Devreye 10 V DC gerilim uygulanarak dirençler üzerindeki gerilimler (UR1, UR2, UR3) ve devreden geçen akım () ölçülerek Tablo 1.10'daki ilgili alana yazılır (Multimetrede doğru kademenin seçilmiş olduğuna ve probların doğru bağlanmasına dikkat ediniz.).
7. Şekil 1.20'de verilen devre breadboard üzerine kurulur.
8. Eşdeğer direnç değeri Reş hesaplanarak Tablo 1.9'a; gerilim değerleri UR1, UR2, UR3 ve devre akım değerleri hesaplanarak Tablo 1.10'daki ilgili alana yazılır.
9. A ve B noktalarındaki eşdeğer direnç ölçülerek Tablo 1.9'daki ilgili alana yazılır.
10. Devreye 10 V DC gerilim uygulanarak eşdeğer gerilim değerleri UR1, UR2, UR3 ve devre akım değerleri ölçülerek Tablo 1.10'daki ilgili alana yazılır (Multimetrede doğru kademenin seçilmiş olduğuna ve probların doğru bağlanmasına dikkat ediniz.).
11. Şekil 1.21'de verilen devre, breadboard üzerine kurulur.
12. Eşdeğer direnç değeri Reş hesaplanarak Tablo 1.9'a; gerilim değerleri UR1, UR2, UR3 ve devre akım değerleri hesaplanarak Tablo 1.10'daki ilgili alana yazılır.
13. A ve B noktalarındaki eşdeğer direnç ölçülerek Tablo 1.9'daki ilgili alana yazılır.
14. Devreye 10 V DC gerilim uygulanarak dirençler üzerindeki gerilimler $U_{R1}$, $U_{R2}$, $U_{R3}$ ve devreden geçen akımlar ölçülerek Tablo 1.10'daki ilgili alana yazılır (Multimetrede doğru kademenin seçilmiş olduğuna ve probların doğru bağlanmasına dikkat ediniz.).

Tablo 1.9: Hesaplanan ve Ölçülen Direnç Değerleri

| DİRENÇ ADI | HESAPLANAN DEĞER | ÖLÇÜLEN DEĞER |
|---|---|---|
| R1 | | |
| R2 | | |
| R3 | | |
| Şekil 1.19 $R_{eş}$ | | |
| Şekil 1.20 $R_{eş}$ | | |
| Şekil 1.21 $R_{eş}$ | | |

Tablo 1.10: Hesaplanan ve Ölçülen Akım-Gerilim Değerleri

| DEVRE ADI | GERİLİM DEĞERLERİ | | | | | | AKIM DEĞERLERİ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hesaplanan | | | Ölçülen | | | Hesaplanan | | | | Ölçülen | | | |
| | $U_{R1}$ | $U_{R2}$ | $U_{R3}$ | $U_{R1}$ | $U_{R2}$ | $U_{R3}$ | I | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ | I | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ |
| Şekil 1.19 | | | | | | | | x | x | x | | x | x | x |
| Şekil 1.20 | | | | | | | | | | | | | | |
| Şekil 1.21 | | | | | | | | | | x | | | | x |

**Sorular**

1. Her bir uygulama aşamasında dirençlerin devreye nasıl (örneğin paralel) bağlandığını yazınız.
2. Hesaplanan eşdeğer direnç değerleri ile ölçülen eşdeğer direnç değerleri arasındaki fark neden oluşmaktadır? Açıklayınız.
3. Akım ölçülürken multimetre devreye nasıl bağlanır?
4. Gerilim ölçülürken multimetre deveye nasıl bağlanır?

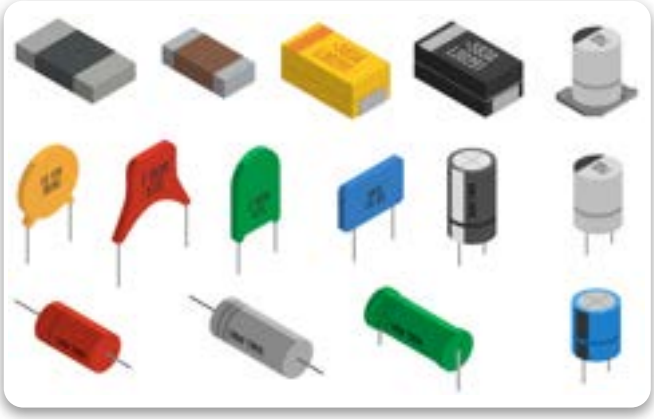
**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Dirençlerin ölçülmesi | 15 | |
| 3 | Gerilim ve akım değerlerinin hesaplanması | 15 | |
| 4 | Devrelerin doğru kurulması | 20 | |
| 5 | Gerilim değerlerinin ölçülmesi | 20 | |
| 6 | Akım değerlerinin ölçülmesi | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

# 1.4. KONDANSATÖRLER

## 1.4.1. Kondansatör

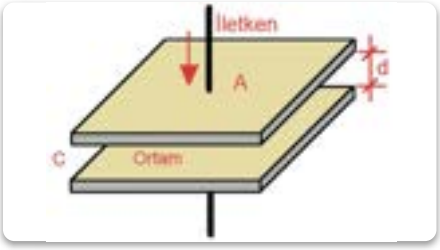
İki iletken levha arasına bir yalıtkan malzeme konularak yapılan elektronik devre elemanına **kondansatör** (Kapasitör, sığaç isimleri de kullanılır.) denir. Kondansatörler, elektrik enerjisini depo etmek için kullanılır ve her kondansatörün depo ettiği enerji miktarı farklılık gösterir. Kondansatörlerin depo edebilecekleri enerji miktarını kapasiteleri belirler. Kondansatörün elektrik enerjisini depo edebilme özelliğine **kapasite** denir. Kapasite **C** ile gösterilir ve birimi Farad'dır (F). Kondansatör, devrelerde filtreleme elemanı olarak da kullanılır. Görsel 1.23'te farklı tiplerde kondansatörler görülmektedir.



Görsel 1.23: Farklı yapılardaki kondansatörler

## 1.4.2. Kapasiteyi Belirleyen Faktörler

Kondansatör kapasitesini, kondansatörün yapısını oluşturan elemanlar ve ortam belirler. Şekil 1.22'de görüldüğü gibi kondansatörlerde kapasiteyi (C) plakaların yüzey alanı (A), plakalar arası mesafe (d) ve aradaki yalıtkan malzemenin (ortamın) dielektrik katsayısı (εr) belirler.




Şekil 1.22: Kondansatör kapasitesi

## 1.4.3. Kapasite Birimleri ve Dönüşümleri

Kondansatörün kapasitesinin birimi Farad değeri büyük olduğu için ast katları kullanılır. Tablo 1.11'de kapasite birimleri verilmiştir.

Tablo 1.11: Kapasite Birimleri

| KAPASİTE BİRİMLERİ | KISALTMASI | KAT ÇARPANLARI |
|---|---|---|
| Farad | F | 1 F |
| Mili Farad | mF | $10^{-3}$ F |
| Mikro Farad | | $10^{-6}$ F |
| Nano Farad | nF | $10^{-9}$ F |
| Piko Farad | pF | $10^{-12}$ F |

**Örnek:** Aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

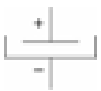
**Çözüm:**

- 0,1 F =.....nF — 0,1 F = 0,1 x 103 nF = 100 nF
- 22 pF =.....nF — 22 pF = 22 x 10-3 nF = 0,022 nF
- 470 F =..... mF — 470 F = 470 x 10-3 mF = 0,47 mF
- 100 nF =.....F — 100 nF = 100 x 10-3 F = 0,1 F
- 10 pF =.....nF — 10 pF = 10 x 10-3 nF = 0,01 nF

## 1.4.4. Kondansatör Çeşitleri

Kullanılan yalıtkan malzemenin cinsine, sabit veya ayarlanabilmesine ve kutup durumuna göre pek çok kondansatör çeşidi vardır. Kondansatörlerin çeşitlerine göre kılıfları da farklılık gösterir. Uygulamada en çok karşılaşılanlar, kutuplu ve kutupsuz kondansatörlerdir (Tablo 1.12).

Tablo 1.12: Farklı Tip ve Yapıda Kondansatörlerin Resimleri, Sembolleri ve Özellikleri

| Görselleri | Adı ve Sembolü | Açıklama |
|---|---|---|
|  |  Seramik kondansatör | Di-elektrik maddesi olarak titanyum veya baryum kullanılarak imal edilir. Genellikle yüksek frekanslı devrelerde baypas kondansatörü olarak kullanılır. |
|  |  Mika Kondansatör | Di-elektrik maddesi mikadır. Yalıtkan sabiti çok yüksek ve çok az kayıplı elemanlardır. Frekans karakteristikleri oldukça iyidir ve bu özeliklerinden dolayı rezonans ve yüksek frekanslı devrelerde kullanılır. Mikalı kondansatörlerin kapasite değerleri 1 piko farad ile 0,1 mikro farad arasında, çalışma voltajları 100 V ile 2500 V arasında, toleransları ise % 2 ile % 20 arasında değişir. |
|  |  Tantalum Elektrolitik Kondansatör | Tantalum oksitli folyo şerit ile tantalum folyo şeritten oluşur. Tantalum oksitli plakaya pozitif (+), tantalum plakaya ise negatif (-) kutup bağlanmıştır. Elektrolitik kondansatörlerin hacmine göre kapasitelerinin büyük ve maliyetinin ucuz olması bir avantajdır. Ancak kaçak akımlar büyüktür ve ters bağlantı hâlinde bozulmaları birer dezavantajdır. |
|  |  Elektrolitik Kondansatör | Elektrolitik kondansatörlere kutuplu kondansatörler de denir. Pozitif ve negatif kutupları bulunan, alüminyum levhalar arasında asit borik eriyiğinin di-elektrik madde olarak kullanıldığı kondansatörlerdir. Negatif uç kondansatörün dış yüzeyini oluşturan alüminyum plakaya bağlıdır. |
|  |  Varyabıl Kondansatör | Varyabl kondansatörler paralel bağlı çoklu kondansatörden oluşmaktadır. Bu kondansatörlerin birer plakası sabit olup diğer plakaları şekilde görüldüğü gibi bir mil ile döndürülebilmektedir. Böylece kondansatörlerin kapasiteleri istenildiği gibi değiştirilebilmektedir. Hareketli plakalar sabit plakalardan uzaklaştıkça karşılıklı gelen yüzeyler azalacağından kapasite de küçülecektir. Hareketli plakalara **rotor**, sabit plakalara **stator** denmektedir. |
|  |  SMD Kondansatör | Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş kondansatörlerdir. Boyutları diğer kondansatörlere göre çok daha küçüktür ancak mercimek ve mika kondansatörlerle erişilen sığa değerlerine sahip olarak üretilir. Üzerindeki kodların okunuşları markadan markaya farklılık gösterir. |

| | | |
|---|---|---|
|  |  Trimer Kondansatör | Kapasite değeri tornavida ile değiştirilebilen ayarlı kondansatörlerdir. Trimer kondansatörlerde ayar vidasına bağlı 360 derece dönebilen levhalar ile yüzey alanı değiştirilmesiyle kapasite değeri azaltılıp çoğaltılabilir. Trimer kondansatörlerin boyutları ve kapasite değerleri küçüktür. Bu çeşit kondansatörler FM verici, telsiz vb. devrelerde kullanılır. |

**Yalıtkan cinsine göre kondansatör çeşitleri şunlardır:**

- Hava aralıklı kondansatör
- Plastik film kondansatör
- Mikalı kondansatör
- Seramik kondansatör
- Elektrolitik kondansatör
- SMD kondansatör

**Kapasite değerlerinin ayarlanabilmesine göre kondansatör çeşitleri şunlardır:**

- Sabit kondansatörler
- Ayarlanabilir kondansatörler (varyabl, trimer, varaktör)

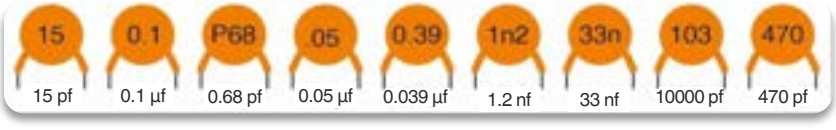
**Kutup durumuna göre kondansatör çeşitleri şunlardır:**

- Kutuplu Kondansatörler : + ve – kutba sahip olan kondansatörlerdir. Devreye bağlanırken bu husu-sa dikkat edilmelidir.
- Kutupsuz Kondansatörler : + ve – kutbu olmayan kondansatörlerdir. Devreye bağlantıda yön önemli değildir.

**Not:** Kutuplu kondansatörler devreye ters bağlanmamalıdır, aksi hâlde patlar. Kondansatörler, üzerinde yazılı voltaj değerlerinin üstünde çalıştırılmamalıdır. Bu durumda da patlayabilir.

## 1.4.5. Rakam Kodlu Kondansatör Değerlerinin Okunması

Kondansatörlerin kapasite değerleri ve çalışma gerilimleri üzerinde yazmaktadır. Küçük gövdeli kondansatörlerde ise rakam kullanılarak değerleri kodlanır (Görsel 1.24). Kodlar ve anlamları Tablo 1.13'te verilmiştir.




Görsel 1.24: Farklı değerlerde seramik kondansatörler

Tablo 1.13: Kondansatörlerin Rakamlarla Kodlanması ve Değerleri

| ANLAMI | KODLAMA | DEĞERİ |
|---|---|---|
| **n** harfi **nF** birimini ifade eder ve harfler başta veya ortada olmaları hâlinde nokta (.) yerine kullanılır. |  | 5n6 = 5,6 nF |
| **p** harfi **pF** birimini ifade eder ve harfler başta veya ortada olmaları hâlinde nokta (.) yerine kullanılır. |  | p68 = 0,68 pF |
| Üç rakamlı bir kondansatörde ilk iki rakam sayı olarak alınır ve son rakam kadar sıfır ilave edilir. Aksi belirtilmedikçe sonuç **pF**'tır. |  | 103 = 10.000 pF (10 nF) |
| Rakamların içinde nokta (.) varsa kapasite değeri doğrudan **F** olarak belirlenir. |  | 0.1 = 0,1 F |

Kapasite, bazı durumlarda tam yazılan değerde olmaz. Bu sebeple belli oranlarda oynamalar olacağı göz önünde bulundurulur ve rakam kodlarının sonuna büyük harfler konur. Bu harfler de **toleransın** oranını belirtir. Aşağıdaki tablolarda bu harflerin hangi tolerans değerini belirttiği sıralanmıştır (Tablo 1.14 ve Tablo 1.15).

Tablo 1.14: Simetrik Tolerans İfade Eden Kodlar

| | | |
|---|---|---|
| B = ± % 0,10 | C = ± % 0,25 | D = ± % 0,5 |
| F = ± % 1 | G = ± % 2 | J = ± % 5 |
| K = ± % 10 | L = ± % 0,01 | M = ± % 20 |
| N = ± % 30 | P = ± % 0,02 | W = ± % 0,05 |

Tablo 1.15: Simetrik Olmayan Tolerans İfade Eden Kodlar

| | |
|---|---|
| Q = - % 10, + % 30 | S = - % 20, + % 50 |
| T = - % 10, + % 50 | Z = - % 20, + % 80 |

**Kondansatör Renk Kodları**

Rakam kodlarından başka, bazı kondansatör çeşitlerinde direnç renk kodlarına benzer şekilde renk kodları kullanılır. Özellikle seramik, tantalum ve polyester kondansatörlerde renk kodları yaygındır. Tablo 1.16'da renk kodlarının anlamları görülmektedir.

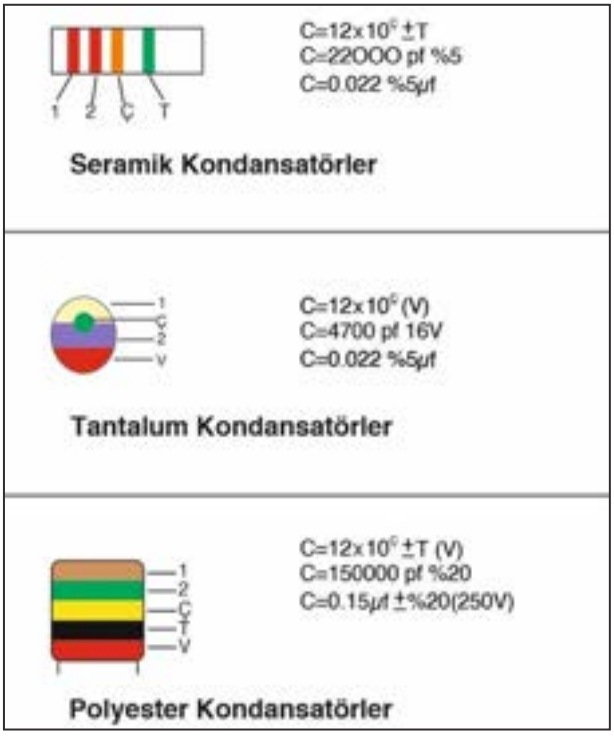
Tablo 1.16: Kondansatör Renk Kodları

| | | | SERAMİK | | TANTALUM | | POLYESTER | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RENK | DEĞER | ÇARPAN | T | V | T | V | T | V |
| Siyah | 0 | $10^0$ | 2 pF | - | % 10 | 10 V | % 20 | - |
| Kahve | 1 | $10^1$ | % 1 | - | % 1 | - | - | 100 V |
| Kırmızı | 2 | $10^2$ | % 2 | - | % 2 | - | - | 250 V |
| Turuncu | 3 | $10^3$ | - | - | - | - | - | - |
| Sarı | 4 | $10^4$ | - | - | - | 6,3 V | - | 400 V |
| Yeşil | 5 | $10^5$ | % 5 | - | % 5 | 16 V | % 5 | - |
| Mavi | 6 | $10^6$ | - | - | - | 20 V | - | - |
| Mor | 7 | $10^7$ | - | - | - | - | - | - |
| Gri | 8 | 0,01 | - | - | - | 25 V | - | - |
| Beyaz | 9 | 0,1 | % 10 | - | % 10 | 3 V | % 10 | - |

Seramik kondansatörlerde kodlar, renk çubuklarından hangisi kenara en yakınsa ondan başlanarak okunur. Tantalum ve polyester kondansatörlerde mevcut renk sırası ise Tablo 1.16'da görüldüğü gibidir.

1 ve 2 numaralı renkler anlamlı sayı dizisidir ve aynen yazılır. Ç (çarpan) harfinin belirttiği renkler anlamlı rakamların yanına eklenecek sıfır sayısını belirtir. T (tolerans) kapasite değerindeki oynamayı, V (gerilim) ise kondansatörün çalışma gerilimini gösterir.

Tablo 1.17: Seramik, Tantalum ve Polyester Kondansatörlerde Renklere Göre Kapasite Değerlerinin ve Çalışma Voltajlarının Belirlenmesi




## 1.4.6. Kondansatör Bağlantıları

Kondansatörler tıpkı dirençler gibi seri, paralel ve karışık bağlanabilir. Bu durumda kapasiteleri değişiklik gösterir.

### 1.4.6.1. Kondansatörlerin Seri Bağlantısı

Seri bağlantıda kondansatörlerin + ucu (terminali) diğer kondansatörün - ucuna gelecek şekilde bağlanır (Şekil 1.23). Seri bağlanan kondansatörlerin toplam kapasiteleri ($C_T$), aralarındaki en küçük kapasiteye sahip kondansatörün kapasitesinden de küçük olur. Kondansatörlerin seri bağlantısında çalışma gerilimleri artar.




$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Şekil 1.23: Kondansatörlerin seri bağlanması

**Not:** Sadece iki kondansatör seri bağlı ise aşağıdaki formül de kullanılabilir.

$$C_{AB} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

**Örnek:** Şekil 1.23'teki devrede $C_1 = 10\ \mu F$, $C_2 = 20\ \mu F$ ve $C_3 = 1\ \mu F$ ise $C_{AB}$ nedir?

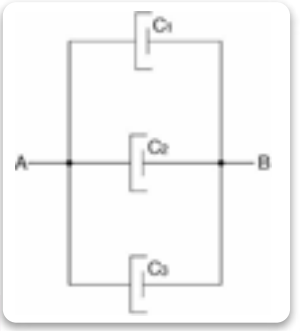
**Çözüm:**

$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{1} = \frac{2}{20} + \frac{1}{20} + \frac{20}{20} = \frac{23}{20}$$

$$C_{AB} = \frac{23}{20}\ \mu F = 0{,}86\ \mu F$$

### 1.4.6.2. Kondansatörlerin Paralel Bağlantısı

Kondansatörler Şekil 1.24'teki gibi paralel bağlanır. Eşdeğer kapasite ise hepsinin aritmetik olarak toplanması ile bulunur. Kondansatörler paralel bağlanırken aynı kutuplar birbirine bağlanmalıdır.



Şekil 1.24: Kondansatörlerin paralel bağlanması

Toplam Kapasite

$C_{AB} = C_1+C_2+C_3$ şeklinde hesaplanır.

**Örnek:** Şekil 1.24'teki devrede $C_1 = 10\ \mu F$, $C_2 = 50\ \mu F$, $C_3 = 33\ \mu F$ ise $C_{AB}$ nedir?

**Çözüm:**

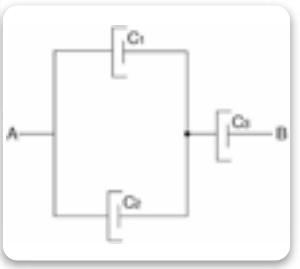
$C_{AB} = C_1 + C_2 + C_3$

$C_{AB} = 10\ \mu F + 50\ \mu F + 33\ \mu F$

$\mathbf{C_{AB} = 93\ \mu F}$

### 1.4.6.3. Kondansatörlerin Karışık Bağlantısı

Şekil 1.25'teki gibi kondansatörlerin birbirleri ile hem seri hem de paralel bağlanmasına **karışık bağlantı** denir. Önce paralel bağlı olan kondansatörlerin eşdeğeri hesaplanıp daha sonra toplam kapasite bulunur.



Şekil 1.25: Kondansatörlerin karışık bağlanması

**Örnek:** Şekil 1.25'teki devrede $C_1 = 10\ \mu F$, $C_2 = 10\ \mu F$ $C_3 = 10\ \mu F$ ise CAB nedir?

**Çözüm:**

$$C_{AB} = \frac{((C_1 + C_2) \cdot C_3)}{(C_1 + C_2) + C_3} = \frac{((10 + 10) \cdot 10)}{(10 + 10) + 10} = 3{,}33\ \mu F$$

**Multimetre Kullanarak Kondansatörlerin Sağlamlık Kontrolünün Yapılması**

Kondansatörün sağlamlık kontrolü analog multimetre ile ohm kademesinde yapılır (Görsel 1.25). İlk önce kondansatörün iki ucu kısa devre edilir, daha sonra multimetre ohm kademesine alınır. Multimetrenin kırmızı ucu kondansatörün eksi ucuna, siyah ucu ise kondansatörün artı ucuna bağlanmalıdır. Sağlam kondansatörde ibre önce sapar sonra tekrar geri döner. Küçük değerli kondansatörlerde sapma ve geri gelme hızlı, büyük değerli kondansatörlerde ise daha yavaştır.


Görsel 1.25: Analog multimetre

### 1.4.6.4. Kapasite Ölçme İşlemi

Kapasite değeri LCRmetre veya kapasite ölçme özelliğine sahip multimetreler ile yapılır. Kapasite ölçme işlemleri şu şekilde gerçekleştirilir (Görsel 1.26):

- Ölçülecek olan kondansatör LCRmetre eleman girişine takılarak ekrandaki değer okunur.



Görsel 1.26: LCRmetre ile kapasite ölçümü

**Amaç:** Farklı değerlerdeki kondansatörlerin değerlerini bulmak için LCRmetre ile ölçme yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Değişik değerlerde kondansatörler | Kutuplu (elektrolitik) ve kutupsuz | Beşer adet |
| Multimetre veya LCRmetre | Dijital | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Multimetre veya LCRmetre, kapasite ölçme kademesine alınır (Görsel 1.26).
3. Kutuplu kondansatörler ölçülür.
4. Ölçülen değerler birimleriyle birlikte Tablo 1.18'deki ilgili alana yazılır.
5. Kutupsuz kondansatörler ölçülür.
6. Ölçülen değerler birimleriyle birlikte Tablo 1.19'daki ilgili alana yazılır.

Tablo 1.18: Kutuplu Kondansatör Değerlerinin Ölçülmesi

| KUTUPLU KONDANSATÖRLER | OKUNAN KAPASİTE DEĞERİ | ÖLÇÜLEN KAPASİTE DEĞERİ |
|---|---|---|
| Kondansatör 1 | | |
| Kondansatör 2 | | |
| Kondansatör 3 | | |
| Kondansatör 4 | | |
| Kondansatör 5 | | |

Tablo 1.19: Kutupsuz Kondansatör Değerlerinin Ölçülmesi

| KUTUPLU KONDANSATÖRLER | OKUNAN KAPASİTE DEĞERİ | ÖLÇÜLEN KAPASİTE DEĞERİ |
|---|---|---|
| Kondansatör 1 | | |
| Kondansatör 2 | | |
| Kondansatör 3 | | |
| Kondansatör 4 | | |
| Kondansatör 5 | | |

**Sorular**

1. Kondansatör nedir? Birimlerini yazınız.
2. Kutuplu ve kutupsuz kondansatör sembollerini çiziniz.
3. Kondansatör çeşitleri nelerdir? Açıklayınız.
4. Multimetre ile kapasite sağlamlığı nasıl kontrol edilir?
5. LCRmetre ile kapasite değeri nasıl ölçülür?

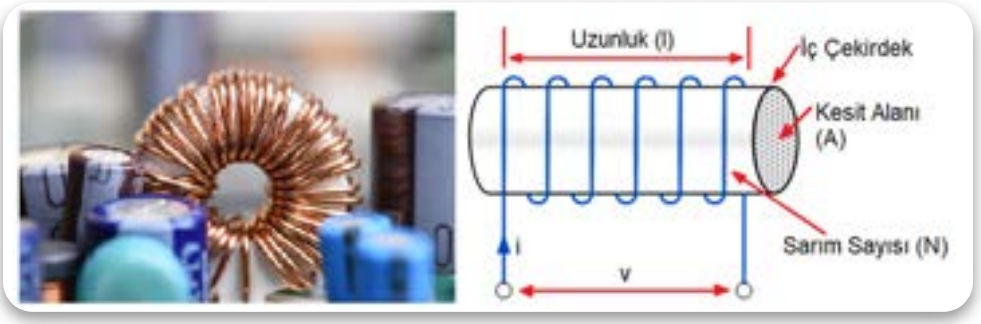
**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Kutupsuz kondansatör değerlerinin okunması | 20 | |
| 3 | Kutupsuz kondansatör değerlerinin ölçülmesi | 20 | |
| 4 | Kutuplu kondansatör değerlerinin okunması | 20 | |
| 5 | Kutuplu kondansatör değerlerinin ölçülmesi | 20 | |
| 6 | Ölçü aletinin doğru kullanılması | 10 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 1.5. BOBİNLER

## 1.5.1. Bobin ve Endüktans

İzoleli iletken tellerin sarmal bir şekilde, yan yana ve üst üste nüve üzerine sarılmasıyla elde edilen devre elemanına **bobin** denir. Bobin tellerinin her bir sarımına **spir** denir (Görsel 1.27).




Görsel1.27: Bobin ve yapısı

Bobine AC akım uygulandığında, akımın yönü sürekli değiştiğinden dolayı bobin etrafında bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan, akıma karşı ek bir direnç gösterdiğinden AC devrelerde bobinin akıma gösterdiği direnç artar. Bobinin AC akımın değişimine karşı gösterdiği zorluğa **endüktans** denir. Endüktansın birimi **Henry'dir (H).** Devrelerde "L" ile gösterilir. DC devrelerde ise bobinin akıma karşı gösterdiği direnç, sadece bobinin üretildiği metalden kaynaklanan omik dirençtir. Görsel 1.28'de farklı tiplerde bobinler görülmektedir.



Görsel 1.28: Farklı yapılarda bobinler

## 1.5.2. Bobinlerde Zıt Elektromotor Kuvveti (EMK)

Bobine AC akım uygulandığında bobin etrafında oluşan farklı yönlerdeki manyetik alanların bobin üzerinde iki farklı etkisi olur. İlk etki, uygulanan AC akımın değerinin sıfırdan maksimum değere doğru artışı sırasındaki bobinin manyetik alanının kendisini oluşturan kuvvete karşı koyup bu akımı azaltmaya çalışmasıdır. İkinci etki ise AC akım değeri maksimum değerden sıfıra doğru azalırken bu kez bobinin manyetik alanının kendisi üzerinde gerilim oluşturarak (indükleyerek) akımın azalışını yavaşlatmaya çalışmasıdır. Bu ikinci etki sırasında bobinin manyetik alanının kendisi üzerinde oluşturduğu gerilime **zıt EMK** denir. Bobinler, zıt EMK ile akımın geçişini geciktirir ve AC özellikli akımların $90^0$ geri kalmasına neden olur.

Bobinler ile kondansatörler arasındaki benzerlik her iki devre elemanının da elektrik enerjisini harcamayan reaktif devre elemanları olmalarıdır. Kondansatörlerin elektrik yüklerini depolayabildikleri gibi bobinler de elektrik enerjisini kısa süreliğine manyetik alan olarak depo eder. Bu iki devre elemanı arasındaki en önemli fark ise yarattıkları faz farklarıdır. Kondansatör devreye bağlıyken gerilimi geri bırakırken bobinler gerilimi ileri kaydırır. Bobin ve kondansatörlerin gerilim ve akım arasında yarattığı faz farkı uygulamalarda farklı şekillerde fayda ve zararlara neden olur.

## 1.5.3. Endüktans Birimleri ve Dönüşümleri

Endüktans değerlerinin ast katları Tablo 1.20'de gösterilmiştir. Üst katlar, endüktans değeri olarak kullanılmaz.

Tablo 1.20: Endüktans Birimleri

| ENDÜKTANS BİRİMLERİ | KISALTMASI | KAT ÇARPANLARI |
|---|---|---|
| Henry | H | 1H |
| Mili Henry | mH | $10^{-3}$ H |
| Mikro Henry | µH | $10^{-6}$ H |

**Örnek:** Aşağıda verilen endüktans birim dönüşümlerini yapınız.

**Çözüm:**

30 mH = ..... H

0,65 mH = ..... µH

80 µH =..... mH

30 mH = 30 . 10-3 H = 0,030 H

0,65 mH = 0,65 . 103 µH = 650 µH

80 µH = 80 . 10-3 mH = 0,080 mH

## 1.5.4. Bobin Çeşitleri

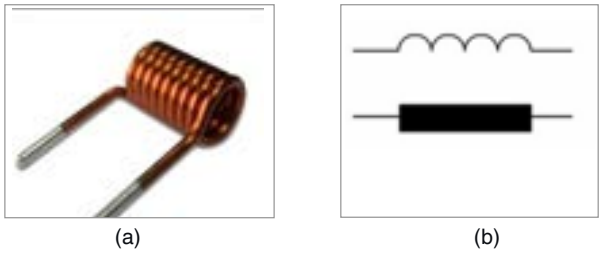
Bobinlerin hava nüveli bobinler, ferit nüveli bobinler, demir nüveli bobinler, SMD bobinler ve ayarlı bobinler olmak üzere çeşitleri mevcuttur. Sabit ve ayarlı olmak üzere iki tip bobin vardır.

### 1.5.4.1. Sabit Bobinler

Hava nüveli, ferit nüveli, demir nüveli, SMD (yüzey montajlı) bobinler olmak üzere dört çeşit sabit bobin bulunmaktadır.

- **Hava Nüveli Bobinler**

Hava nüveli bobinlerde nüve olarak hava kullanılır. Şekli ve sembolü Görsel 1.29'da verilmiştir. Yüksek frekanslı devrelerde, genellikle AM-FM alıcı ve vericilerde, bant geçiren filtre devrelerinde, test cihazlarında kullanılır. Oldukça küçük endüktans değerine sahip üretilir (13 nH-132 nH). Omik dirençleri oldukça küçüktür.

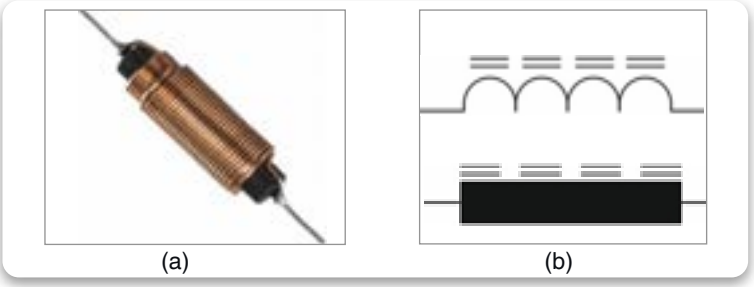


(a) (b)

Görsel 1.29: Hava nüveli bobin şekli ve sembolü

- **Ferit Nüveli Bobinler**

Pirinç, polyester veya demir tozundan yapılmış nüve üzerine sarılır. Bu tip bobinlerin endüktansı genellikle µH seviyelerindedir. Güç bobini olarak kullanılan türlerinin endüktansı, mH seviyesindedir. Yüksek frekanslı devrelerde, radyo alıcı-vericilerinde kullanılır.



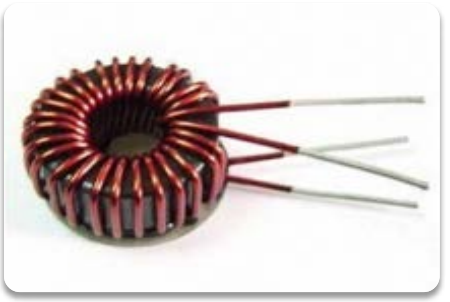

Görsel 1.30: Ferit nüveli bobin ve sembolü

Ferit nüveli bobinlerin içi dolu ve hava oluklu olmasına göre ayrıca iki türü vardır. İçi dolu ferit nüveli bobinler büyük, orta ve küçük ebatlı olarak üretilir. Toleransları %15 ve DC'deki direnç değeri 0,007 Ω-180 Ω arasında değişir. 20 mA ile 4 A arasında çalışacak şekilde üretilir. Anahtarlamalı mod güç kaynaklarında, SCR ve triyak kontrollerinde kullanılır. Endüktansları 1 µH ile 150 mH arasında değişir. Küçük ebatlı ferit nüveli bobinlerin endüktans değeri renk kodu ile okunur. Diğerlerinde harf ve rakam kodlaması vardır. Daha çok düşük güç devrelerinde kullanılır (Görsel 1.30).



Görsel 1.31: Ferit nüveli bobin

İçi oyulmuş silindir şeklindeki ferit nüveli bobinler Görsel 1.31'de gösterilmiştir. Güç kaynaklarında, bataryaları şarj etmede, filtre ve jeneratör devrelerinde kullanılır. 20 mA ile 27 A arasında çalışacak şekilde üretilir. Yüksek güçlü devrelerde kullanılabilir. Ferit nüve polyolefin maddesinden oluşmuştur.



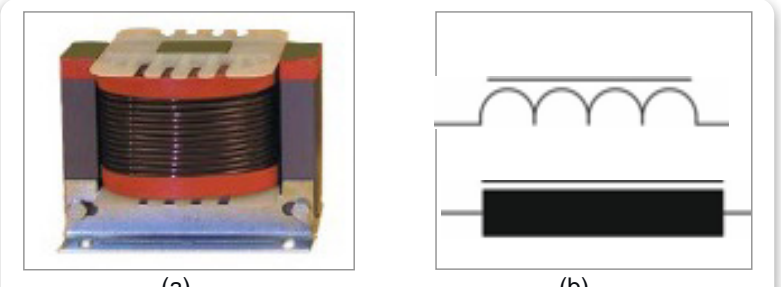
Görsel 1.32: Toroidal nüveli bobin

- **Toroidal Nüveli Bobinler**

Anahtarlamalı tip güç kaynaklarında, radyo frekans devreleri gibi yüksek frekanslı devrelerinde kullanılır. Endüktansları, 1 µH ile 1 H arasında değişebilir. DC dirençleri ortalama 0,074 Ω'dur. 25 W-100 W güce sahiptir (Görsel 1.32).

- **Demir Nüveli Bobinler**

Birer yüzeyleri yalıtılmış ince demir sacların art arda birbirlerine yapıştırılmasıyla elde edilen nüvedir ve bobin bu nüvenin üzerine sarılır. Düşük frekanslarda kullanılır. Bunlara örnek olarak transformatörler verilebilir (Görsel 1.33).




Görsel 1.33: Demir nüveli bobin örneği transformatör ve sembolü

- **SMD Bobinler**

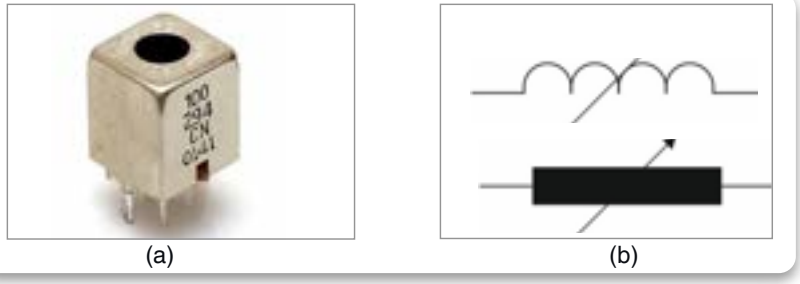
Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş bobinlerdir (Görsel 1.34). Boyutları diğer bobinlere göre çok daha küçüktür. Sayısal sistemlerde sıkça kullanılır. Farklı kılıf modellerinde üretilir. Değeri rakam, harf veya renkler ile üzerine kodlanır.



Görsel 1.34: SMD toroid demir nüveli bobin

### 1.5.4.2. Ayarlı Bobinler

Nüvenin mandren içindeki hareketi ile endüktif dirençleri değişebilen bobinlerdir (Görsel 1.35). Nüve mandren içerisine girdikçe değer artar. Dışarıya çıktıkça değer azalır. Endüktans değeri, bir tornavida yardımıyla nüvenin aşağıya yukarıya hareket ettirilmesi suretiyle değiştirilir. Alıcı ve verici devrelerinde kullanılan muayyen denilen malzemeler bu özelliktedir. Ayarlı bobinler endüktansları yatay ve dikey ayarlanabilir şekilde, dış yüzeyi kılıflı veya kılıfsız olmak üzere ikiye ayrılır. Çoğunlukla dört pinli olmalarına rağmen beş pinli olanları da bulunmaktadır.



(a) (b)

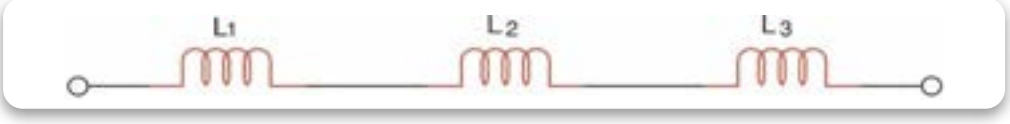
Görsel 1.35: Ayarlı bobin ve sembolü

## 1.5.5. Bobin Bağlantıları

### 1.5.5.1. Bobinlerin Seri Bağlanması

Seri bağlı bobinlerde toplam endüktans değeri, bobinlerin endüktans değerlerinin toplamına eşittir (Şekil 1.26).

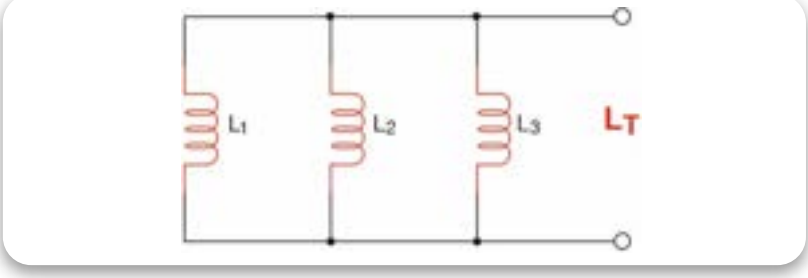
$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$




Şekil 1.26 : Bobinlerin seri bağlanması ve toplam endüktans değerinin hesaplanması

### 1.5.5.2. Bobinlerin Paralel Bağlanması

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$




Şekil 1.27: Bobinlerin paralel bağlanması ve toplam endüktans değerinin hesaplanması

Paralel bağlı bobinlerin eşdeğer endüktansı Şekil 1.27'de olduğu gibi yapılır. Eğer sadece iki bobin birbirine paralel bağlı ise formül şu şekildedir:

$$L_T = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

**Örnek:** Şekil 1.28'de verilen devrenin toplam endüktans değeri nedir?

**Çözüm:**

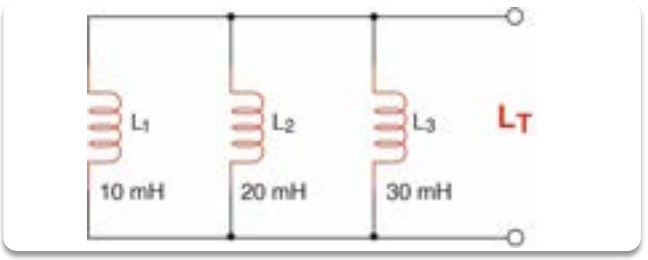



Şekil 1.28: Seri bağlı bobinlerde toplam endüktansın hesaplanması

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 = 10 + 20 + 30 = 60 \text{ mH}$$

**Örnek:** Şekil 1.29'da verilen devrenin toplam endüktans değeri nedir?

**Çözüm:**



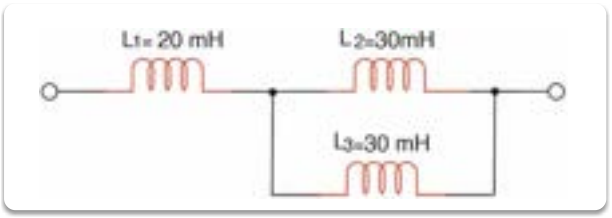

Şekil 1.29: Paralel bağlı bobinlerde toplam endüktansın hesaplanması

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{1} = \frac{6}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60}$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{11}{60} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \Rightarrow L_T = \frac{60}{11} = 5{,}45 \text{ mH bulunur.}$$

**Örnek:** Şekil 1.30'da verilen devrenin toplam endüktans değeri nedir?

**Çözüm:**




Şekil 1.30: Karışık bağlı bobinlerde hesaplama

$$L_T = L_1 + \frac{L_2 \cdot L_3}{L_2 + L_3} = 20 + \frac{30 \cdot 30}{30 + 30} = 20 + 15 = 35 \text{ mH bulunur.}$$

## 1.5.6. Endüktans Ölçme İşlemi

Endüktans değeri ölçme işlemi, LCRmetre veya endüktans ölçme özelliğine sahip multimetreler ile yapılır (Görsel 1.36).

Endüktans ölçme işlemi şu şekilde gerçekleştirilir:

- Ölçülecek olan bobin LCRmetre eleman girişine takılarak ekrandaki değer okunur.




Görsel 1.36: LCRmetre ile endüktans ölçümü

**Amaç:** Farklı değerlerdeki bobinlerin endüktans ölçmelerini yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Değişik değerlerde bobinler | Farklı tip ve değerlerde | 5 adet |
| LCRmetre | Dijital | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamı hazırlanır.
2. LCRmetre bobin ölçme kademesine alınır.
3. Verilen bobinlerin değerleri LCRmetre ile ölçülür.
4. Ölçülen değerler birimleriyle birlikte Tablo 1.21'deki ilgili alana yazılır.

Tablo 1.21: Bobin Değerlerinin Ölçülmesi

| BOBİNLER | ÖLÇÜLEN ENDÜKTANS DEĞERLERİ |
|---|---|
| Bobin 1 | |
| Bobin 2 | |
| Bobin 3 | |
| Bobin 4 | |
| Bobin 5 | |

**Sorular**

1. Bobin nedir?
2. Bobin sembolünü çiziniz.
3. Endüktans nedir?
4. Endüktans birimini yazınız.
5. Bobin çeşitleri nelerdir?
6. LCRmetre ile endüktans değeri nasıl ölçülür?

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Hesaplamaların yapılması | 10 | |
| 3 | Devrelerin doğru kuruması | 30 | |
| 4 | Ölçmelerin yapılması | 30 | |
| 5 | Ölçme tablosunun doldurulması | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

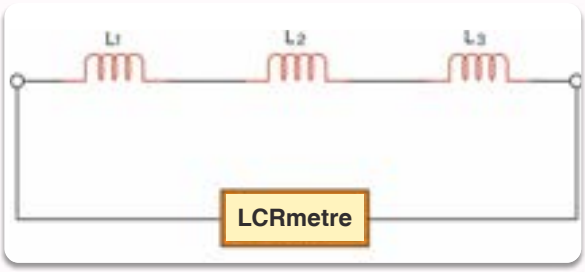
**Amaç:** Bobinlerin seri ve paralel bağlantılarının endüktansı üzerindeki etkilerini öğrenmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

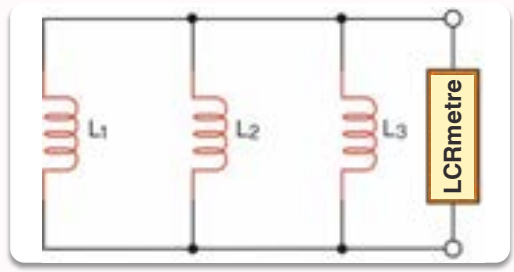
| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Değişik değerlerde bobinler | Farklı tip ve değerlerde | 3 adet |
| LCRmetre | Dijital | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Kalem üzerine üç adet farklı sarım sayılarında bobin oluşturunuz.
3. LCRmetre ile bobinlerin endüktansını ölçünüz ve Tablo 1.22'ye yazınız.
4. Endüktans değerlerini, seri (Şekil 1.31) ve paralel (Şekil 1.32) devreler için hesaplayınız ve Tablo 1.22'ye yazınız.
5. Aşağıda verilen seri uygulama devresini board üzerine kurunuz ve LCRmetre ile ölçtüğünüz değeri Tablo 1.22'ye yazınız.
6. Aşağıda verilen paralel uygulama devresini board üzerine kurunuz ve LCRmetre ile ölçtüğünüz değeri Tablo 1.22'ye yazınız.
7. Hesaplama ve ölçüm sonuçlarını ve endüktans değerindeki değişimi karşılaştırınız.




Şekil 1.31: Seri uygulama devresi




Şekil 1.32: Paralel uygulama devresi

Tablo 1.22: Seri ve Paralel Bobin Devrelerinde Hesaplama ve Ölçme Değerleri

| BOBİNLER | ÖLÇÜLEN DEĞERLER | SERİ BAĞLANTI | | PARALEL BAĞLANTI | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Hesaplanan Değer $L_T$ | Ölçülen Değer $L_T$ | Hesaplanan Değer $L_T$ | Ölçülen Değer $L_T$ |
| 1. Bobin | | | | | |
| 2. Bobin | | | | | |
| 3. Bobin | | | | | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | **10** | |
| 2 | Hesaplamaların yapılması | **10** | |
| 3 | Devrelerin doğru kuruması | **30** | |
| 4 | Ölçmelerin yapılması | **30** | |
| 5 | Ölçme tablosunun doldurulması | **20** | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

# 1.6. REZONANS DEVRELERİ

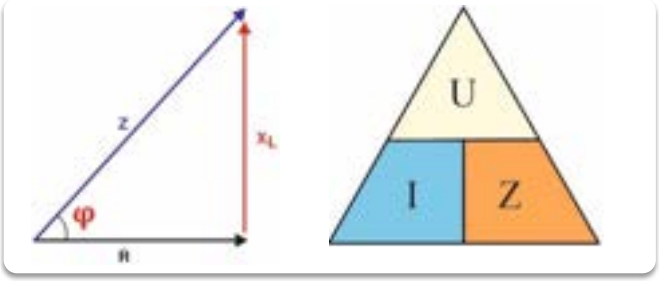
## 1.6.1. Alternatif Akımda Seri, Paralel ve Karışık Devre Hesapları

Pasif devre elemanları alternatif akıma karşı farklı davranışlar sergiler. Sahip oldukları farklılıklara devre hesaplamalarında dikkat edilmelidir. Bobin, kondansatör ve dirence aynı devre üzerinde alternatif akım uygulandığında ortaya çıkan akım, gerilim ve endüktans değerleri vektöreldir. Bu değerler vektörel olarak hesaplanmalıdır.

## 1.6.2. Empedans ve Admitans İlişkisi

Bobin, kondansatör ve direnç gibi elemanların alternatif akıma karşı gösterdiği eşdeğer dirence **empedans** denir. Empedans sembolü "Z" harfi ile gösterilir. Birimi **ohm (Ω)**'dur.

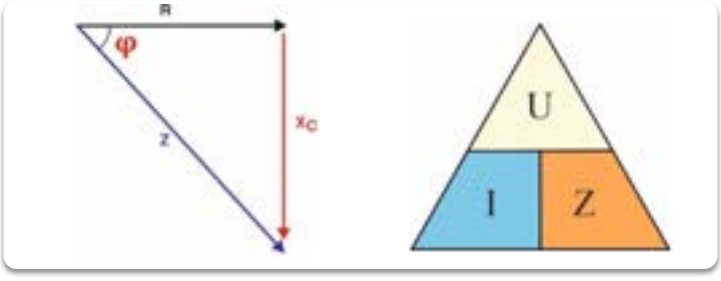
Elektrik akımına karşı gösterilen kolaylık **admitans** olarak adlandırılır ve "Y" ile gösterilir. Birimi **Siemens'dir (S)**. Empedans ve admitans zıt kavramlardır.




Şekil 1.33: Bobinli devrelerde empedans hesabı ve vektörel gösterimi

Devrede direnç yanında kondansatör veya bobin olduğunda mutlaka devrenin eşdeğer direnci yani empedansı bulunmalıdır. Bulunan bu değer R gibi düşünülerek Ohm kanunu devreye kolaylıkla uygulanır ve akım-gerilim değerleri bulunur.

Şekil 1.33'te bobinli devrelerde empedans hesaplaması, Şekil 1.34'te ise kondansatörlü devrelerde empedans hesaplaması için kullanılan vektörel gösterimler ve formüller görülmektedir.




Şekil 1.34: Kondansatörlü devrelerde empedans hesabı ve vektörel gösterimi

$$Z = \frac{U}{I} \text{ veya } Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

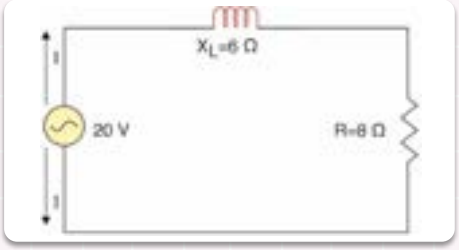
## 1.6.3. Seri R-L Devreleri ve Özellikleri

Alternatif gerilim kaynağına seri bağlı direnç ve bobinden oluşan devrelere **seri R-L devresi** denir.

**Seri R-L devresinin özellikleri şunlardır:**

- Birbirine seri bağlı direnç ve bobin, alternatif gerilim kaynağına bağlanırsa devre endüktif özellik gösterir.
- Toplam gerilim, direnç ve bobin gerilimlerinin vektörel toplamına eşittir.
- Direnç akımı ve gerilimi arasında faz farkı yoktur.
- Bobin akımı, bobin gerilimini 90 derece geriden takip eder.
- Direnç vektörü grafiklerde her zaman yatay eksende pozitif, endüktif reaktans dikey eksende pozitif yönlü konumlandırılır.

**Örnek:** Şekil 1.35'te görülen devrenin empedans değerini hesaplayınız ve grafiğini çiziniz (Şekil 1.36).



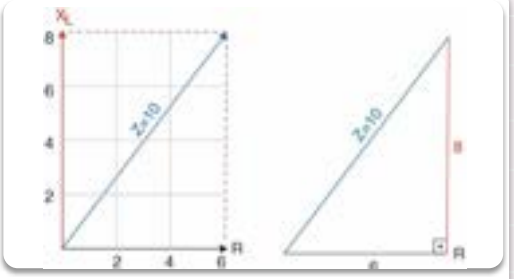

Şekil 1.35: Seri R-L devresi

**Çözüm:**

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6_L^2} = \sqrt{64 + 36}$

$= \sqrt{100} =$ **10 Ω olarak hesaplanır.**

$Z = \frac{U}{I} = \frac{20}{10} =$ **2 Amper bulunur.**



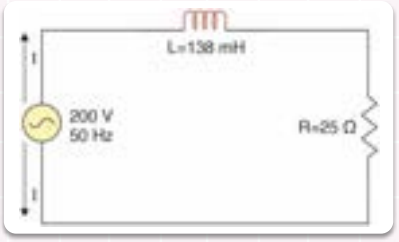

Şekil 1.36: Seri R-L devresi empedans grafiği

**Örnek:** Şekil 1.37'de görülen devrenin

Empedansını Z = ?

Devre Akımını I = ?

Elemanlar üzerine düşen gerilimleri UR = ? UL = ? hesaplayınız ve grafiğini çiziniz (Şekil 1.38).




Şekil 1.37:Seri R-L devresi

**Çözüm:**

$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 138 \cdot 10^{-3} =$ **43,3 Ω**

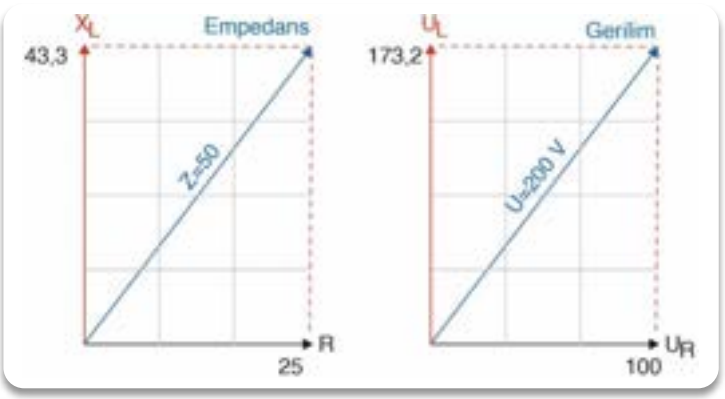
$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{25^2 + 43{,}3^2} = \sqrt{2500} =$ **50 Ω olarak hesaplanır.**

$I = \frac{U}{I} = \frac{200}{50} =$ **4 Amper bulunur.**

$U_R = I \cdot R = I \cdot R = 4 \cdot 25 =$ **100 V olarak bulunur.**

$U_L = I \cdot X_L = 4 \cdot 43{,}3 =$ **173,2 V bulunur.**

$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = \sqrt{100^2 + 173{,}2^2} = \sqrt{39 \cdot 998} =$ **200 V bulunur.**




Şekil 1.38: Devrenin empedans ve gerilim grafiği

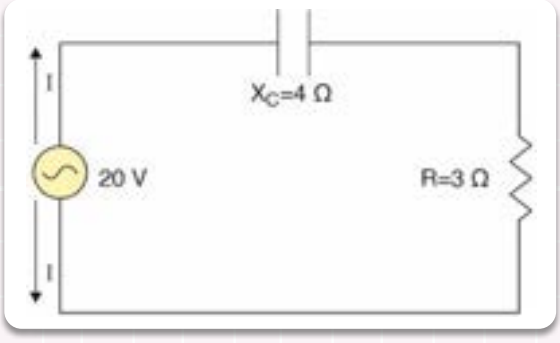
## 1.6.4. Seri R-C Devreleri ve Özellikleri

Alternatif gerilim kaynağına seri bağlı hâlde bulunan direnç ve kondansatörden oluşan devrelere **seri R-C devresi** denir.

Seri R-C devresinin özellikleri şunlardır:

- Birbirine seri bağlı direnç ve kondansatör, alternatif gerilim kaynağına bağlanırsa devre kapasitif özellik gösterir.
- Toplam gerilim, direnç ve kapasitör gerilimlerinin vektörel toplamına eşittir.
- Direnç akımı ve gerilimi arasında faz farkı yoktur.
- Kapasitör gerilimi, kapasitör akımını 90 derece geriden takip eder.

**Örnek:** Şekil 1.39'da görülen devrenin empedans değerini hesaplayınız ve grafiğini çiziniz.



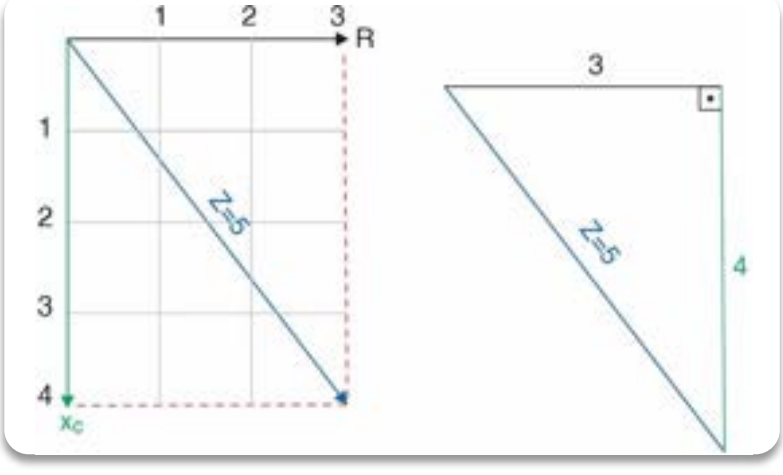

Şekil 1.39: Seri R-C devresi

**Çözüm:**

Akım değeri belli olmadığı için $Z = \frac{U}{I}$ yerine $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ formülü kullanılır.

$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5\ \Omega$ olarak hesaplanır.

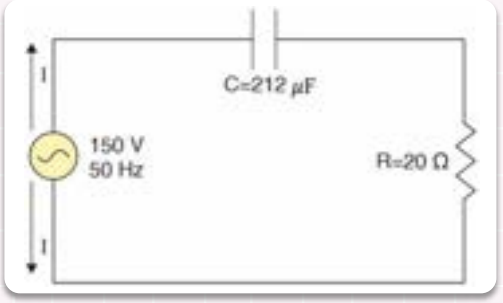
Devre akımı $I = \frac{U}{Z} = \frac{20}{5} =$ **4 Amper bulunur.**




Şekil 1.40: R-C Devresi empedans grafiği

Şekil 1.40'ta devrenin empedans grafiği görülmektedir. Direnç vektörü grafiklerde her zaman yatay eksende pozitif, kapasitif reaktans dikey eksende negatif yönlü konumlandırılır.

**Örnek:** Şekil 1.41'de görülen devrenin
$X_C = ?$ $Z = ?$ $I = ?$ $U_R = ?$ $U_C = ?$ değerlerini hesaplayınız ve grafiğini çiziniz (Şekil 1.42).




Şekil 1.41: Seri R-C devresi

**Çözüm:**

Kapasitif Reaktans $X_c = \frac{1}{2.\pi.f.C} = \frac{1}{2\ .3{,}14\ .50\ .\ 212\ .10^{-6}}$ = **15 Ω olarak bulunur.**

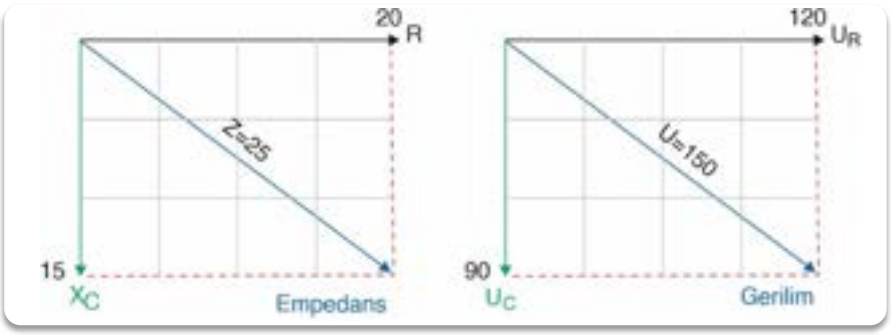
Devrenin Empedansı $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = \sqrt{400 + 225} = \sqrt{625} = 25\ \Omega$ olarak hesaplanır.

Devre akımı $I = \frac{U}{Z} = \frac{150}{25}$ = **6 Amper bulunur.**

$U_R = I\ .\ R = 6\ .\ 20$ = **120 V bulunur.**

$U_C = I\ .\ X_C = 6\ .\ 15$ = **90 V olarak bulunur.**

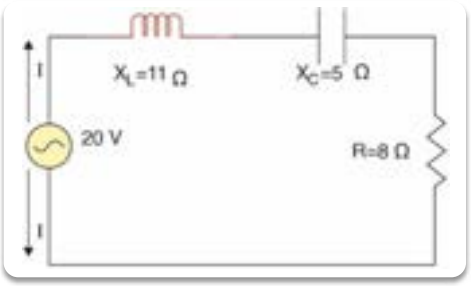
$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{120^2 + 90^2} = \sqrt{14400 + 8100} = \sqrt{22500}$ = **150 V olarak bulunur.**




Şekil 1.42: R-C devresi empedans ve gerilim grafiği

## 1.6.5. Seri R-L-C Devreler ve Özellikleri

RLC devreleri hem endüktif ($X_L$) hem de kapasitif ($X_C$) reaktansa sahiptir. $X_L$ ve $X_C$ değerleri vektörel gösterimde birbirine zıt yönlerde olduğundan devre büyük olan reaktansın özelliğini gösterir.




Şekil 1.43: Seri R-L-C devresi

$X_L > X_C$ Devre **endüktif** özellik gösterir.
$X_C > X_L$ Devre **kapasitif** özellik gösterir.

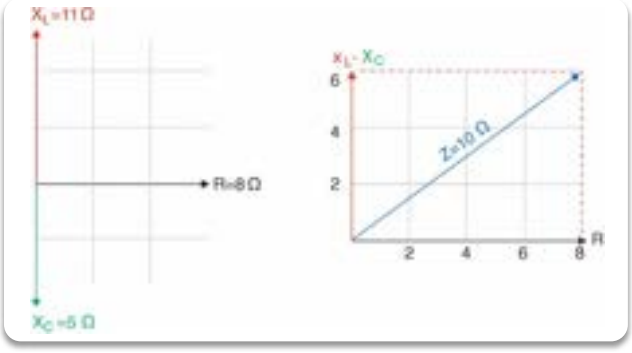
Şekil1.43'te görülen devrede $X_L > X_C$ olduğundan devre endüktif değer gösterir.

Alternatif gerilim kaynaklı seri bağlı devrelerde direnç değerleri ve gerilimler vektörel büyüklüktür. Gerilimlerin vektörel toplamı kaynak gerilimine eşittir. Bobin, kondansatör ve direnç üzerine düşen gerilimler aritmetik olarak toplandığında kaynak geriliminden yüksek bir değer elde edilir.

$X_L$ ve $X_C$ değerleri Şekil 1.44'teki grafikte vektörler üzerinde gösterilmiştir. $X_L > X_C$ olduğundan devre endüktif özellik gösterir. $X_L - X_C = 11 - 5 = 6\ \Omega$ elde edilir. Elde edilen değerler aşağıdaki şekilde formüle yerleştirilerek

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(8^2 + 6^2)} = \sqrt{64 + 36} = \sqrt{100} = 10\ \Omega \text{ olarak bulunur.}$$

Seri devrelerde devre elemanları üzerinden aynı akım geçer. Ohm kanunu formülü kullanılarak akım değeri ve elemanlar üzerinde düşen gerilimler aşağıdaki gibi hesaplanır.




Şekil 1.44: Seri R-L-C devresi empedans grafiği

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{20}{20} = \textbf{2 A olarak bulunur.}$$

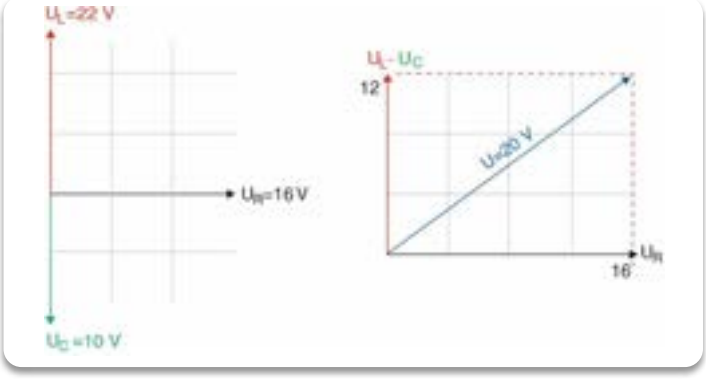
$$U_R = I \cdot R = 2 \cdot 8 = \textbf{16 V}$$

$$U_L = I \cdot X_L = 2 \cdot 11 = \textbf{22 V}$$

$$U_C = I \cdot X_C = 2 \cdot 5 = \textbf{10 V olarak bulunur.}$$

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{16^2 + (22 - 10)^2} = \sqrt{256 + 144} = \sqrt{400} = \textbf{20 V bulunur.}$$

Alternatif akım devrelerinde $U_L$ ve $U_C$ zıt vektör kuvvetleri olduğundan $U_L - U_C = 22 - 10 = 12$ Volt değeri elde edilir (Şekil 1.45).

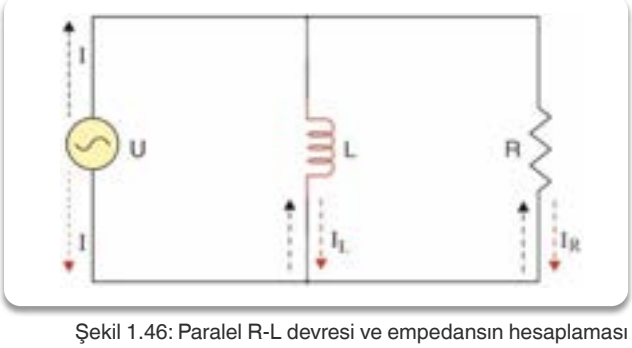



Şekil 1.45: Seri R-L-C devresi gerilim grafiği

## 1.6.6. Alternatif Akımda R-L Paralel Devreler ve Özellikleri

1. Direnç ve bobin elemanları gerilim kaynağı ile paralel bağlanır (Şekil 1.46).
2. Direnç ve bobin elemanları üzerinde aynı genlikte ve fazda kaynak gerilimi olur.
3. Bobin akımı, toplam devre akımından 90 derece geri fazdadır.

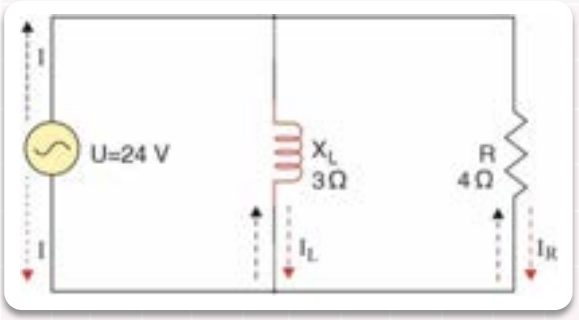
Öncelikle bobinin endüktif reaktansı ($X_L$) hesaplanır. Bu durumda $X_L$ ve R birbirine paralel bağlı iki direnç gibi olur. Dirençlerin çarpımının dirençlerin toplamına bölümü ile empedans bulunur. $X_L$ ve R vektörel büyüklük olduğundan toplama işlemi $\sqrt{R^2 + X_L^2}$ şeklinde yapılır.




Şekil 1.46: Paralel R-L devresi ve empedansın hesaplaması

.

**Örnek:** Şekil 1.47'de görülen devrenin empedans değerini hesaplayınız ve grafiğini çiziniz.




Şekil 1.47: Paralel R-L devresi

**Çözüm:**

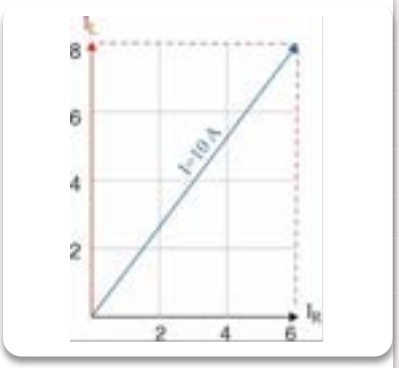
$$Z = \frac{U}{I} \text{ veya } Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = \frac{4 \cdot 3}{\sqrt{16 + 9}} = \frac{12}{5} = \mathbf{4\ \Omega}$$

Ohm kanunu uygulanarak

$$I_L = \frac{U}{X_L} = \frac{24}{3} = \mathbf{8\ A} \qquad I_R = \frac{U}{R} = \frac{24}{4} = \mathbf{6\ A\ bulunur.}$$

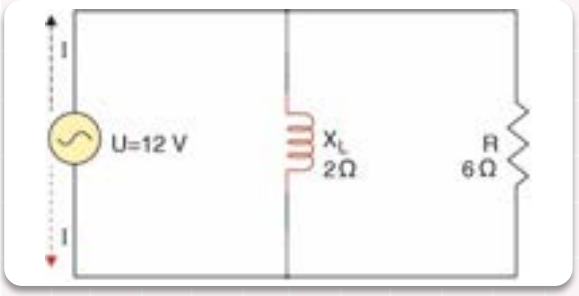
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \mathbf{10\ A\ bulunur.}$$




Şekil 1.48: Paralel R-L devresi akım grafiği

Alternatif akım devrelerinde devre akımı, paralel kollardaki akımların vektörel toplamına eşittir. Şekil 1.48'de grafik yardımıyla devre akımının hesaplanması görülmektedir.

**Örnek:** Şekil 1.49'da görülen devrenin empedans değerini hesaplayınız ve grafiğini çiziniz.




Şekil 1.49: Paralel R-L devresi

**Çözüm:**

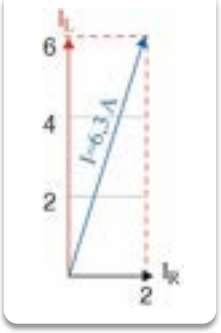
$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{6^2 + 2^2}} = \frac{6 \cdot 2}{\sqrt{36 + 4}} = \frac{12}{6{,}32} = \mathbf{1{,}89\ \Omega}$$

Ohm kanununa göre

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{12}{1{,}89} = \mathbf{6{,}3\ A} \qquad L = \frac{U}{X_L} = \frac{12}{2} = \mathbf{6\ A} \qquad R = \frac{U}{R} = \frac{12}{6} = \mathbf{2\ A\ bulunur.}$$

$$I = \sqrt{I_L^2 + I_R^2} = \sqrt{6^2 + 2^2} = \sqrt{40} = \mathbf{6{,}3\ A\ bulunur.}$$

Şekil 1.50'de Ohm kanunu kullanılarak bulunan akım değeri ile vektörel toplam sonucu elde edilen akım değerinin aynı olduğu görülmektedir.




Şekil 1.50: Paralel R-L devresi akım grafiği

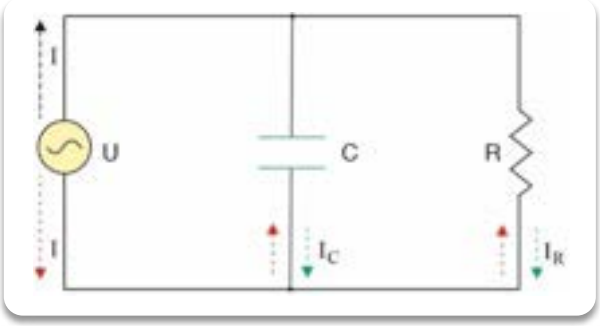
## 1.6.7. Alternatif Akımda R-C Paralel Devreler ve Özellikleri

1. Direnç ve kondansatör elemanları gerilim kaynağı ile paralel bağlanır (Şekil 1.51).
2. Direnç ve kondansatör elemanları üzerinde aynı genlikte ve fazda kaynak gerilimi olur.
3. Kondansatör akımı, toplam devre akımından 90 derece ileri fazdadır.

Öncelikle kondansatörün kapasitif reaktansı ($X_C$) hesaplanır. Bu durumda $X_C$ ve R birbirine paralel bağlı iki direnç gibi olur. Dirençlerin çarpımının dirençlerin toplamına bölümü ile empedans bulunur. $X_C$ ve R vektörel büyüklük olduğundan toplama işlemi

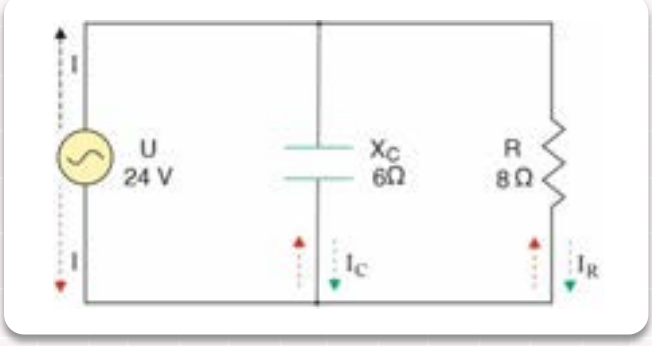
$\sqrt{R^2 + X_C^2}$ şeklinde yapılır.

$$Z = \frac{U}{I} \text{ veya } Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$



Şekil 1.51: Paralel R-C devresi ve empedansının hesaplaması

**Örnek:** Şekil 1.52'de görülen devrenin empedans değerini ve kol akımlarını hesaplayınız ve grafiğini çiziniz.



Şekil 1.52: Paralel R-C devresi

**Çözüm:**

$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = \frac{8 \cdot 6}{\sqrt{64 + 36}} = \frac{48}{10} = \textbf{4,8 Ω bulunur.}$$

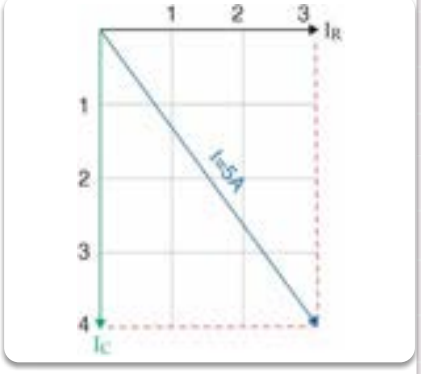
Ohm Kanununa göre

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{24}{4,8} = \textbf{5 A}$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{24}{6} = \textbf{4 A}$$

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{24}{8} = \textbf{3 A bulunur.}$$

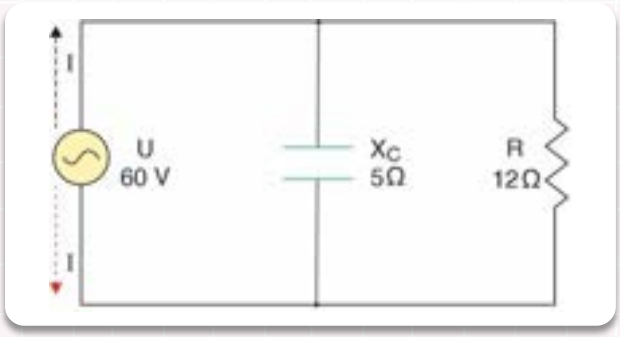
$$\sqrt{I_C^2 + I_R^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = \textbf{5 A bulunur.}$$



Şekil 1.53: Paralel R-C devresinin vektörel akım değerleri

Şekil 1.53'te Ohm kanunu kullanılarak bulunan akım değeri ile vektörel toplam sonucu elde edilen akım değerinin aynı olduğu görülmektedir.

**Örnek:** Şekil 1.54'te görülen devrenin empedans değerini hesaplayınız ve grafiğini çiziniz (Şekil 1.55).




Şekil 1.54: Paralel R-C devresi

**Çözüm:**

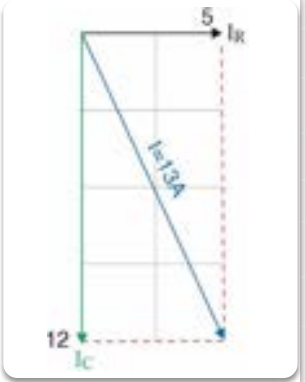
$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{12 \cdot 5}{\sqrt{12^2 + 5^2}} = \frac{60}{13} = \textbf{4,61 Ω bulunur.}$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{60}{4,61} = \textbf{13 A}$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{60}{5} = \textbf{12 A}$$

$$I_R = \frac{U}{R} = \frac{60}{12} = \textbf{5 A bulunur.}$$

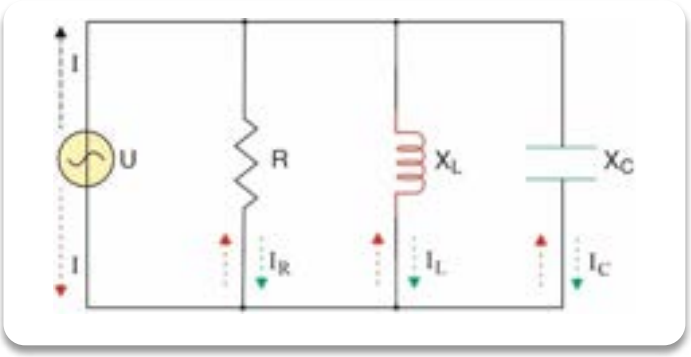
$$I = \sqrt{I_C^2 + I_R^2} = \sqrt{12^2 + 5^2} = \sqrt{169} = \textbf{13 A bulunur.}$$




Şekil 1.55: Paralel R-C devresi akım grafiği

## 1.6.8. Alternatif Akımda R-L-C Paralel Devreler ve Özellikleri

1. Direnç kondansatör ve bobin elemanları gerilim kaynağı ile paralel bağlanır (Şekil 1.56).
2. Direnç akımı, devre gerilimi ile aynı fazdadır.
3. Bobin akımı, devre geriliminden 90° geridedir.
4. Kondansatör gerilimi, devre akımından 90° geridedir.




Şekil 1.56: Paralel R-L-C devresi

Paralel kollarda her bir devre elemanı üzerine düşen gerilim eşittir. Ohm kanununa göre devre elemanları üzerinden geçen kol akımları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I_R = \frac{U}{R} \qquad I_L = \frac{U}{X_L} \qquad I_C = \frac{U}{X_C}$$

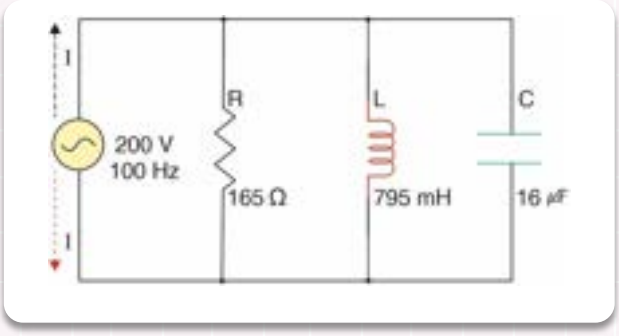
Devrenin kapasitif ya da endüktif olma durumuna göre aşağıdaki formül ile devre akımı hesaplanır.

Kapasitif devredeki akım formülü: $I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$

Endüktif devredeki akım formülü: $I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$

Devrenin toplam endüktansı: $Z = \frac{U}{I}$ formülü ile hesaplanır.

**Örnek:** Şekil 1.57'deki paralel R-L-C devresinin empedans ve akım değerlerini hesaplayınız.




Şekil 1.57: Paralel R-L-C devresi

Çözüm:

$X_L = 2 . \pi . f . L = 2 . 3{,}14 . 795 . 10^{-3} =$ **500 Ω**

$X_C = \frac{1}{2 . \pi . f . C} = \frac{1}{2 . 3{,}14 . 100 . 16 . 10^{(-6)}} =$ **100 Ω**

$I_R = \frac{U}{R} = \frac{200}{165} =$ **1,2 A**

$I_L = \frac{U}{X} = \frac{200}{500} =$ **0,4 A**

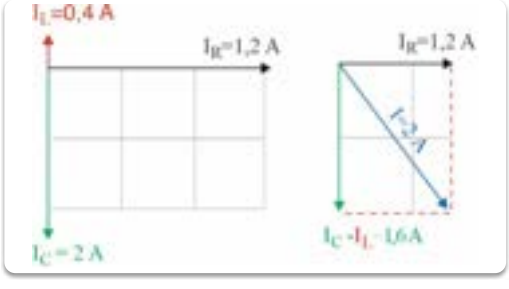
$I_C = \frac{U}{X_C} = \frac{200}{100} =$ **2 A bulunur.**

Devrede akımı akımından büyük olduğu için devre kapasitif özellik gösterir. Elde edilecek akım formülü şu şekildedir:

$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{1{,}2^2 + (2 - 0{,}4)^2} = \sqrt{4} =$ **2 A**

$Z = \frac{U}{R} = \frac{200}{2} =$ **100 Ω**

Şekil 1.58'de vektörel toplam sonucu elde edilen akım değerinin Ohm kanunu kullanılarak bulunan akım değeri ile aynı olduğu görülmektedir.

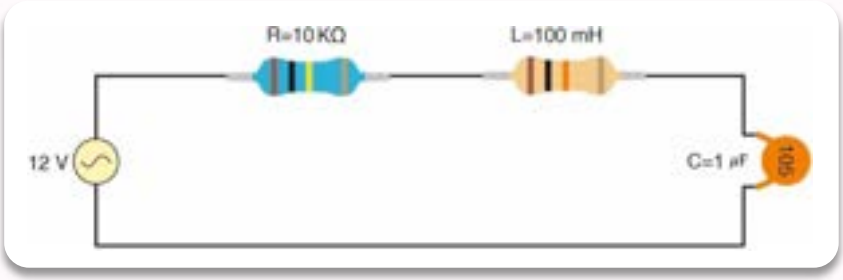



Şekil 1.58: Paralel R-L-C devresi empedans grafiği

**Amaç:** Alternatif akım uygulanan seri R-L-C devresinde empedans, akım, gerilim değerlerini hesaplama ve ölçme yoluyla ayrı ayrı bularak yorumlayabilmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| AC Kaynak | 12 V Çıkışlı AC Kaynak veya 12 V Trafo | 1 adet |
| Multimetre | Dijital | 1 Adet |
| Kondansatör | 1 | 1 adet |
| Bobin | 10 mH | 1 adet |
| Direnç | 100 K | 1 adet |




Şekil 1.59: Seri R-L-C uygulama devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Uygulama devresi için Z, I, UR, UL, UC değerlerini hesaplayarak Tablo 1.23'e kaydediniz.
3. Şekil 1.59'daki uygulama devresini board üzerine kurunuz. Akım, gerilim değerlerini ölçerek Tablo 1.23'e yazınız.
4. Hesaplama ve ölçüm sonuçlarını yorumlayınız.

Tablo 1.23: Hesaplama ve Ölçüm Değerleri

| Bobinler | Empedans (Z) | Akım (I) | $U_R$ | $U_L$ | $U_C$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Hesaplanan Değer | | | | | |
| Ölçülen Değer | | | | | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Hesaplamaların yapılması | 10 | |
| 3 | Devrenin doğru kurulması | 30 | |
| 4 | Ölçmelerin yapılması | 30 | |
| 5 | Ölçme tablosunun doldurulması | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

## 1.7. ALTERNATİF AKIMDA GÜÇ HESAPLARI



Görsel 1.37: Kosinüsfimetre grafiği

Alternatif akım devrelerinde endüktif ve kapasitif değerlerden dolayı aktif, reaktif ve görünür güç kavramları oluşmuştur. Alternatif akım ile gerilim arasındaki açıya **güç katsayısı** denir. Bir sistemdeki güç katsayısı değerini gösteren cihazlara **kosinüsfimetre** denir (Görsel 1.37). Faz sekline göre bir fazlı ve üç fazlı olarak iki çeşit imal edilir. Analog ve dijital modelleri mevcuttur.

### 1.7.1. Dirençli Devrelerde Aktif Güç Hesabı

Sadece dirençten oluşan devrelerde endüktif ya da kapasitif özellik oluşmayacağından fazlar arası ya da gerilim-akım arası açı oluşmaz. Vektörel gösterimde sadece yatay eksende direnç kuvveti görülür.

Alternatif akım devrelerinde işe dönüşen güce **aktif güç** denir. Direnç üzerinde harcanan güç olarak tanımlanır· "P" harfi ile gösterilir· Birimi Watt, gösterimi "W"dir.

**Örnek:** Şekil 1.60'ta görülen devre için akım ve güç değerlerini hesaplayınız.

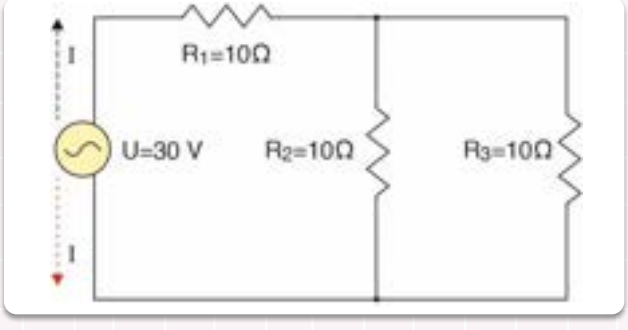


Şekil 1.60: AC'de seri direnç devresi

**Çözüm:**

$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{3} =$ **4 Amper** $\qquad P = U \cdot I = 12 \cdot 4 =$ **48 Watt bulunur.**

**Örnek:** Şekil 1.61'de görülen devre için akım ve güç değerlerini hesaplayınız.



Şekil 1.61: AC'de seri direnç devresi

**Çözüm:**

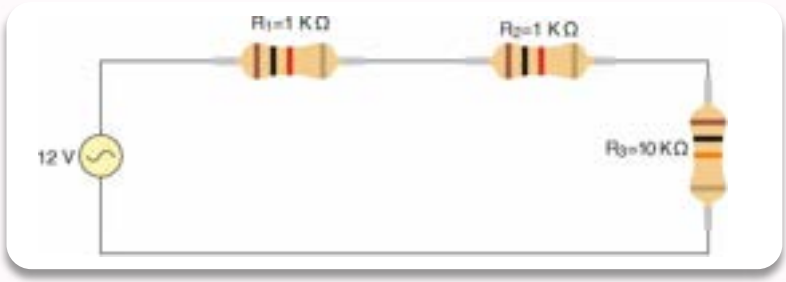
$R_T = R1 + Rp = 5 + \frac{10 \times 10}{10+10} = 5 + 5 =$ **10 Ω** $\qquad I = \frac{U}{R} = \frac{20}{10} =$ **2 Amper**

$P = U \cdot I = 20 \cdot 2 =$ **40 Watt bulunur.**

**Amaç:** Alternatif akım uygulanan dirençli devrelerde akım-gerilim ve güç değerlerini hesaplayabilmek ve ölçerek yorumlayabilmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| AC Kaynak | 12 V Çıkışlı AC Kaynak veya 12 V Trafo | 1 adet |
| Multimetre | Dijital | 1 adet |
| Direnç | 1 K | 1 adet |




Şekil 1.62: Alternatif akımda dirençli uygulama devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Şekil 1.62'de görülen devrenin board üzerine kurulumunu gerçekleştiriniz.
3. AC güç kaynağınızı 12 Volta ayarlayarak devreye bağlayınız.
4. Devre akımı (I) ve $U_{R1,}$ $U_{R2,}$ $U_{R3}$ gerilim değerlerini hesaplayarak Tablo 1.24'e kaydediniz.
5. Devreden geçen akımı (I) ve $U_{R1,}$ $U_{R2,}$ $U_{R3}$ gerilimlerini ölçerek Tablo 1.24'te ilgili alana yazınız.
6. R3 direnci üzerinde harcanan gücü hesaplayarak Tablo 1.24'te ilgili yere yazınız.
7. Çalışmayı bitirdikten sonra güç kaynağının enerjisini kesiniz ve cihazları yerine yerleştiriniz.

Tablo 1.24: Hesaplama ve Ölçme Sonuçları

| | $U_{R1}$ (V) | $U_{R1}$ (V) | $U_{R1}$ (V) | I (A) | ($R_3$ gücü) $P_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Hesaplanan Değer | | | | | |
| Ölçülen Değer | | | | | |

**Uygulama Değerlendirme**

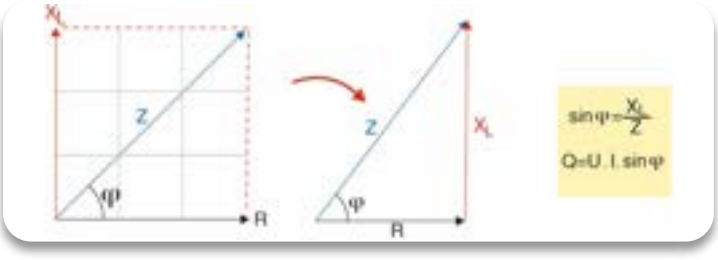
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Hesaplamaların yapılması | 10 | |
| 3 | Devrenin doğru kurulması | 30 | |
| 4 | Ölçmelerin yapılması | 30 | |
| 5 | Ölçme tablosunun doldurulması | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

## 1.7.2. Bobinli Devrelerde Reaktif Güç Hesabı

Bobin endüktif, reaktans ve omik olmak üzere iki dirence sahiptir. Endüktif reaktans alternatif akımın frekansı ile doğru orantılı olarak değişen akıma karşı koyma etkisi, omik direnç ise bobin telinden kaynaklı olan dirençtir. Bobinin iki direnci endüktif reaktif güç hesaplamasında akım gerilim arasındaki faz farkını belirler.

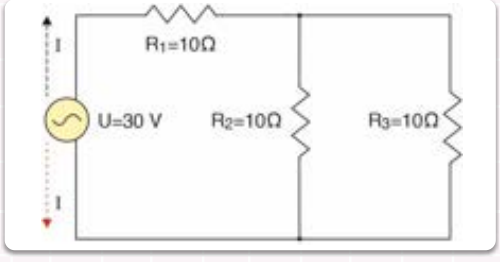
Endüktif ve kapasitif devre elemanları enerji depolayabilme özelliğine sahiptir ve depolanan bu enerji daha sonra kaynağa tekrar aktarılır. AC devrelerde enerji kaynağına geri aktarılan güce **reaktif güç** denir. "Q" harfi ile gösterilir (Şekil 1.63). Birimi **Volt-Amper-Reaktif "VAR"**dır.

Reaktif güç, işe dönüşmeyen güçtür. Bu yüzden kör güç de denir. Ancak bobinli cihazlarda manyetik alanın oluşabilmesi için reaktif güç gereklidir. Asenkron makineler, transformatörler, redresörler, kaynak makineleri endüktif güç harcayan makinelerdir.




Şekil 1.63: Bobinli devrede empedans grafiği

**Örnek:** Şekil 1.64'te görülen devre için reaktif gücü hesaplayınız.




Şekil 1.64: R-L devresi

**Çözüm:**

İlk olarak devrede $X_L$ değeri bulunur.

$X_L = 2 . \pi . f . L = 2 . 3,14 . 100 . 20 . 10^{-3} =$ **12,56 Ω**

Devrenin empedansı

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{15^2 + 12,56^2} = \sqrt{382,75} =$ **19,55 Ω** olarak hesaplanır.

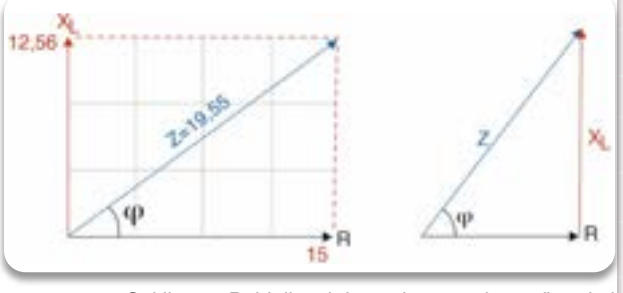
Devre akımı

$I = \frac{U}{Z} = \frac{50}{19,55} =$ **2,55 Amper**

Devrenin reaktif gücünü hesaplayabilmek için sadece sinφ değerini bulmak gerekir. Şekil 1.65'te görülen dik üçgen üzerinden

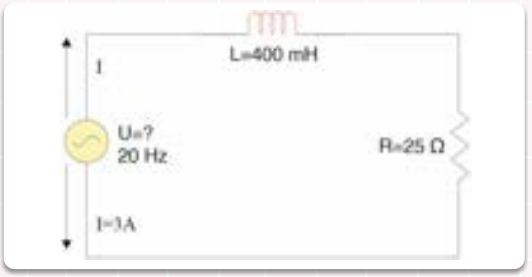
$\sin\phi = \frac{X_L}{Z} = \frac{12,56}{19,55} = 0,642$ değeri elde edilir.

$Q = U . I \sin = 50 . 2,55 . 0,642 =$ **81,85 VAR**




Şekil 1.65: Bobinli seri devrenin empedans gösterimi

**Örnek:** Şekil 1.66'da verilen devre için reaktif gücü hesaplayınız.



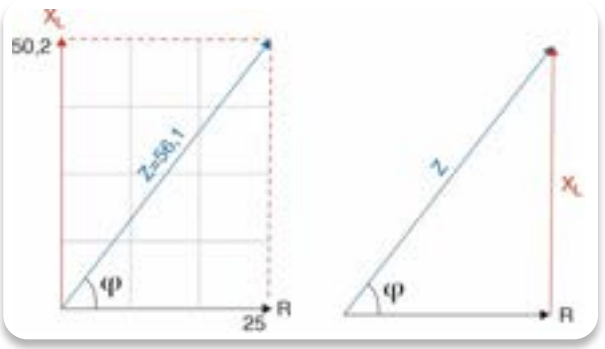

Şekil 1.66: R-L devresi

Çözüm:

$X_L = 2 . \pi . f . L = 2 . 3,14 . 100 . 20 . 400 . 10^{-3} =$ **50,2 Ω**

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{25^2 + 50,24^2} = \sqrt{3149} =$ **56,1 Ω olarak hesaplanır.**

$U = I . Z = 3 . 56,1 \qquad U = 168,3\ V$




Şekil 1.67: Bobinli seri devrenin empedans gösterimi

Devrenin reaktif gücünü hesaplayabilmek için sinφ değerini bulmak gerekir. Şekil 1.67'de görülen dik üçgen üzerinden

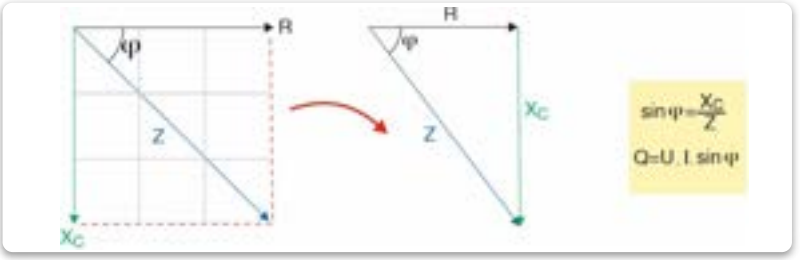
$\sin\phi = \frac{X_L}{Z} = \frac{50,2}{56,1} =$ **0,895** değeri elde edilir.

$Q = U . I \sin\phi = 168,3 . 3 . 0,895 =$ **451,88 VAR** bulunur.

## 1.7.3. Kondansatörlü Devrelerde Reaktif Güç Hesabı

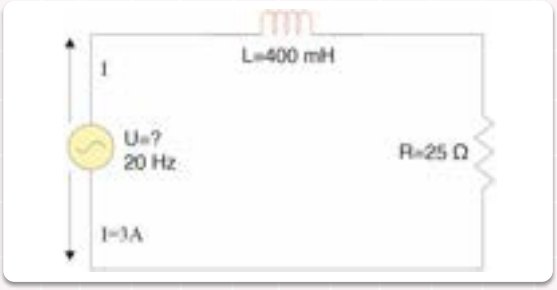
Kondansatör kapasitif, reaktans ve omik olmak üzere iki dirence sahiptir. Kapasitif reaktans alternatif akımın frekansı ile ters orantılı olarak değişen akıma karşı koyma etkisi, omik direnç ise kondansatör iletken levhalarından kaynaklı direncidir. Kondansatörün iki direnci kapasitif reaktif güç hesaplamasında akım gerilim arasındaki faz farkını belirler (Şekil 1.68).

Kapasitif reaktif güç, kompanzasyon sistemlerinde güç katsayısını düzeltmek için kullanılır.




Şekil 1.68: Kondansatörlü devrede empedans grafiği

**Örnek:** Şekil 1.69'da görülen devre için reaktif gücü hesaplayınız.




Şekil 1.69: R-C devresi

**Çözüm:**

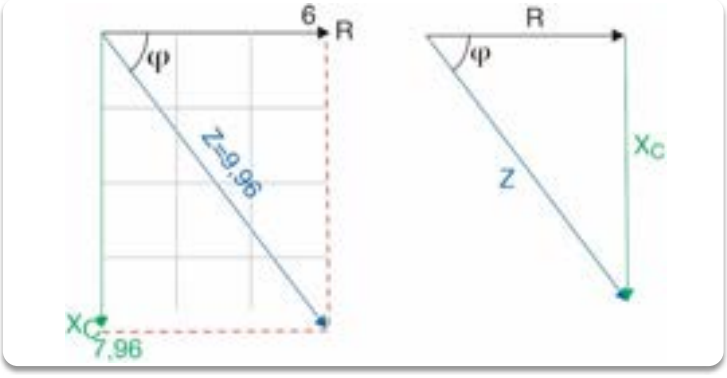
Öncelikle devrede $X_C$ değeri hesaplanmalı ve vektörel grafik çizilmelidir.

$X_C = \frac{1}{2 .\pi .f .C} = \frac{1}{2 . 3{,}14 . 50 . 400 . 10^{-6}}$ = **7,96 Ω** olarak bulunur.

$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{6^2 + 7{,}96^2} = \sqrt{99{,}36}$ = **9,97 Ω** olarak hesaplanır.

$I = \frac{U}{Z} = \frac{40}{9{,}97}$ = **4 A** bulunur.

Şekil 1.70'teki grafikte empedans değerinin vektörel büyüklüğü gösterilmiştir. Devrenin reaktif gücünü hesaplayabilmek için sinφ değerini bulmak gerekir.




Şekil 1.70: Kondansatörlü devrede empedans grafiği

$\sin\phi = \frac{X_c}{Z} = \frac{7{,}96}{9{,}97}$ = **0,79** değeri elde edilir.

$Q = U . I \sin\phi = 40 . 4 . 0{,}79$ = **126,4 VAR** bulunur.

## 1.8. ALTERNATİF AKIMDA REZONANS DEVRE HESAPLARI

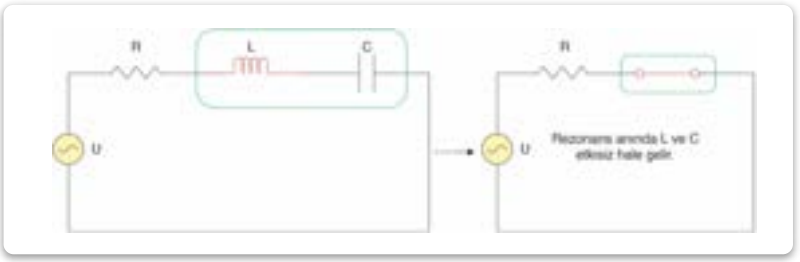
Alternatif akım devrelerinde rezonans devreleri, endüktif ve kapasitif bileşenlerin uyumlu bir frekansta çalışması olarak ifade edilir. Bu frekansa **rezonans frekansı** denir. "fr" ile gösterilir.

Rezonans frekansında endüktif ve kapasitif bileşenlerin etkisi ortadan kalkar. Devrede sadece omik direnç etkisi görülür.

Rezonans frekansı: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ formülü ile hesaplanır.

## 1.8.1. Seri Rezonans Devreler ve Özellikleri

Rezonans frekansında çalışan seri RLC devrelerine **seri rezonans devreleri** denir.




Şekil 1.71: Seri rezonans devresi ve rezonans anındaki eşdeğeri

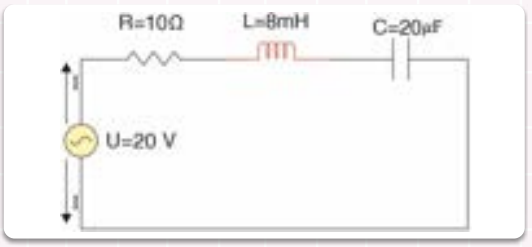
Alternatif akım devrelerinde frekans endüktif reaktans ile doğru, kapasitif reaktans ile ters orantılıdır. Öyle bir frekans değeri vardır ki $X_L = X_C$ olur. Seri bağlı bobin ve kondansatörün bağlı olduğu yer Şekil 1.71'de görüldüğü gibi kısa devre özelliği gösterir. $X_L = X_C$ anındaki frekansa **rezonans frekansı ($f_r$)** adı verilir ve değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad X_L = 2\pi fL \qquad X_C = \frac{1}{2 .\pi .f .C}$$

$X_L = X_C$ olduğu için Z = R'dir.

Devre akımı : $I = \frac{U}{Z}$ formülü ile bulunur.

**Örnek:** Şekil 1.72'de görülen seri R-L-C devresi rezonans durumunda olduğunda devrenin rezonans frekansını, empedans ve akım değerlerini hesaplayınız.




Şekil 1.72: Seri R-L-C devresi

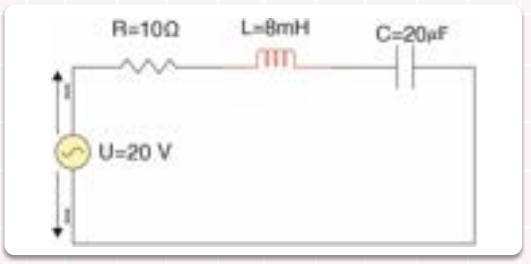
**Çözüm:**

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 . 3{,}14\sqrt{8 . 10^{-3} . 20 . 10^{-6}}} = \frac{1}{6{,}28\sqrt{16 . 10^{-8}}} = \frac{1}{6{,}28 . 4 . 10^{-4}} = \frac{10^4}{25{,}12} = \mathbf{398\ Hz}$$

$$X_L = 2\pi fL = 2 . 3{,}14 . 398 . 8 . 10^{-3} = \mathbf{20\ \Omega} \qquad X_C = \frac{1}{2 .\pi .f .C} = \frac{1}{2 . 6{,}14 . 398.20 . 10^{-6}} = \mathbf{20\ \Omega}$$

$X_L = X_C$ olduğu için Z = R'dir. $I = \frac{U}{Z} = \frac{20}{10} = \mathbf{2\ A}$ bulunur.

**Örnek:** Şekil. 1.73'te gösterilen seri R-L-C devresi rezonans durumunda olduğunda rezonans frekansını, empedansını ve akım değerlerini hesaplayınız.




Şekil 1.73: Seri R-L-C devresi

**Çözüm:**

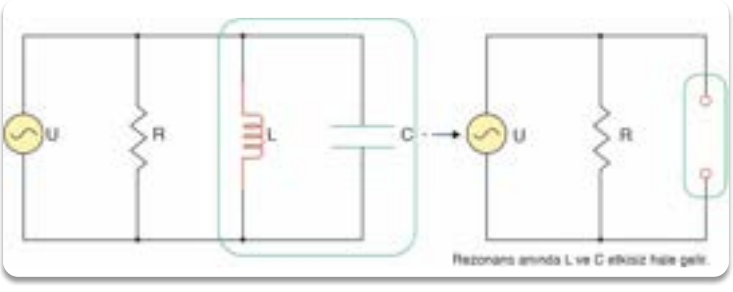
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14\sqrt{24 \cdot 10^{-3} \cdot 47 \cdot 10^{-6}}} = \frac{1}{6{,}28\sqrt{112{,}8 \cdot 10^{-8}}} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 10{,}6 \cdot 10^{-4}} = \frac{10^4}{66{,}5} = \mathbf{150\ Hz}$$

$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 150 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = \mathbf{22.6\ \Omega}$ $\quad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 6{,}14 \cdot 150 \cdot 47 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{22.6\ \Omega}$

$X_L = X_C$ olduğu için Z = R'dir. $\quad I = \frac{U}{Z} = \frac{24}{8} = \mathbf{3\ A}$ bulunur.

## 1.8.2. Paralel Rezonans Devreler ve Özellikleri

Rezonans frekansında çalışan paralel RLC devrelerine **paralel rezonans devreleri** denir (Şekil 1.74).




Şekil 1.74: Paralel R-L-C devresi ve rezonans anındaki eşdeğeri

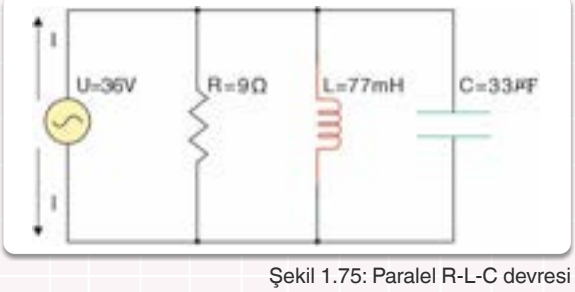
Şekil 1.66'da görüldüğü gibi rezonans anında bobin ve kondansatörün bağlı olduğu yer açık devre özelliği gösterir. Rezonans anında $X_L = X_C$ olur. $X_L = X_C$ anındaki frekansa rezonans frekansı (fr) adı verilir ve değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad X_L = 2\pi fL \qquad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$X_L = X_C$ olduğu için Z = R'dir.

Devre akımı : $I = \frac{U}{Z}$ formülü ile bulunur.

**Örnek:** Şekil 1.75'te görülen paralel R-L-C devresinin rezonans durumunda olduğu biliniyor. Devrenin rezonans frekansını, empedans ve akım değerlerini hesaplayınız.




Şekil 1.75: Paralel R-L-C devresi

**Çözüm:**

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14\sqrt{77.10^{-3} \cdot 33 \cdot 10^{-6}}} = \frac{1}{6{,}28\sqrt{254{,}1 \cdot 10^{-8}}} = \frac{1}{6{,}28 \cdot 15{,}95 \cdot 10^{-4}} = \frac{10^4}{100} = \mathbf{100\ Hz}$$

$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 100 \cdot 77 \cdot 10^{-3} = \mathbf{48{,}3\ \Omega}$ $\quad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 6{,}14 \cdot 100 \cdot 33 \cdot 10^{-6}} = \mathbf{48{,}3\ \Omega}$

$X_L = X_C$ olduğu için Z = R'dir. $\quad I = \frac{U}{Z} = \frac{36}{9} = \mathbf{4\ A}$ bulunur.

# 1.9. ELEKTROMANYETİZMA

## 1.9.1. Mıknatıs

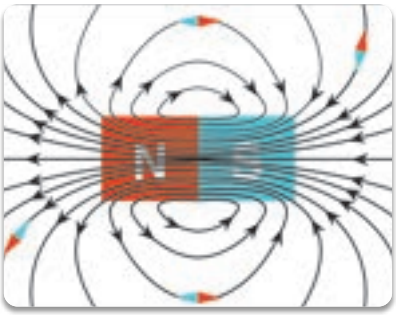
Demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımları gibi cisimleri kendisine doğru çekme özelliği gösteren herhangi bir maddeye **mıknatıs** denir (Görsel 1.38). Bir mıknatısın yanına yaklaşıldığında mıknatıs özelliği kazanan yani demir, nikel, kobalt ve bunların alaşımlarını çekebilen maddelere de **ferro manyetik maddeler** denir. Sonradan mıknatıslanan bu maddelerin manyetik özellikleri oldukça düşüktür. Diğer bazı maddeler ise manyetik etki altına sokulduklarında çekme özelliği göstermezler, bu tip maddelere de **anti manyetik maddeler** denir.




Görsel 1.38: Mıknatıs çeşitleri

## 1.9.2. Manyetik Alan

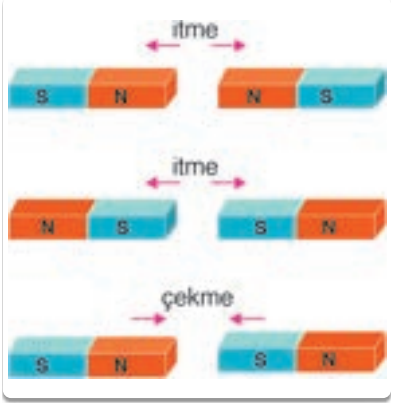
- Manyetik özellik gösteren maddelerin çevrelerinde oluşturdukları etki alanına **manyetik alan** denir (Görsel 1.39).
- $\vec{B}$ ile gösterilir.
- Vektörel ve türetilmiş bir büyüklüktür.
- Birimi **Tesla'dır (T)**.




Görsel 1.39: Manyetik alan çizgileri

### Manyetik Alan Çizgileri

- Manyetik alan çizgileri manyetik alanın yönünü ve büyüklüğünü göstermek için kullanılır.
- Mıknatısın dışında N kutbundan S kutbuna, mıknatısın içinde ise S kutbundan N kutbuna doğru olacak şekilde modellenmiştir.
- Manyetik alan çizgileri, birbirine yakın olduğu zaman manyetik alanının büyüdüğünün; uzak olduğu zaman küçüldüğünün göstergesidir.
- Manyetik alan çizgileri kapalı eğriler şeklindedir. Bu nedenle bir başlangıç ve bitiş noktaları yoktur.
- Manyetik alan çizgileri iki boyutlu çizilse de manyetik alan üç boyutludur.
- Manyetik alan çizgileri arasında kalan boşluklarda da manyetik alan vardır.

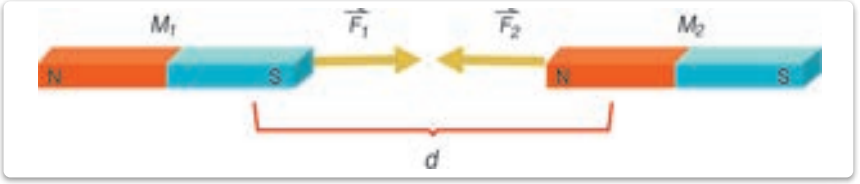



Görsel 1.40: Mıknatısların itme çekme kuvvet yönleri

## 1.9.3. Kulon (Coulomb) Kanunu

Mıknatıslarda aynı adlı kutupların birbirlerini ittiği, farklı kutupların ise birbirlerini çektiği kulon kanunu ile ispatlanmıştır (Görsel 1.40).

Manyetik özellik gösteren maddelerin bu özelliklerinden dolayı birbirlerine uyguladıkları itme ya da çekme kuvvetine **manyetik kuvvet** denir (Görsel 1.41).




Görsel 1.41: Mıknatıslar arasındaki itme-çekme kuvvetlerinin büyüklükleri

### Mıknatıslar Arasındaki İtme ve Çekme Kuvvetinin Büyüklüğü

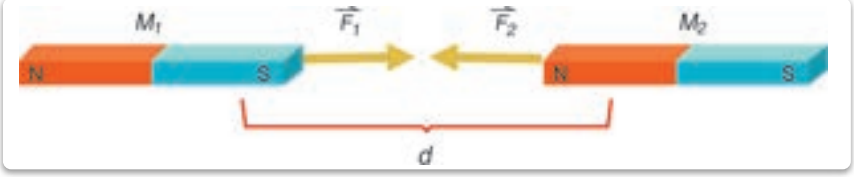
- Mıknatısların kutup şiddetlerinin çarpımı ($M_1 . M_2$) ile doğru orantılıdır.
- Mıknatıslar arasındaki uzaklığın karesi ($d^2$) ile ters orantılıdır (Görsel 1.42).
- Mıknatısların bulunduğu ortamın manyetik alan katsayısı K'ya da bağlıdır.

$$F = K . \frac{M_1 . M_2}{d^2}$$

$\vec{F1} = \vec{F2}$ $\quad$ $\vec{F1} = -\vec{F2}$

Etki Tepki Kuvvetleri

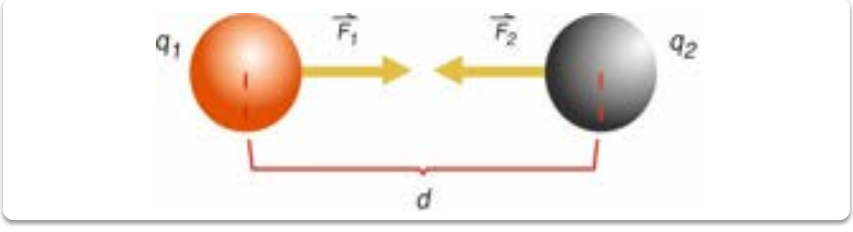
### Manyetik Kuvvet




$$F = K . \frac{M_1 . M_2}{d^2}$$

Görsel 1.42: Manyetik kuvvet ve formülü

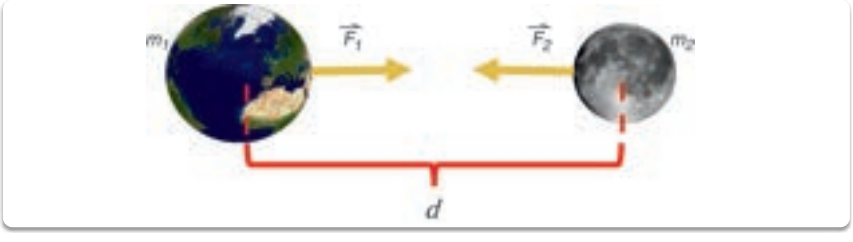
### Elektriksel Kuvvet




$$F = k . \frac{q_1 . q_2}{d^2}$$

Görsel 1.43: Elektriksel kuvvet ve formülü

### Kütle Çekim Kuvveti




$$F = G . \frac{m_1 . m_2}{d^2}$$

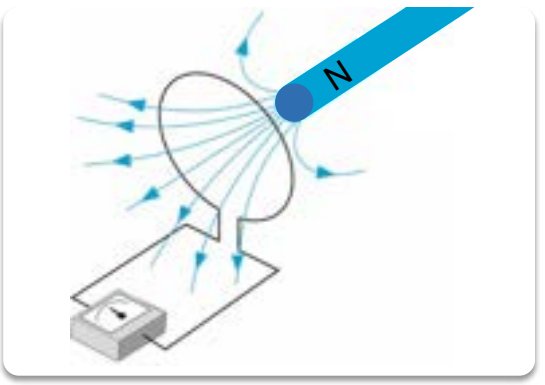
Görsel 1.44: Kütle çekim kuvveti ve formülü

Görsel 1.43'te yüklü iki cismin birbirine uyguladıkları elektriksel kuvvet, Görsel 1.44'te Newton'un evrensel kütle çekim kuvveti ve formülleri görülmektedir.

## 1.9.4. Faraday İndüksiyon Yasası ve Transformatörlerin Çalışma Prensibi

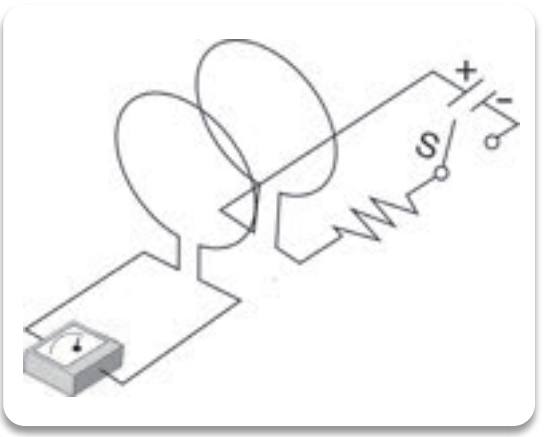
1820'li yıllarda elektrik konusunda bilim insanlarının ilgisi iyice artmıştı. H.C. Örsted'in elektromıknatısı keşfinden sonra herkesin aklında "Elektrik enerjisinden manyetizma üretildiğine göre manyetizmadan elektrik enerjisi elde edilir mi?" sorusu oluşmuştu. Faraday bu mesele üzerinde çalıştı ve ilk bilimsel buluşunu da gerçekleştirdi. Bir mıknatıs etrafında tersine karşılıklı dönebilen bir kablo sistemi geliştirdi ve böylece ilk defa elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülmüş oldu. Bu keşif, elektrik motorlarının esası kabul edildi. Daha sonra, deneylerinin en önemlisi galvanometreye bir kablo bobini bağlayarak küçük elektrik akımlarını ölçmeye yarayan bir alet yapmasıydı. Bu kablo, bir mıknatısa değdirildiğinde galvanometrenin iğnesi hareket ediyor, kabloyu ayırdığında iğne ters yöne hareket ediyordu. Böylece Faraday manyetizmadan elektrik enerjisi elde etmenin yolunu bulmuş oldu. Mekanik enerjiyi bir mıknatıs yardımıyla elektriğe dönüştürdü. Bu, elektrik jeneratörlerinin esası oldu.

Faraday ilk öngörülerinde, devreden geçen kararlı bir akımın manyetik alan üretebilmesi gibi kararlı bir manyetik alanın da bir devrede akım üretebileceğini düşündü. Ancak daha sonraki çalışmalarında bir EMK ve akımın halkadan geçen manyetik alan miktarının değiştirilerek elde edilebileceğini fark etti. Manyetik alan miktarının halkadan geçen manyetik alan çizgileriyle ilişkili olduğunu buldu. Bir çubuk mıknatıs galvanometreye bağlı bir halka biçimindeki tele yaklaştırıldığında galvanometrenin ibresinde bir hareketlenme görünür (Görsel 1.45). Mıknatıs durduğu zaman ise galvanometredeki ibre sabit kalır. Mıknatıs tam tersi yönde hareket ettiğinde ise galvanometrenin ibresi ters tarafa doğru sapmaya başlar. Buradaki gözlemden, devreye hiçbir batarya bağlı olmadığı hâlde telden, mıknatısın hareketi süresince akım geçtiği ortaya çıkar. Daha genel bir tanımla mıknatısın tele veya telin mıknatısa göre bağıl hareketi telde bir akım meydana getirir.



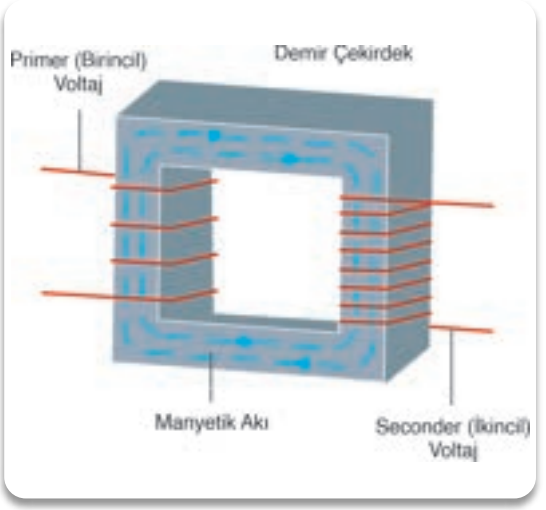
Görsel 1.45: EMK (Elektro Motor Kuvveti)'nin elde edilişi

Faraday buradan yola çıkarak Faraday İndüksiyon Yasası'nı ortaya koymuştur. Değişken bir manyetik alan içindeki tel üzerinde elektro motor kuvveti (EMK) yani elektriksel gerilim (voltaj) meydana gelir. Faraday'ın bu buluşunun önemi çevreye bakıldığında hemen hemen her yerde görülebilir. Örsted'in elektromıknatısı ile Faraday'ın indüksiyon yasası birleşirse acaba ne olur? Bir halkadan eğer akım geçirilirse manyetik alan oluşur. Şekil 1.76'da olduğu gibi buna paralel bir halka konduğunda uçları arasına galvanometre bağlanır. Bir anahtarla devreye verilen akım kesilip açıldığında galvanometrenin ibresinde sağa ve sola doğru bir oynama meydana gelecektir. Fakat manyetik alanı hareketli yapmak için uygulanan bu yöntem çok pratik değildir. Manyetik alanı hareketli yapmanın biraz daha kolay bir yolu olmalı! Bir diğer sorun ise devreye verilen akımın, diğer devrede oluşturduğu akım değerinin çok küçük olmasıdır. Çünkü halkada oluşan manyetik alanın büyük ve karşı halkanın içinden geçecek manyetik alan çizgilerinin de çok olması lazımdır.



Şekil1.76: Bobin üzerinde manyetik alan oluşturma ve buna bağlı olarak EMK'nin elde edilişi

Manyetik alanı artırmak için yapılması gereken ilk şey halka sayısının arttırılmasıdır. Halka sayısının artması yani daha fazla sipir sayılı bir bobin kullanılması, oluşacak manyetik alanın büyümesine sebep olacaktır. İkinci olarak da manyetik akının karşı halkadan enerji kaybetmeden ve tamamına yakınının geçmesini sağlamak için iki sarım arasına manyetik akının enerji kaybetmeden dolaşmasını sağlayacak bir iletken konulmasıdır. Tabi bunun yanında diğer halkada da oluşacak gerilimin büyüklüğünün ayarlanabileceği şekilde farklı sarım sayılarında bobinler kullanılabilir. Eğer bobin sayıları eşitse manyetik akıları da eşit olduğundan ikinci devrede oluşan gerilim (seconder-ikincil) birinci devreye (primer-birincil) eşit olacaktır. İşte oluşturulan bu yeni aletin ismi transformatördür. Yandaki şekilde bir transformatör resmi görülmektedir (Görsel 1.46).

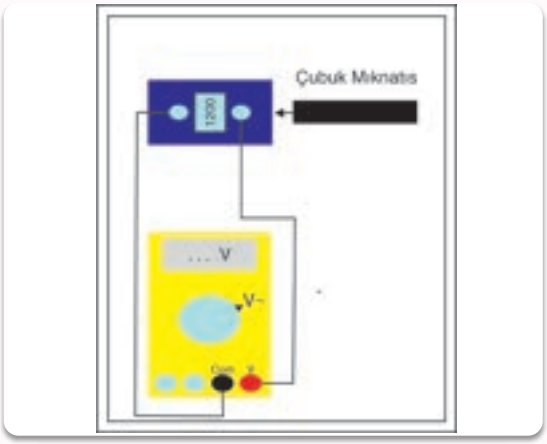


Görsel 1.46: Transformatörün yapısı

**Amaç:** Elekromanyatizma yasasını uygulayarak görmek (Şekil1.77).

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Multimetre | Dijital | 1 adet |
| Farklı sarım sayılarına sahip bobinler | Hava nüveli bakır bobin | 1 adet |
| Bağlantı kabloları | | |




Şekil 1.77: Elektomanyetizma uygulama devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi devreyi kurunuz.
3. Çubuk mıknatısı bobin içindeki boşluğa doğru hareket ettirip geri çekerek voltmetrede oluşan gerilim farklarını gözlemleyiniz. Aynı işlemi mıknatısı sabit tutup bobini hareket ettirerek de yapabilirsiniz.
4. Gözlemlediğiniz gerilim değerlerinin hangi koşullarda arttığını ve en fazla kaç volta kadar arttırabildiğinizi Tablo 1.25'e kaydediniz.

Tablo 1.25: Ölçme Sonuçları

| Bobin Sarım Sayısı | Ölçülen Gerilim Değeri |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |

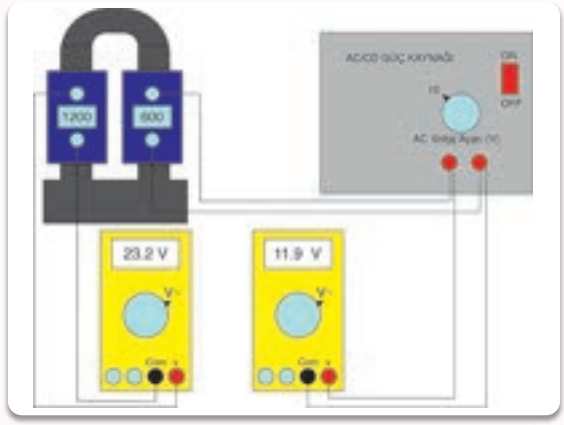
**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Devrenin doğru kurulması | 30 | |
| 3 | Ölçmelerin yapılması | 40 | |
| 4 | Ölçme tablosunun doldurulması | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Elektromanyetizma prensibinin transformatör uygulaması ile anlaşılmasını sağlamak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| AC Kaynak | 12 V Çıkışlı ayarlı AC Kaynak | 1 adet |
| Multimetre | Dijital | 1 adet |
| Transformatör deney seti veya transformatör | | |
| Bağlantı kabloları | | |




Şekil 1.78: Transformatör uygulama devresi

**İşlem Basamakları**

1. Yukarıdaki devreyi kurunuz.
2. İstediğiniz sarım sayısını kullanabilirsiniz. Fakat gerilimlerin yüksek olabileceğini göz önünde bulundurarak dikkatli olmalısınız.
3. Devreyi tamamen kurduktan sonra, voltmetreyi alternatif gerilim ölçmek için ayarlayınız ve güç kaynağını açınız (Şekil1.78).
4. Sarım sayılarını Tablo 1.26'ya not alınız.
5. Beş farklı gerilim değeri için (2,4,6,8 ve 10 V) ikincil sarım çıkışındaki voltmetrede okuduğunuz değerleri tabloya not alınız.

Tablo 1.26: Bobinlerdeki Sarım Sayıları

| Bobinlerdeki Sarım Sayıları | |
|---|---|
| **Birincil Sarım (N1)** | |
| **İkincil Sarım (N2)** | |

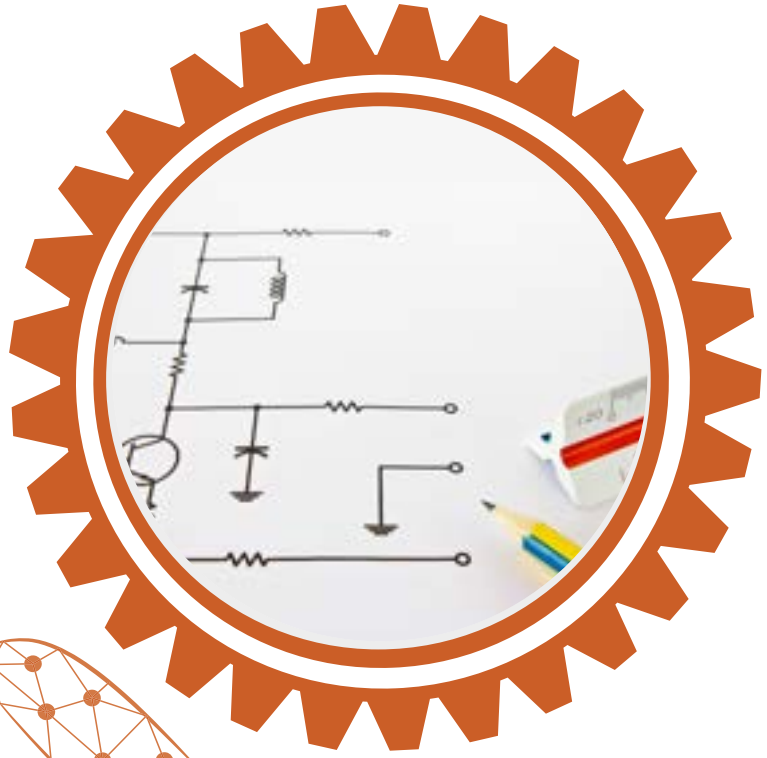
| V1 | 2 V | 4 V | 6 V | 8 V | 10 V |
|---|---|---|---|---|---|
| V2 | | | | | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Devrenin doğru kurulması | 30 | |
| 3 | Ölçmelerin yapılması | 40 | |
| 4 | Ölçme tablosunun doldurulması | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

# 2. ÖĞRENME BİRİMİ

## ELEKTRİK-ELEKTRONİK RESMİ



## KONULAR

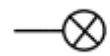
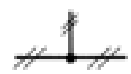
2.1. ZAYIF AKIM ELEKTRİK TESİSATLARI
2.2. ELEKTRONİK DEVRE ŞEMALARI ÇİZİMİ

# 2.1. ZAYIF AKIM ELEKTRİK TESİSATLARI

## 2.1.1. Çağırma ve Bildirim Tesisatları Çizimi

Çağırma ve bildirim sistemleri, daha hızlı ve daha az enerji harcanarak kısa mesafelerde insanların kablolu iletişimini sağlamak için kurulan sistemlerdir. Çağırma ve bildirim tesislerinde, elektrik enerjisinin ışık ve manyetik etkilerinden faydalanılır. Bu sistemlerde kullanılan semboller, dünyanın her yerinde devre şemalarının aynı şekilde anlaşılması için standartlaştırılmıştır. Tablo 2.1'de çağırma ve bildirim tesisatlarında sık kullanılan sembollere örnekler gösterilmiştir.

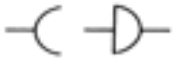
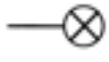
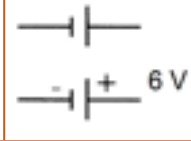
Tablo 2.1: Çağırma ve Bildirim Tesisatlarında Kullanılan Semboller

| NO. | SEMBOL | ANLAMI | NO. | SEMBOL | ANLAMI |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | Doğru akım (D.A.) | 14 |  | Zil hattı |
| 2 |  | Alternatif akım (A.A.) | 15 |  | Hoparlör |
| 3 |  | Doğrultmaç (Redresör) | 16 |  | Kapı zili butonu |
| 4 |   | 1 fazlı alternatif akım | 17 |  | Çoklu kapı zili butonu |
| 5 |   | 1 fazlı aktif sayaç | 18 |  | Kapı zili |
| 6 | + | D.A. pozitif uç | 19 |   | Kapı otomatiği |
| 7 | – | D.A. negatif uç | 20 |  | Yangın ihbar aygıtı |
| 8 | Mp | A.A. nötr uç (0) | 21 |  | İşaret lambası |
| 9 |  | Anahtarlı otomatik sigorta | 22 |   | Alarm ihbar butonu |
| 10 |  | Bir fazlı otomatik sigorta | 23 |  | Zayıf akım ek yeri |
| 11 |   | Transformatör | 24 |  | Bağlantısız kesişen iletkenler |
| 12 |  | Topraklayıcı | 25 |  | İletkenden kol ayırma |
| 13 |   | Merdiven otomatiği | 26 |  | Buat |

## 2.1.2. Aydınlatma Tesisatları Çizimi

Aydınlatma tesisatları, güneş ışığının bulunmadığı yer ve zamanlarda bina veya tesis içi aydınlatmanın gerçekleştirilmesi için kurulan sistemlerdir. Bu amaçla bütün kapalı ve açık alanların bir aydınlatma projesi bulunmaktadır. Aydınlatma projelerinde kullanılan her elemanın uluslararası standartlarda geçerli olan bir sembolü bulunmaktadır. Tablo 2.2'de sık kullanılan aydınlatma tesisatı sembollerine örnekler verilmiştir.

Tablo 2.2: Aydınlatma Tesisatlarında Kullanılan Semboller

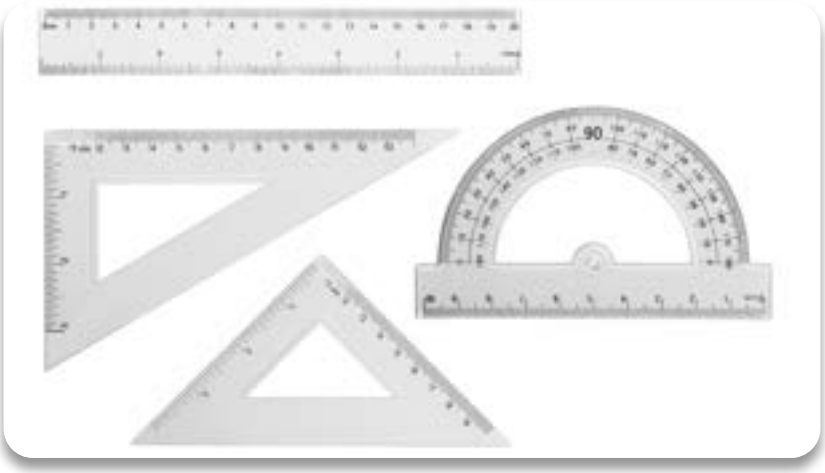
| NO. | SEMBOL | ANLAMI | NO. | SEMBOL | ANLAMI |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | Topraklama hattı | 16 |  | Bir fazlı anahtar şalter |
| 2 |  | Koruma iletkeni | 17 |  | Üç fazlı anahtar şalter |
| 3 |  | Topraklayıcı | 18 |  | Tek kutuplu adi anahtar |
| 4 |  | Sıva üstü hat | 19 |  | Aplik |
| 5 |  | Sıva altı hat | 20 |  | Komütatör |
| 6 |  | Balast | 21 |  | Bir kutuplu grup anahtar |
| 7 |  | Aydınlatma armatürü | 22 |  | Bir kutuplu vaviyen anahtar |
| 8 |  | Starter | 23 |  | Bir kutuplu ara vaviyen anahtar |
| 9 |  | Bir fazlı normal priz | 24 |  | Basma anahtarı |
| 10 |  | Bir fazlı topraklı priz | 25 |  | Kare / yuvarlak floresan armatür |
| 11 |  | Floresan armatür | 26 |  | Sökülebilen ekleme |
| 12 |  | İşaret lambası | 27 |  | Sökülemeyen ekleme |
| 13 |  | Genel lamba | 28 | R S T | Alternatif akım R, S, T fazları |
| 14 |  | Kuvvetli akım besleme hattı | 29 |   | Akümülatör veya batarya |
| 15 |   | Üç fazlı orta uçlu alternatif akım | 30 |  | Etanş floresan armatür |

# 2.1. UYGULAMA

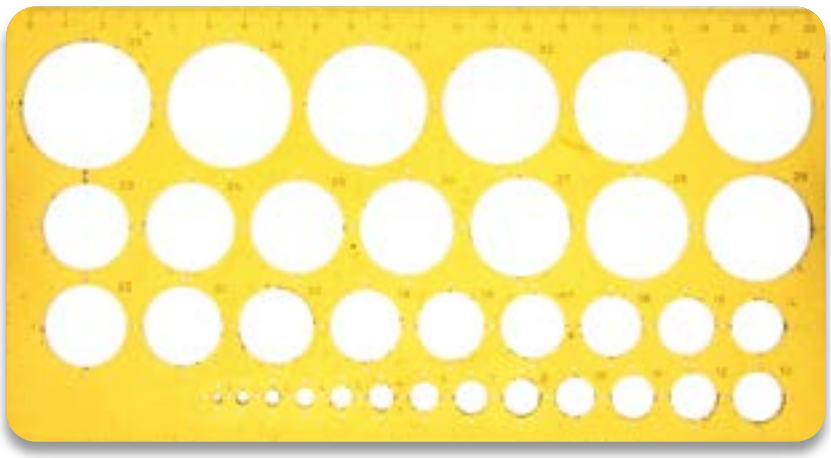
## BİR ZİLİN İKİ AYRI YERDEN ÇALIŞTIRILMASINA AİT ÇİZİM

**Amaç:** Bir zilin iki ayrı yerden çalıştırılmasına ait çizimi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç:** Uygulamayı gerçekleştirmek için gerekli araç gereç Şekil 2.1'de görülmektedir.



a

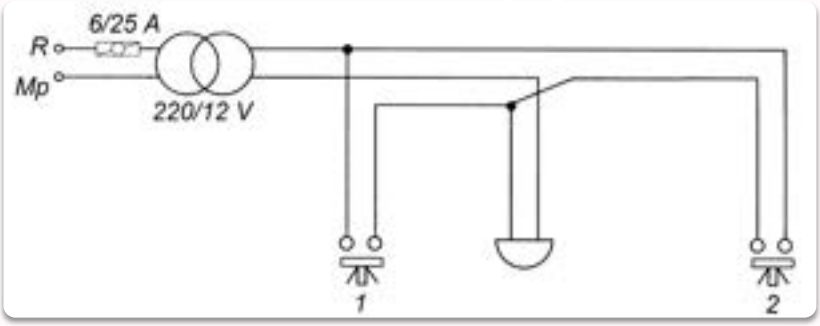


b

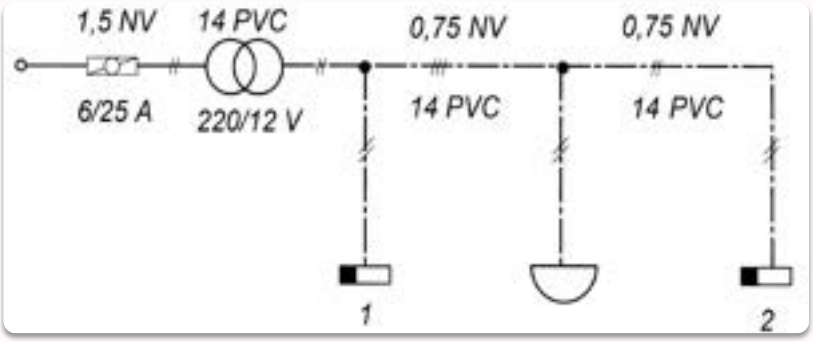
Görsel 2. 1: a) Gönyeler ve cetvel b) Daire şablonu

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm (Görsel 2.1: a) | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler (Görsel 2.1: a) | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | Görsel 2.1: b | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

Şekil 2.1'deki devrede, bir zil iki farklı butondan kumanda edilmektedir. Butonlar birbirlerine paralel, zile seri bağlanmıştır. Kapalı şemada hatların üzerinde bulunan çizgiler o hatta kaç adet kablo bulunduğunu gösterir. Elemanların üzerindeki sayı ve harfler o devre elemanının niteliklerini göstermektedir. Bu uygulamada, hazırlamış olduğunuz antetli kâğıda işlem basamaklarında belirtilen sırada ve çizim kurallarına uygun olarak Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'deki açık ve kapalı devre şemalarını çizeceksiniz.




Şekil 2.1: İki butonlu zil kontrol açık devre şeması




Şekil 2.2: İki butonlu zil kontrol kapalı devre şeması

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Çizim kurallarına uygun olarak öncelikle semboller, sonrasında iletim yolları çizilerek devrenin açık devre şeması çizilir (Şekil 2.1).
4. Çizim kurallarına uygun olarak öncelikle semboller, sonrasında iletim yolları çizilerek devrenin kapalı devre şeması çizilir (Şekil 2.2).
5. Çizim kontrol edilerek teslim edilir.

**Uygulama Değerlendirme**

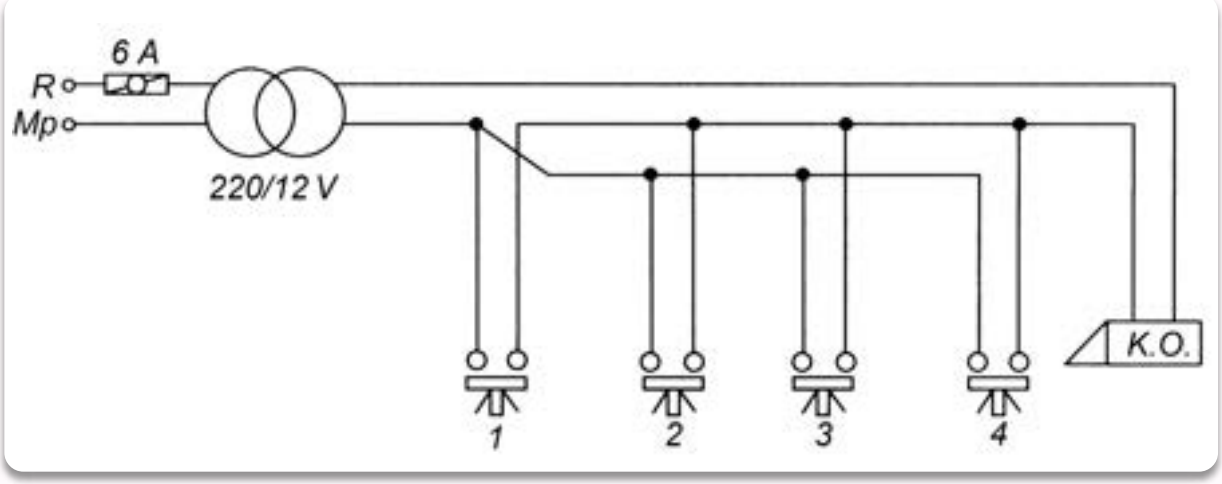
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Sembollerin çizilmesi ve alana yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Hatların kurallara uygun çizilmesi | 15 | |
| 4 | Sembol ve hatların çizgi kalınlıklarının eşit olması | 20 | |
| 5 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 20 | |
| 6 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Kapı kilidi otomatiği tesisat devresi çizimi yapmak.

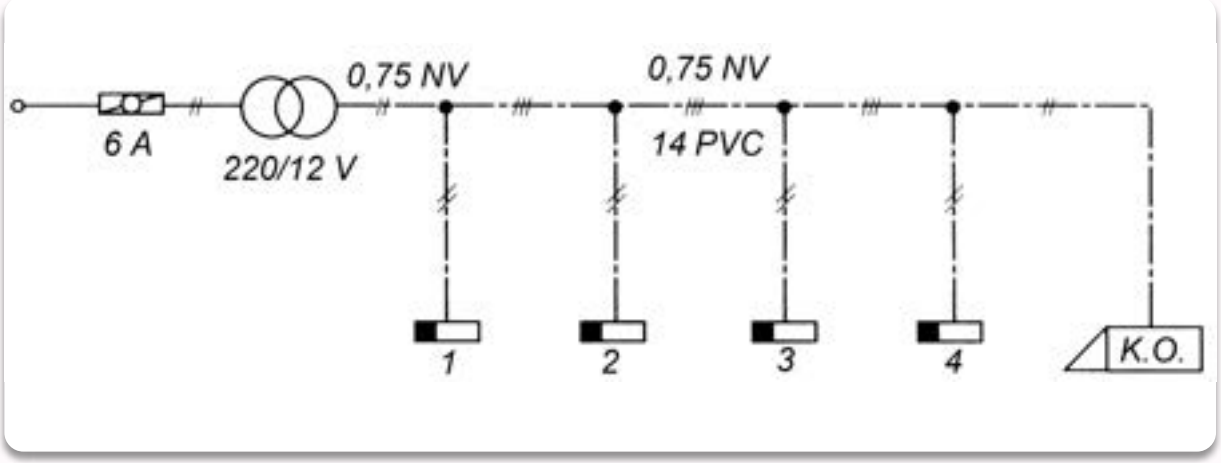
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

Şekil 2.3'teki kapı kilidi otomatiği devresinde dört buton ve bir kapı otomatiği kullanılmıştır. Şekil 2.4'te kapı kilidi otomatiği tesisatının kapalı devre şeması görülmektedir· Dört buton birbirine paralel, kapı otomatiğine seri bağlanmıştır. Hangi butona basılırsa o buton kapı otomatiğine elektriği iletir ve kapı otomatiğinin bağlı olduğu kapı açılır.




Şekil 2.3: Kapı kilidi otomatiği tesisatı açık devre şeması




Şekil 2.4: Kapı kilidi otomatiği tesisatı kapalı devre şeması

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Çizim kurallarına uygun olarak öncelikle semboller, sonrasında iletim yolları çizilerek devrenin açık devre şeması çizilir (Şekil 2.3).
4. Çizim kurallarına uygun olarak öncelikle semboller, sonrasında iletim yolları çizilerek devrenin kapalı devre şeması çizilir (Şekil 2.4).
5. Çizim kontrol edilerek teslim edilir.

**Uygulama Değerlendirme**

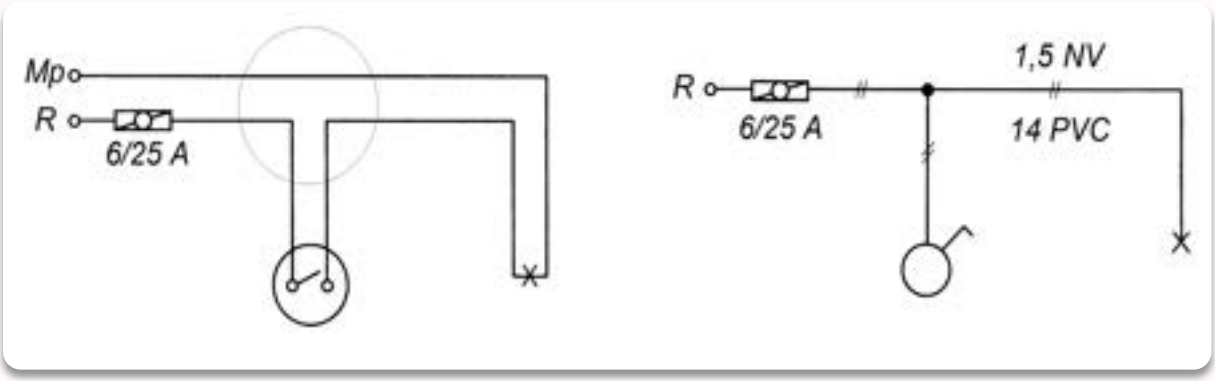
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Sembollerin çizilmesi ve alana yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Hatların kurallara uygun çizilmesi | 15 | |
| 4 | Sembol ve hatların çizgi kalınlıklarının eşit olması | 20 | |
| 5 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 20 | |
| 6 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Adi anahtarlı ve komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatları çizimi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

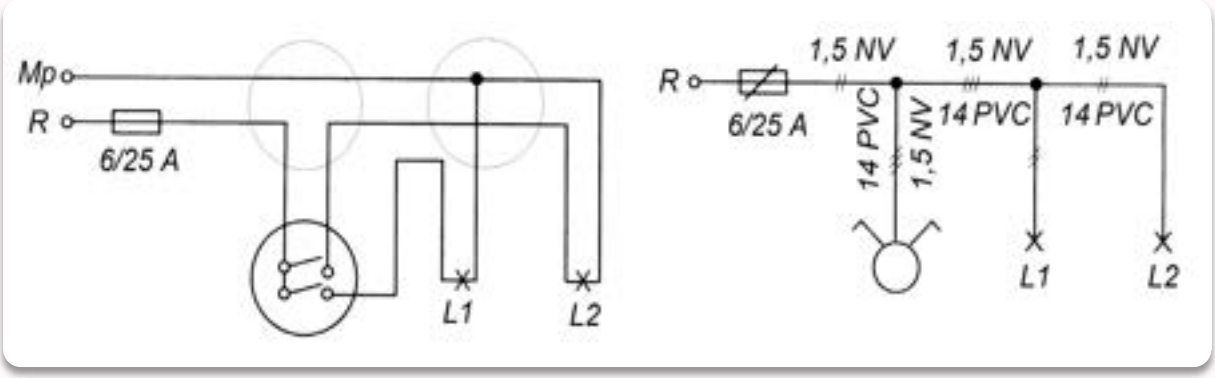
| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

Adi anahtarlı aydınlatma tesisatında bir anahtar, lambaya seri bağlanır. Anahtar kapatılırsa lamba yanar, anahtar açılırsa lamba söner. Şekil 2.5'te adi anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şemaları görülmektedir.




Şekil 2.5: Adi anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şeması

Komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatında birden fazla lambadan oluşan grup, bir yerden çalıştırılır. Avize, tuvalet, banyo gibi birden çok lamba bulunabilecek yerlerde bu tip tesisatlar kullanılır. Şekil 2.6'da komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şemaları görülmektedir.




Şekil 2.6: Komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şeması

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Çizim kurallarına uygun olarak adi anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şemaları çizilir (Şekil 2.5).
4. Çizim kurallarına uygun olarak komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şemaları çizilir (Şekil 2.6).
5. Çizim kontrol edilerek teslim edilir.

**Uygulama Değerlendirme**

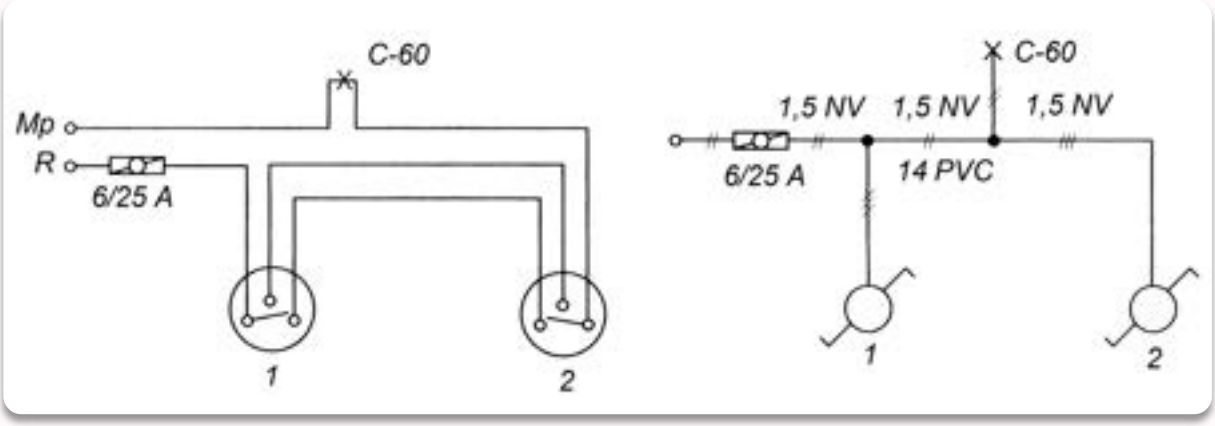
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Elektronik devre eleman sembollerinin çizilmesi | 30 | |
| 3 | Eleman bağlantı hatlarının çizilmesi | 30 | |
| 4 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 10 | |
| 5 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Vaviyen ve komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatları çizimi yapmak.

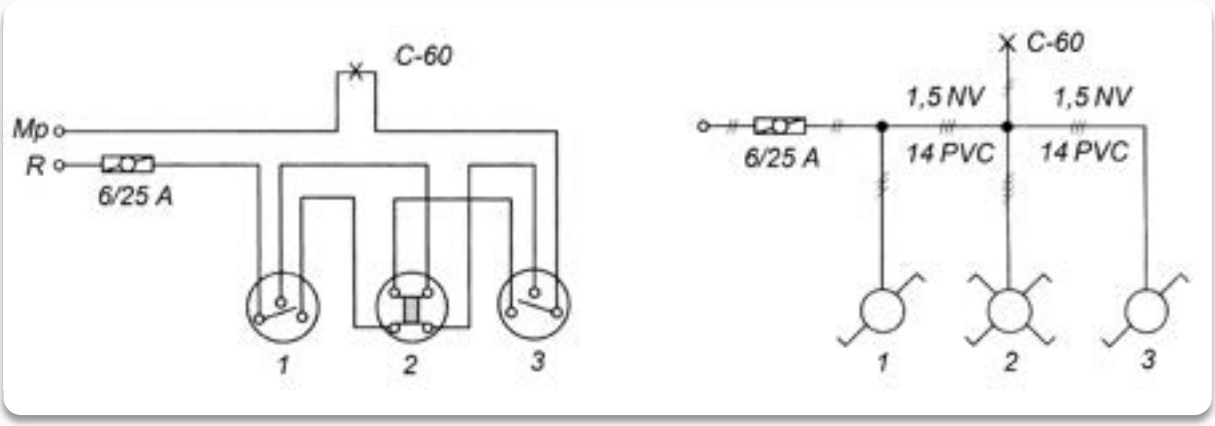
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

Şekil 2.7'de vaviyen anahtarlı, iki ayrı yerden kumandalı, bir lambalı tesisat açık şeması ve kapalı şeması; Şekil 2.8'de ara vaviyen anahtarlı bir lambanın üç yerden kumandası tesisatı açık şeması ve kapalı şeması gösterilmiştir.




Şekil 2.7: Vaviyen anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şeması




Şekil 2.8: Komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şeması

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Çizim kurallarına uygun olarak vaviyen anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şemaları çizilir (Şekil 2.7).
4. Çizim kurallarına uygun olarak vaviyen anahtarlı aydınlatma tesisatı açık ve kapalı devre şemaları çizilir (Şekil 2.8).
5. Çizim kontrol edilerek teslim edilir.

**Uygulama Değerlendirme**

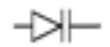
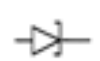
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Elektrik devre eleman sembollerinin çizilmesi | 30 | |
| 3 | Eleman bağlantı hatlarının çizilmesi | 30 | |
| 4 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 10 | |
| 5 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

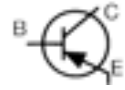
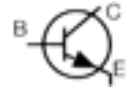
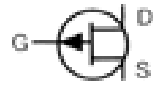
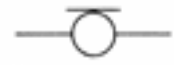
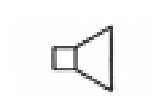
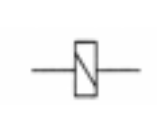
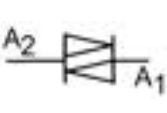
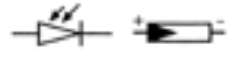
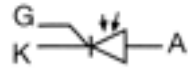
## 2.2. ELEKTRONİK DEVRE ŞEMALARI ÇİZİMİ

### 2.1.1. Elektronikte Kullanılan Devre Elemanları Sembollerinin (Simgelerin) Çizimi

a) **Analog Devre Elemanları Sembolleri:** Tablo 2.3'te elektronik devrelerde sıklıkla kullanılan devre elemanlarının sembolleri gösterilmiştir.

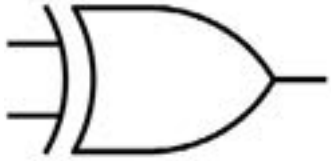
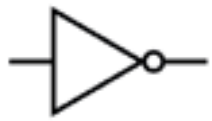
Tablo 2.3: Elektronik Devre Elemanları Sembolleri

| NO. | SEMBOL | ANLAMI | NO. | SEMBOL | ANLAMI |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | Direnç (Genel) | 23 |  | Kondansatör (Genel) |
| 2 |  | | 24 |  | Kutuplu kondansatör |
| 3 |  | Potansiyometre (Ayarlı direnç) | 25 |  | Ayarlı (Varyabl) kondansatör |
| 4 |  | | 26 |  | Trimer kondansatör |
| 5 |  | Trimer direnç | 27 |  | Elektrolitik kondansatör |
| 6 |  | Termistör (PTC) | 28 |  | Topraklama kondansatörü |
| 7 |  | Termistör (NTC) | 29 |  | Diyot |
| 8 |   | Fotodirenç (LDR) | 30 |  | Kapasitif (Varikap) diyot |
| 9 |  | Isıtıcı direnç | 31 |  | Led (Işık yayan) diyot |
| 10 |  | Üç uçlu direnç | 32 |  | Zener diyot |
| 11 |  | | 33 |  | Tunnel diyot |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 |  | Bobin | 34 |  | PNP BJT |
| 13 |  | Transformatör (Trafo) | 35 |  | NPN BJT |
| 14 |  | 3 sekonder uçlu trafo | 36 |  | N kanal FET |
| 15 |  | Kristal | 37 |  | P kanal FET |
| 16 |  | Kulaklık | 38 |  | N kanal MOSFET |
| 17 |  | Mikrofon | 39 |  | P kanal MOSFET |
| 18 |  | Hoparlör | 40 |  | Köprü diyot |
| 19 |  | Röle kontakları | 41 |  | Fototransistor NPN |
| 20 |  | Diyak | 42 |  | Fototransistor PNP |
| 21 |  | Tristör (SCR) | 43 |  | Foto diyot |
| 22 |  | Triyak | 44 |  | Foto tristör |

**b) Sayısal Devre Elemanları Sembolleri:** Lojik entegreler, elektronik sistemlerde mantıksal işlemleri yapmak amacıyla kullanılan lojik kapıların direnç ve yarı iletken devre elemanları ile gerçekleştirildiği ve aynı kılıf içine birden fazla kapının yerleştirildiği entegre devre elemanlarıdır. Sayısal devrelerde kullanılan bu mantık (lojik) kapılar, aşağıda gösterilen semboller ile çizilmektedir (Tablo 2.4).

Tablo 2.4: Sayısal Elektronik Devrelerde Kullanılan Mantık Kapı Sembolleri

| SEMBOL | ANLAMI |
|---|---|
|  | VE (AND) kapısı |
|  | VE DEĞİL (NAND) kapısı |
|  | VEYA (OR) kapısı |
|  | VEYA DEĞİL (NOR) kapısı |
|  | ÖZEL VEYA (XOR) kapısı |
|  | ÖZEL VEYA DEĞİL (XNOR) kapısı |
|  | DEĞİL (NOT) kapısı |

**Amaç:** Elektronik devre sembollerini çizmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Tablo 2.5'te isimleri verilmiş olan elektronik devre sembolleri çizilir.
4. Tablo 2.5'te sembolleri çizilmiş olan elektronik devre sembollerinin isimleri norm yazı tekniğine uygun olarak yazılır.
5. Çizim kontrol edilerek teslim edilir.

Tablo 2.5: Elektronik Devre Sembolleri Çizimi

| SEMBOL | ANLAMI | SEMBOL | ANLAMI |
|---|---|---|---|
| | Direnç (Genel) |  | |
|  | | | Elektrolitik kondansatör |
| | Potansiyometre |  | |
|  | | | Kristal |
| | Transformatör (Trafo) |  | |
|  | | | Mikrofon |
| | NPN BJT (Transistör) |  | |
|  | | | Fotodirenç (LDR) |
| | Bobin |  | |
|  | | | Köprü diyot |
| | Triyak |  | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Sembollerin doğru çizilmesi ve alana yerleştirilmesi | 40 | |
| 3 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 30 | |
| 4 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Sayısal mantık kapı sembolleri çizimi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 2 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve antetli kâğıt hazırlanır.
3. VEYA (OR) kapısı sembolü çizilir ve sembol ismi norm yazı kurallarına uygun olarak yazılır.
4. VE (AND) kapısı sembolü ve elektrik devresi çizilir.
5. DEĞİL (NOT) kapısı sembolü ve elektrik devresi çizilir.
6. VEYA DEĞİL (NOR) kapısı sembolü ve elektrik devresi çizilir.
7. VE DEĞİL (NAND) kapısı sembolü ve elektrik devresi çizilir.
8. ÖZEL VEYA (XOR) kapısı sembolü ve elektrik devresi çizilir.
9. ÖZEL VEYA DEĞİL (XNOR) kapısı sembolü ve elektrik devresi çizilir.
10. Çizimler kontrol edilerek teslim edilir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Sembollerin çizilmesi | 30 | |
| 3 | Elektrik devresi çizilmesi | 30 | |
| 4 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 10 | |
| 5 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

## 2.1.2. Çeşitli Elektronik Devre Çizimleri

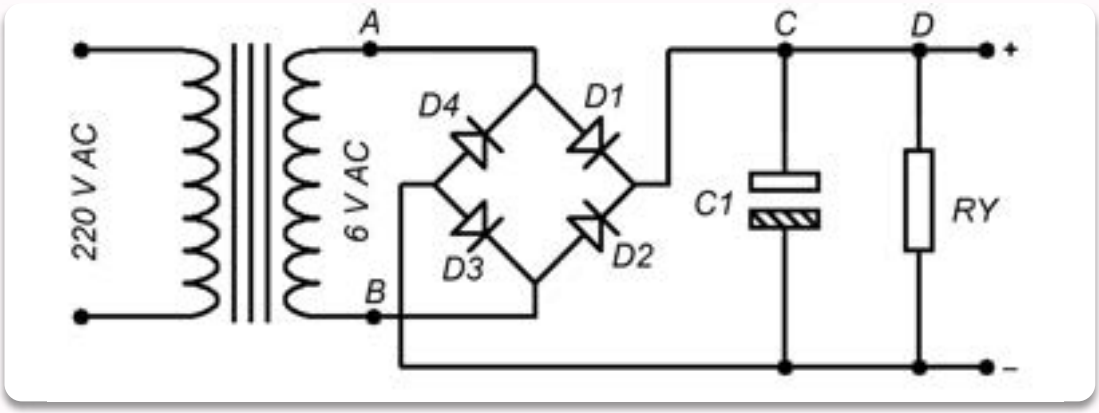
**Amaç:** Köprü tipi tam dalga doğrultma devresi çizimi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

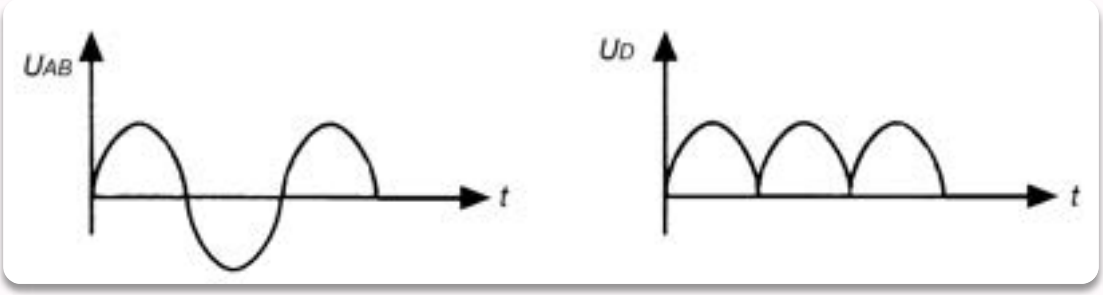
| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

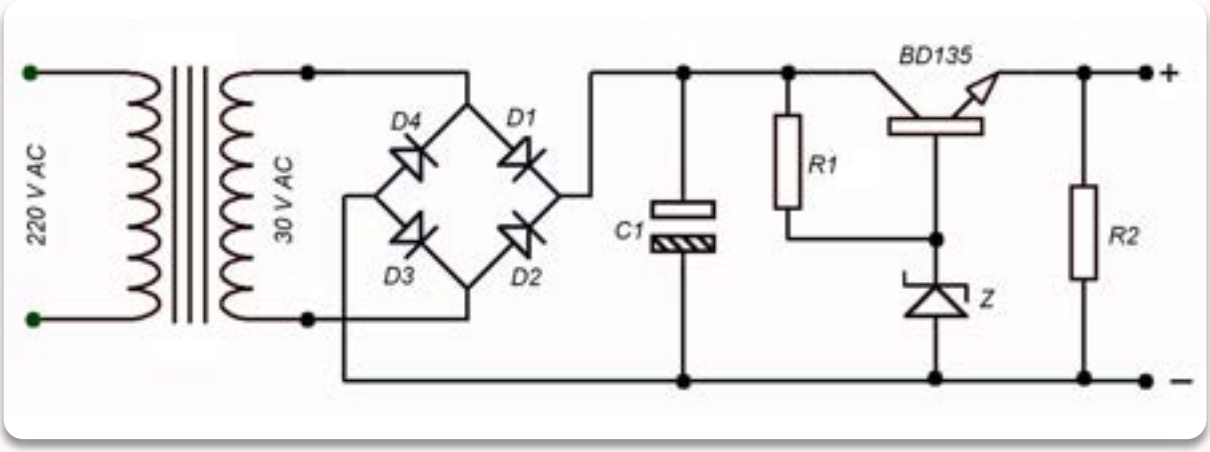
1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve antetli kâğıt hazırlanır.
3. Şekil 2.9'daki köprü tipi tam dalga doğrultma devresi çizim kurallarına uygun olarak çizilir.
4. Şekil 2.10'da devreye ait giriş-çıkış dalga şekilleri çizim kurallarına uygun olarak çizilir.
5. Şekil 2.11'deki transistörlü seri regüle devresi çizim kurallarına uygun olarak çizilir.
6. Çizimler kontrol edilerek teslim edilir.




Şekil 2.9: Köprü tipi tam dalga doğrultma devresi




Şekil 2.10: Devreye ait giriş-çıkış dalga şekilleri




Şekil 2.11: Transistörlü seri regüle devresi

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Elektronik devre eleman sembollerinin çizilmesi | 30 | |
| 3 | Eleman bağlantı hatlarının çizilmesi | 30 | |
| 4 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 10 | |
| 5 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

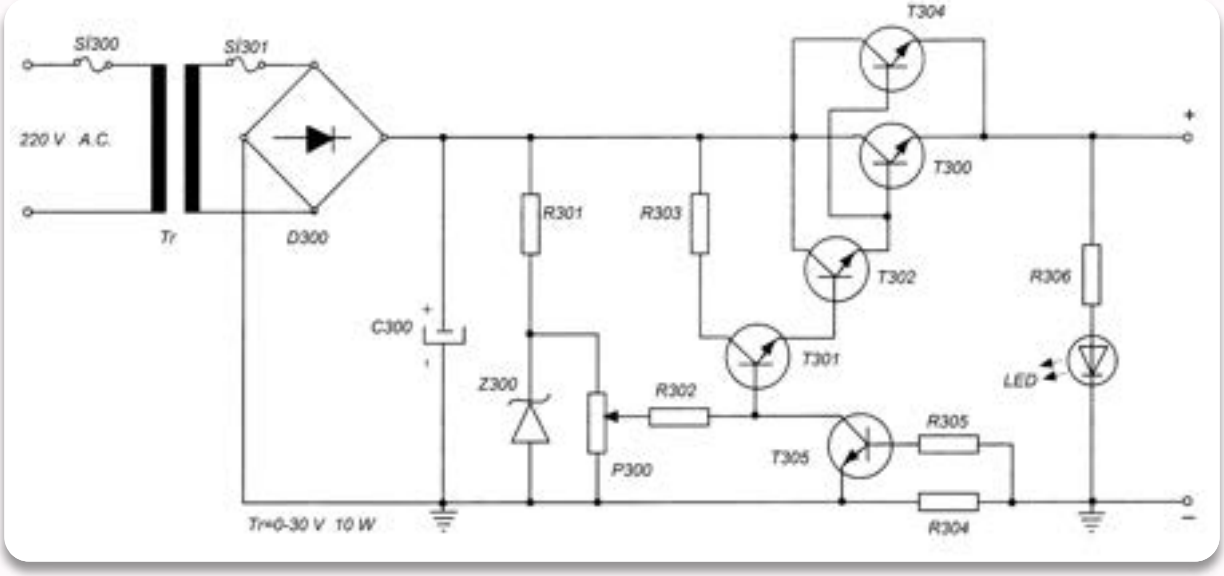
**Amaç:** Güç kaynağı devre şeması çizimi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve antetli kâğıt hazırlanır.
3. Şekil 2.12'deki güç kaynağı devre şeması çizilir.
4. Çizimler kontrol edilerek teslim edilir.




Şekil 2.12 Güç kaynağı devre şeması

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Elektronik devre eleman sembollerinin çizilmesi | 30 | |
| 3 | Eleman bağlantı hatlarının çizilmesi | 30 | |
| 4 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 10 | |
| 5 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

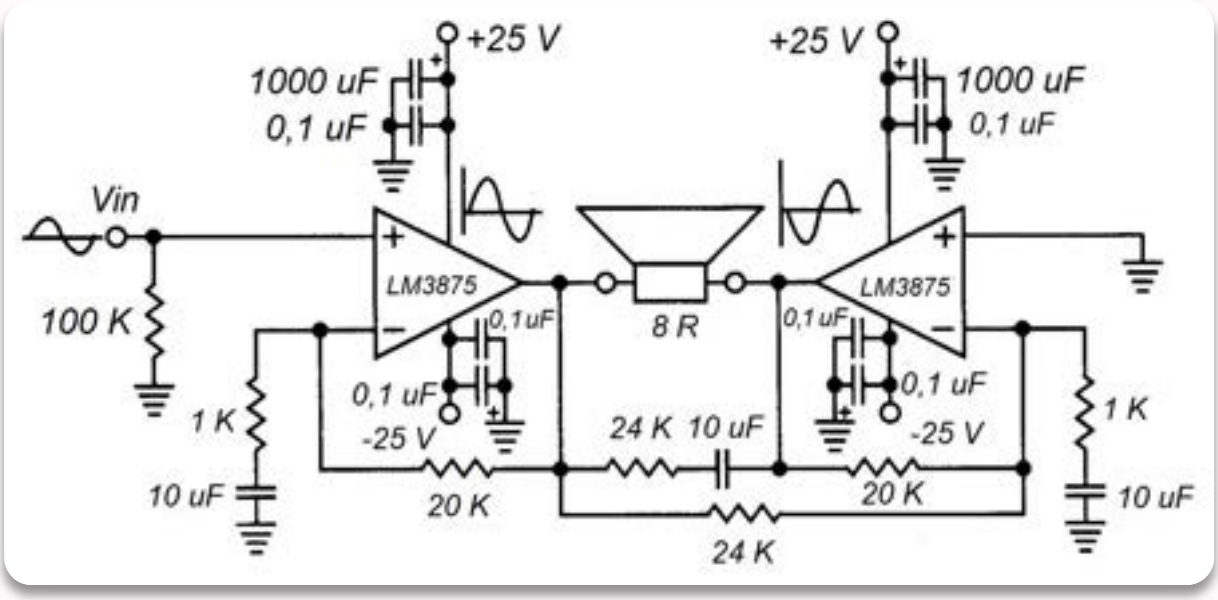
**Amaç:** Tümleşik devreli yükselteç devre şeması çizimi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Cetvel | 30 cm | 1 adet |
| Gönye | 30-60-90 ve 45-45-90 derece gönyeler | 2 adet |
| Kurşun kalem | 2B | 1 adet |
| Daire şablonu | | 1 adet |
| A4 kâğıdı | Antetli | 1 adet |
| Silgi | Yumuşak kalite | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve antetli kâğıt hazırlanır.
3. Şekil 2.13'teki tümleşik devreli yükselteç devre şeması çizilir.
4. Çizimler kontrol edilerek teslim edilir.



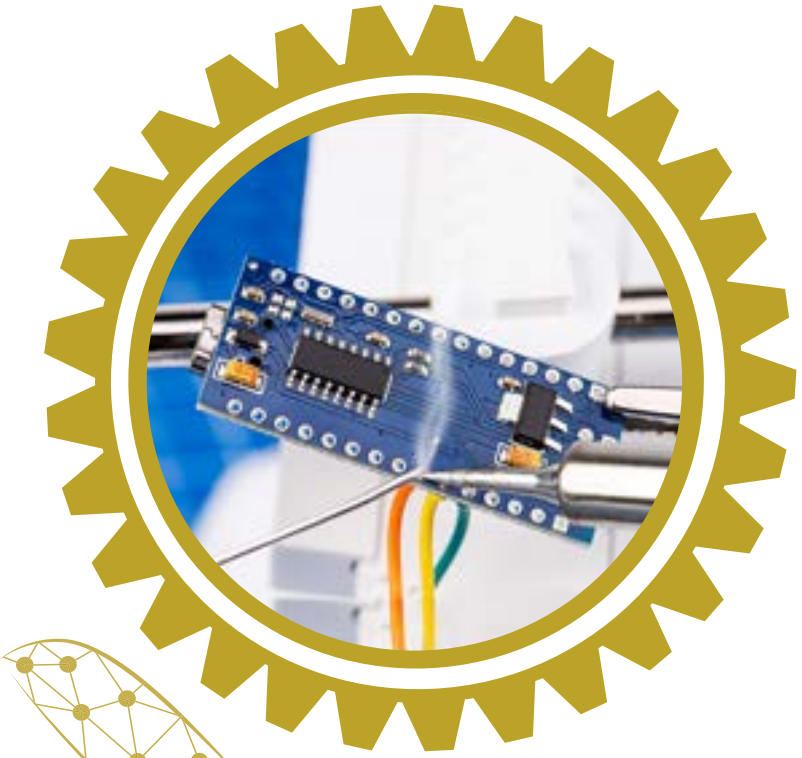

Şekil 2.13: Tümleşik (entegre) devreli yükselteç devre şeması

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Elektronik devre eleman sembollerinin çizilmesi | 30 | |
| 3 | Eleman bağlantı hatlarının çizilmesi | 30 | |
| 4 | Yazıların norm yazı şeklinde yazılması | 10 | |
| 5 | Kâğıt temizliğinin ve düzenin kontrol edilmesi | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 3. ÖĞRENME BİRİMİ

## LEHİMLEME VE BASKI DEVRE



**KONULAR**

3.1. DEVRE ELEMANLARINI LEHİMLEME
3.2. BASİT ELEKTRONİK DEVREYİ BAKIR PLAKET ÜZERİNE ÇIKARMA

# 3.1. DEVRE ELEMANLARINI LEHİMLEME

## 3.1.1. Lehimlemede Kullanılan Malzemeler

a) **Lehim:** Elektronik devrelerde bir sistemi oluşturmak, elemanları ve telleri birbirine tutturmak amacıyla kullanılan, belirli sıcaklıklarda eriyebilen tellere denir. Lehim sayesinde elektrik akımı, devrelerin içerisinde elamanları çalıştıracak şekilde dolaşır.



Görsel 3.1: Lehim teli

Elektrik ve elektronik sektöründe kullanılan lehim teli, kalay ve kurşun metallerinin karışımından oluşturulur (Görsel 3.1). Lehim telinin içerisindeki kalay miktarı arttıkça kalite yükselmektedir. Çünkü erime sıcaklığı kalay çoğaldıkça azalmaktadır. Lehimin kalitesi kullanılacağı devrenin hassaslığına göre değişir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Lehim Teli İle İlgili Özellikler Tablosu

| LEHİM KARIŞIM ORANI (AG: GÜMÜŞ, SN: KALAY, PB: KURŞUN, CU: BAKIR, CD: KADMİYUM, ZN: ÇİNKO) | ERGİME ISISI (°C) | LEHİMLEME SICAKLIĞI (°C) | UYGULAMA YERLERİ | LEHİMLEME İŞLEMİ |
|---|---|---|---|---|
| %63 Sn-%37 Pb | 183 | 220-230 | Hassas elektronik gereçler | Sızdırmalı lehimleme |
| %60 Sn-%40 Pb | 190 | 240-250 | Elektronik devre elamanları | Yumuşak lehimleme |
| %50 Sn-%50 Pb | 215 | 260-280 | Elektronik devreler ve ince iletkenler | Yumuşak lehimleme |
| %40 Sn- %60 Pb | 238 | 280-300 | Kalın iletkenler ve iri lehimler | Orta sert lehimleme |
| %40 Ag-%20 Cd-%19 Cu-%21 Zn | 620 | 700-750 | Bakır, nikel, çelik ve alaşımlarında | Sert lehimleme |

**b) Pasta:** Lehim yapılırken metal yüzeyin temizlenmesinde ve ısınmadan dolayı oluşabilecek oksitlenmelerin önlemesinde kullanılan malzemedir (Görsel 3. 2). Pası ve oksit tabakayı yok eder. Lehimlemeyi kolaylaştırır ve lehimin alana kolay dağılmasını sağlar.



Görsel 3.2: Lehim pastası

**c) Havya:** Lehimlemede kullanılan önemli elemanlardır. Elektrik ve elektronik devre elemanlarını birbirine lehimlemeyebilmek için yüksek ve hızlı bir ısı kaynağına ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere bu alanda elektrikle çalışan havyalar kullanılır. Havyalar, 200 ile 500 derece arasında ısı yayabilecek şekilde üretilir. Havyaların güçleri ise 5 ile 300 watt arasında değişebilmektedir. Kullanım yerleri ve özelliklerine göre çeşitli havyalar Görsel 3.3'te görülmektedir.




Görsel 3.3: a) Kalem b) Tabanca c) Sıcak hava istasyonlu havya çeşitleri

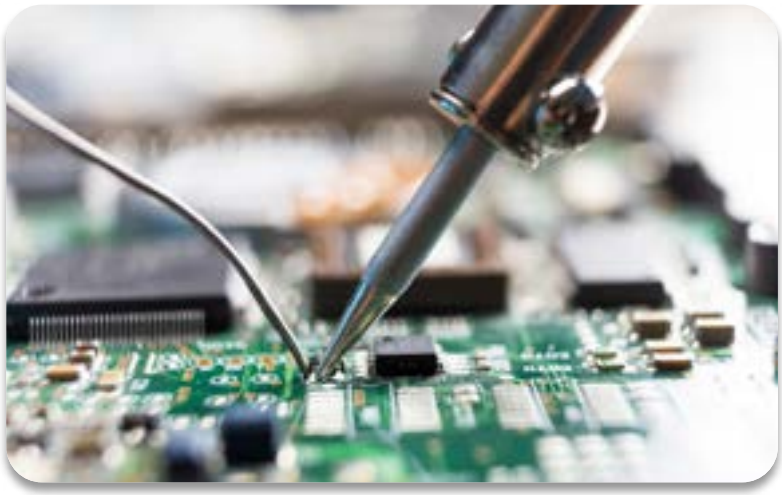
**ç) Lehim Pompası:** Lehimleri sökmek veya eski lehimleri temizlemek amacıyla kullanılan alettir. Isıtılarak sıvı kıvama getirilen eski lehimler, lehim pompası yardımı ile emilir (Görsel 3.4).



Görsel 3. 4: Lehim pompası

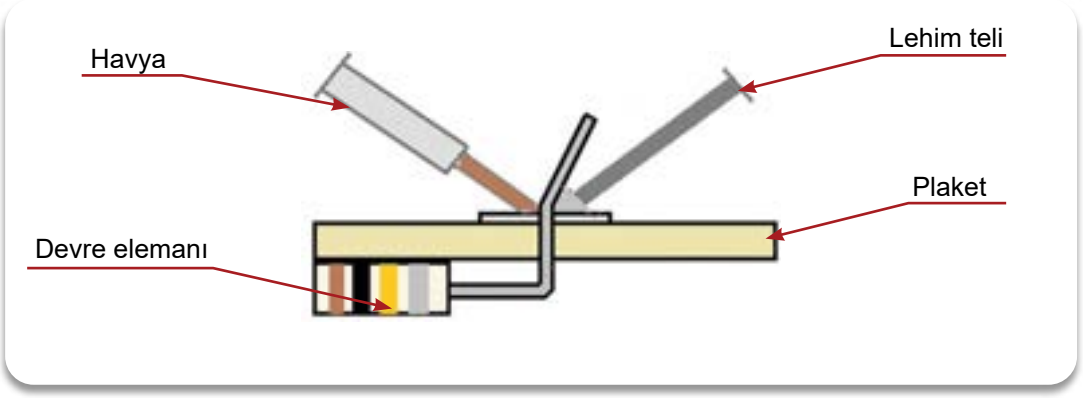
## 3.1.2. Lehimleme

Lehim yapmadan önce lehimin yapılacağı yüzeyin veya eleman bacağının iyice temizlenmesi gerekir. Bunun için ince bir zımpara veya çakı ile lehim yapılacak baskı devre yüzeyi temizlenir. Havyanın ucu temiz ve uygun sıcaklıkta olmalıdır. Isınmış ve temizlenmiş havya ucuna lehim değdirilerek erimesi kontrol edilir. Üzerine bir miktar lehim alması sağlanır. Temizlenerek hazırlanmış, lehimlenecek parça üzerine de bir miktar lehim pastası sürülür. Isınmış havya ucu, lehimlenecek kısma değdirilir ve bir süre beklenir. Bu arada pasta eriyerek havya ucunu temizlerken havya ucundaki lehim de lehimlenecek parçanın üzerine yapışır. Bu aşamadan sonra havyanın ucu lehimlenen elemanın üzerinden çekilmeli ve lehim yeri kesinlikle oynatılmamalıdır (Görsel 3.5).



Görsel 3. 5: Lehimleme

Lehimleme anında havya ucundaki lehim yetersiz kalırsa ısınan parçada eriyecek şekilde yeteri kadar lehim verilmelidir. Havyanın lehim yerinde kısa kalması, lehim yüzeyini pürüzlü; fazla kalması, iğneli ve dağınık yapar. Normal sürede yapılan lehimin yüzeyi parlak, temiz, çatlaksız, deliksiz, küçük ve doğal bir tepe görüntüsündedir (Şekil 3.1).

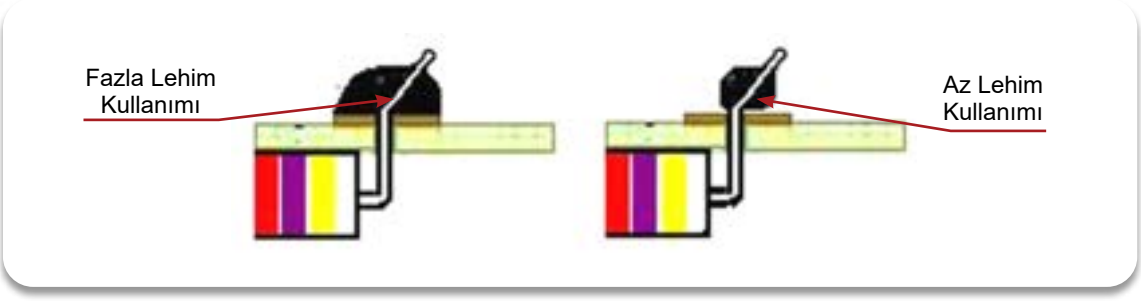



Şekil 3.1: Doğru lehimleme yöntemi

İyi bir lehimlemenin özellikleri şunlardır:

- Parlak bir görünüşü vardır, üzerinde ya da çevresinde pasta veya kir yoktur.
- Yüzeyi düz, pürüzsüz ve deliksizdir.
- Kubbemsi bir şekli vardır. Çok yaygın ya da çok sivri değildir.

Lehimlenen malzeme bacaklarının lehimin içinde kalan bölümünün hatları fark edilir.




Şekil 3.2: Hatalı lehimleme örnekleri

Lehimleme hataları şu şekilde sıralanabilir:

- Yeteri kadar lehim kullanılmamışsa bağlantı sağlam olmaz (Şekil 3.2).
- Çok fazla lehim kullanılmışsa fazla lehim yayılarak kısa devrelere yol açabilir (Şekil 3.2).
- Lehimleme sırasında, lehim donmadan malzemeler hareket ettirilmişse lehim sağlam olmaz.
- Lehimlenecek yer iyi temizlenmemişse ortaya sağlıksız bir lehim çıkar. Daha sonra devrede arızalara yol açabilir.
- Lehimleme sırasında havya sıcaklığı uygun değilse soğuk lehim meydana gelir. Soğuk lehim durumunda malzemeler tam olarak bağlanamaz veya bir süre sonra bağlantı kopar.

## 3.1.3. Lehim Sökme İşlemi



Görsel 3. 6: Lehim sökme

Elektronik devrelerde arıza durumunda parça değiştirilmesi, en sık rastlanan işlerdendir. Değiştirilecek parça baskı devreye ya da diğer elemanlara lehimlenerek tutturulmuşsa (Çoğu kez böyledir.) bu elemanın bağlantısını sağlayan lehimin eritilmesi gerekir. Bazen sadece eritme yetmez ve bölgede bulunan tüm lehimin alınması gerekir. Örnek olarak direnç, diyot gibi iki bacaklı elemanlar bağlı oldukları yerden sökülürken tek bacaktaki lehim eritilip eleman çekilerek bağlantıdan kurtarılır. Daha sonra da aynı işlem diğer bacak için yapılır. Buna göre iki bacaklı elemanların bükülmesinde lehimi eritmek için havya; parçayı çekmek için kargaburnu, cımbız gibi aletlerin dışında özel bir lehim sökücü kullanılması gerekli olmayabilir. Buna karşılık entegreleri lehimli oldukları yerden sökerken bacakları tek tek kurtarmak mümkün olmadığı için her bacağın bağlantısındaki lehimi eritip o bölgeden tamamen almak gerekir. Lehimin tamamen temizlenip alınmasında lehim pompası, lastik balonlu lehim gücü havya veya lehim emme fitili kullanılır.

Lehim pompasının ucu sıcaklıktan etkilenmeyen bir maddeden yapılmıştır ve lehim pompası üst tarafında bulunan düğmenin içeri itilmesiyle kurulan bir alettir. Temizlenecek olan lehim ilk önce havyayla ısıtılarak eritilir. Bu anda lehim pompası kurulu olarak ucu lehime değecek biçimde tutulmalıdır. Lehim erimeye başladıktan sonra aletin yan tarafında bulunan butona basılır. Kurulu olan lehim pompasının pistonu kurtulur ve geriye doğru hızla giderken lehim pompasının ucunda bir emme basıncı oluşur. Bu basınç erimiş olan lehimi çeker (Görsel 3.6).

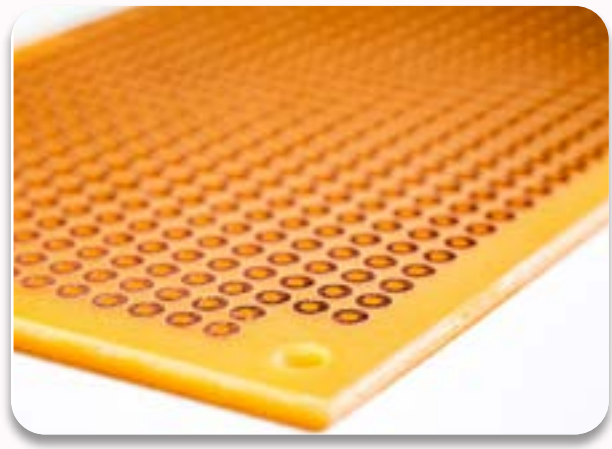
**Amaç**: Üniversal plaket üzerinde lehimleme yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| İletken tel | 0,75 mm² kesitinde 1 m uzunluğunda | 1 adet |
| Üniversal plaket | 5 x 5 cm | 1 adet |
| Direnç | Ω değeri önemli değil | 1 adet |
| El aletleri | Yan keski ve kargaburnu | |
| Lehimleme seti | Havya, lehim teli, pasta, pompa | 1 adet |

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Havya prize takılarak havyanın ısınması beklenir.
4. Üniversal plaket üzerindeki ilk iki sırada bulunan her bir halka lehimle kaplanacak şekilde lehimleme yapılır (Görsel 3. 7).
5. 5 cm uzunluğunda teller kesilerek diğer 3 ve 4. sıradaki deliklere lehimlenir.
6. Plaket üzerine direnç yerleştirilerek direncin ayakları lehimlenir.
7. Lehimlenmiş olan direnç elemanı lehim pompası yardımıyla sökülerek tekrar lehimlenir.



Görsel 3.7: Üniversal plaket

**Uygulama Değerlendirme**

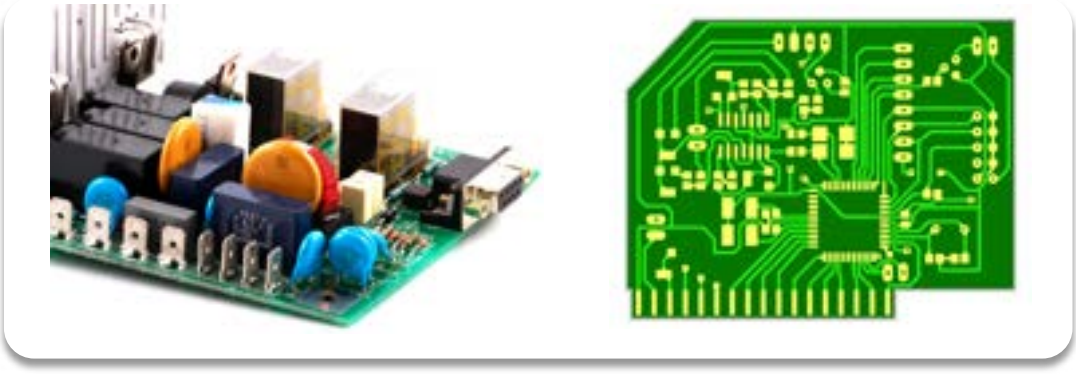
Aşağıdaki tabloda belirtilen değerlendirme ölçütlerine uygun olarak işlem basamaklarında belirtilen işlemleri öğretmeninizin kontrolünde gerçekleştiriniz. Uygulamayı tamamladıktan sonra plaketi öğretmeninize teslim ediniz.

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Baskı devre şeklinin aydıngere alt ve üst görünüşlerinin çıkartılması | 15 | |
| 3 | Plaket padlerinin doğru lehimlenmesi | 10 | |
| 4 | Tellerin uygun uzunlukta kesilerek lehimlenecek şekilde soyulması | 15 | |
| 5 | Tellerin doğru olarak lehimlenmesi | 20 | |
| 6 | Direnç elemanının doğru lehimlenmesi | 15 | |
| 7 | Direnç elemanının doğru sökülmesi | 15 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 3.2. BASİT ELEKTRONİK DEVREYİ BAKIR PLAKET ÜZERİNE ÇIKARMA

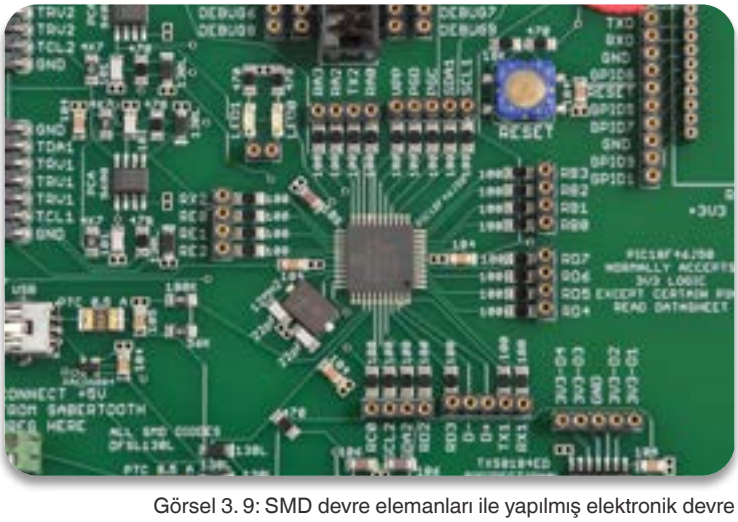
## 3.2.1. Baskı Devre Plaketlerinin Yapısı

Elektronik devre elemanlarının üzerine yerleştirildiği ve bu elemanlar arasındaki elektriksel bağlantının bakırlı yüzeyde oluşturulan iletken yollarla sağlandığı plakalara **baskı devre plaketi** (Printed Circuit Board-Printıd sörkit bord-PCB) veya kısaca **baskı devre** adı verilir. Baskı devre üzerine yerleştirilen devre elemanlarının bacakları deliklerden geçirilir ve alt bölümdeki bakırlı bölgeye lehimlenir (Görsel 3.8). Elektronik devre elemanları bu bakırlı yollar aracılığıyla birbirine bağlanır.



Görsel 3.8: Baskı devre plaketi üst ve alt görünüm

Devre elemanı hem fiziki hem de elektriksel olarak devreye bağlanmış olur. Daha küçük yapıya sahip ve küçük akımlarla çalışan devrelerde çift tarafı bakırlı olan ve her iki yüzeyine de **yüzey montajlı** (Surface Mount Device-sörfis maut divays-SMD) devre elemanları ile elektronik devreler oluşturulmaktadır (Görsel 3.9).



Görsel 3. 9: SMD devre elemanları ile yapılmış elektronik devre

Elektronik devrelerin baskı devre plaketleri üzerine yapılmasının sağladığı faydalar şunlardır:

- Elektronik devrelerin seri üretimi kolaylaşır.
- Cihazların fiziki boyutları küçülür, ağırlığı azalır.
- Seri üretimin artması sonucu cihazların fiyatları düşer.
- Baskı devre plaketi malzemeleri toparlayacağından devre sadeleşir, yapım ve onarım kolaylaşır.
- Tel şeklinde iletkenler daha az kullanılacağından özellikle yüksek frekanslı devrede distorsiyon (elektriksel gürültü) azalır.

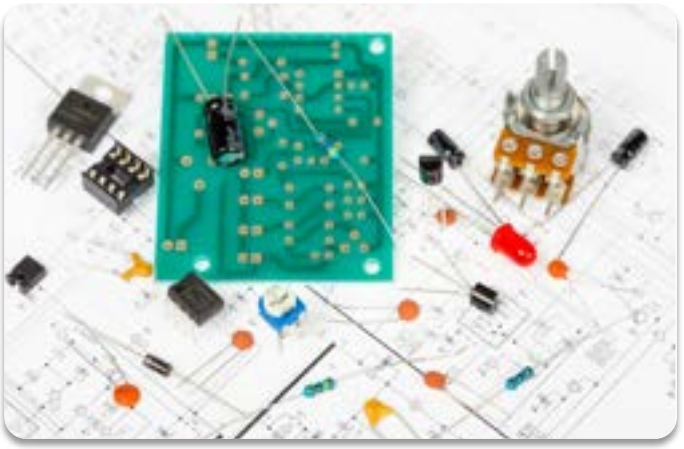
Bu sayılan faydalardan dolayı küçük cep telefonlarından televizyon cihazına kadar her tip elektronik devre, baskı devre plaketi üzerine monte edilebilmektedir.

Baskı devre çizilmesi sürecine elemanların plaket üzerine yerleşim planı yapılarak başlanır. Yerleşim planı yapılırken estetik görünüş dışında bazı teknik özelliklere de dikkat etmek gerekmektedir.

Elemanların yerleştirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Devredeki elemanların boyutları göz önüne alınmalıdır. Elemanların boyutları baskı devre plaketinin büyüklüğünü de belirleyecektir.
- Transistör, tristör gibi elemanlar dik; direnç, diyot gibi elemanlar yatık olarak monte edilmelidir.
- Transistör, tristör gibi üç bacaklı elemanların bacakları arasındaki mesafe çok fazla ya da çok az olmamalıdır.
- Yüksek frekanslı devrelerde birden fazla bobin varsa bunlar yan yana yerleştirilir.
- Yüksek güçlü transistör, triyak gibi elemanların soğutucuları da hesaba katılmalıdır.

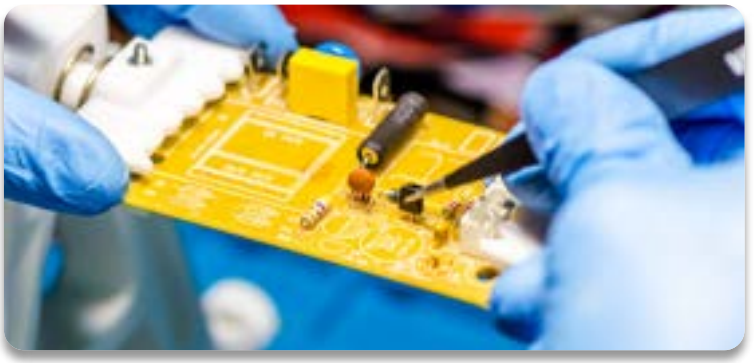
Bu hususlar dikkate alınarak milimetrik (ya da kareli) kâğıt üzerine devrenin üstten görünüşü çizilecektir (Görsel 3.10). Bunu yapmadan önce devre şeması baskı devreye aktarılmaya uygun olacak şekilde değiştirilir. Bu değişiklikler devrenin elektriksel bağlantısıyla ilgili değil hatların boyları ve geçtiği yerler gibi estetiğe ilişkin ve baskı devrenin çıkarılmasını kolaylaştırıcı değişikliklerdir.



Görsel 3.10: Devre şemasına uygun olarak elemanların yerleştirilmesi

## 3.2.2. Plaket Boyutunun Belirlenmesi

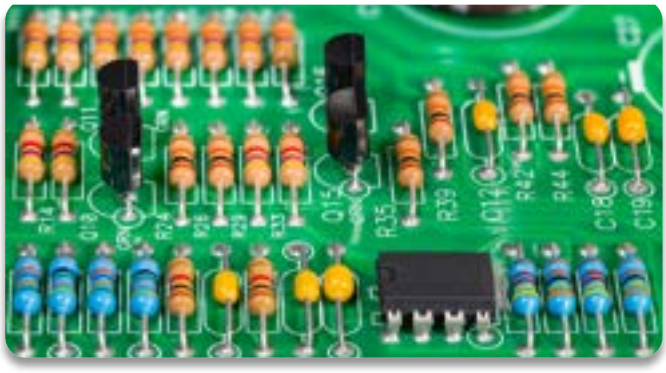
Baskı devrenin hazırlanması için devrede bulunan elektronik elemanların plaket üzerine yerleşim şekli düşünüldükten sonra gerekli sadelik sağlanarak şema yeniden düzenlenir. Oluşturulacak devrede kullanılacak elemanların gerçek boyutları ölçülerek baskı devre şemasına kaydedilir (Görsel 3.11).



Görsel 3.11: Elemanların gerçek boyutlarına göre devre şemasının belirlenmesi

## 3.2.3. Yerleştirme Şekli ve Montaj Ölçülerinin Ayarlanması

Elektronik devre elemanları, plaket üzerine dik ve yatay olarak monte edilir. Genelde üç ve daha çok bacaklı elemanlar, aradaki mesafe ve estetik görünüm dikkate alınarak dik ya da yatay olarak monte edilir. Baskı devre plaketi üzerine elemanların paralel veya dik montajına karar verilmelidir. Eğer üç bacaklı elemanların arasındaki mesafe yeterli ise bacakların gövdeye bağlı olduğu ölçüde plakete takılması önerilir (Görsel 3.12).



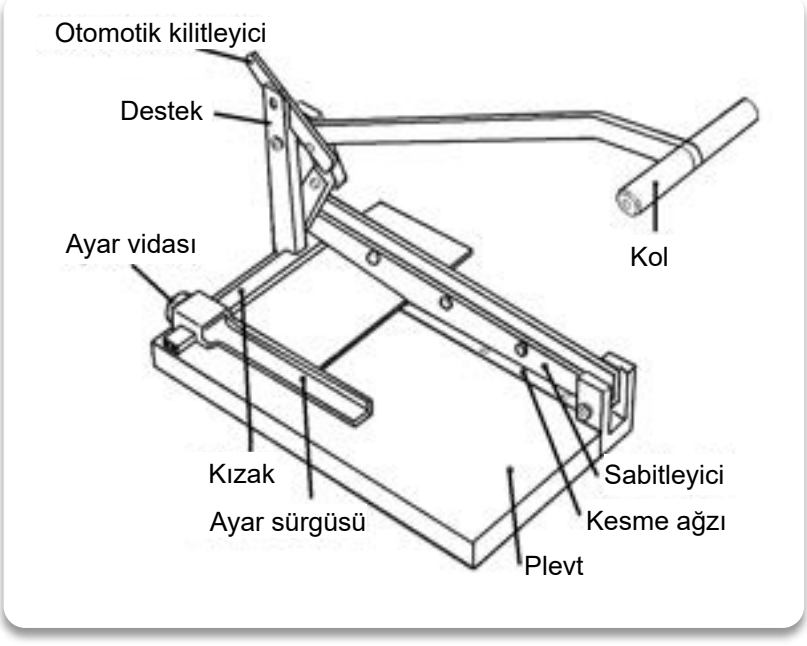
Görsel 3.12: Devre elemanlarının montaj şekillerinin ayarlanması

## 3.2.4. Baskı Devre Plaketinin Hazırlanması

Baskı devre plaketleri, uygulanacak devrenin büyüklüğüne göre istenilen ölçülerde olmayabilir. Bunun için plaketleri kesmek gerekir. Kesme işleminde yeterince dikkat edilmezse eğri kesimler, baskı devre plaketinde çatlama ve bakır levhada kopmalar meydana getirebilir. Bu olaylar devrenin çalışmamasına ve mekanik dayanıklılığın azalmasına sebep olur. Sağlıklı bir kesme işlemi için aşağıdaki metotlar kullanılır.

### 3.2.4.1. Giyotin Makasla Kesme

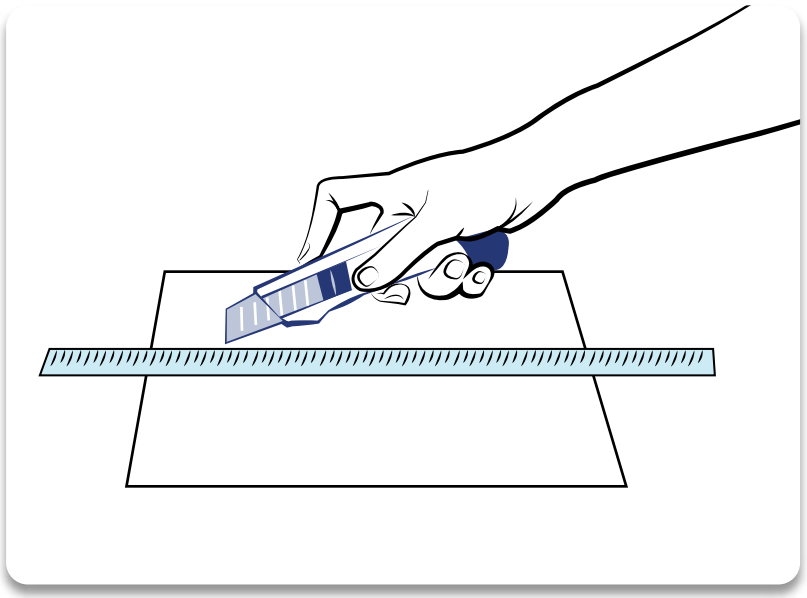
Sac veya presbant kesmek için kullanılan giyotin makasla baskı devre plaketi kesilebilir. Giyotin makasın emniyet kilidinin olmasına dikkat edilmelidir. Kesilecek plaket giyotinin kesme kapasitesinden fazla olmamalıdır. Sert ve çok kalın malzemeler kesilmemelidir. Bazı plaketler oda sıcaklığında kesilirse çatlama ve yırtıklar oluşabilir. Bunu önlemek için giyotin makas, 50~60 °C kadar ısıtılmalıdır (Şekil 3·3).




Şekil 3.3: Giyotin makası

### 3.2.4.2. Maket Bıçağı İle Kesme

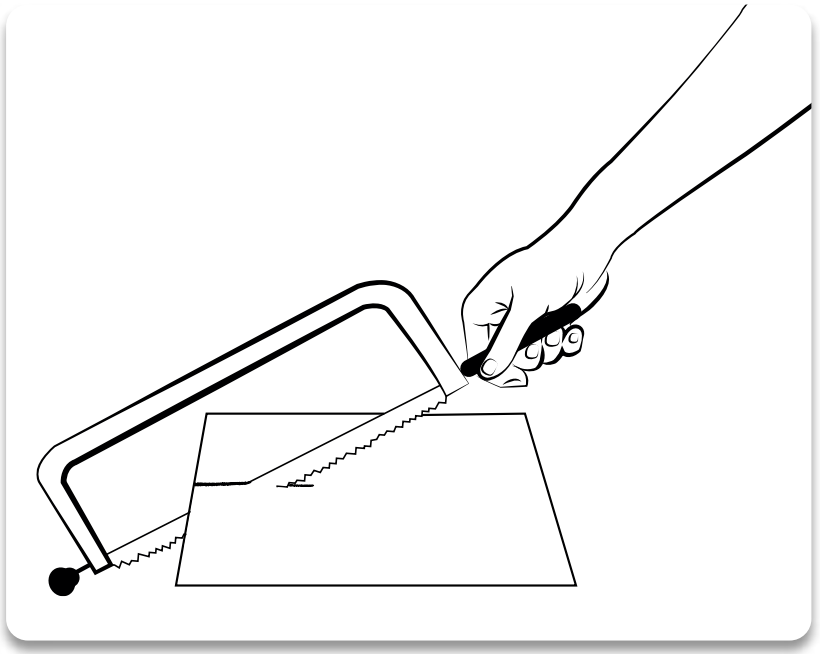
Plaket, özel plaket bıçağı veya maket bıçağı ile kesilebilir. Bakırlı yüzey üstte olacak şekilde masaya konur. Belirlenen ölçüde plaket çizilir. Cetvel veya bir mastar yardımı ile bakır levha kesilene kadar bıçakla çizilir. Plaket ters çevrilerek aynı çizgilerden taban kısmı çizilir. Plaket hafifçe ısıtılıp bükülerek kırılır. Pürüzlü kenarlar eğe kullanılarak düzeltilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4: Plaketi maket bıçağı ile kesme

### 3.2.4.3. Testere İle Kesme

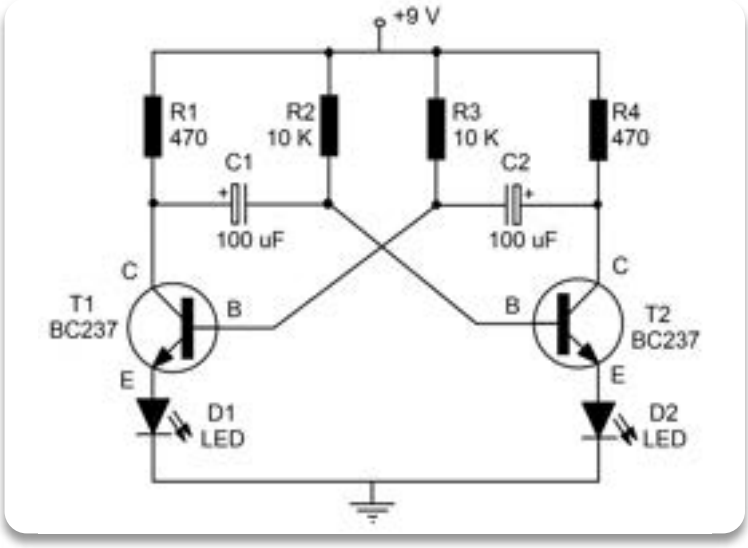
Küçük plaketler daha çok bu yöntemle kesilebilir. Kesme sırasında demir testeresi tercih edilmelidir. Bakırlı yüzey üste getirilmelidir. Kesme hızı yavaş olmalı ve plakette zorlama, eğme, bükme yapılmamalıdır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Testere ile plaket kesme

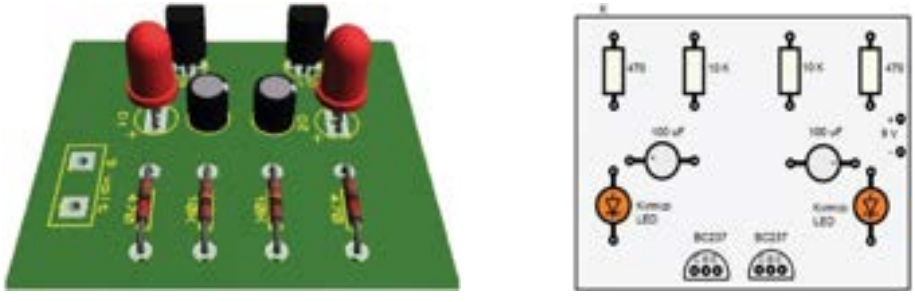
## 3.2.5. Patern Çıkarma

Devre şemasının bakırlı plaket üzerine aktarılacak hâle getirilmesine **patern** denir. Baskı devre plaketi üzerine aktarılacak olan paternin çıkarılabilmesi için milimetrik kâğıt kullanılır. Öncelikle devre şekli çizilir ve elemanlar isimlendirilir (Şekil 3.6).



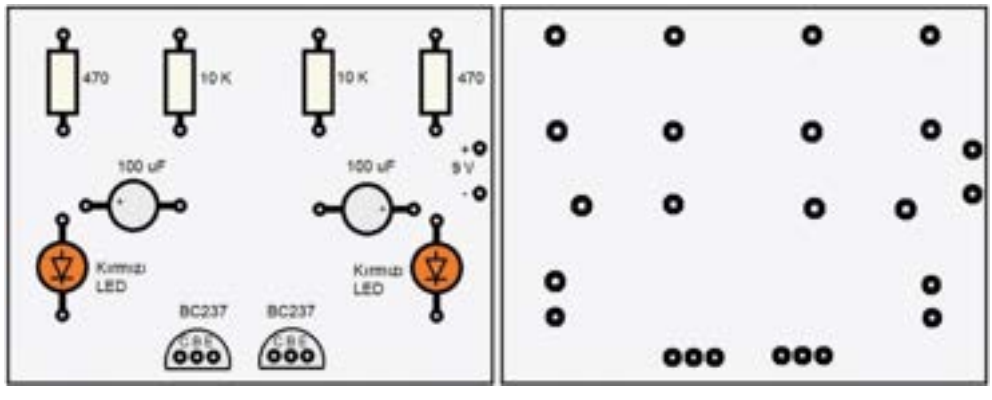

Şekil 3.6: Flip-Flop devre şeması

Elemanlar devre eleman boyutları göz önüne alınarak milimeterik kâğıt üzerine yerleştirilir (Şekil 3.7).



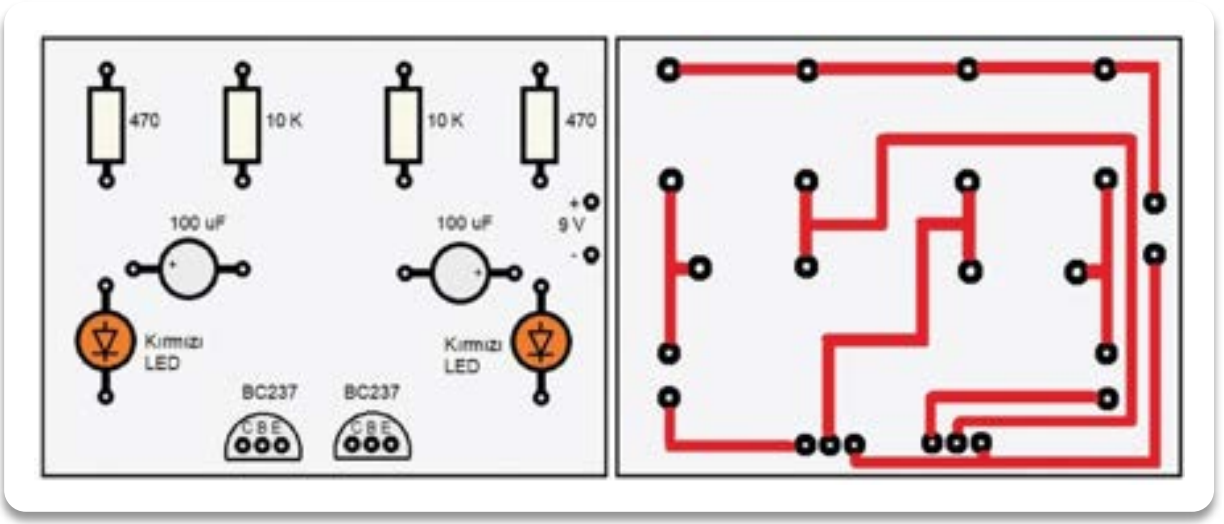
Şekil 3.7: Plaket üzerinde elemanların yerleşimi

Plaket üzerinde eleman yerleşimlerinin nokta konumları oluşturulur (Şekil 3.8).



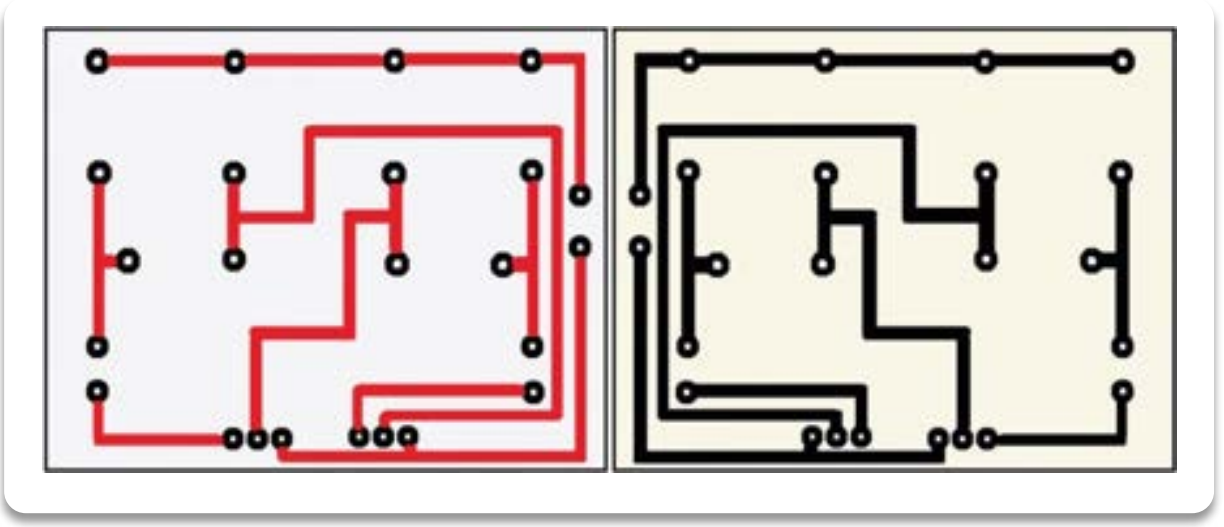

Şekil 3.8: Plaket üzerinde elemanların noktasal yerleşimleri

Elemanların plaket üzerinde yerleşimleri üstten bakacak şekilde, devre bağlantıları işaretlenmiş olan delikler üzerinden çizilir (Şekil 3.9).




Şekil 3.9: Plaket üzerindeki elemanların üstten yerleşimleri ve bağlantı yollarının çizimi

Plaketin bakırlı olmayan yüzeyine çizilen baskı devre plaket ters çevrilerek bakırlı yüzeye aktarılır. Devre bakırlı yüzeye aktarılırken devreden geçecek akım miktarı ve asit çözeltisinde tam erime olmayacak kalınlıkta baskı devre kalemi kullanılarak devre çizilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Plaket üzerinde bağlantı yollarının çizimi (üstten ve alttan görünümleri)

Patern çıkarırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Aşırı ısınmaya maruz kalacak devre elemanları üzerinde soğutucu vb. kullanılacaksa tasarım buna göre yapılmalıdır.
- Devre bir kutu veya başka bir yere montaj yapılacaksa plaket köşelerinde vida alanı bırakılmalıdır.
- İletim yolları tasarlanırken iletim yollarının birbirleriyle kesişmemesine özen gösterilmeli, minimum düzeyde atlamalar kullanılmalıdır.
- Elemanların plakete yerleşimleri düzgün ve belirli hizada olacak şekilde yapılmalıdır.

- Bir eleman alana nasıl yerleştirildiyse aynı türdeki diğer elemanlar da o elemana paralel yerleştirilmelidir.
- Direnç, diyot gibi elemanların ayakları yatay; transistör, kondansatör, regülatör entegresi gibi elemanların ayakları dikey olarak monte edilmelidir.
- İşaretleme yapılırken deliklerin aynı hizada olmasına özen gösterilmelidir.
- Trimpot, potansiyometre, trimer kondansatör gibi ayarlanan elemanlar için plaketin kenarına bir yer tespit edilmeli ve ona göre yerleştirilmelidir.
- Transformatör, bakırlı plaket üzerine monte edilmemelidir.
- Yüksek akım çeken ve ısınan elemanların kullanacağı yolların daha kalın yapılmasına dikkat edilmelidir. Diğer elemanların ortaya çıkacak ısıdan etkilenmemesi için mesafeli yerleştirilmelidir.

## 3.2.6. Paternin Baskı Devre Plaketi Üzerine Aktarılması

Baskı devre çiziminin tasarlanması zihinsel bir çalışmadır. Üzerinde ne kadar fazla düşünülürse ve bilgi birikimi ne kadar fazla ise o kadar iyi çizim yapılabilir. Çizimin bakırlı plaket üzerine aktarılması ise başka bir süreçtir. Çizimin bakırlı plakete aktarılmasında aşağıdaki yöntemler kullanılır.

### 3.2.6.1. Baskı Devre Kalemi Metodu

Kâğıt üzerine yapılan çizim bakırlı plaketin bakır kaplı olan yüzüne baskı devre kalemi ile aktarılır. Aktarma işlemi elle yapılır. Bu yöntem basit ve kalitenin pek aranmadığı uygulamalarda tercih edilir. Sonuçta, bakırlı yolların elle çizilmiş olduğu belli olur. Baskı devre kaleminin özelliği, çizilen yollar kuruduktan sonra eritici sıvıda boyanın kalkmamasıdır. Baskı devre kalemi permanant kalem olarak da bilinir.

### 3.2.6.2. Foto Rezist Metodu

Bu metotta devrenin bağlantı yollarının çizimi aydınger kâğıt üzerine yapılır. Aydınger üzerine yapılan çizim elle yapılacağı gibi bilgisayar programları aracılığıyla yapılıp lazer yazıcıdan da elde edilebilir. Çizim elle yapılacaksa rapido kalem veya baskı devre kalemi kullanılır.

Aydıngere çizilen çizgiler, net ve koyu olmalıdır. Koyu olan yerler ışık geçirmeyecek şekilde tam koyu, aydıngerin diğer yerleri ise tertemiz ve lekesiz olmalıdır. Foto rezist metodunda ışığa dayanıklı bir madde kullanılır. Bu madde piyasada POZİTİF 20 olarak adlandırılmakta ve bu isimle satılmaktadır. Bu yüzden bu metot **POZİTİF 20 metodu** olarak da adlandırılır.

### 3.2.6.3. Serigrafi Metodu

Bu metotta da devrenin bağlantı yollarının şekli aydıngere aktarılır. Aydınger üzerine çizme işlemi, foto rezist metoduyla tamamen aynıdır. Serigrafi metodunda nakış çerçevesi gibi bir çerçeveye ipek gerilir. Gerek çerçeve gerekse ipek piyasada ayrı ayrı bulunabileceği gibi ipek çerçeveye gerilmiş biçimde hazır da satılmaktadır. İpeğin gözenek sayısı çok olanı kullanılırsa baskı devre daha kaliteli olacaktır. Kırmızı ışıkla hafifçe aydınlatılmış bir odada ipek üzerine ışığa duyarlı madde uygulanır. Bundan sonra aydınger gergin ipek üzerine konup ultraviyole ışık ile pozlandırmaya bırakılır. İpek pozlandıktan sonra musluk altında yıkanır ve kurutulur. Yıkama sonucunda ışık geçen yerlerdeki boyalar çıkarken diğer kısımlardaki boyalar kalır. İpek üzerine dökülen yağlı boya ile çizim ipeğe aktırılmış olur. İpek, gerekli yerlerin boyanmasını diğer yerlerin boyanmamasını sağlayan bir süzgeç görevi yapar.

## 3.2.7. Baskı Devreyi Plaket Üzerine Çıkarma Yöntemleri

Yukarıda sayılan yöntemlerin tümünde baskı devrenin kesilmesi, hazırlanması ve temizlenmesi süreci aynıdır. İlk iş olarak plaket, çizimde belirtilen boyutlarda kesilir. Kesme işleminde mümkünse giyotin makas, olmadığı takdirde düzgün zemin üzerinde çelik metre ile maket bıçağı kullanılabilir. Kesme işlemi sırasında plaketin yüzeyi zedelenmemeli, kenarları çapaklanmamalıdır. Bunun için plaket hafifçe ısıtılabilir.

Plaketin bakırlı yüzünün tertemiz, her türlü leke ve yağdan arınmış olması çok önemlidir. Bakır yüzünün lavabo ovulması işleminde kullanılan temizlik maddelerinden biriyle ovulması ve musluk suyuyla yıkanması gerekir. Yıkama işleminde bol su kullanılmalıdır. Bundan sonra bakır yüz temiz, kuru ve tüy bırakmayan bir bezle kurulanmalıdır. Bakırlı yüze elle temas bile lekelenmeye ve ilerde baskı devrenin hatalı çıkmasına neden olabilir. Kurulama bezi dışında, plaket saç kurutma makinesi ile de kurutulabilir.

Paterni çıkartılan baskı devrenin plaket üzerine aktarılması ve banyo işleminden geçirilmesi gerekir. Banyo işlemi, bakırı eriten çözeltilerle yapılır. İşlem sırasında devre hatlarının erimemesi için amatör olarak baskı devre kalemi ve ütüleme yöntemleri; profesyonel olarak foto rezist (POZİTİF 20), serigrafi ve CNC kazıma yöntemleri kullanılır.

Yapılacak uygulamalarda aşağıda yazılı iki yöntem kullanılacaktır.

a) **Baskı Devre Kalemi Yöntemi:** Patern, karbon kâğıdı ile bakırlı plaket üzerine aktarılır ve baskı devre kalemi ile hatlar üzerinden geçilir. Baskı devre kalemlerinin mürekkepleri aside dayanıklıdır. Dolayısıyla mürekkepler eritme işleminden etkilenmez.

b) **Ütüleme Yöntemi:** Bu yöntemde özel transfer kâğıdı ve ütü kullanılır. Hazırlanan baskı devre çizimi, lazer yazıcıdan transfer kâğıdı üzerine çıkarılır. Bakırlı yüzeyin üzerine patern yerleştirilir ve kızgın ütü ile kâğıdın üzerine bastırılarak çizimin bakır yüzeye geçmesi sağlanır. Bu işlem sırasında transfer kâğıdı bakır yüzey üzerinde kaydırılmamalı ve tüm çizim aktarılana kadar ütü ile ısıtma işlemine devam edilmelidir.

Patern, plakete aktarıldıktan sonra bakır yollar dışında kalan fazlalıklardan kurtulmak için asit banyosu hazırlanmalıdır. Asit banyosu hazırlanırken önce dört ölçek tuz ruhu kaba dökülür ve ardından bir ölçek perhidrol azar azar kaba ilave edilir. Seyrelti oranına göre kullanılacak perhidrol oranında değişiklik yapılabilir. Baskı devre plaketi eriyik içine bakırlı yüzey üstte kalacak şekilde yerleştirilir. Eritme işleminin hızlandırılması ve bakırlı yüzey üzerinde oluşan hava kabarcıklarının giderilmesi için plastik kap, bir kenarından tutulup aşağı yukarı hareket ettirilerek istenmeyen bakır yüzeylerin tamamen erimesi beklenir. Eritme işlemi tamamlandıktan sonra baskı devre plaketi alınıp temizlenir ve kurutulur.

## 3.2.8. Elemanların Baskı Devre Plaketi Üzerine Montajı

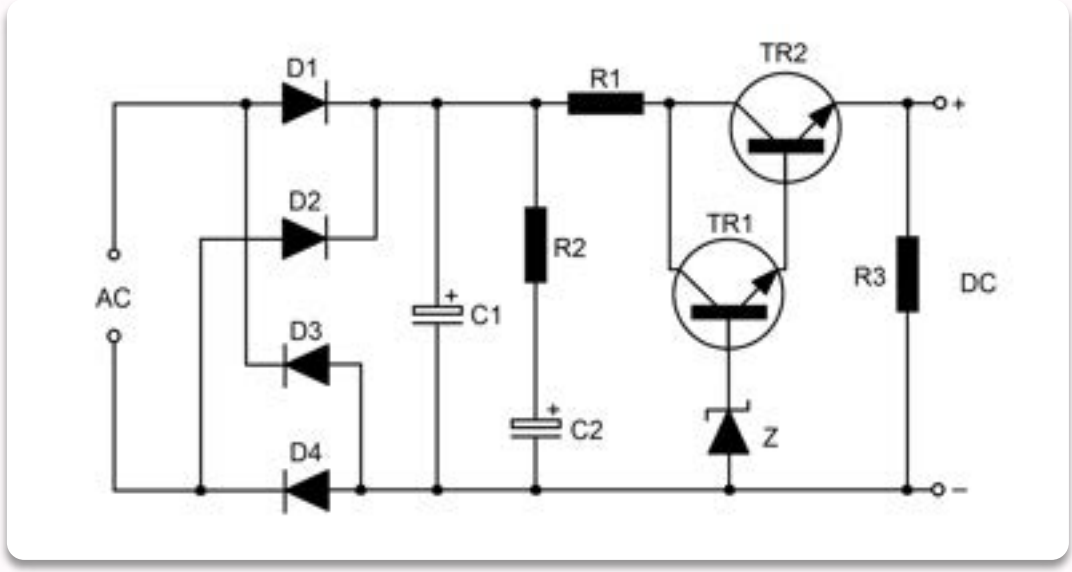
Baskı devre çıkarıldıktan sonra montaj aşamasına geçilir. Montaj aşamasında yapılacak ilk işlem, elemanların plaket üzerine yerleştirilebilmesi için gerekli olan deliklerin delinmesi işlemidir. Önceden belirlenen eleman ayak delik noktaları uygun matkap ucuyla delinir.

Montaja başlamadan önce ölçü aleti ile bakır yollar, kısa devre ve açık devre ihtimallerine karşılık kontrol edilir. Kısa devre noktaları varsa maket bıçağı ile bu kısa devreler giderilir. Devre elemanları, yerleşim planına uygun olarak ve elemanlarının uçlarına dikkat edilerek bakırlı plakete yerleştirilir. Son kontroller yapılarak bakırlı plakete lehimlenir. Lehimleme esnasında elemanların fazla ısıtılmamasına dikkat edilmelidir. Son olarak transformatör gibi kart dışında kalan elemanların kart ile bağlantısı sağlanır. Montaj tamamlandıktan sonra devreye enerji verilerek kart test edilir. Test sonuçları normalse kart tamamlanmış demektir.

**Amaç:** Regüle devresinin baskı devre şemasını çıkarmak, devreyi kurmak ve enerji vererek çalıştırmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| $D_1$-$D_4$: 1N 4001 Diyot | Köprü diyot | 1 adet |
| $C_1$: 470 µF 35 V | Kondansatör | 1 adet |
| $C_2$: 10 µF 25 V | Kondansatör | 1 adet |
| Z: 12 V | 1/4 W Zener diyot | 1 adet |
| $Tr_1$: BC 237 | Transistor | 1 adet |
| $Tr_2$: BD 239 | Transistor | 1 adet |
| $R_1$: 1,2 Ω | 1 W Direnç | 1 adet |
| $R_2$: 470 Ω | 1/4 W direnç | 1 adet |
| $R_3$: 1 kΩ | 1 W direnç | 1 adet |
| Bakır plaket | 5 x 10 cm | 1 adet |
| Baskı devre kalemi | S ve M uç kalınlığına sahip | 2 adet |
| Milimetrik kâğıt | B5 boyutunda | 1 adet |
| Karbon kâğıt | B5 boyutunda | 1 adet |
| Matkap ve matkap ucu | Delikler için uygun uçlar | 1 adet |
| Perhidrol ve tuz ruhu | | 50 ml ve 500 ml |
| Lehimleme seti | Havya, lehim teli, pasta, pompa | |
| Multimetre | | 1 adet |
| El aletleri | Yan keski, kargaburnu | |




Şekil 3.11: Regüle devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Şekil 3.11'deki şemaya göre baskı devre şekli aydıngere alt ve üst görünüşleri çıkartılır.
4. Pertinaks banyosu ve temizliği yapılır.
5. Baskı devre alt şeması pertinaks üzerine aktarılır.
6. Gerekli eritme sıvısı hazırlanır ve plaket eritilerek iletim yollarının kalması sağlanır.
7. Devre elemanlarının ayak yerleri delinir.
8. Devre elemanlarının montajı yapılır.
9. Devreye gerilim uygulanarak voltmetre ile gerekli ölçmeler yapılır.

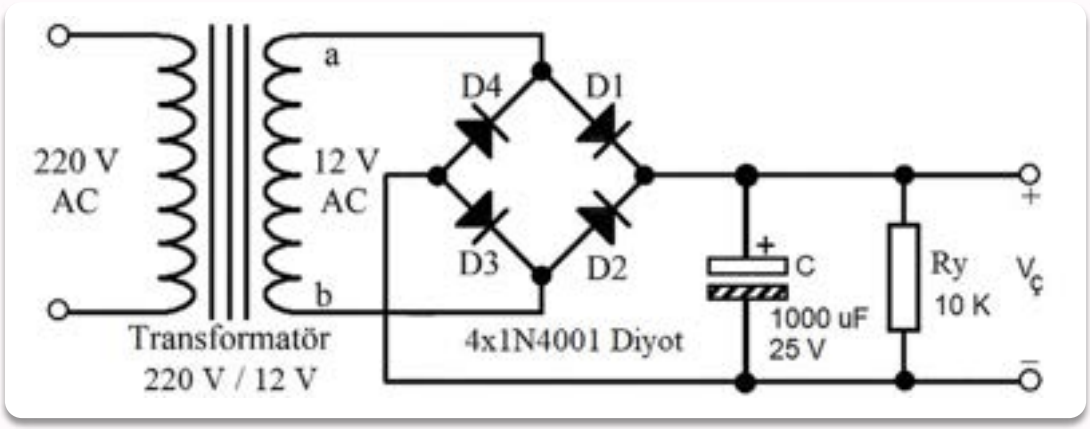
**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Baskı devre şeklinin aydıngere alt ve üst görünüşlerinin çıkartılması | 15 | |
| 3 | Baskı devre alt şemasının pertinaks üzerine aktarılması | 10 | |
| 4 | Gerekli eritme sıvısının hazırlanması | 10 | |
| 5 | Devre elemanlarının ayak yerlerinin delinmesi ve devre elemanlarının montajının yapılması | 15 | |
| 6 | Devreye gerilim uygulanarak voltmetre ile gerekli ölçümlerin yapılması | 10 | |
| 7 | Uygulama sonunda, kullanılan araç gereçlerin düzenli bırakılması | 15 | |
| 8 | Yapılan işi kayıt altına almak için temrin dosyasının düzenli tutulması | 15 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Köprü tipi tam dalga doğrultmacın baskı devresini çıkarmak ve enerji vererek çalıştırmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Bakır plaket | 5 x 10 cm | 1 adet |
| Baskı devre kalemi | S ve M uç kalınlığına sahip | 1 adet |
| Milimetrik kâğıt | B5 boyutunda | 1 adet |
| Karbon kâğıt | B5 boyutunda | 1 adet |
| Direnç | 10 kΩ | 1 adet |
| Kondansatör | 1000 µF 25 V kutuplu | 1 adet |
| Matkap ve matkap ucu | Delikler için uygun uçlar 1 adet | 1 adet |
| Perhidrol ve tuz ruhu | | 50 ml ve 500 ml |
| Lehimleme seti | Havya, lehim teli, pasta, pompa | |
| Multimetre | | 1 adet |
| El aletleri | Yan keski, kargaburnu | |




Şekil 3.12: Köprü tipi tam dalga doğrultmaç devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Şekil 3.12'deki devre eleman ölçüleri alınarak milimetrik kâğıt üzerine üstten görünüş şekli çizilir.
4. Üstten çizilen şekil ters çevrilerek milimetrik kâğıda çizilir.
5. Pertinaks banyosu ve temizliği yapılır.
6. Patern, karbon kâğıdıyla bakırlı plaket üzerine aktarılır.
7. Baskı devre kalemi ile hatlar üzerinden geçilir ve hatlar kalınlaştırılır.
8. Gerekli eritme sıvısı hazırlanır ve plaket eritilerek iletim yollarının kalması sağlanır.
9. Devre elemanlarının ayak yerleri delinir.
10. Devre elemanlarının montajı yapılır.
11. Devreye gerilim uygulanarak voltmetre ile gerekli ölçmeler yapılır.

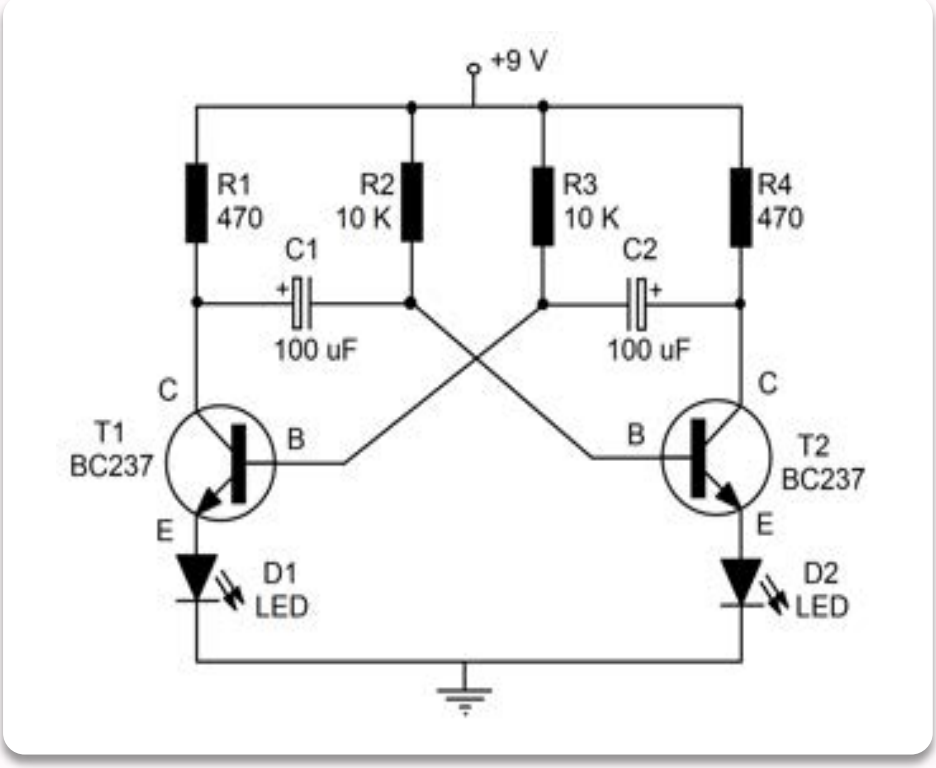
**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Baskı devre şeklinin aydıngere alt ve üst görünüşlerinin çıkartılması | 15 | |
| 3 | Baskı devre alt şemasının pertinaks üzerine aktarılması | 10 | |
| 4 | Gerekli eritme sıvısının hazırlanması | 10 | |
| 5 | Devre elemanlarının ayak yerlerinin delinmesi ve devre elemanlarının montajının yapılması | 15 | |
| 6 | Devreye gerilim uygulanarak voltmetre ile gerekli ölçümlerin yapılması | 10 | |
| 7 | Uygulama sonunda, kullanılan araç gereçlerin düzenli bırakılması | 15 | |
| 8 | Yapılan işi kayıt altına almak için temrin dosyasının düzenli tutulması | 15 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Flip flop devresinin baskı devresini çıkarmak ve devreye enerji vererek devreyi çalıştırmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Bakırlı plaket | 5 x 5 cm | 1 adet |
| Baskı devre kalemi | S ve M uç kalınlığına sahip | 1 adet |
| Milimetrik kâğıt | B5 boyutunda | 1 adet |
| Karbon kâğıt | B5 boyutunda | 1 adet |
| Direnç | 470 Ω | 2 adet |
| Direnç | 10 kΩ | 2 adet |
| Transistör | BC 237 | 2 adet |
| Kondansatör | 100 µF / 16 V | 2 adet |
| LED diyot | | 2 adet |
| DC güç kaynağı | 9 V | 1 adet |
| Matkap ve matkap ucu | | 1 adet |
| Perhidrol ve tuz ruhu | | 50 ml ve 500 ml |
| Lehimleme seti | Havya, lehim teli, pasta, pompa | |
| El aletleri | Yan keski, kargaburnu | |




Şekil.3.13: Flip flop devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç hazırlanır.
3. Şekil 3.13'te görülen devreye ait eleman ölçüleri alınarak bu devrenin üstten görünüş şekli milimetrik kâğıt üzerine çizilir.
4. Üstten çizilen şekil ters çevrilerek milimetrik kâğıda çizilir.
5. Pertinaks banyosu ve temizliği yapılır.
6. Patern, karbon kâğıdıyla bakırlı plaket üzerine aktarılır.
7. Baskı devre kalemi ile hatlar üzerinden geçilir ve hatlar kalınlaştırılır.
8. Gerekli eritme sıvısı hazırlanır ve plaket eritilerek iletim yollarının kalması sağlanır.
9. Devre elemanlarının ayak yerleri delinir.
10. Devre elemanlarının montajı yapılır.
11. Devreye gerilim uygulanarak voltmetre ile gerekli ölçmeler yapılır.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Baskı devre şeklinin aydıngere alt ve üst görünüşlerinin çıkartılması | 15 | |
| 3 | Baskı devre alt şemasının pertinaks üzerine aktarılması | 10 | |
| 4 | Gerekli eritme sıvısının hazırlanması | 10 | |
| 5 | Devre elemanlarının ayak yerlerinin delinmesi ve devre elemanlarının montajının yapılması | 15 | |
| 6 | Devreye gerilim uygulanarak voltmetre ile gerekli ölçümlerin yapılması | 10 | |
| 7 | Uygulama sonunda, kullanılan araç gereçlerin düzenli bırakılması | 15 | |
| 8 | Yapılan işi kayıt altına almak için temrin dosyasının düzenli tutulması | 15 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 4. ÖĞRENME BİRİMİ

## SAYISAL ELEKTRONİK TEMELLERİ



**KONULAR**

4.1. MANTIKSAL KAPI DEVRELERİ
4.2. SAYISAL DEVRELER

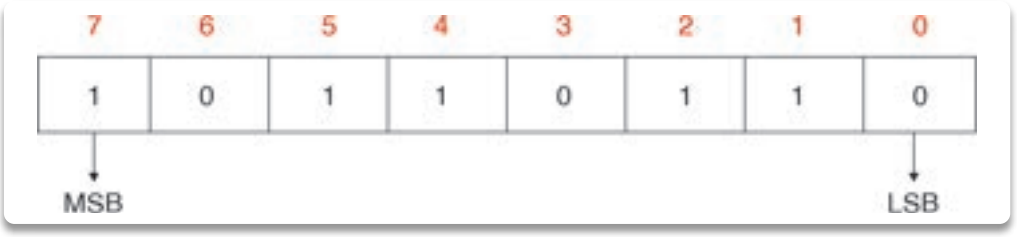
# 4.1. MANTIKSAL KAPI DEVRELERİ

## 4.1.1. Elektronik Sistemlerde Kullanılan Farklı Kodlar

Dijital (sayısal) elektronikte aşağıdaki dört çeşit sayı sistemi kullanılmaktadır.

- İkilik (Binary) Sayı Sistemi
- Onluk (Desimal) Sayı Sistemi
- Sekizlik (Oktal) Sayı Sistemi
- On altılık (Heksadesimal) Sayı Sistemi

**İkilik (Binary) Sayı Sistemi:** Binary sayı sisteminde iki adet rakam bulunur. Bunlar 0 ve 1'dir. Bu yüzden binary sayı sisteminin tabanı 2'dir. $(1011)_2$ şeklinde yazılır. Bu sayı sistemine İngilizcede ikili sayı anlamına gelen **binary numbers** yani **binary sayı sistemi** denilmiştir (Şekil 4.1). Her sayı dijit olarak ifade edilir ve basamaklar 2'nin kuvveti olarak yazılır. Örneğin 4 dijitten (haneden) oluşan yani 4-bitlik bir sayının bit ağırlıkları $2^3,2^2,2^1,2^0$ dır. Bit ağırlıklarının en küçük olduğu dijite **en küçük değerlikli bit** [LSB Least Significant Bit, (leist signifikent bit)] bit ağırlığının en büyük olduğu dijite ise en büyük değerlikli bit [MSB Most Significant Bit, (most signifikent bit)] denir. MSB tarafı en ağırlıklı bit, LSB tarafı en küçük değerlikli bittir.




Şekil 4.1: Bir byte'ın (8 bit) gösterilişi

**Onluk (Decimal) Sayı Sistemi:** Günlük hayatta kullanıldığından için bu sayı sisteminin tabanı 10'dur. $(348)_{10}$ şeklinde yazılır.

**Sekizlik (Octal) Sayı Sistemi:** Oktal sayı sisteminde sekiz adet rakam bulunmaktadır. Bunlar 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7'dir. Taban sayısı 8'dir. $(125)_8$ şeklinde gösterilir.

**On altılık (Heksadesimal) Sayı Sistemi:** Hexadesimal sayı sisteminde on adet rakam ve altı adet harf bulunur. Bunlar 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F'dir. Burada 10 = A, 11 = B, 12 = C, 13 = D, 14 = E, 15 = F'ye karşılık gelir. Tabanı ise 16'dır. $(1B3A)_{16}$ şeklinde yazılır.

## 4.1.2. Sayı Sistemlerinin Birbirlerine Dönüştürülmesi

- **Onluk (Decimal) Sayının İkilik (Binary) Sayıya Çevrilmesi**

Onluk sayı ikilik sayıya çevrilirken çevrilecek sayı, kalan en son sıfır ya da 1 oluncaya kadar binary sayının tabanı olan 2'ye bölünür. Kalanlar bir kenara yazılarak tersten ikilik sayı olarak yazılır.

**Örnek:** $(12)_{10}$ sayısının ikilik (binary) sayıya çevrilmesi.

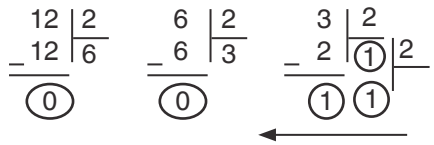
**Çözüm:**

| | |
|---|---|
| 12 / 2 = 6 | Kalan: 0 |
| 6 / 2 = 3 | Kalan: 0 |
| 3 / 2 = 1 | Kalan: 1 |
| 1 / 2 = yok | Kalan: 1 |

**Sayı** $(12)_{10} = (1100)_2$ **olur.**

**Çözüm:**

Bir başka şekilde yazılırsa




$(12)_{10} = (1100)_2$ **olur.**

- **İkilik (Binary) Sayının Onluk (Decimal) Sayıya Çevrilmesi**

**Örnek:** $(110)_2$ binary sayısının onluk sayıya çevrilmesi.

**Çözüm:**

$(110)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \Rightarrow 1 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 = 4 + 2 + 0 = (6)_{10}$ bulunur.

**Not:** Her bit kendi üstel kuvveti ile çarpılır ve hepsi toplanır.

**Örnek:** $(101)_2$ ve $(111)_2$ sayılarının onlu sayıya çevrilmesi.

**Çözüm:**

$(101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 4 + 0 + 1 = (5)_{10}$

$(111)_2 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 4 + 2 + 1 = (7)_{10}$

- **İkilik (Binary) Sayı Sistemini On altılık (Hexadecimal) Sayı Sitemine Çevrilmesi**

İkilik sayıyı on altılık sayı sistemine çevirmek için verilen ikilik sayı sağdan başlamak üzere dörder dörder gruplara ayrılır (En sonda kalan grup dörtlü olmasa dahi solundaki bitler 0 kabul edilir.). Ayrılan her grubun on altılık (hexadesimal) karşılığı yazılır.

**Örnek:** $(01011101)_2 = (\ldots.)_{16}$ on altılık karşılığını bulunuz.

**Çözüm:**

Dörderli gruplara ayırırsa

| 0101 | 1101 |
|---|---|
| 5 | D |

$(01011101)_2 = (5D)_{16}$ bulunur.

**Örnek:** $(101101011111)_2 = (\ldots.)16$ on altılık karşılığını bulunuz.

**Çözüm:**

Dörderli gruplara ayırırsa

| 1011 | 0101 | 1111 |
|---|---|---|
| B | 5 | F |

$(101101011111)_2 = (B5F)_{16}$ bulunur.

- **On altılık (Hexadesimal) Sayının İkilik (Binary) Sayıya Çevrilmesi**

On altılık (hexadesimal) sayıyı ikilik (binary) sayıya çevirme işlemi yapılırken düşük ağırlıklı değerden itibaren Hex sayı dört bitlik gruplara ayrılır. Sayının karşılığı bulunur.

**Örnek:** $(1AB3)_{16} = (\ldots\ldots)_2$ çevirme işlemini yapınız.

**Çözüm:**

| $(1AB3)_{16} =$ | 1 | A | B | 3 |
|---|---|---|---|---|
| | 0001 | 1010 | 1011 | 0011 |

$(1AB3)_{16} = (1101010110011)_2$ olur.

**Örnek:** $(AF8)_{16} = (\ldots\ldots)_2$ çevirme işlemini yapınız.

**Çözüm:**

| $(AF8)_{16} =$ | A | F | 8 |
|---|---|---|---|
| | 1010 | 1111 | 1000 |

$(AF8)_{16} = (101011111000)_2$ olur.

Tablo 4.1: 0'dan 15'e Kadar Decimal, Binary, Oktal, Hexadesimal Sayıların Karşılıkları

| Onluk (Decimal) Sayı | İkilik (Binary) Sayı | Sekizlik (Octal) Sayı | On altılık (Hexadesimal) Sayı |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 2 | 2 |
| 3 | 11 | 3 | 3 |
| 4 | 100 | 4 | 4 |
| 5 | 101 | 5 | 5 |
| 6 | 110 | 6 | 6 |
| 7 | 111 | 7 | 7 |
| 8 | 1000 | 10 | 8 |
| 9 | 1001 | 11 | 9 |
| 10 | 1010 | 12 | A |
| 11 | 1011 | 13 | B |
| 12 | 1100 | 14 | C |
| 13 | 1101 | 15 | D |
| 14 | 1110 | 16 | E |
| 15 | 1111 | 17 | F |

- **Sekizlik (Octal) Sayının Onluk (Decimal) Sayıya Çevrilmesi**

Sekizlik sayı sisteminde taban 8 olduğu için işlemlerde bu taban kullanılır.

**Örnek:** $(25)_8$ oktal sayısını onluk sayıya çeviriniz.

**Çözüm:**

$(25)_8 = 2 \times 8^1 + 5 \times 8^0 \Rightarrow 2 \times 8 + 5 \times 1 = 16 + 5 = 21_{10}$ bulunur.

**Örnek:** $(147)_8$ oktal sayısını desimal sayıya çeviriniz.

**Çözüm:**

$(147)_8 = 1 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 7 \times 8^0 \Rightarrow 1 \times 64 + 4 \times 8 + 7 \times 1 = 64 + 32 + 7 = (103)_{10}$ bulunur.

- **İkilik (Binary) Sayının Sekizlik (Octal) Sayıya Çevrilmesi**

Binary sayıyı sekizlik (oktal) sayıya çevirmek için binary sayı sağ taraftan yani LSB olan taraftan itibaren üçer üçer gruplara ayrılır ve her grubun oktal karşılığı yazılır (Tablo 4.1).

**Örnek:** $(01011101)_2 = (\ldots)_8$ çevrimini yapınız.

**Çözüm:**

Üçerli gruplara ayrılırsa

| 01 | 011 | 101 |
|---|---|---|
| 1 | 3 | 5 |

$(01011101)_2 = (135)_8$ bulunur.

**Örnek:** $(1010111)_2 = (\ldots)_8$ çevrimini yapınız.

**Çözüm:**

İkilik sayımız üçer üçer gruplara ayrılırsa

| 1 | 010 | 111 |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 7 |

$(1010111)_2 = (127)_8$ bulunur.

- **Oktal (Sekizlik) Sayının Binary (İkilik) Sayıya Çevrilmesi**

Oktal sayıyı binary sayıya çevirmek için oktal sayının her biri 3 bitlik binary sayıya çevrilir. Daha sonra sırayla yan yana yazılarak sonuç elde edilir.

**Örnek:** $(432)_8 = (\ldots\ldots)_2$ çevrim işlemini yapınız.

**Çözüm:**

4 3 2 = $100011010_2$ bulunur.
100 011 010

- **Onluk (Desimal) Sayıların On altılık (Heksadesimal) Sayılara Çevrilmesi**

Onluk sayıyı on altılık sayıya çevirmek için bölüm 16'ya bölünemeyene kadar sürekli 16'ya bölünür ve kalanlar tersten heksadesimal kodunda yazılarak sonuç elde edilir.

Aşağıdaki örnekleri inceleyiniz.

**Örnek:** $(67)_{10} = (\ldots\ldots)_{16}$

**Çözüm:**

67 | 16
−64 | 4
3 3

$67_{10} = 43_{16}$

**Örnek:** $(955)_{10} = (\ldots\ldots)_{16}$

**Çözüm:**

955 | 16
−80 | 59 | 16
155 −48 | 3
−144 (11)
(11)

$955_{10} = 3BB_{16}$

## 4.1.3. İkilik Sayı Sisteminde Toplama ve Çıkarma

- **İkilik Sayı Sisteminde Toplama**

İkili sayılarda toplama işleminde aşağıdaki kuralların bilinmesi gerekir.

0 + 0 = 0
0 + 1 = 1
1 + 0 = 1
1 + 1 = 0 elde 1 var.

**Örnek:** (11)2 ve (10)2 sayılarını toplayınız.

**Çözüm:**

1 ⟶ elde 1
11
\+ 10
101 ⟶ 5

$(11)_2 = (3)_{10}$ ve $(10_{)2} = (2)_{10}$ dir. Toplam 3 + 2 = 5'tir.

Görüldüğü gibi 1 + 1 = 0 ve elde olan "1", bir sonraki basamağa aktarılmıştır.

**Örnek:** $(101)_2$ ve $(110)_2$ sayılarını toplayınız.

**Çözüm:**

$$\begin{array}{rcl} 101 & \longrightarrow & 5 \\ +\ 110 & \longrightarrow & +\ 6 \\ \hline 1011 & & 11 \end{array}$$

**Örnek:** $(1011)_2$ ve $(1010)_2$ sayılarını toplayınız.

**Çözüm:**

$$\begin{array}{rcl} 1011 & \longrightarrow & 11 \\ +\ 1010 & \longrightarrow & +\ 10 \\ \hline 10101 & & 21 \end{array}$$

**Örnek:** $(0011)_2$, $(110)_2$ ve $(1111)_2$ sayılarını toplayınız.

**Çözüm:**

$$\begin{array}{rcl} 11 & & \\ 1111 & > & \text{elde} \\ \hline 11 & \longrightarrow & 3 \\ 110 & \longrightarrow & 6 \\ +\ 1111 & \longrightarrow & +\ 15 \\ \hline 11000 & & 24 \end{array}$$

- **İkilik (Binary) Sayı Sisteminde Çıkarma**

İkilik (binary) sayılarda çıkarma işleminde aşağıdaki kuralar uygulanır.

0 – 0 = 0
1 – 0 = 1
0 – 1 = 1 Burada bir soldaki sütundan 1 borç alınır ve bu sütuna 2 (10) olarak yazılır.
1 – 1 = 0

**1.** İkilik sayı sisteminde çıkarma işlemi iki metot ile yapılmaktadır.

**2.** Metot tümleme (complementer) yöntemi ile çıkarma metot ise doğrudan çıkarma işlemidir.

- **Tümleme (Complementer) Yöntemi İle Çıkarma**

Bu yöntemle doğrudan çıkarma işlemi yapmak yerine çıkarılan sayı ile çıkan sayının ikilik tabanına göre tümleyeni toplanır. Toplama işlemi sonucunda elde oluşmuşsa sonuç pozitiftir. Elde silinerek gerçek sonuca ulaşılır. Elde oluşmamışsa sonuç negatiftir. Sonucun ikilik tabanına göre tümleyeni alınarak gerçek sonuca ulaşılır.

Tümleme yöntemi ile çıkarma işlemini yapabilmek için öncelikle çıkarılacak sayının ikiler tümleyeni nasıl elde edilir onu bilmek gerekir.

Bir ikilik (binary) sayının birler tümleyeni, onun tersidir.

**Örnek:** $(7)_{10} = 0111$

**Çözüm:**

$-(7)_{10} = 1000$ (evrik = birler tümleyeni)

Örnekte de görüldüğü gibi bir sayının birler tümleyeni, tüm bitlerin tersi alınarak elde edilir.

Birler tümleyeni elde edilen sayının ikiler tümleyeni şu şekilde bulunur:

Bunu gerçekleştirmek için sayının birler tümleyenine 1 eklemek yeterlidir.

$(7)_{10}$ = 0111

$-(7)_{10}$ = 1000 (evrik = birler tümleyeni)

$$\begin{array}{r} 1000 \\ +\quad 1 \\ \hline 1001 \end{array}$$

İkiler tümleyeni olarak elde edilebilir.

**Aşağıda çıkarma işlemini toplama işlemine dönüştüren kurala örnekler verilmiştir.**

**Örnek 1:** 13 – 7 = 6 işlemini tümleme yöntemi kullanarak yapınız.

**Çözüm:**

13 = 1101

7 = 0111

– 7 = 1000 (birler tümleyeni)

– 7 + 1 = 1000 + 1 = 1001 (ikiler tümleyeni)

13 – 7 = 13 + (– 7) = 13 + [– (7) + 1] = 1101 + 1001 = 10110 = $(6)_{10}$

**Not:** İkiler tümleyen yöntemi ile çıkarma işleminde, sonuçta elde varsa yani en soldaki bit 1 olduğunda sonuç pozitiftir ve bu bit atılır· Eğer elde yoksa gerçek sonuç elde edilen sonucun ikiler tümleyeni alınarak elde edilir.

**Örnek 2:** 23 – 7 = 16 işlemini rakamları sekiz bitle yazarak yapınız.

**Çözüm:**

23 = 0001 0111

7 = 0000 0111

– 7 = 1111 1000 (7'nin birler tümleyeni)

– 7 + 1 = 1111 1001 (7'nin ikiler tümleyeni)

23 – 7 = 23 + (– 7) = 23 + [– (7) + 1] = 0001 0111 + 1111 1001 = 10001 0000 = $(16)_{10}$

**Örnek 3:** 7 – 9 = – 2 işlemini yapınız.

**Çözüm:**

7 = 0111

9 = 1001

– 9 = 0110 (birler tümleyeni)

– 9 + 1 = 0110 + 1 = 0111 (ikiler tümleyeni)

7 – 9 = 7 + (– 9) = 7 + [– (9) + 1] = 0111 + 0111 = **0**1110 (En soldaki bit **0** olduğuna göre sonuç negatiftir. O hâlde doğru sonucu elde edebilmek için sonucun ikiler tümleyeninin alınması gerekir)

1110'ın birler tümleyeni 0001'dir. İkiler tümleyeni ise 0001 + 1 = 0010'dır.

**Sonuç 0010 = – 2'dir.**

- **Doğrudan Çıkarma**

**Örnek:**



```
  101
- 010
-----
  011
```

**Not:** Soldaki bit sağa aktarıldı. Böylece ikinci digit 0'dan 10'a dönüştü. 10 – 1 = 1'dir. Bu da aşağı sonuca yazılır.

Burada çıkarma işlemi yapılırken 1. sayının MSB (most significant digit) tarafından yüksek basamaklı digit 1 alınarak sağdakine verilince sağdaki bit 10'a dönüşür. 10 - 1 = 1 elde edilir.

**Örnek:**

```
  10110
- 01010
-------
  01100
```

4. işleme kadar normal çıkarma işlemi yapılırken 4. işlemde 0 - 1 bulunur. **0'dan 1 çıkarılamayacağı için yan sütundan 1 alınır.** Bu durumda 0, 10'a dönüşür. 10 - 1 ise 1 yapar ve aşağıya yazılır. 5. işlemde ise 1, bir önceki basamağa ödünç verildiğinden dolayı kalan 0'dan 0 çıkarılınca elde edilen 0 sonuca yazılır.

**Örnek:** $(1010)_2$ sayısından $(0101)_2$ sayısını çıkarınız.

**Çözüm:**

```
  1010
- 0101
------
  0101
```

**Örnek:** $(1010)_2$ sayısından $(0011)_2$ sayısını çıkarınız.

**Çözüm:**

```
  1010  ⟶  10
- 0011  ⟶ - 3
------      ---
  0111        7
```

**Örnek:** $(1011101)_2$ sayısından $(1101)_2$ sayısını çıkarınız.

**Çözüm:**

```
  1011101  ⟶  93
-    1101  ⟶ - 13
---------      ---
  101000        80
```

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME: 4.1

**A) Aşağıda verilen sayı sistemlerinin çevrim işlemlerini yapınız.**

1. $18_{10}$ = (……..)$_2$
2. $143_{10}$ = (……..)$_2$
3. $78_{10}$ = (……..)$_2$
4. $(11001101)_2$ = (….)$_{10}$
5. $(10011001)_2$ = (….)$_{10}$
6. $(00101110)_2$ = (….)$_{10}$
7. $(127)_{16}$ = (….)$_{10}$
8. $(1453)_{16}$ = (….)$_{10}$
9. $(245)_{10}$ = (….)$_{16}$
10. $(98)_{10}$ = (….)$_{16}$

**B) Aşağıda verilen işlemleri ikilik sayılarla yapınız.**

1. 17 + 23 =
2. 87 + 28 =
3. 13 – 5 = (direkt çıkarma yöntemi ile)
4. 34 – 16 = (direkt çıkarma yöntemi ile)
5. 43 -18 = (tümleme yöntemi ile)
6. 143 - 67 = (tümleme yöntemi ile)

**C) Aşağıda verilen soruları yanıtlayınız.**

**1. 8 bitle yazılabilecek en büyük sayı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 127 B) 128
C) 254 D) 255
E) 256

**2. 10101010 ikilik sayısının onluk karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 168 B) 172
C) 170 D) 174
E) 171

**3. 103 onluk sayısının ikilik karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 01100111 B) 10111010
C) 01101011 D) 01100011
E) 01110101

**4. 3AC16 hexadesimal sayısının ikilik karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 001110111100 B) 001110101100
C) 001110111011 D) 001110111100
E) 001101011100

**5. 101101 + 011101 işleminin sonucu aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 1001101 B) 1010001
C) 1001110 D) 1001010
E) 1001001

**6. 23 onluk sayısının ikilik sistemdeki ikiler tümleyeni aşağıdakilerden hangisidir?**

A) 11110100 B) 11100101
C) 11101001 D) 11101011
E) 11011011

**7. 11001101 - 10011001 işleminin sonucu aşağıdakilerden hangisidir?**

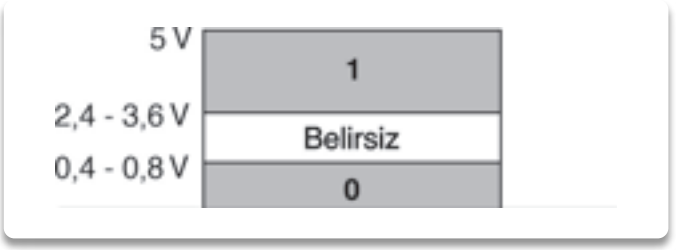
A) 00101101 B) 00100110
C) 00100011 D) 00100111
E) 00110100

## 4.1.4. Lojik (Mantıksal) Kapı Devreleri

Dijital elektroniğin temelini lojik (mantık) kapılar oluşturmaktadır. Dijital devreler lojik kapılar kullanılarak elde edilir. Lojik kapıların iyi bilinmesi, fonksiyonlarının ve özelliklerinin kavranması ilerde devre tasarımında çok büyük kolaylık sağlayacaktır.

Kapılar, entegre [IC (Integrated Cırcuıt)] denilen yarı iletken elemanların içinde bulunmaktadır. Direnç, diyot veya transistör kullanmak suretiyle de lojik kapılar oluşturmak mümkündür. Entegre devreler güç harcamasının az, çalışma hızının yüksek, ebatlarının küçük ve ekonomik olması gibi birçok üstün özelliği nedeniyle tercih edilmektedir.

Lojik kapılara geçmeden önce şunun çok iyi bilinmesi gerekir. Lojik kapı devrelerinde iki gerilim seviyesi vardır. Birincisi lojik 1 yani yüksek seviye (+5 V) ve ikincisi ise lojik 0 yani düşük seviye (0 V) olarak bilinir. Ancak gerçekte lojik 1 ve lojik 0 Şekil 4.2'de görüldüğü gibidir.




Şekil 4.2: Lojik 0 ve 1 değerleri

Sayısal devrelerin tasarımında kullanılan temel devre elemanlarına **lojik kapılar adı** verilir. Bir lojik kapı bir çıkış, bir veya birden fazla giriş hattına sahiptir. Çıkışı, giriş hatlarının durumuna bağlı olarak lojik 1 veya lojik 0 olabilir. Bir lojik kapının girişlerine uygulanan sinyale bağlı olarak çıkışının ne olacağını gösteren tabloya **doğruluk tablosu** (truth table) adı verilir. Doğruluk tablosu n girişli bir lojik kapının olası tüm giriş durumlarına karşılık, lojik kapının çıkışının hangi değeri alacağını gösterir. n girişli bir lojik kapının girişlerinin alabileceği $2^n$ adet durum vardır ve her durum doğruluk tablosunda bulunmalıdır.

Lojik kapıların girişlerine giriş seviyesinin uygulanması (lojik 1 ve lojik 0) için iki konumlu devre elemanı olan anahtar kullanılır. Anahtarın iki konumu vardır (anahtar açık ve anahtar kapalı). Genelde, anahtar açık durumu **lojik 0**, anahtar kapalı durumu ise **lojik 1** olarak temsil edilmektedir (Şekil 4.3).

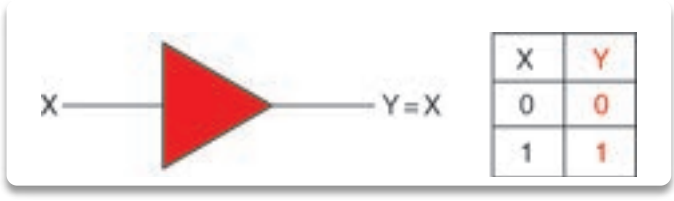



Şekil 4.3: Açık ve kapalı anahtar sembolleri

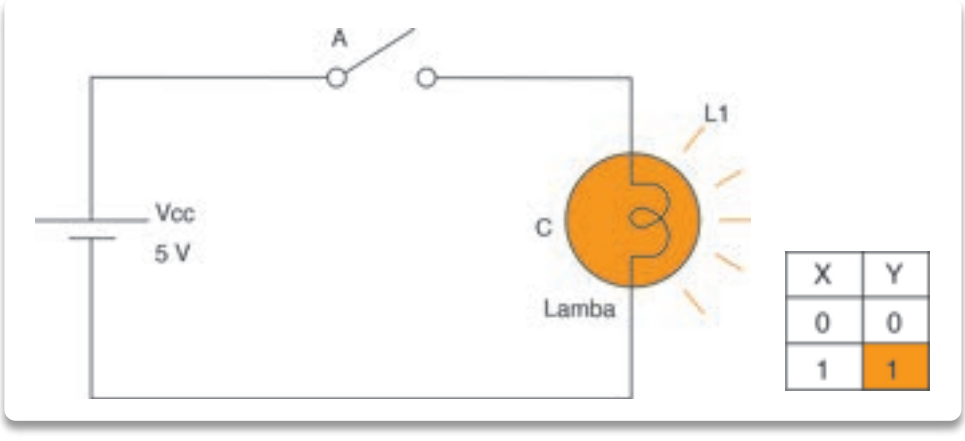
Temel lojik kapı devreleri VE (AND), VEYA (OR), DEĞİL (NOT) olmak üzere üç tanedir. Ayrıca bu üç temel kapıdan türetilmiş VE-DEĞİL (NAND), VEYA-DEĞİL (NOR), ÖZEL VEYA (EX-OR) ve ÖZEL VEYA-DEĞİL (EX-NOR) kapıları ile birlikte toplamda 7 (yedi) adet lojik kapı bulunmaktadır.

### 4.1.4.1. Tampon Kapısı (Buffer Gate)

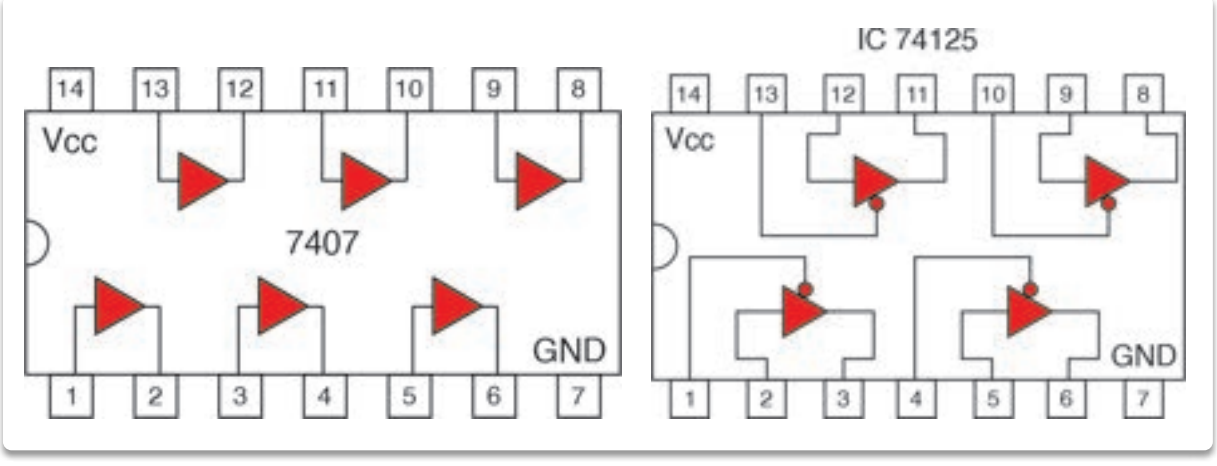
Tampon kapısının bir girişi ve bir çıkışı bunmaktadır (Şekil 4.4). Esasında tampon bir kapı grubuna girmemektedir (Şekil 4.5). Bu devre elektronik katlar veya kullanılan diğer kapılar arasında empedans uygunluğu sağlar. Kullanılan devrelerde bir katın çıkış empedansı diğer katın giriş empedansına eşit olmaz ise katlar arasında bulunan bu uyumsuzluk enerji kayıplarına neden olmaktadır. Tampon katı ile empedans uygunsuzluğundan oluşan kayıplar önlenmiş olur.




Şekil 4.4: Tampon (buffer) sembolü ve doğruluk tablosu




Şekil 4.5: Tampon (buffer) elektrik devresi ve çıkış tablosu

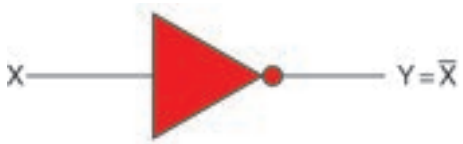



Şekil 4.6: 7407 ve 74125 tampon entegrelerinin içyapısı

7407 entegresi içinde altı adet tampon devresi olan TTL serisi bir entegredir (Şekil 4.6). 74125 entegresinde ise dört adet tampon kapısı bulunmaktadır. Burada 1, 4, 10 ve 13 no.lu ayaklar yetki (enable) girişleridir. Yetki ucu entegrenin çıkışına girişten verilen bilginin iletilip iletilmeyeceğine karar veren uçtur. Yetki ucuna lojik 0 verilirse girişteki bilgi çıkışa aktarılır. Yetki ucu 1 olursa girişte ne olursa olsun çıkışa aktarılmaz.

### 4.1.4.2. Değil Kapısı (Not Gate, Inverter)

DEĞİL kapısının bir girişi ve bir çıkışı vardır (Şekil 4.7). Değil (NOT) kapısı girişine uygulanan lojik bilgiyi çıkışına tersini alarak aktaran kapıdır. Bir başka ifade ile girişine lojik 1 uygulanırsa çıkışta lojik 0, girişte lojik 0 uygulanırsa çıkışta lojik 1 veren kapıdır (Şekil 4.8). Bu özelliğinden dolayı evirici, tersleyici de denilmektedir.



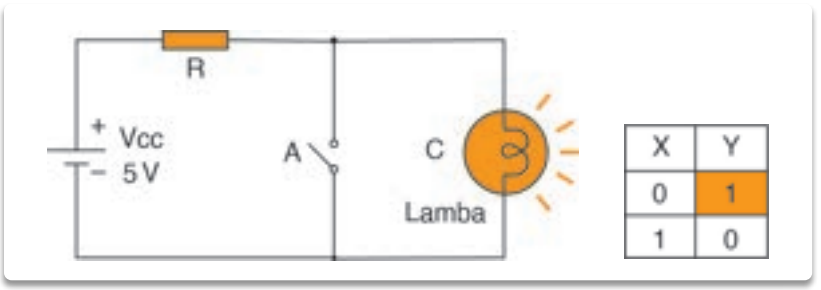

| X | Y |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

Çıkış ifadesi X'in tersi olarak gösterilir.

Şekil 4.7: DEĞİL (NOT) kapısı sembolü ve doğruluk tablosu



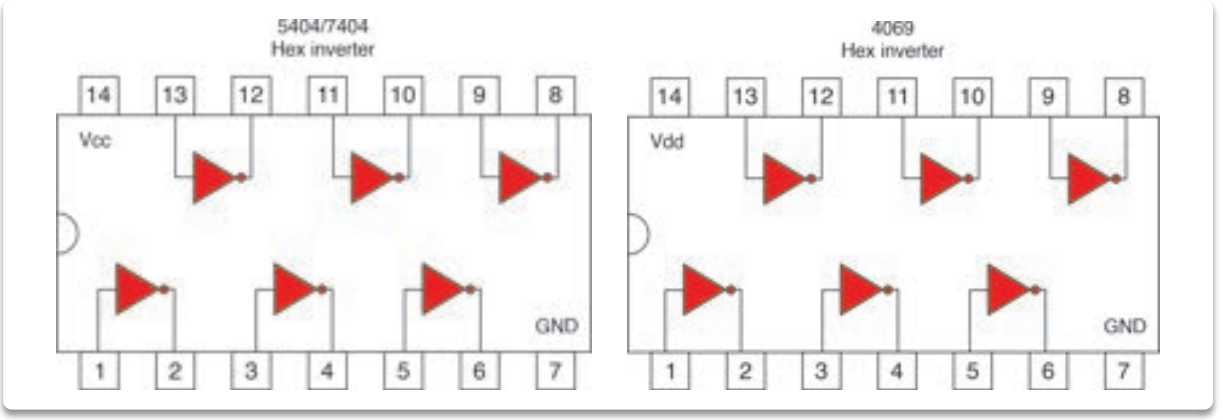

Şekil 4.8: DEĞİL kapısı giriş-çıkış sinyalleri diyagramı




| X | Y |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

Şekil 4.9: DEĞİL (NOT) kapısı elektrik devresi ve çıkış tablosu

Elektriksel eşdeğerinde görüleceği gibi eğer anahtar açık (lojik 0) ise lamba yanacaktır (lojik 1). Anahtar kapalı olduğunda (lojik 1) ise lamba yanmayacaktır (lojik 0) (Şekil 4.9).

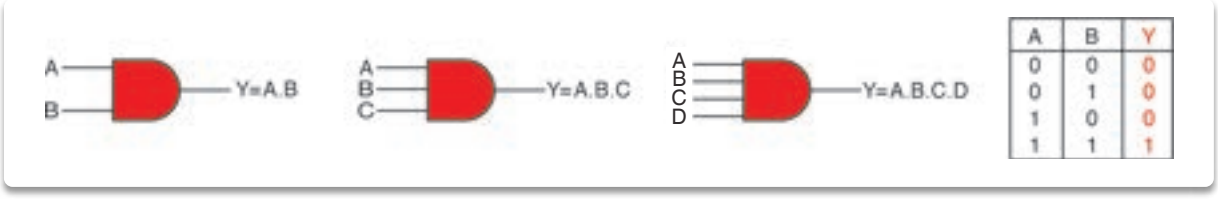



Şekil 4.10: IC 7404 ve 4069 DEĞİL (NOT) kapısı entegrelerinin içyapısı

7404 TTL ve 4069 CMOS entegreleri, içinde altı adet DEĞİL (NOT) kapısı bulundurur (Şekil 4.10). Bu entegreler kullanılırken altı taneden herhangi biri veya birden fazla Değil kapısı birlikte kullanılabilir.

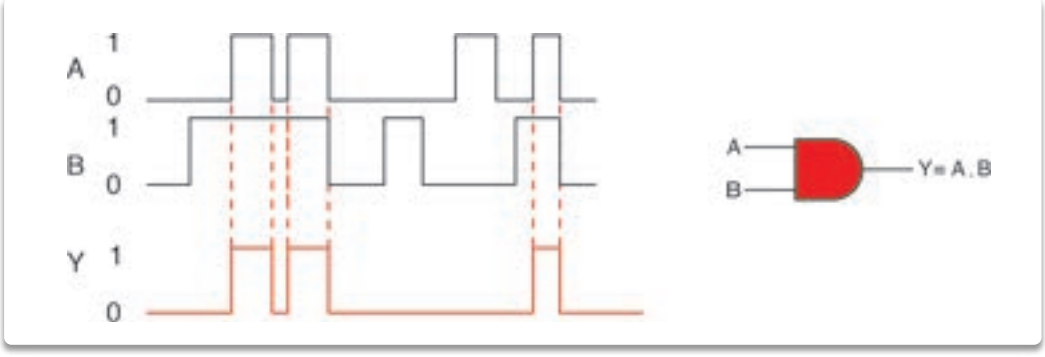
### 4.1.4.3. VE Kapısı (AND gate)

Şekil 4.11'de 2, 3 ve 4 girişli VE kapılarının sembolleri, lojik ifadeleri ve 2 girişli VE kapısına ait doğruluk tablosu görülmektedir. Doğruluk tablosu incelendiğinde, 2 girişli VE kapısının $2^2 = 4$ farklı durumu olduğu görülmektedir. Doğruluk tablosundan da görüldüğü üzere VE kapısının her iki girişi "lojik 1" durumda iken çıkışı "lojik 1" olmaktadır (Şekil 4.12). Diğer tüm durumlarda çıkış 0 olmaktadır.

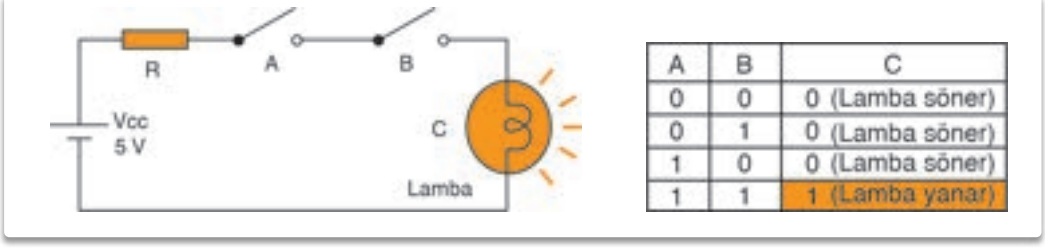



| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Şekil 4.11: Farklı giriş sayılarına sahip VE (AND) kapısı sembolü ve doğruluk tablosu




Şekil 4.12: VE kapısı giriş çıkış sinyalleri diyagramı




| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 (Lamba söner) |
| 0 | 1 | 0 (Lamba söner) |
| 1 | 0 | 0 (Lamba söner) |
| 1 | 1 | 1 (Lamba yanar) |

Şekil 4.13: İki girişli VE kapısı elektriksel şeması ve doğruluk tablosu

VE kapısını daha iyi anlamak için elektriksel eşdeğer devresine bakılmalıdır. Şekil 4.13'te görüldüğü gibi kaynak (Vcc), A ve B anahtarları ve lamba (yük) birbirlerine seri bağlıdır. Anahtarlardan birinin açık olması lambayı yakmaz. Ancak A ve B anahtarının ikisi de kapalı "1" olduğunda lamba ışık verecektir. Yani "1" olacaktır. Anahtarın açık olması "0", anahtarın kapalı olması "1", lambanın sönük olması "0", lambanın yanması "1" olarak adlandırılır. Doğruluk tablosunda görüldüğü gibi iki değişken (A ve B) olduğu için ($2^n = 2^2 = 4$) dört farklı durum ortaya çıkmaktadır.

İki girişli **Ve kapısı,** dijital devrelerde çarpma kapısı olarak adlandırılır. Doğruluk tablosundan işlem yapıldığında;

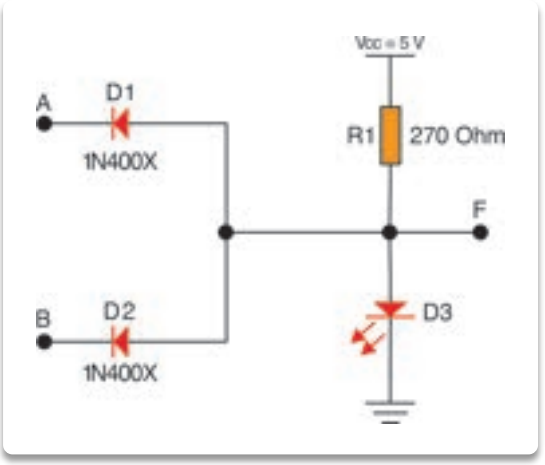
A = 0 ve B = 0 ise Çıkış C = A . B = 0 . 0 = 0

A = 0 ve B = 1 ise Çıkış C = A . B = 0 . 1 = 0

A = 1 ve B = 0 ise Çıkış C = A . B = 1 . 0 = 0

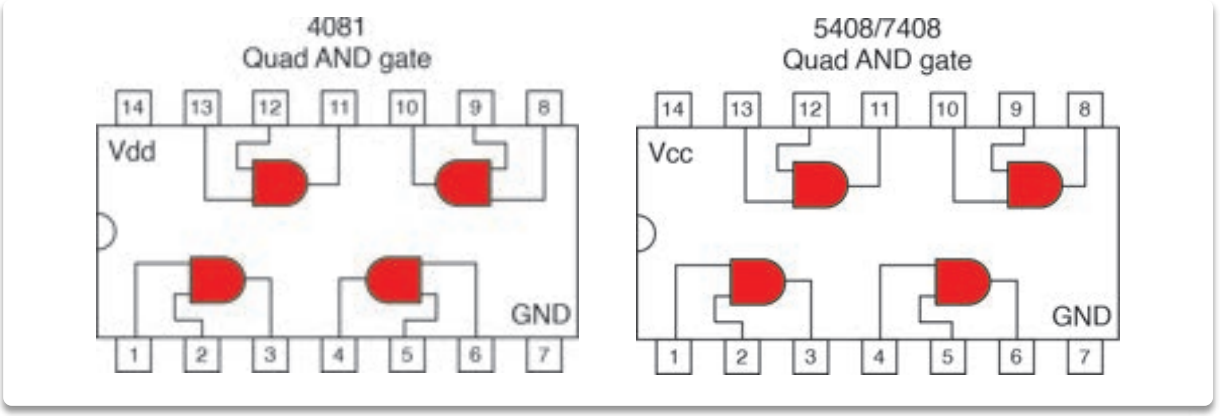
A = 1 ve B = 1 ise Çıkış C = A . B = 1 . 1 = 1 olur.

Şekil 4.14'te diyotlu **VE kapısı** görülmektedir. Burada A = 1 B =1 (lojik 1) uygulanırsa D1 ve D2 diyotları kesimde olacaktır. Çünkü diyotlara ters polarma uygulanmış olacaktır. Çıkış (F) ise +Vcc yani 5 V (lojik 1) görülecektir. Diğer durumlarda girişlere A = 0, B = 1 ya da A = 1, B = 0 durumunda diyotlardan biri iletimde olacaktır. Bu durumda çıkış (F) 0 (lojik 0) olacaktır. A = 0, B = 0 durumunda ise her iki diyot iletimde olacağı için yine çıkış 0 olacaktır.




Şekil 4.14: Diyotlu VE kapısı

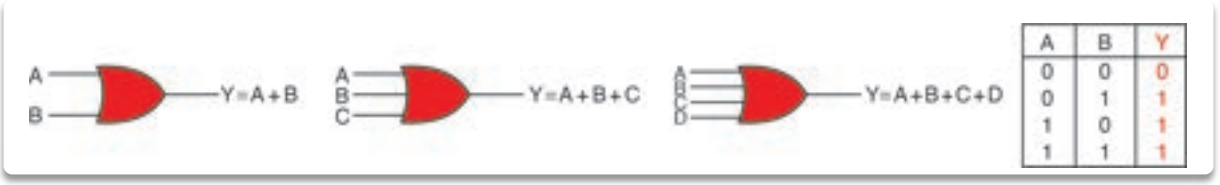
Şekil 4.15'te 7408 entegresinin içyapısı verilmiştir. Entegrelerin 7 no.lu ayakları GND (Toprak), 14 no.lu ayakları +Vcc (5 V) olarak görülmektedir. 7408 TTL ve 4081 CMOS entegreleri içlerinde dört adet VE (AND) kapısı bulundurur. Bu kapılar birbirinden bağımsızdır. İster tek tek isterse birbirine bağlantı yapılarak değişik ifadeler elde edilebilir.




Şekil 4.15: IC 7408 ve 4081 VE (AND) kapısı entegrelerinin içyapısı

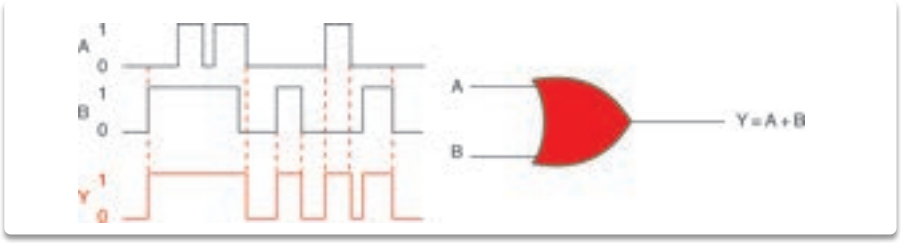
**Not:** Şema çizimlerinde VE kapıları üzerinde +5 V ve GND gösterilmez. Entegreyi kullanırken 14 numaralı ayak +5 V ve 7 numaralı ayak şaseye bağlanmalıdır.

### 4.1.4.4. VEYA Kapısı (OR Gate)

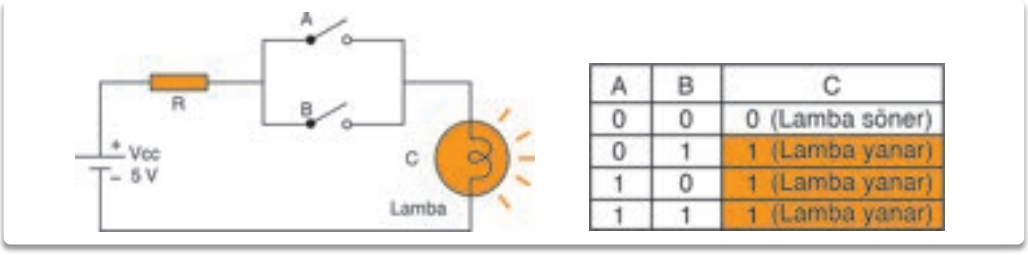



| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Şekil 4.16: Farklı giriş sayılarına sahip VEYA (OR) kapısı sembolü ve doğruluk tablosu



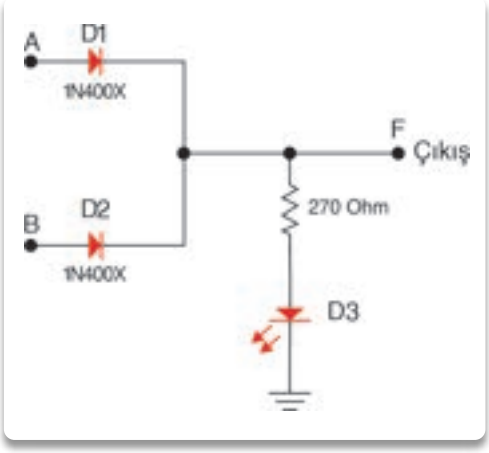

Şekil 4.17: VEYA kapısı giriş-çıkış sinyalleri diyagramı




| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 (Lamba söner) |
| 0 | 1 | 1 (Lamba yanar) |
| 1 | 0 | 1 (Lamba yanar) |
| 1 | 1 | 1 (Lamba yanar) |

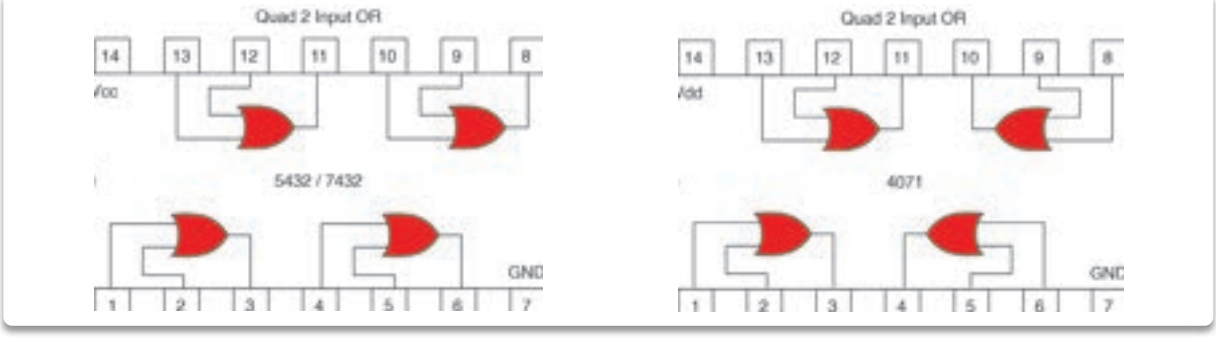
Şekil 4.18: VEYA kapısı elektriksel şeması ve doğruluk tablosu

Veya kapısının en az iki girişi ve bir çıkışı bulunmaktadır (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17). Elektriksel eşdeğer şemasında iki paralel anahtar şeklinde gösterilmektedir (Şekil 4.18). Lambanın yanması için yalnızca A anahtarının ya da yalnızca B anahtarının ya da A ile B anahtarının kapalı olması yeterli olacaktır. Lamba sadece iki anahtarın da açık olması durumunda sönük olacaktır. Lojik işlemlerde **VEYA kapısı,** toplama işlemi yapmaktadır.




Şekil 4.19: Diyotlu VEYA kapısı

Şekil 4.19'da diyotlu **VEYA kapısı** görülmektedir· Bu devrede girişlere (A ve B) lojik 0 verildiğinde her iki diyot kesimde olacaktır. Dolayısıyla çıkış (lojik 0) olacaktır. Eğer girişlerden herhangi birine 1 (lojik 1) verilirse lojik 1 verilen diyot iletimde olur. Diğer diyot ise kesimde olur. Bu durumda çıkıştaki LED diyot yanar, yani lojik 1 olur. Her iki girişe de 1 verilirse çıkış yine lojik 1 olacaktır. Veya kapısının özelliklerini gösterecektir.

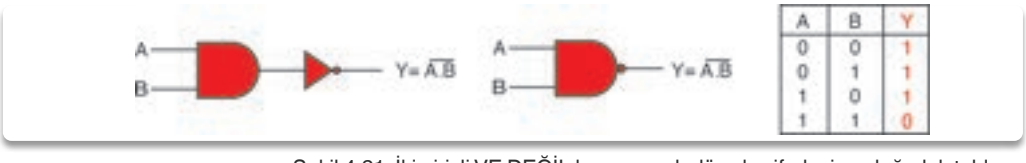



Şekil 4.20: 7432 ve 4071 VEYA (OR) kapısı entegrelerinin içyapısı

7432 ve 4071 entegreleri içlerinde dörder adet VEYA kapısı bulunmaktadır (Şekil 4.20). Bu kapılar birbirinden tamamen bağımsız olmakla beraber entegre kullanılacağı zaman 14 numaralı ayak +5 V ve 7 numaralı ayak şaseye bağlanmalıdır.

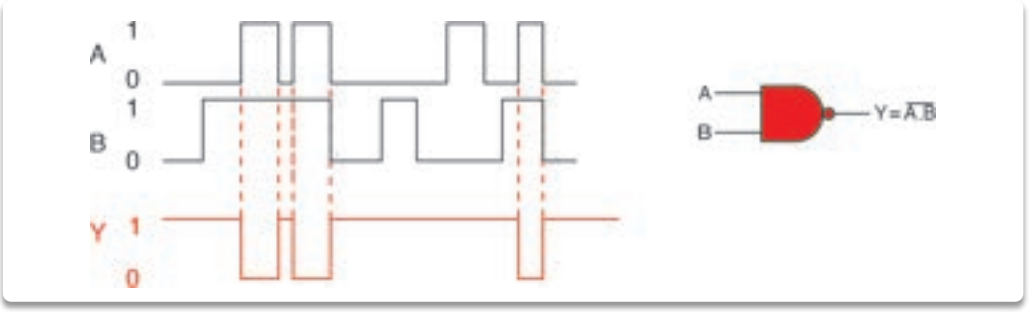
## 4.1.4.5. VE DEĞİL Kapısı (NAND Gate)

Şekil 4.21'de görülen VE DEĞİL kapısının iki girişi bir çıkışı vardır. Bu kapı aslında bir VE kapısı ile bir DEĞİL kapısının birleşmiş hâlidir. Sembolde görüldüğü gibi VE kapısının çıkışına bir adet küçük daire eklenmiştir (Şekil 4.22).

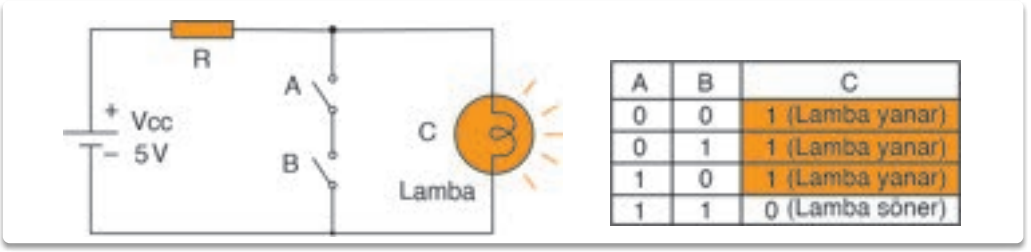



| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Şekil 4.21: İki girişli VE DEĞİL kapısı sembolü, çıkış ifadesi ve doğruluk tablosu



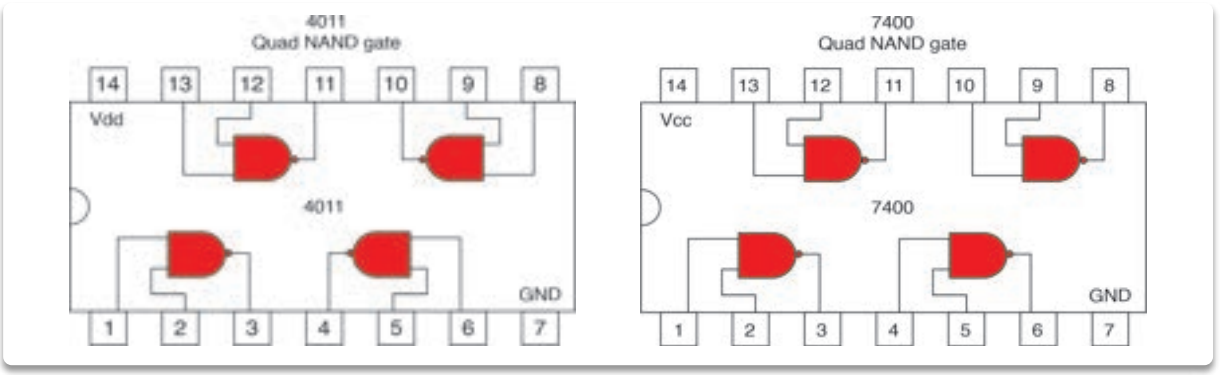

Şekil 4.22: VE DEĞİL kapısı giriş-çıkış sinyalleri diyagramı




| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 (Lamba yanar) |
| 0 | 1 | 1 (Lamba yanar) |
| 1 | 0 | 1 (Lamba yanar) |
| 1 | 1 | 0 (Lamba söner) |

Şekil 4.23: VE DEĞİL (NAND) kapısı elektriksel eşdeğeri ve doğruluk tablosu

Elektriksel eşdeğer devresinde görüldüğü gibi VE DEĞİL kapısında lambaya DEĞİL (NOT) kapısındaki gibi anahtar bağlanmış olup anahtar sayısı ikiye (A ve B) çıkmıştır (Şekil 4.23). Lambanın sönmesi için A ve B anahtarlarının ikisinin de kapalı (lojik 1) olması gerekir. Anahtarların diğer durumlarında lamba (lojik 1) yanacaktır. Bu durum doğruluk tablosunda görülmektedir.

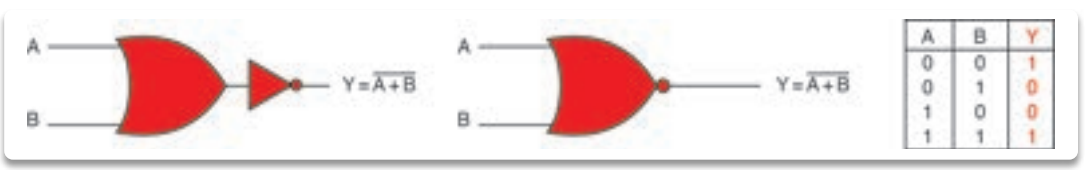



Şekil 4.24: 7400 ve 4011 VE DEĞİL (NAND) entegrelerinin içyapısı

7400 ve 4011 entegreleri içlerinde dörder adet VE DEĞİL (NAND) kapısı bulundurur (Şekil 4.24). Entegre kullanılırken içyapısına bakılarak herhangi biri veya birkaç kapı birlikte kullanılabilir. Diğer entegrelerde olduğu gibi 14 numaralı ayak +5 V ve 7 numaralı ayak şaseye bağlanmalıdır.

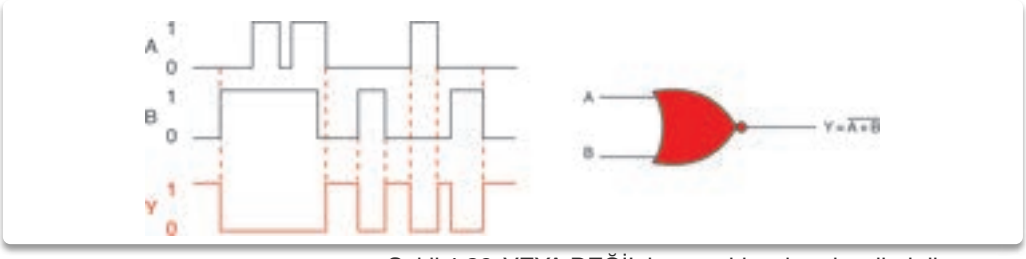
## 4.1.4.6. VEYA DEĞİL Kapısı (NOR Gate)

Aşağıda görülen VEYA DEĞİL kapısının iki girişi bir çıkışı vardır (Şekil 4.25). Bu kapı aslında bir VEYA kapısı ile bir DEĞİL kapısının birleşmiş hâlidir. Sembolde görüldüğü gibi VEYA DEĞİL kapısının çıkışına bir adet küçük daire eklenmiştir (Şekil 4.26).

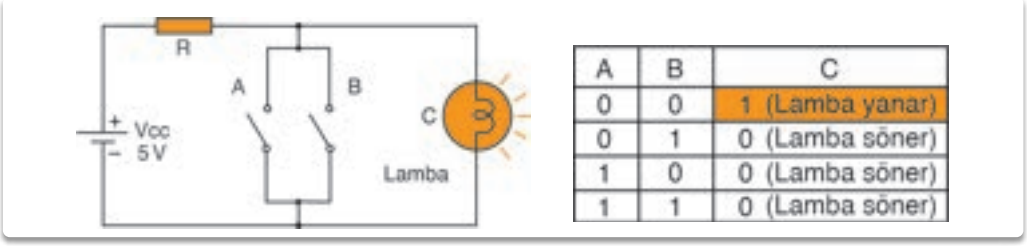



| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Şekil 4.25: İki girişli VEYA DEĞİL kapısı sembolü, çıkış ifadesi ve doğruluk tablosu



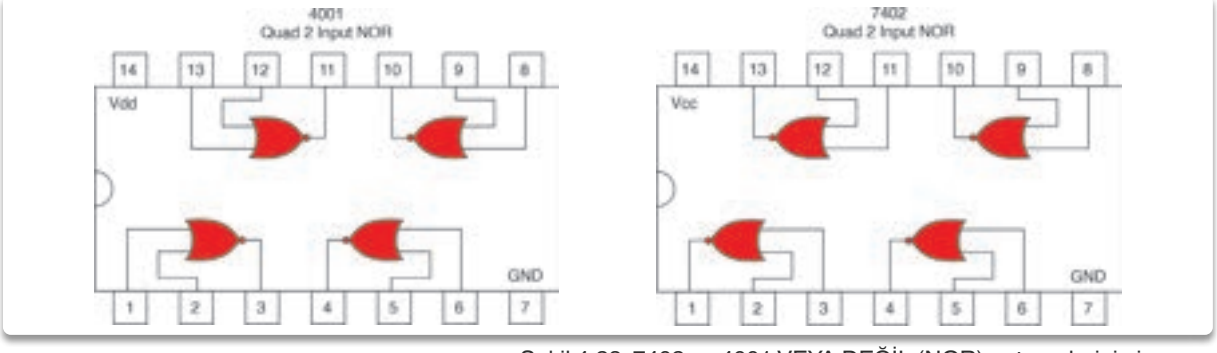

Şekil 4.26: VEYA DEĞİL kapısı giriş-çıkış sinyalleri diyagramı




| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 (Lamba yanar) |
| 0 | 1 | 0 (Lamba söner) |
| 1 | 0 | 0 (Lamba söner) |
| 1 | 1 | 0 (Lamba söner) |

Şekil 4.27: VEYA DEĞİL (NOR) kapısı elektriksel eşdeğeri ve doğruluk tablosu

Şekil 4.27'de VEYA DEĞİL (NOR) kapısının elektriksel eşdeğeri görülmektedir. Dikkat edilirse VEYA DEĞİL kapısının elektriksel eşdeğerinde A ve B anahtarları lambaya yani çıkışa paralel bağlı iki anahtardır. Lambanın yanması yani çıkışın lojik 1 olması için her iki anahtarın açık (lojik 0) olması gerekir. Diğer durumlarda ise lamba sönük olacaktır. Bu durum tabloda görülmektedir.




Şekil 4.28: 7402 ve 4001 VEYA DEĞİL (NOR) entegrelerinin içyapısı

7402 ve 4001 entegreleri içyapılarında dörder adet VEYA DEĞİL (NOR) kapısı bulundurur (Şekil 4.28). Entegre kullanılırken içyapısına bakılarak herhangi biri veya birkaç kapı birlikte kullanılabilir. Diğer entegrelerde olduğu gibi 14 numaralı ayak +5 V ve 7 numaralı ayak şaseye bağlanmalıdır.

### 4.1.4.7. ÖZEL VEYA Kapısı (EXCLUSİVE OR gate EX-OR)

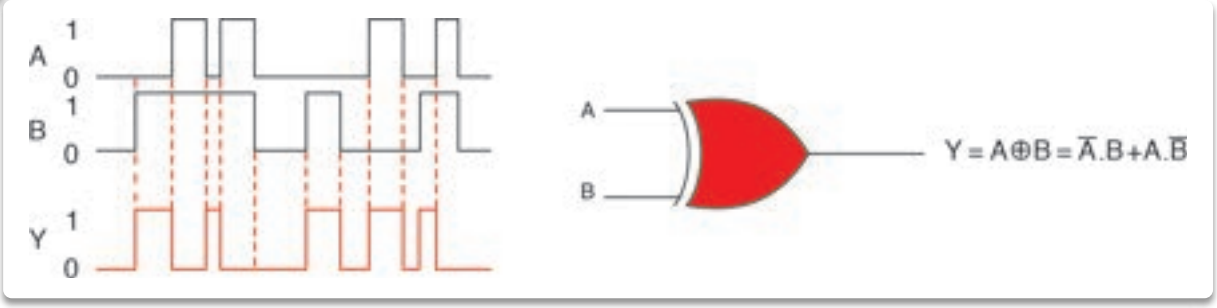
ÖZEL VEYA kapısı iki girişi bir çıkışı olan bir kapıdır (Şekil 4.29). Bu kapı XOR diye de gösterilebilir. Bu kapının özelliği eğer girişlerin ikisi de aynı ise yani A = B = 0 veya A = B = 1 olduğunda çıkış lojik 0 olmaktadır. Eğer girişlerin ikisi de farklı ise yani A = 1, B = 0 veya A = 0, B = 1 olduğunda çıkış lojik 1 olmaktadır (Şekil 4.30 ve 4.31).

⊕ ÖZEL VEYA kapısının işlemlerinde özel toplama işareti kullanılır.

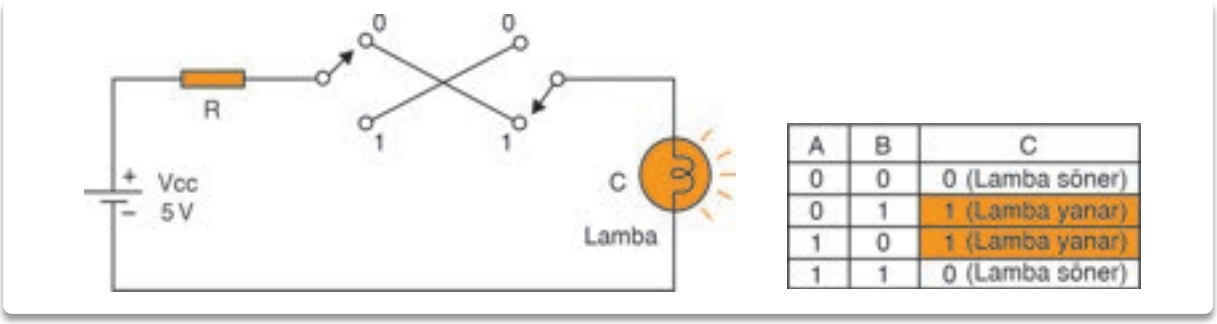



| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

Şekil 4.29: ÖZEL VEYA kapısı sembolü, çıkış ifadesi ve doğruluk tablosu

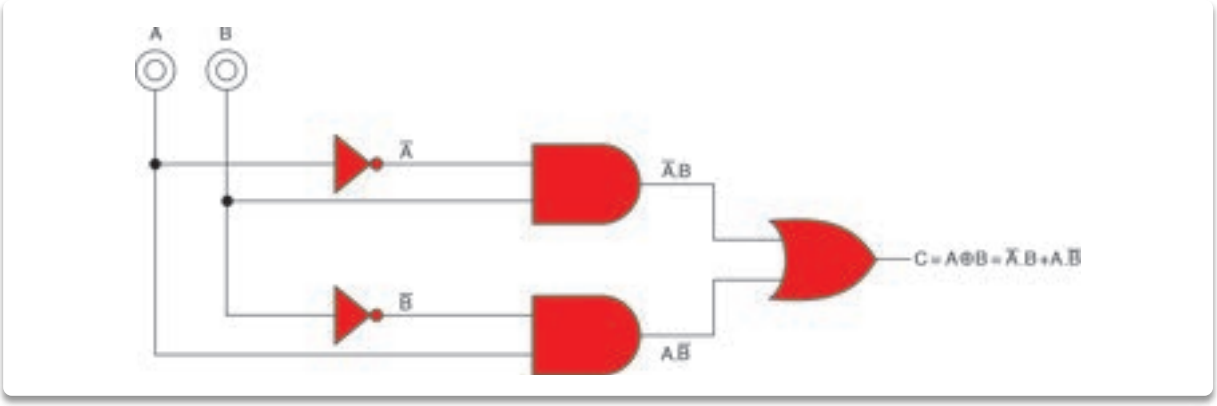



Şekil 4.30: ÖZEL VEYA kapısı giriş-çıkış sinyalleri diyagramı




| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 (Lamba söner) |
| 0 | 1 | 1 (Lamba yanar) |
| 1 | 0 | 1 (Lamba yanar) |
| 1 | 1 | 0 (Lamba söner) |

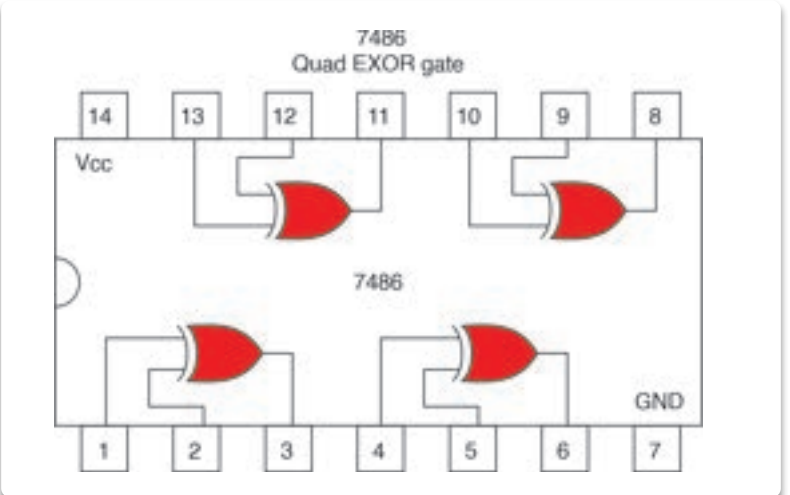
Şekil 4.31: ÖZEL VEYA kapısı elektriksel eşdeğeri ve doğruluk tablosu




Şekil 4.32: ÖZEL VEYA kapısının diğer kapılarla yapılışı

Çıkış ifadesinden de anlaşılacağı gibi ÖZEL VEYA kapısı iki DEĞİL kapısı (A' ve B'), iki VE kapısı (AB' ve A'B) ve bir VEYA kapısı kullanılarak oluşturulabilir (Şekil 4.32).

7486 entegresi içinde dört adet ÖZEL VEYA (EX-OR) kapısı bulundurur (Şekil 4.33). Entegre kullanılırken içyapısına bakılarak herhangi biri veya birkaç kapı birlikte kullanılabilir. Diğer entegrelerde olduğu gibi 14 numaralı ayak +5 V ve 7 numaralı ayak şaseye bağlanmalıdır.

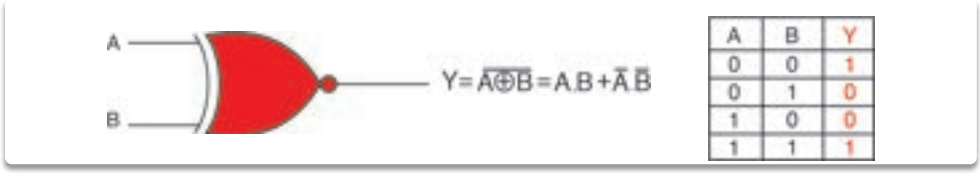



Şekil 4.33: 7486 ÖZEL VEYA (EX-OR) kapısı entegresi içyapısı

## 4.1.4.8. ÖZEL VEYA DEĞİL Kapı Devresi (Exclusive NOR, Gate, EX-NOR)

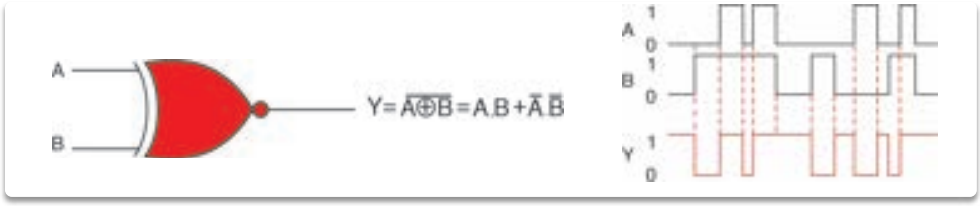
ÖZEL VEYA DEĞİL kapısında girişlere aynı anda (A = 0 ve B = 0 veya A = 1 ve B = 1) uygulandığında çıkış lojik 1 değerini alır (Şekil 4.34, Şekil 4.35 ve Şekil 4.36).

Eğer girişler farklı ise (A = 0 ve B = 1 veya A = 1 ve B = 0) çıkış lojik 0 değerini alır.

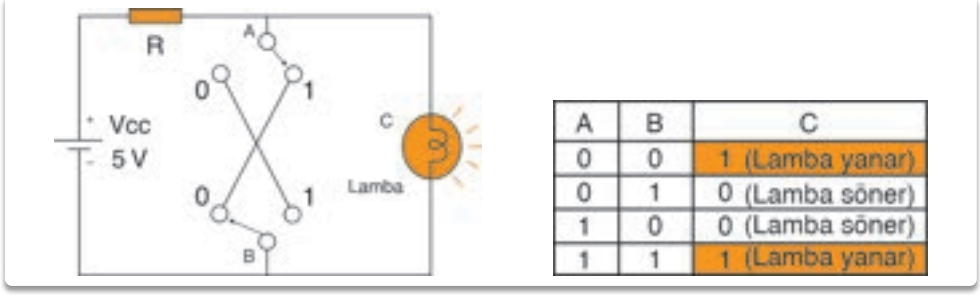



| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Şekil 4.34: ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) sembolü çıkış ifadesi ve doğruluk tablosu

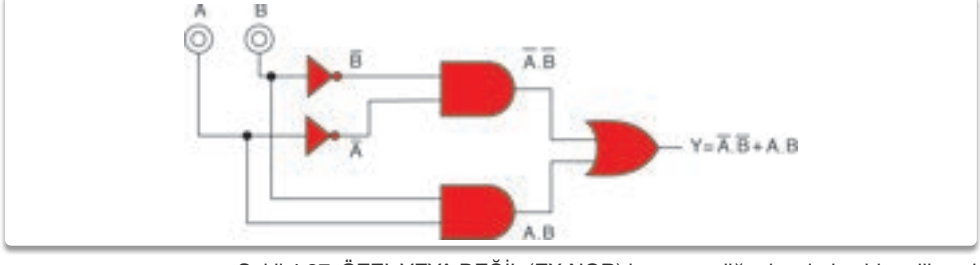



Şekil 4.35: ÖZEL VEYA DEĞİL kapısı giriş-çıkış sinyalleri diyagramı



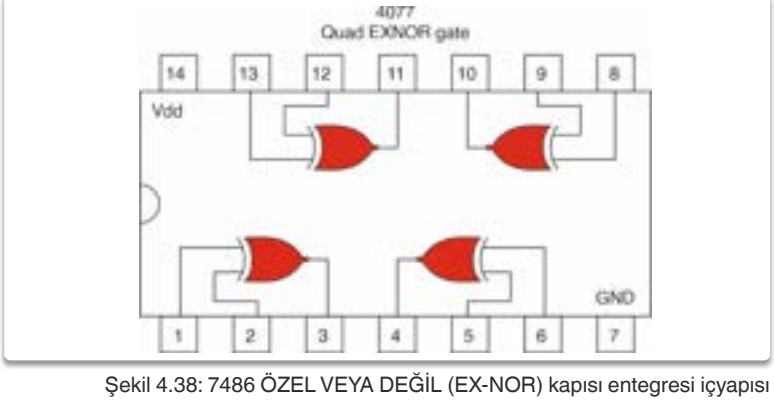

| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 (Lamba yanar) |
| 0 | 1 | 0 (Lamba söner) |
| 1 | 0 | 0 (Lamba söner) |
| 1 | 1 | 1 (Lamba yanar) |

Şekil 4.36: ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) elektriksel eşdeğeri ve çıkış doğruluk tablosu




Şekil 4.37: ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) kapısının diğer kapılarla elde edilmesi

4071 entegresi içinde dört adet ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) kapısı bulundurur (Şekil 4.38). Entegre kullanılırken içyapısına bakılarak herhangi biri veya birkaç kapı birlikte kullanılabilir (Şekil 4.37). Diğer entegrelerde olduğu gibi 14 numaralı ayak +5 V ve 7 numaralı ayak şaseye bağlanmalıdır.

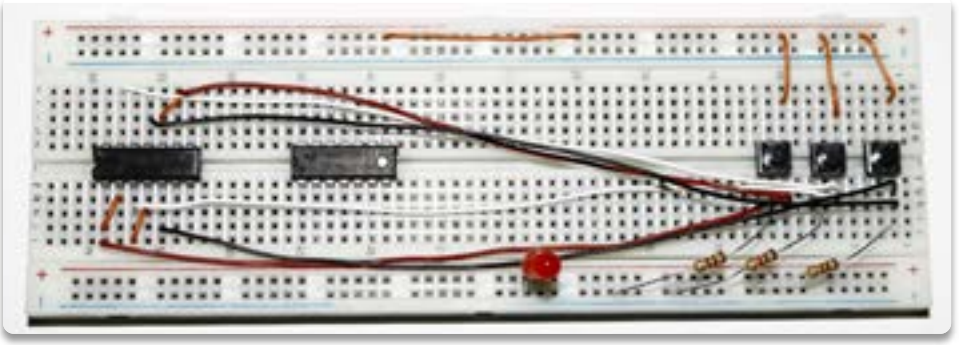



Şekil 4.38: 7486 ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) kapısı entegresi içyapısı

# 4.2. SAYISAL DEVRELER

## 4.2.1. Breadbaoard

Bu bölümde lojik kapı devrelerinin uygulamaları yapılacaktır. Uygulamalar breadboard üzerinde gerçekleştirecektir. Uygulamaların sonucunda doğruluk tabloları doldurularak giriş çıkış sinyalleri çizilecektir. Aşağıdaki şekilde, uygulamalarda kullanılacak breadboard görülmektedir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39: Breadboard

## 4.2.2. Breadboard Yapısı ve Breadboard Üzerine Devre Kurma

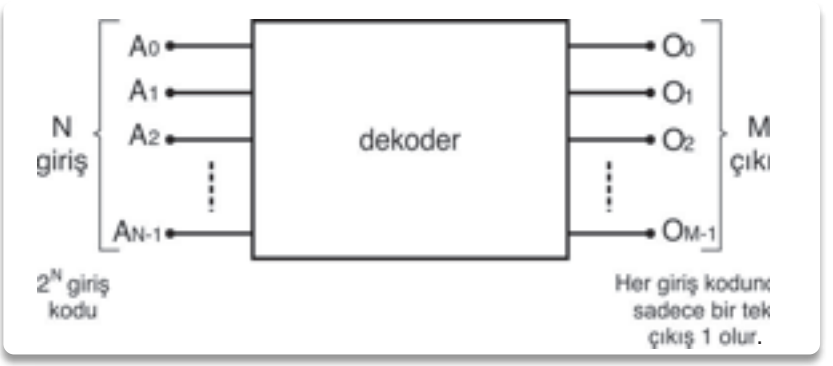
- Kırmızı çizgi + ve mavi çizginin - olduğu kısımlarda her hat boya kısa devredir. Bu hatlar her iki tarafta da + ve – besleme hattı olarak kullanılır. İhtiyaç duyulan gerilim güç kaynağından uygulanır.
- a,b,c,d,e ve f,g,h,ı,i hatları ise içerden birbirine bağlıdır (kısa devredir).
- Yukarıdaki breadboard üzerinde de görüldüğü gibi buralara uygulamada kullanılacak devre elemanları yerleştirilir.
- Bu uygulamalar esnasında en çok dikkat edilmesi gereken şeylerden biri devre elemanlarının ve zil tellerinin breadboarda takılan uçlarının birbirine kısa devre etmesini engellemektir.

## 4.2.3. Birleşik Mantık Devreleri

- **Kod Çözücüler (Decoder)**

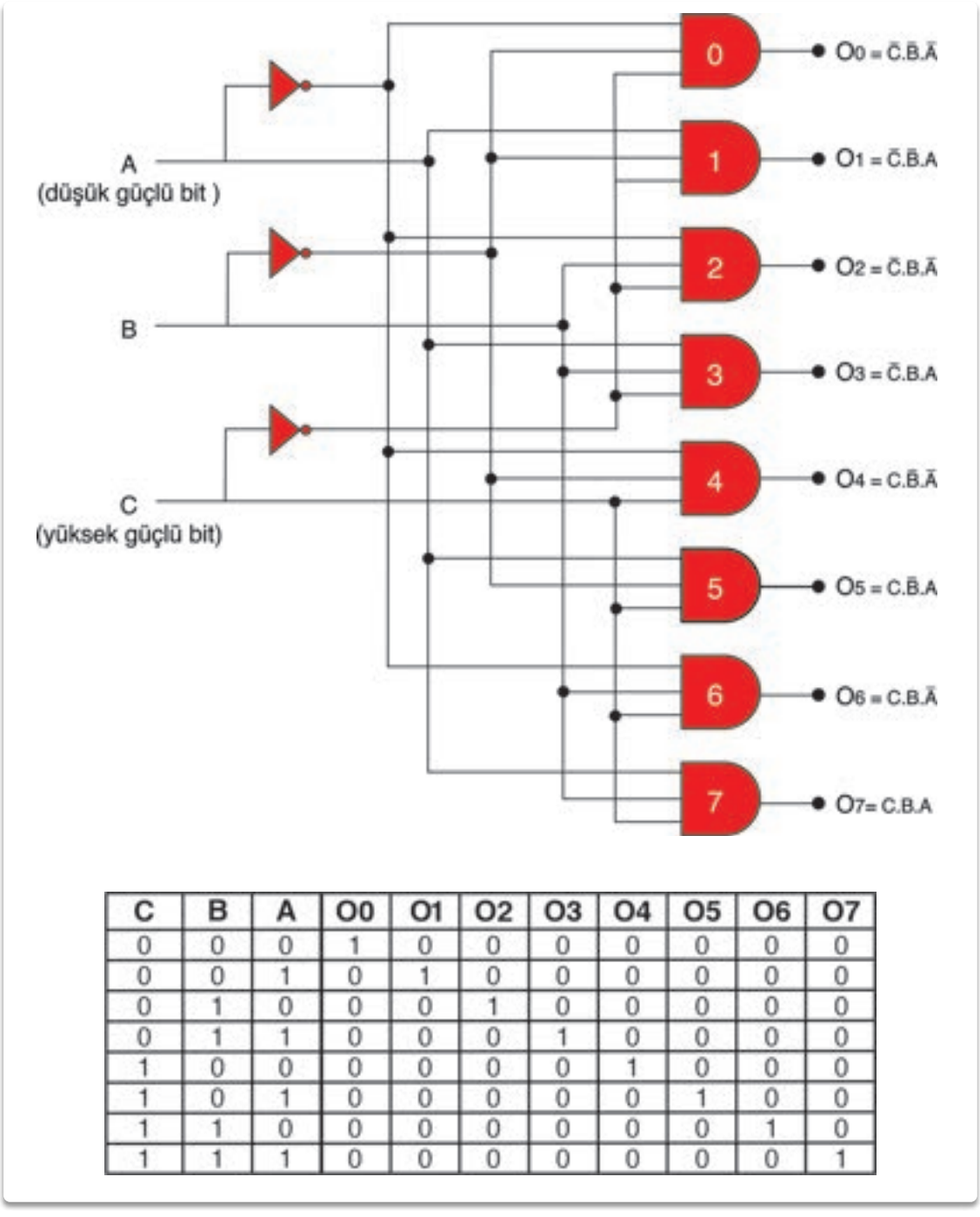
Birden fazla mantık kapısının bir araya getirilmesiyle oluşan devrelere **birleşik mantık devreleri** adı verilir. Birleşik mantık devreleri giriş değişkenleri, mantık kapıları ve çıkış değişkenlerinden oluşur. Kod çözücüler, girişlerine uygulanan bilgileri işleyerek çıkışlarında yeni bilgiler üretir. İkili sistemde girişlerine uygulanan bilgilerin çıkışlarında insanların daha kolay anlayabileceği şekle dönüştürme işlemini yapan devrelere **kod çözücü (decoder)** adı verilir. Diğer bir deyişle n sayıda giriş hattından gelen ikili bilgileri maksimum $2^n$ sayıda çıkış hattına dönüştüren lojik devreye **kod çözücü devresi** adı verilir. Farklı giriş ve farklı çıkış sayılarına sahip olan birçok çeşidi vardır.

Yandaki şekilde N sayıda girişin her birinde sadece bir tek çıkış "1" olur. N sayıda giriş olması demek girişler ister 0 isterse 1 olsun toplamda $2^N$ farklı giriş kodu olması demektir. Çıkışların sayısı ise $2^N$ kadardır. Yani 3 giriş varsa 8 çıkış oluşur (Şekil 4.40).




Şekil 4.40: Kod çözücü (decoder) prensip şeması

- **Üç Giriş Sekiz Çıkışlı Kod Çözücü**




| C | B | A | O0 | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O6 | O7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Şekil 4.41: Üç giriş sekiz çıkışlı kod çözücünün lojik devresi ve doğruluk tablosu

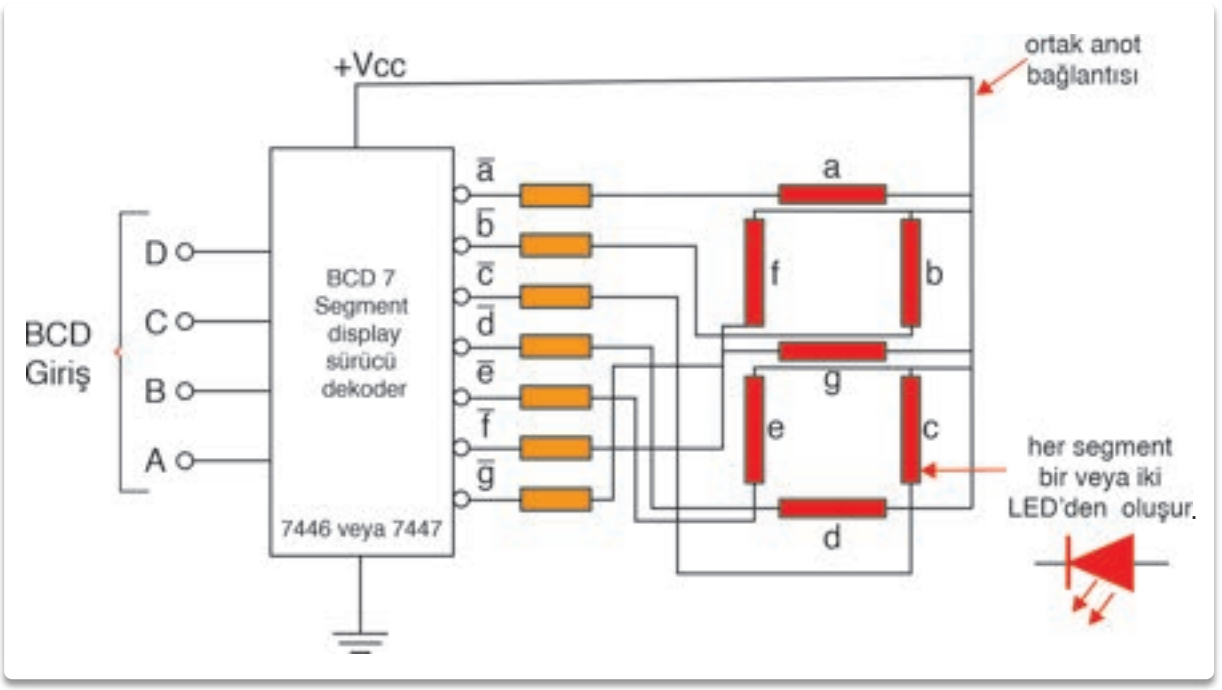
Yukarıdaki devrede A, B, C girişlerinin her farklı durumunda sadece bir tek çıkış lojik 1 olmaktadır. Üç giriş olduğuna göre $2^n = 2^3 = 8$ adet çıkış bulunmaktadır (Şekil 4.41). Örneğin 5 no.lu çıkış, CBA = $101_2$ olduğunda lojik 1 olmaktadır. Çıkışlar lojik 0 olarak kullanılmak istenirse VE kapılarının yerine VE DEĞİL kapılarının kullanılması yeterli olacaktır.

Tüm kod çözücülerde çıkışların tamamı kullanılmayabilir. Örneğin BCD onluk (decimal) kod dönüştürücüde 0000 ile 1001 arasındaki kodlar onluk koda dönüştürülür. Geri kalan altı kod kullanılmaz (Şekil 4.42).



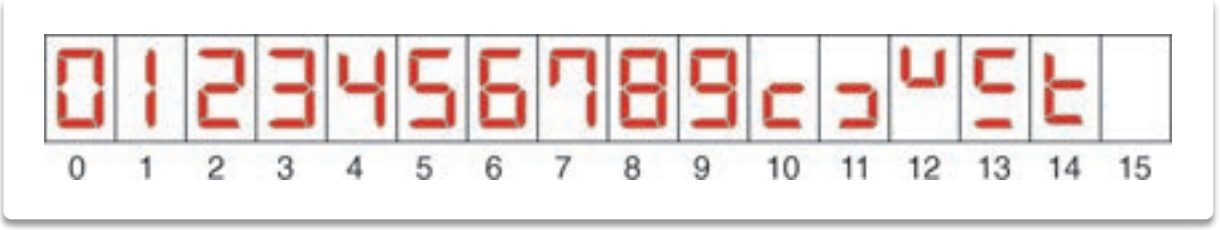

Şekil 4.42: 7 segmentli displayde onluk rakamların görüntülenmesi

Şekil 4.43'te ikili (binary) kodu, onluk (decimal) koda dönüştüren 7446 ya da 7447 entegresi ve 7 segmentli displayden oluşan 1010 ile 1111 arasındaki kodların kullanılmadığı devre görülmektedir.




Şekil 4.43: BCD 7 segment kod çözücü entegresi ve 7 segmentli displayin bağlantı şeması

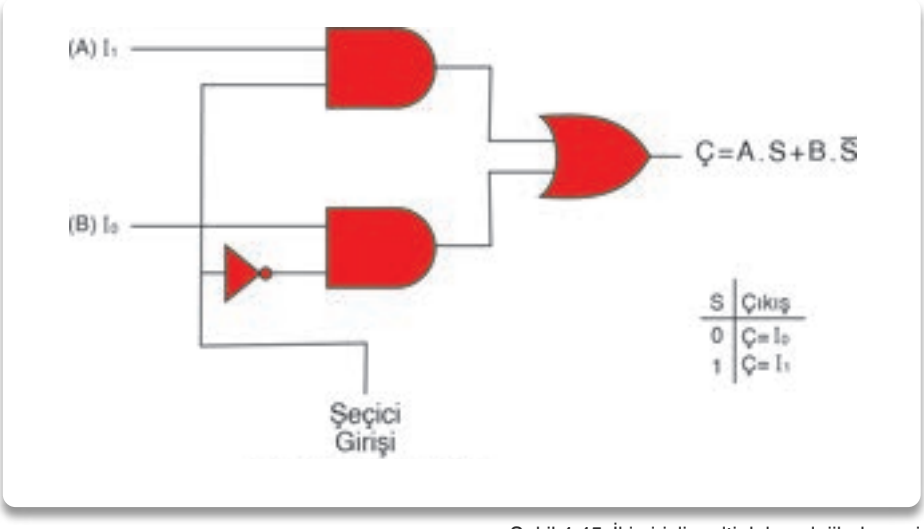
Yukarıdaki devrede girişe 0000-1111 arasındaki 16 farklı kod uygulandığında displayde **görüntülenecek rakamlar aşağıdaki gibi olacaktır** (Şekil 4.44). Burada 0-9 aralığındaki rakamlar kullanılır. Diğerleri ise bir **şey ifade etmez.**




Şekil 4.44: BCD 7 segment kod çözücü devresi çıkışında 7 segmentli displayde gözlenen değerler

- **Veri Seçiciler (Multiplexer)**

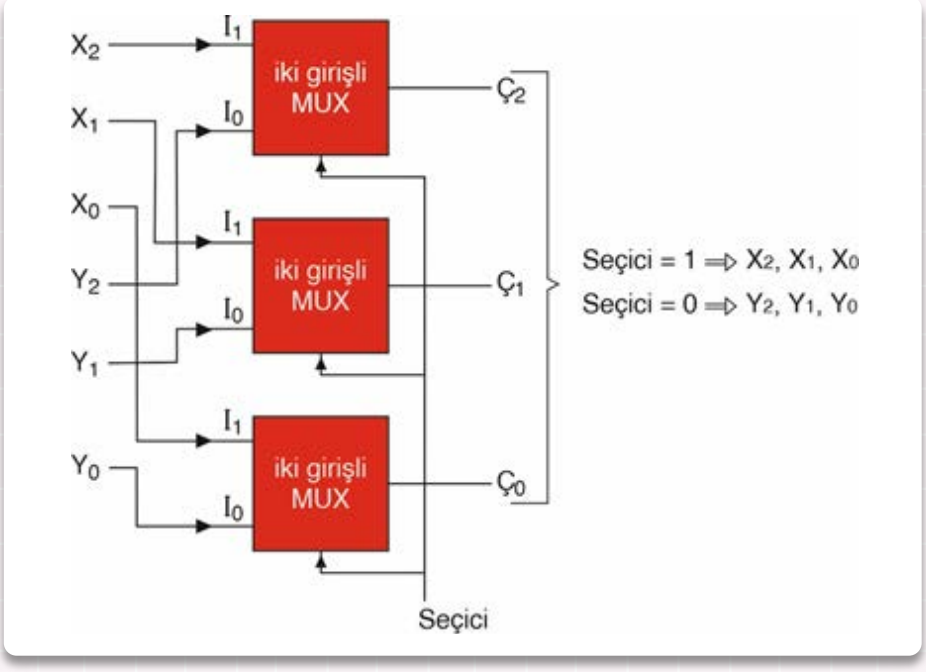
Veri seçiciler, birçok bilgi girişine sahip olup çıkışlarına bu bilgilerden sadece birini aktaran devrelerdir. Çıkışa aktarılan bilginin hangi girişten gelen bilgi olduğunu belirleyen ise seçici girişleridir. Şekil 4.45'te; iki girişli bir multiplexer devresinin lojik şeması görülmektedir.




Şekil 4.45: İki girişli multiplekser lojik devresi

Devrede Seçici girişe "0" uygulandığında $I_0$ çıkışa aktarılırken "1" uygulandığında ise $I_0$ çıkışa aktarılmaktadır.

**Örnek:** 3 bitlik iki farklı bilgiden isteğe bağlı olarak bir tanesinin çıkışa aktarılmasını sağlayan multiplexer devresini oluşturunuz.




Şekil 4.46: 3 bitlik iki bilgiden istenilen bir tanesini çıkışa aktaran multiplexer

Şekil 4.46'da;

Seçici girişine "1" uygulandığında çıkışa $X_2, X_1, X_0$ bilgisi aktarılmaktadır.

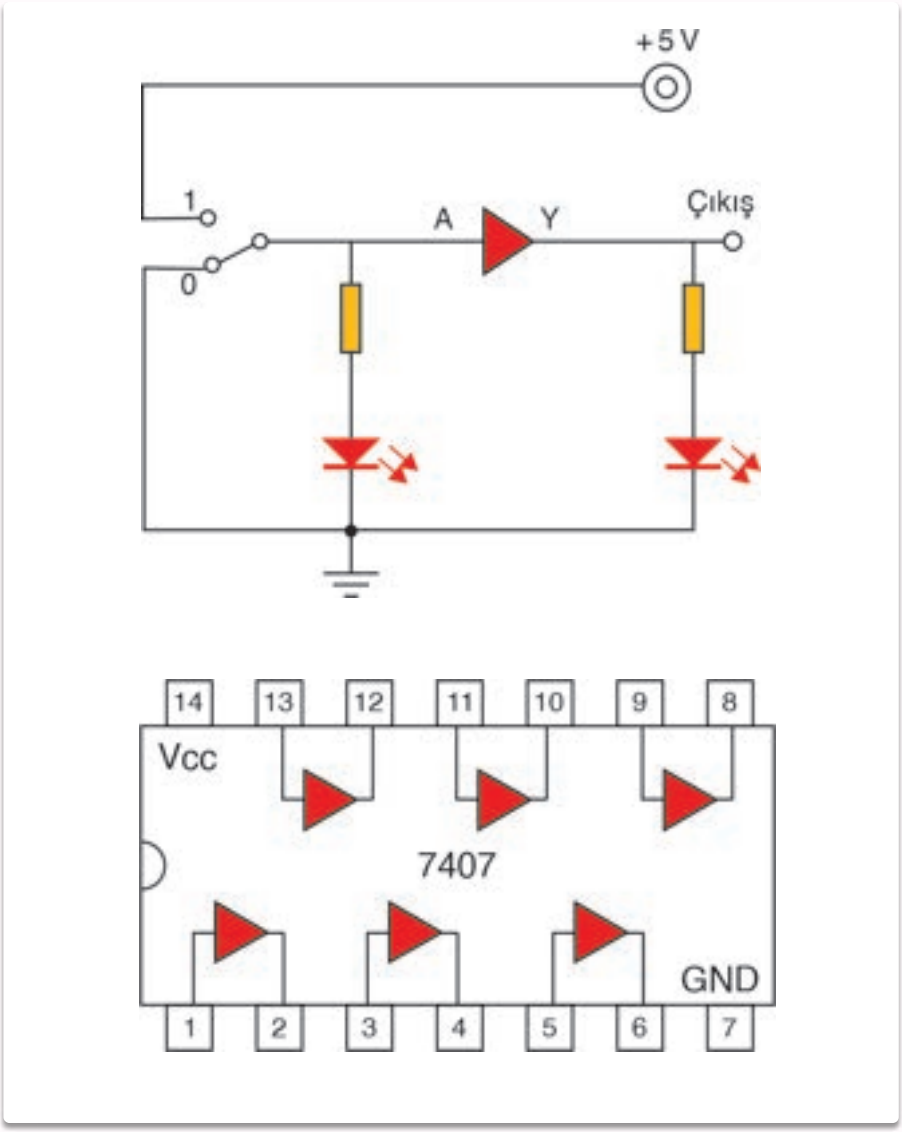
Seçici girişine "1" uygulandığında çıkışa $Y_2, Y_1, Y_0$ bilgisi aktarılmaktadır.

**Amaç:** Breadboard üzerinde Tampon kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 74LS07 | TTL entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 2 adet |
| LED Diyot | Yeşil ve kırmızı renk | 2 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Şekil 4.47'de verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**




Şekil 4.47: Tampon uygulama devresi ve entegresi

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 7407 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. Entegrenin girişine aşağıda verilen doğruluk tablosuna uygun olarak 0 ve 1 uygulayarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz. A giriş dalga sinyaline göre devrenin çıkış sinyali dalga formu Y'yi çiziniz (Şekil 4.48).

**5 No.lu İşlem Basamağının Yanıtları**

| Giriş | Çıkış |
|---|---|
| A | Y |
| 0 | |
| 1 | |




Şekil 4.48: Tampon devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak "0" ve "1" bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 25 | |
| 6 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 15 | |
| TOPLAM | | 100 | |

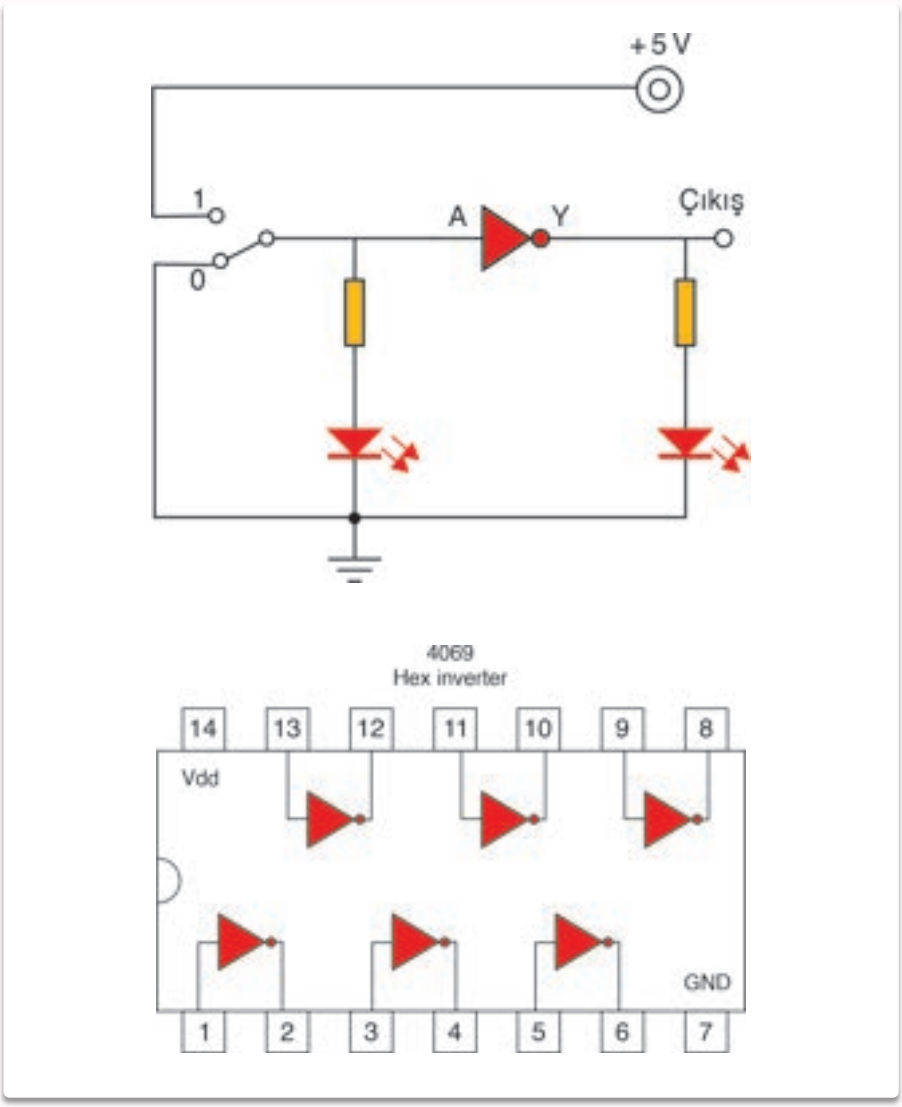
**Amaç:** Breadboard üzerinde DEĞİL kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 7404 | TTL entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 2 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 2 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Uygulama Şeması**

**Şekil 4.49'da verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**



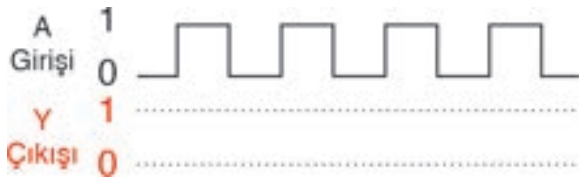

Şekil 4.49: DEĞİL kapısı uygulama devresi ve 7404 entegresi ayak bağlantıları

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 7404 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. Entegrenin girişine aşağıda verilen doğruluk tablosuna uygun olarak 0 ve 1 uygulayarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz. A giriş dalga sinyaline göre devrenin çıkış sinyali dalga formu Y'yi çiziniz (Şekil 4.50).

**4 ve 5 No.lu İşlem Basamaklarının Yanıtları**

| Giriş | Çıkış |
|---|---|
| A | Y |
| 0 | |
| 1 | |




Şekil 4.50: DEĞİL kapısı çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

**Uygulama Değerlendirme**

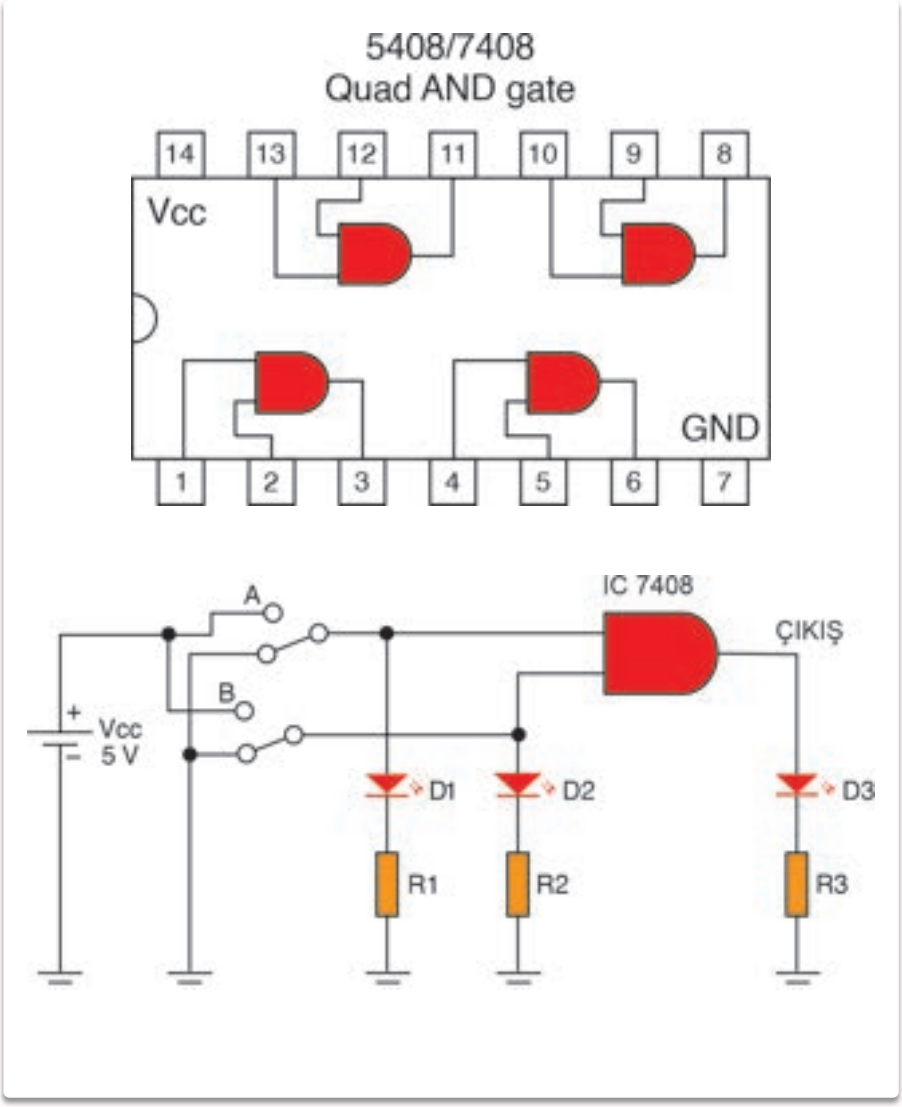
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak "0" ve "1" bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 25 | |
| 6 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 15 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Breadboard üzerinde VE kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 7404 | TTL entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 3 adet |
| LED Diyot | Yeşil renk | 2 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil Teli (Siyah, Kırmızı) | |

**Şekil 4.51'de verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**

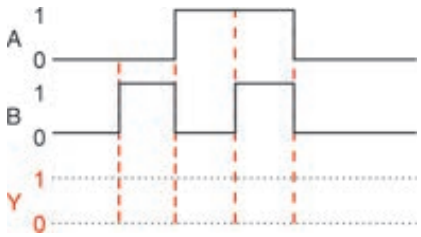



Şekil 4.51: VE Kapısı uygulama devresi ve 7408 entegresi ayak bağlantıları

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 7408 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. A, B anahtarlarının giriş konumlarını aşağıdaki doğruluk tablosuna uygun şekilde oluşturarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz.
6. A, B giriş dalga formları verilmiş olan devrenin, çıkış sinyali Y dalga formunu çiziniz (Şekil 4.52).
7. Üç girişli AND lojik kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
8. İki girişli AND lojik kapılarıyla üç girişli AND lojik kapısının elde edilmesinin şeklini çiziniz.

### 5 ve 6 No.lu İşlem Basamaklarının Yanıtları




| Giriş | | Çıkış |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | |
| 0 | 1 | |
| 1 | 0 | |
| 1 | 1 | |

Şekil 4.52: VE (AND) kapı devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

### 7 No.lu İşlem Basamağı Yanıtı

### 8 No.lu İşlem Basamağı Yanıtı

**Uygulama Değerlendirme**

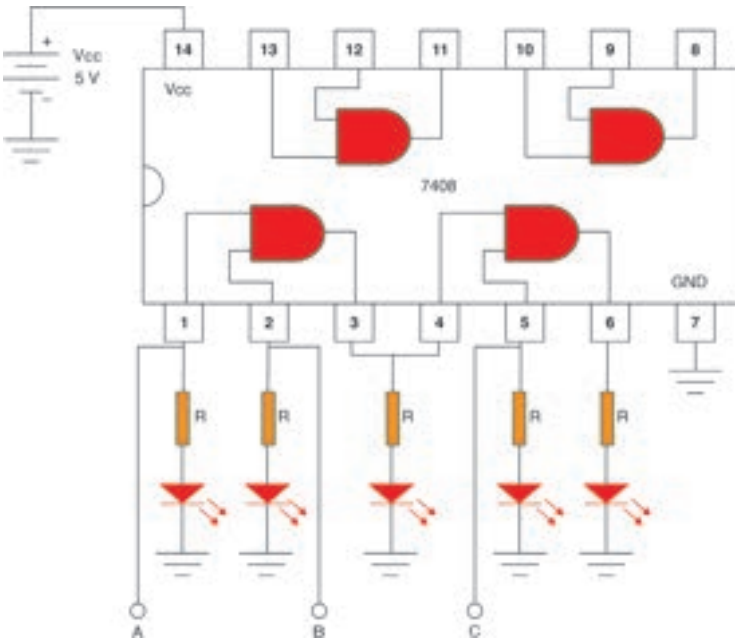
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak “0” ve “1” bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 25 | |
| 6 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 15 | |
| TOPLAM | | 100 | |

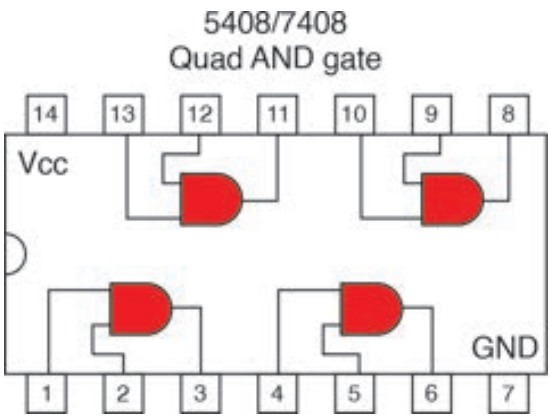
**Amaç:** Breadboard üzerinde üç girişli VE kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 7408 | TTL entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 5 adet |
| LED Diyot | Yeşil | 4 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Şekil 4.53'te verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**



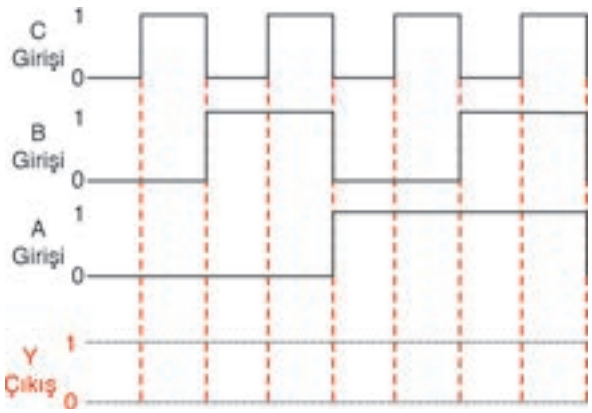

Şekil 4.53: Üç girişli VE kapısı uygulama devresi ve 7408 entegresi iç şeması

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 7408 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. A, B, C anahtarlarının giriş konumlarını aşağıdaki doğruluk tablosuna uygun şekilde oluşturarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz.
6. A, B, C giriş dalga formları verilmiş olan devrenin, çıkış sinyali Y dalga formunu çiziniz (Şekil 4.54).
7. Üç girişli VE kapısının elektriksel eşdeğer devresini çiziniz.

## 5 ve 6 No.lu İşlem Basamaklarının Yanıtları

| Girişler | | | Çıkış |
|---|---|---|---|
| A | B | C | Y |
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |




Şekil 4.54: Üç Girişli VE kapı devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

## 7 No.lu İşlem Basamağı Yanıtı

**Uygulama Değerlendirme**

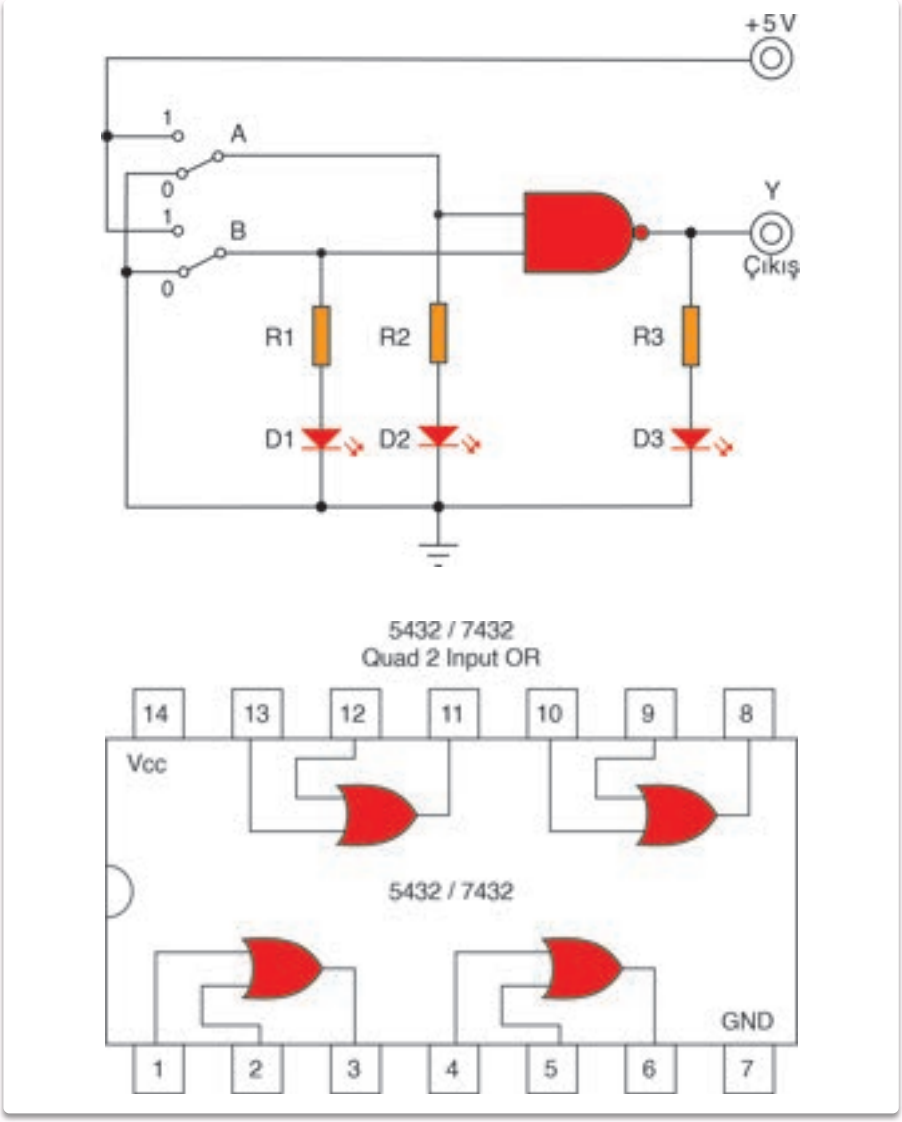
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak “0” ve “1” bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 20 | |
| 6 | Üç girişli VE kapısının elektriksel eşdeğer devresi çizimi | 10 | |
| 7 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 10 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Breadboard üzerinde VEYA kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 7432 | TTL entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 3 adet |
| LED Diyot | Yeşil | 2 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Şekil 4.55'te verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**



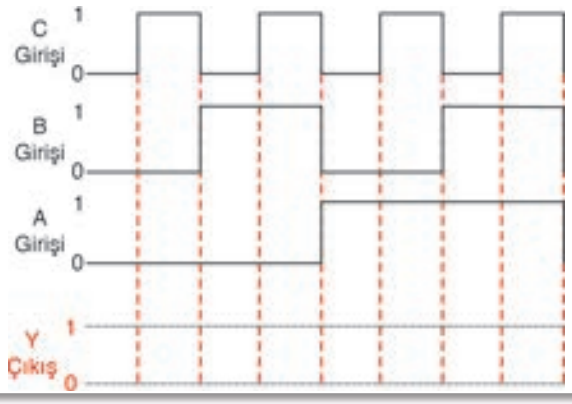

Şekil 4.55: VEYA kapı devresi uygulama şeması ve IC 7432 entegresi içyapısı

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 7432 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. A, B, C anahtarlarının giriş konumlarını aşağıdaki doğruluk tablosuna uygun şekilde oluşturarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz.
6. A, B, C giriş dalga formları verilmiş olan devrenin, çıkış sinyali Y dalga formunu çiziniz (Şekil 4.56).
7. Üç girişli VEYA lojik kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
8. Üç girişli VEYA kapısının elektriksel eşdeğer devresini çiziniz.

### 5 ve 6 No.lu İşlem Basamaklarının Yanıtları

| Girişler | | | Çıkış |
|---|---|---|---|
| A | B | C | Y |
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |




Şekil 4.56: IC 7432 ile yapılan VEYA kapı devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

### 7 No.lu işlem Basamağı Yanıtı

### 8 No.lu İşlem Basamağı Yanıtı

**Uygulama Değerlendirme**

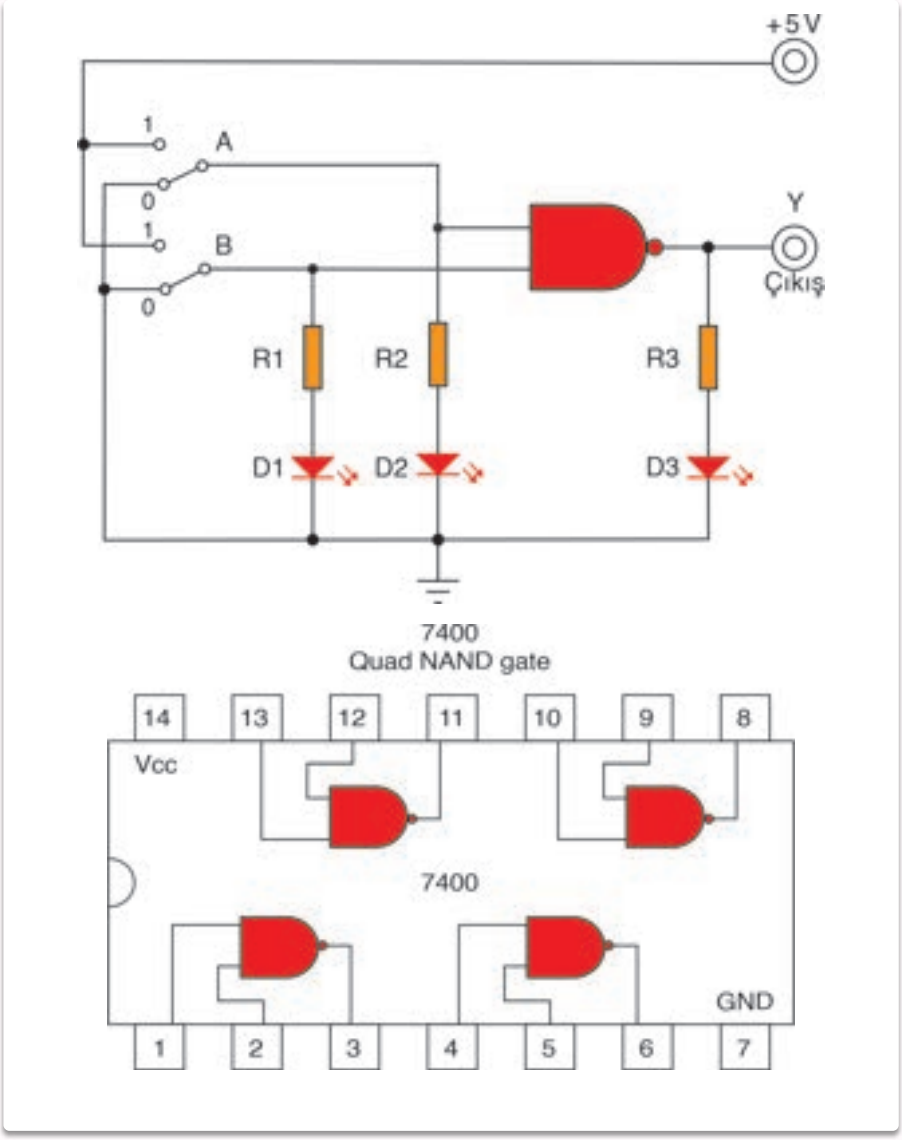
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak “0” ve “1” bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 20 | |
| 6 | Üç girişli VEYA kapısının elektriksel eşdeğer devresi çizimi | 10 | |
| 7 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 10 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Breadboard üzerinde VEYA kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 7400 | TTL entegre | 1 adet |
| 220Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 3 adet |
| LED Diyot | Yeşil | 2 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Şekil 4.57'de verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**



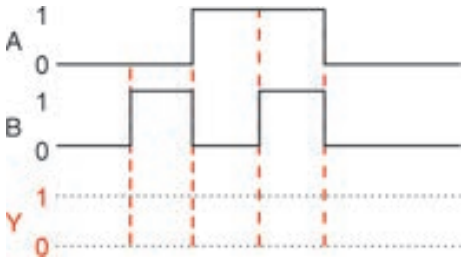

Şekil 4.57: VE DEĞİL kapı devresi uygulama şeması ve 7400 entegresi içyapısı

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 7400 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. A, B anahtarlarının giriş konumlarını aşağıdaki doğruluk tablosuna uygun şekilde oluşturarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz.
6. A, B giriş dalga formları verilmiş olan devrenin, çıkış sinyali Y dalga formunu uygulama sonuçlarınıza göre çiziniz (Şekil 4.58).
7. Üç girişli VE DEĞIL lojik kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
8. Üç girişli VE DEĞİL kapısının elektriksel eşdeğer devresini çiziniz ve matematiksel ifadesini yazınız.

**5 ve 6 No.lu İşlem Basamaklarının Yanıtları**

| Giriş | | Çıkış |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | |
| 0 | 1 | |
| 1 | 0 | |
| 1 | 1 | |




Şekil 4.58: IC 7400 ile yapılan VE DEĞİL (NAND) kapı devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

**7 No.lu İşlem Basamağının Yanıtı**

**8 No.lu İşlem Basamağının Yanıtı**

**Uygulama Değerlendirme**

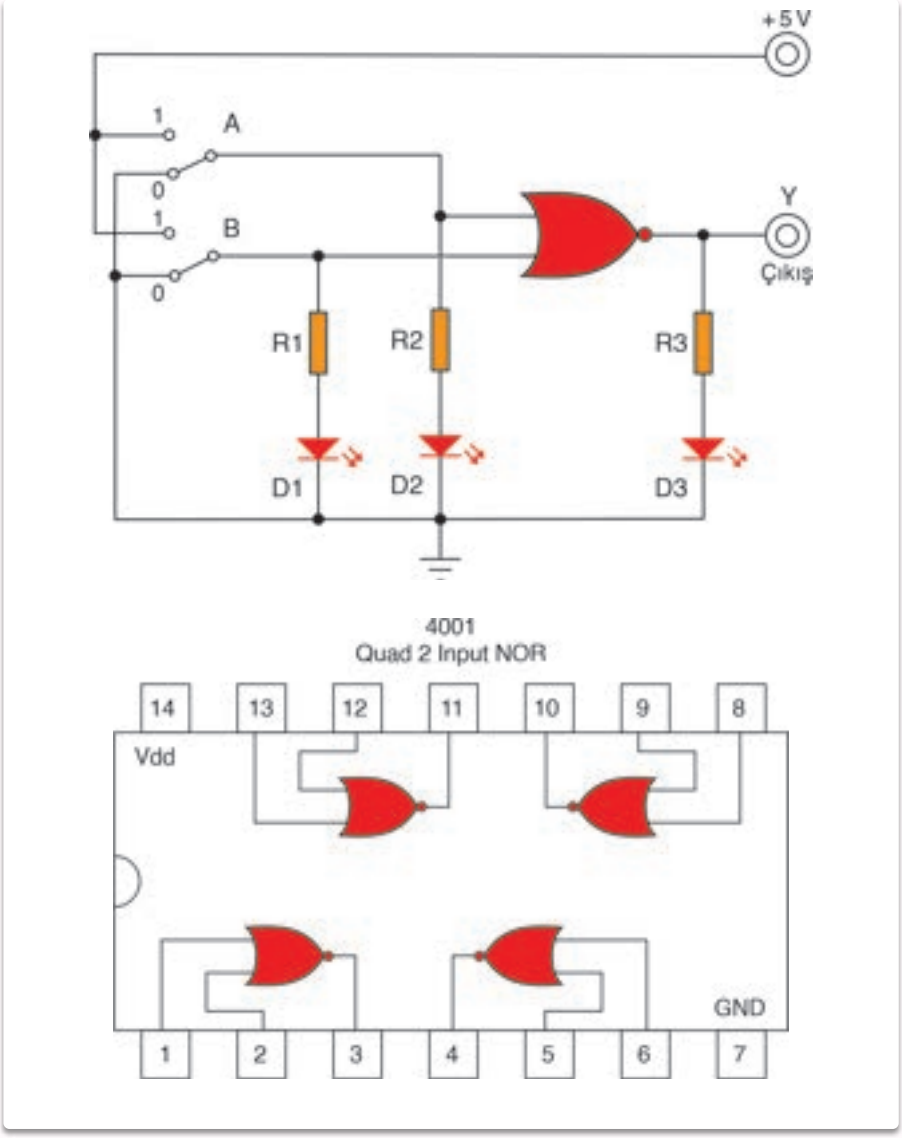
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak “0” ve “1” bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 20 | |
| 6 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 10 | |
| 7. | Üç girişli VE DEĞİL kapısının elektriksel eşdeğer devresi çizimi ve matematiksel ifadesinin yazılması | 10 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Breadboard üzerinde VEYA kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 7432 | TTL entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 3 adet |
| LED Diyot | Yeşil | 2 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Şekil 4.59'da verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**



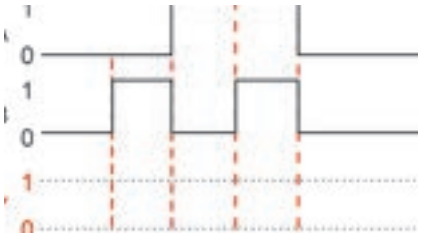

Şekil 4.59: VEYA DEĞİL (NOR) kapısı uygulama devresi ve 4001 entegresinin içyapısı

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 4001 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. A, B anahtarlarının giriş konumlarını aşağıdaki doğruluk tablosuna uygun şekilde oluşturarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz .
6. A, B giriş dalga formları verilmiş olan devrenin, çıkış sinyali Y dalga formunu uygulama sonuçlarınıza göre çiziniz (Şekil 4.60).
7. Üç girişli VEYA DEĞİL lojik kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
8. Üç girişli VEYA DEĞİL kapısının elektriksel eşdeğer devresini çiziniz ve matematiksel ifadesini yazınız.

### 5 ve 6 Numaralı İşlem Basamaklarının Yanıtları

| Giriş | | Çıkış |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | |
| 0 | 1 | |
| 1 | 0 | |
| 1 | 1 | |




Şekil 4.60: IC 4001 ile yapılan VEYA DEĞİL kapı devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

### 7 Numaralı İşlem Basamağının Yanıtı

### 8 Numaralı İşlem Basamağının Yanıtı

**Uygulama Değerlendirme**

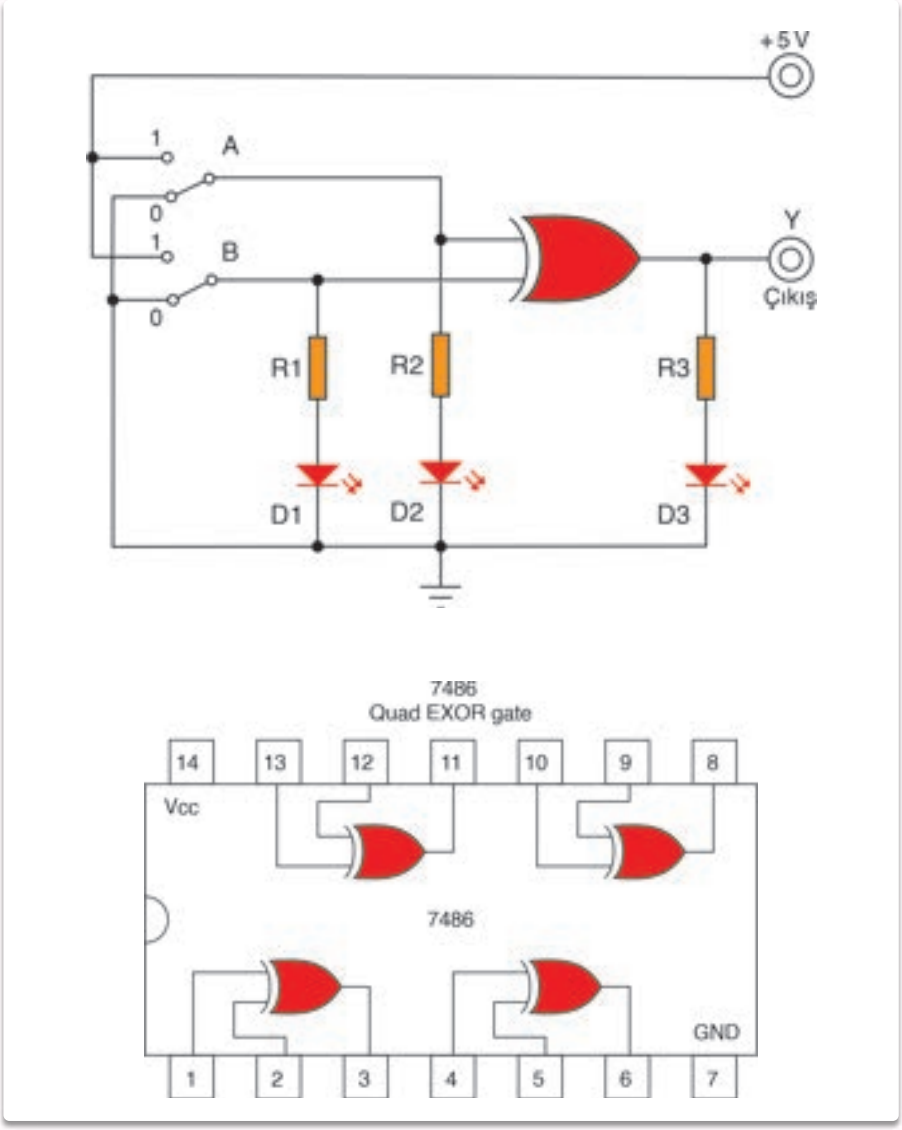
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak “0” ve “1” bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 20 | |
| 6 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 10 | |
| 7 | Üç girişli VEYA DEĞİL kapısının elektriksel eşdeğer devresi çizimi ve matematiksel ifadesinin yazılması | 10 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Breadboard üzerinde ÖZEL VEYA kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 7486 | TTL entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 3 adet |
| LED Diyot | Yeşil | 2 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Şekil 4.61'de verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**



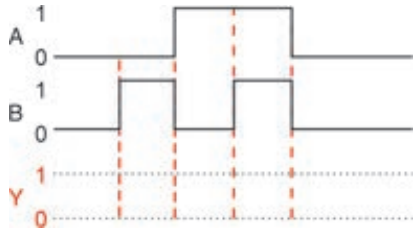

Şekil 4.61: ÖZEL VEYA (EX-OR) kapısı uygulama devresi ve 7486 entegresinin içyapısı

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 7486 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. A, B anahtarlarının giriş konumlarını aşağıdaki doğruluk tablosuna uygun şekilde oluşturarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz.
6. A, B giriş dalga formları verilmiş olan devrenin, çıkış sinyali Y dalga formunu uygulama sonuçlarınıza göre çiziniz (Şekil 4.62).
7. Üç girişli ÖZEL VEYA lojik kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
8. Üç girişli ÖZEL VEYA kapısının elektriksel eşdeğer devresini çiziniz.

**5 ve 6 Numaralı İşlem Basamaklarının Yanıtları**

| Giriş | | Çıkış |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | |
| 0 | 1 | |
| 1 | 0 | |
| 1 | 1 | |




Şekil 4.62: 7486 ile yapılan ÖZEL VEYA (EX-OR) kapı devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

**7 Numaralı İşlem Basamağının Yanıtı**

**8 Numaralı İşlem Basamağının Yanıtı**

**Uygulama Değerlendirme**

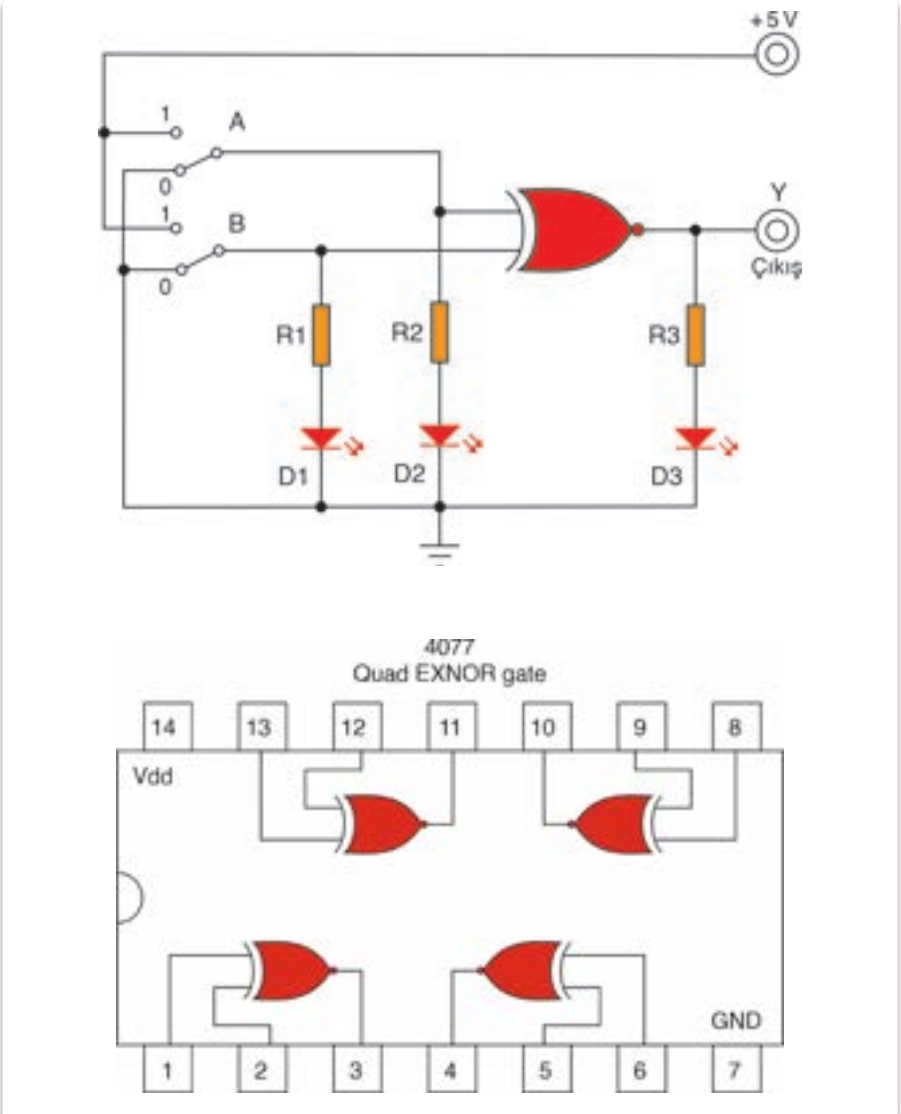
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak "0" ve "1" bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 20 | |
| 6 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 10 | |
| 7 | Üç girişli ÖZEL VEYA kapısının elektriksel eşdeğer devresi çizimi ve matematiksel ifadesinin yazılması | 10 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Breadboard üzerinde ÖZEL VEYA DEĞİL kapı uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 4077 | CMOS entegre | 1 adet |
| 220 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 3 adet |
| LED Diyot | Yeşil | 2 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**Şekil 4.63'te verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**



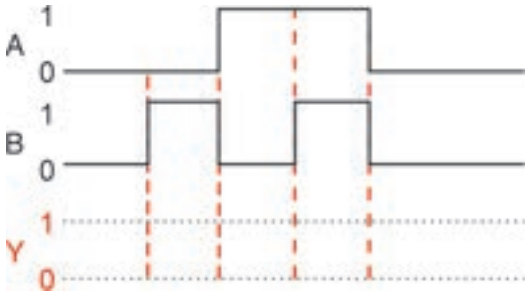

Şekil 4.63: ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) kapısı uygulama devresi ve 4077 entegresinin içyapısı

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 4077 entegresini breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız.
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7407 entegresinin 14 numaralı ayağına - ucunu ise 7 numaralı ayağına bağlayınız.
4. A, B anahtarlarının giriş konumlarını aşağıdaki doğruluk tablosuna uygun şekilde oluşturarak deneyi yapınız.
5. Doğruluk tablosunu deney sonuçlarına göre doldurunuz.
6. A, B giriş dalga formları verilmiş olan devrenin, çıkış sinyali Y dalga formunu uygulama sonuçlarınıza göre çiziniz (Şekil 4.64).
7. Öğretmeninizden yardım alarak A, B girişlerine uygun frekanslarda (A girişine B girişine uygulanacak sinyalin frekansın yarısı büyüklüğünde olacak şekilde) kare dalga sinyaller uygulayarak giriş ve çıkış dalga şekillerini iki farklı osilaskopta gözlemleyiniz.
8. Üç girişli ÖZEL VEYA DEĞİL lojik kapısının matematiksel ifadesini yazınız.
9. Üç girişli ÖZEL VEYA DEĞİL kapısının elektriksel eşdeğer devresini çiziniz.

**5 ve 6 Numaralı İşlem Basamaklarının Yanıtları**

| Giriş | | Çıkış |
|---|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | |
| 0 | 1 | |
| 1 | 0 | |
| 1 | 1 | |




Şekil 4.64: 4077 ile yapılan ÖZEL VEYA DEĞİL (EX-NOR) kapı devresi çıkış sinyali dalga formunun uygulama sonuçlarına göre çizilmesi ve doğruluk tablosunun doldurulması

**7 Numaralı İşlem Basamağının Yanıtı**

**8 Numaralı İşlem Basamağının Yanıtı**

**9 Numaralı İşlem Basamağının Yanıtı**

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| 3 | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| 4 | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| 5 | Kapı girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak “0” ve “1” bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 20 | |
| 6 | Çıkış sinyalinin dalga formunun çizilmesi | 10 | |
| 7 | Üç girişli ÖZEL VEYA kapısının elektriksel eşdeğer devresi çizimi ve matematiksel ifadesinin yazılması | 10 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

# 4.10. UYGULAMA

## KOD ÇÖZÜCÜ (DEKODER) DEVRESİ UYGULAMASI

**Amaç**: Breadboard üzerinde kod çözücü uygulaması yapmak.

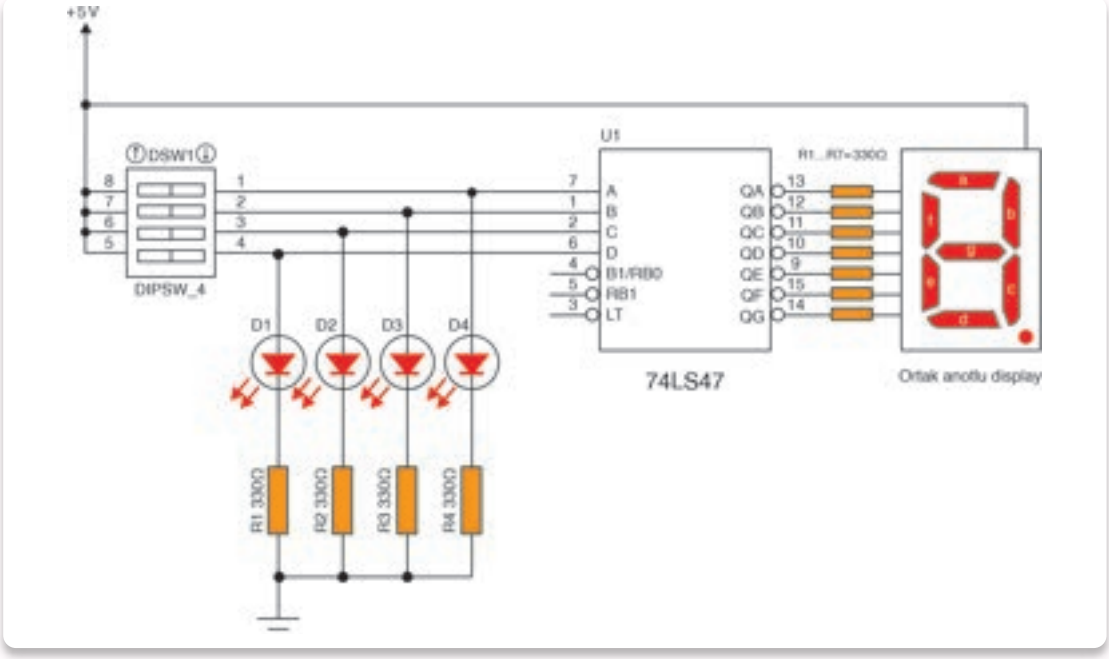
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| DC 5 Volt Güç Kaynağı | | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| 74LS47 | TTL entegre | 1 adet |
| 330 Ω Direnç | ¼ Watt karbon direnç | 11 adet |
| 7 Segment Display | Ortak anotlu | 1 adet |
| LED Diyot | Kırmızı renk | 4 adet |
| Anahtar | 4*3 pin SPDT mini on off switch | 1 adet |
| Bağlantı Kabloları | Zil teli (siyah, kırmızı) | |

**İşlem Basamakları**

1. Deneyi yaparken öncelikle 74LS47 entegresini ve 7 segmentli displayi breadboard üzerine yerleştiriniz.
2. Şemaya uygun olarak diğer devre elemanlarını breadboard üzerine yerleştirerek gerekli bağlantıları yapınız (Şekil 4.65).
3. Deneyi yaparken 5 voltluk DC besleme kaynağının + ucunu 7447 entegresinin 16 numaralı ayağına - ucunu ise 8 numaralı ayağına bağlayınız.
4. Anahtarlarının konumlarını tablodaki A, B, C, D girişlerine göre oluşturarak deneyi yapınız.
5. Her bir giriş için çıkışta yanan segmentlerin karşılığını "1", sönük olan segmentlerin karşılığını "0" olacak şekilde Tablo 2'yi doldurunuz.

**Aşağıda verilen uygulamayı işlem basamaklarına uygun olarak gerçekleştiriniz.**




Şekil 4.65: 3 bitlik iki bilgiden istenilen bir tanesini çıkışa aktaran multiplexer

Tablo 2: Kod Çözücü Uygulama Sonuçları Tablosu

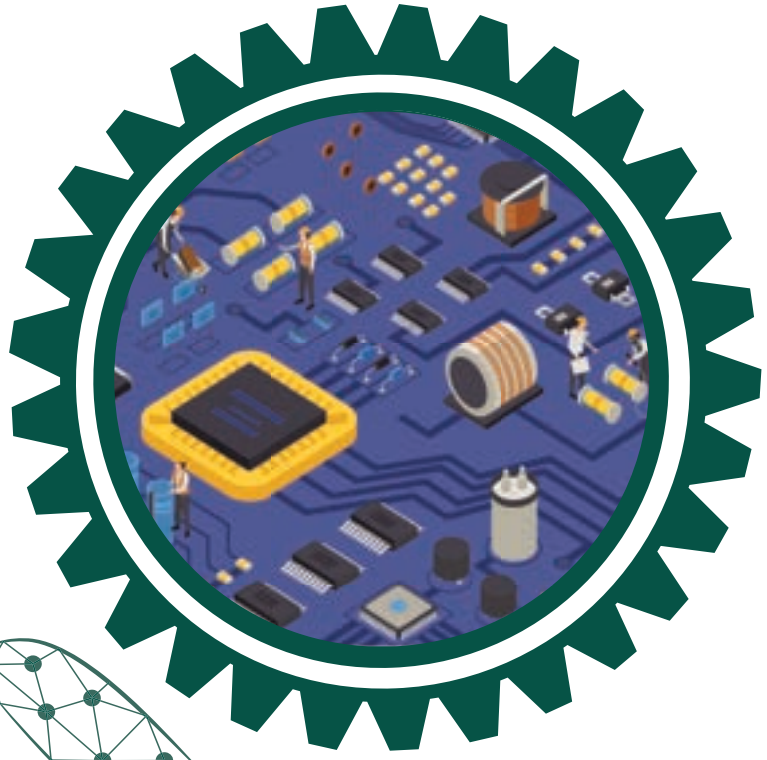
| D | C | B | A | a | b | c | d | e | f | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| **1** | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| **2** | Entegre devrenin ve diğer devre elemanlarının breadboard üzerine doğru şekilde yerleştirilmesi | 15 | |
| **3** | Devre bağlantılarının doğru olarak yapılması | 20 | |
| **4** | Güç kaynağının devreye doğru bağlanması | 15 | |
| **5** | Devre girişlerine doğruluk tablosuna uygun olarak “0” ve “1” bilgilerinin uygulanarak çıkışın gözlemlenmesi ve tablonun doldurulması | 40 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

# 5. ÖĞRENME BİRİMİ

## ELEKTRONİK DEVRE UYGULAMALARI

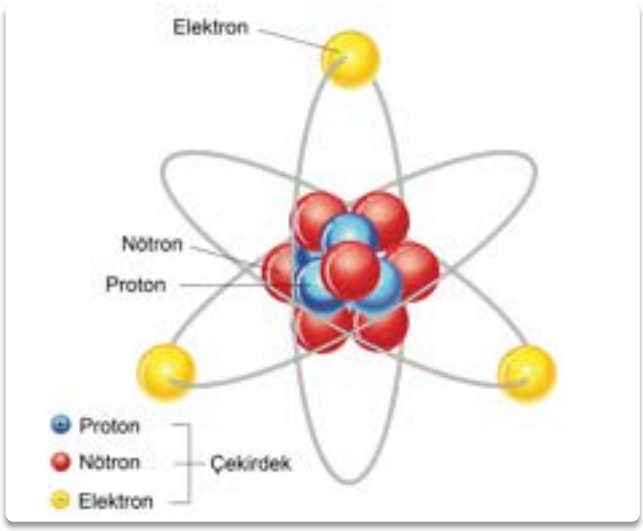


### KONULAR

5.1. YARI İLETKEN ELEMANLAR İLE YÜKSELTEÇ DEVRELERİ
5.2. OPERASYONEL YÜKSELTEÇ DEVRELERİ

# 5.1. YARI İLETKEN ELEMANLAR İLE YÜKSELTEÇ DEVRELERİ

Yeryüzünde bulunan bütün maddeler, merkezinde bir çekirdek ve çekirdek etrafında elektronların hareket ettiği atomlardan oluşmaktadır (Görsel 5.1). Sürekli hareket hâlindeki elektronlar, negatif elektrik yüküne sahiptir. Bir etkime yolu ile atomdan ayrılan elektronların bir devre içerisindeki hareketi, elektrik akımını oluşturur. Elektronların her madde içerisindeki hareketi aynı değildir. Son yörüngedeki elektron sayısına göre maddeler yalıtkan, iletken ve yarı iletken olarak üçe ayrılır.




Görsel 5.1: Atomun yapısı

Son yörüngedeki elektronlara **serbest (valans) elektron** denir. Serbest elektron sayısı 1, 2 veya 3 ise madde iletkendir. Eğer son yörüngede dört serbest elektron varsa madde yarı iletken, beş ve daha fazla sayıda serbest elektron bulunuyorsa madde yalıtkandır. Bu maddelere örnek verilecek olursa son yörüngesinde bir elektron bulunan altın, gümüş ve bakır iyi birer iletkendir. Yarı iletken maddeler normalde yalıtkan olan, herhangi bir etki (ısı, ışık, manyetik, elektriksel) altına girdiğinde iletken hâle geçebilen maddelerdir. Germanyum "Ge", silisyum "Si" ve selenyum "Se" doğal yarı iletkenlere örnektir. Elektronik teknolojisinin gelişmesindeki temel etken, yarı iletken atomların istendiğinde çok hızlı iletken ve yalıtkan olabilmeleridir. Diyot, transistör, triyak, entegre gibi devre elemanları bu yarı iletken maddeler kullanılarak imal edilir. Son yörüngesinde beş ve daha fazla elektron bulunan cam, mika, kâğıt, kauçuk, lastik ve plastik maddeler yalıtkan maddelere örnek verilebilir.

## 5.1.1. Yarı İletken Devre Elemanı Kılıf Çeşitleri ve Bağlantıları

### 5.1.1.1. Diyot

Basit olarak tek yönlü akım geçiren yarı iletken, iki uçlu bir devre elemanıdır (Görsel 5.2 a). Bu iki uç anot (A), katot (K) uçlarıdır. Burada bir gerilim kaynağının artı kutbu anoda, eksi kutbu katoda bağlanırsa diyot doğru polarize olur ve anottan katoda bir akım akmaya başlar. Ters yönde bağlanırsa (anot eksi, katot artı) bir akım geçişi olmaz. Buna **ters polarizasyon** denir. Ters polarizasyon yöntemi sadece bazı özel diyotlarda uygulanır. Diyoda ait elektronik devre sembolü Görsel 5.2 b'de görülmektedir.




Görsel 5.2: Kristal diyot ve diyot sembolü

### 5.1.1.2. Zener Diyot

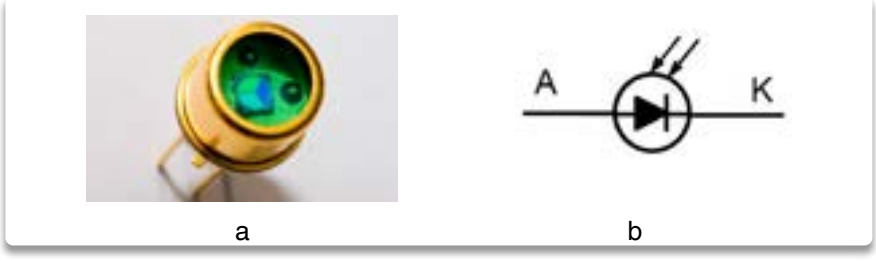
Diyoda uygulanan gerilimin belirli değere ulaşması hâlinde, ters yönde akım geçirmesi prensibine göre çalışan yarı iletken devre elemanıdır (Görsel 5.3 a). Zener diyoda ait elektronik devre sembolü Görsel 5.3 b'de görülmektedir. Devrede, ters polarmalandırılacak şekilde kullanılır. Uçlarına uygulanan gerilim değişse de zener gerilimi daima sabit kalır.




Görsel 5.3: Zener diyot ve zener diyot sembolü

### 5.1.1.3. Foto Diyot

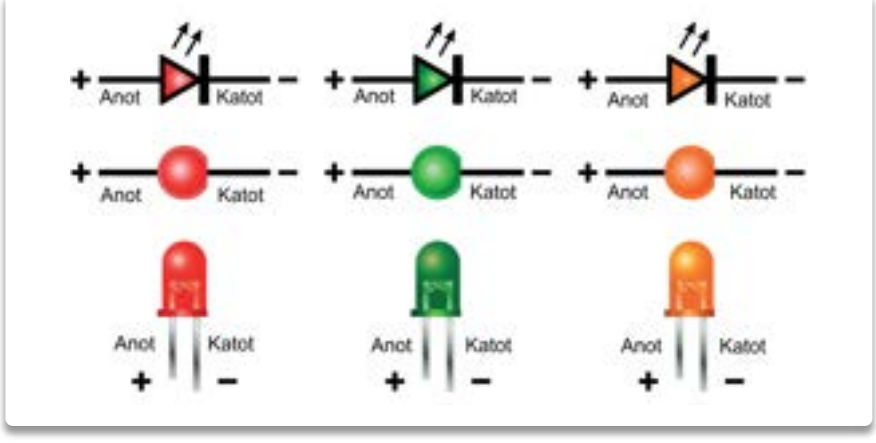
Üzerine ışık düştüğünde iletken olarak katot ucundan anot ucuna doğru akım geçiren elemanlardır (Görsel 5.4 a). Elektronik devre sembolü Görsel 5.4 b'de görülmektedir. Foto diyotlar doğrultmaç diyotlarına benzer. Tek fark, foto diyotların birleşim yüzeyinin aydınlatılabiliyor olmasıdır. Bu elemanlar devreye ters bağlanır ve ışık ile ters yöndeki sızıntı akımlarının artması suretiyle kontrol yapar.




Görsel 5.4: Foto diyot ve foto diyot sembolü

### 5.1.1.4. Işık Yayan Diyot (LED)

Işık yayan filamansız yarı iletken (diyot) lambalara ışık yayan diyot [Light Emitting Diode (Layt İmitin Dayod), LED] denir (Görsel 5.5). Bu elemanlar çeşitli boyutlarda (1-1, 9-2-2, 1-3-5-10 mm vb.) üretilir. 2-20 mA gibi çok az bir akımla çalıştıklarından ve sarsıntılara dayanıklı olduklarından her türlü elektronik devrede kullanılmaktadır. Işık, bir yarı iletkende P tipi madde içine enjekte edilen bir elektronun oyukla birleşmesi ya da N tipi madde içine enjekte edilen bir oyuğun elektronla birleşmesi sonucunda oluşur. Bu olaydaki temel esas, elektronların enerji kaybının ışıma olarak ortaya çıkmasıdır.




Görsel 5.5: Çeşitli renklerde ışık yayan diyot (LED) ve sembolü

LED'lerin yaydığı ışınların renkleri kırmızı, sarı, yeşil, turuncu, mavi, pembe vb. renklerdir. LED'ler normal koşullarda yaklaşık 100.000 saat boyunca ışık verebilir. LED diyotların yapısında kullanılan galyum arsenik (GaAs), galyum arsenik fosfat (GaAsP), galyum fosfat (GaP), çinko, nitrojen vb. maddelere göre ortaya çıkan ışığın rengi de farklı olmaktadır. Yani yarı iletken içine konan elementler LED'in yaydığı ışığın rengini belirlemektedir. Yeşil renk veren LED'lerin içinde nitrojen bulunmaktadır. Nitrojen miktarı artırıldıkça ışık sarı olmaktadır. Kırmızı renk elde etmek için ise çinko ve oksijen kullanılmaktadır.

### 5.1.1.5. Bipolar Jonksiyon Transistör [Bipolar Junction Transistor (Baypolır Cankşın Trenzistır), BJT]

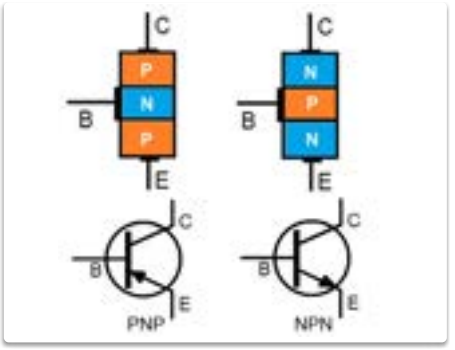
Görsel 5.6'da çeşitli kılıf yapılarında transistörler görülmektedir. Transistör imalatında kullanılan yarı iletkenler, birbirlerine yüzey birleşimli olarak üretilmektedir. Bu nedenle bipolar jonksiyon transistör olarak adlandırılır. Bipolar transistörler de PNP ve NPN olarak iki tiptir. PNP tipinde beyz negatif emiter ve kolektör pozitif kristal yapısındadır. NPN tipinde ise beyz pozitif, emiter ve kolektör negatif kristal yapısındadır (Şekil 5.1). İletimde olması için beyz, emitere göre daha pozitif olmalıdır. Buradaki gerilim farkı silisyum için 0,7 Volt, germanyum için 0,3 Volt veya daha fazla olmalıdır.



Görsel 5.6: Çeşitli transistör kılıfları

Transistörün her bir terminaline işlevlerinden ötürü; Emiter (Emitter), Beyz (Base) ve Kolektör (Collector) adları verilir. Bu terminaller; genelde E, B ve C harfleri ile sembolize edilir.

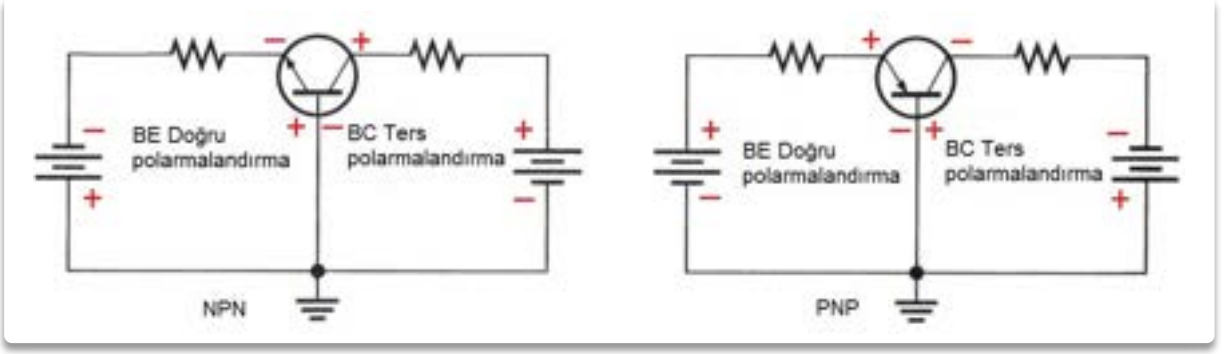
- Emiter Bölgesi (Yayıcı): Akım taşıyıcıların harekete başladığı bölgedir.
- Beyz Bölgesi (Taban): Transistörün çalışmasını etkileyen bölgedir.
- Kolektör Bölgesi (Toplayıcı): Akım taşıyıcıların toplandığı bölgedir.



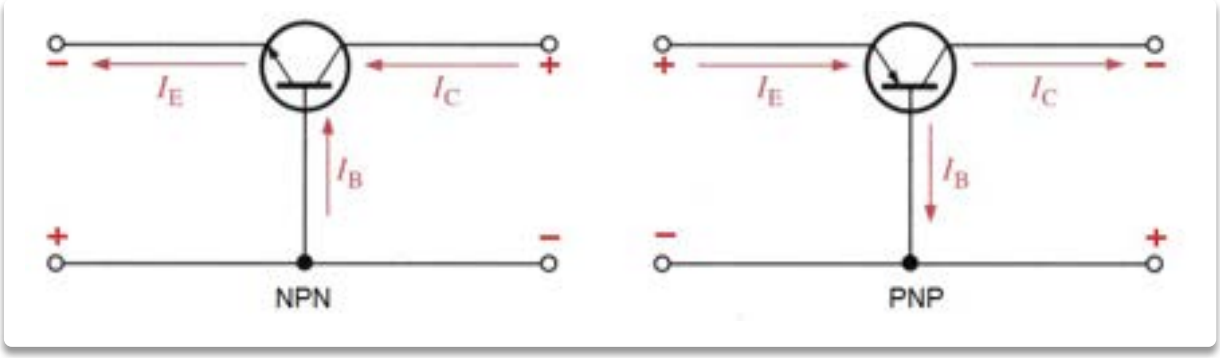

Şekil 5.1: PNP ve NPN transistör sembolü ve iç yapıları

Transistörün çalışmasını sağlayacak şekilde emiter, beyz ve kolektörünün belirli değerdeki ve işaretteki (±) DC gerilim ile beslenmesine **transistörün kutuplandırılması** (polarmalandırması) denir.

NPN veya PNP transistörleri iletime geçirebilmek için Şekil 5.2'de görüldüğü gibi polarmalandırma yapılmalıdır. PNP ve NPN transistörlerin akım ve gerilim yönleri Şekil 5.3'te verilmiştir. $I_E$ akımı, $I_C + I_B$'ye eşittir. Akım yönü artıdan eksiye doğrudur. Gerilim yönleri ise Şekil 5.2'deki polarmalandırılmaya göre yapılmalıdır.




Şekil 5.2: NPN ve PNP transistörlerin polarmalandırılması




Şekil 5.3: NPN ve PNP transistörlerin iletim durumunda akım yönleri

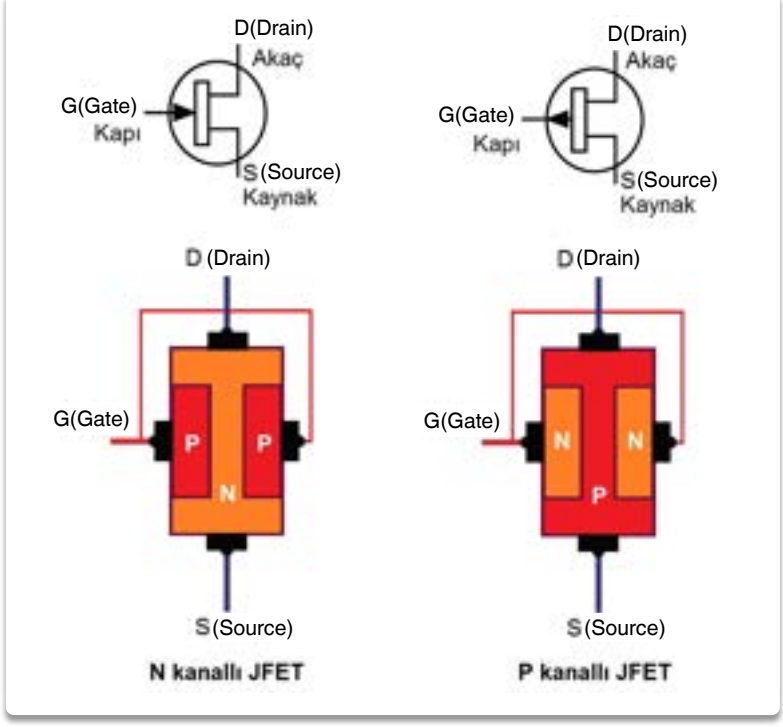
### 5.1.1.6. Alan Etkili Transistör [Field Effect Transistor (Fiıld İfekt Trenzistır), FET]

Yüksek giriş empedansına sahip; tek kutuplu, tek bileşenli, basit yapıda ve 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; Akaç veya Oluk (Drain), Kapı (Gate) ve Kaynaktır (Source). BJT ile FET arasındaki tek fark; BJT transistörde kolektör emiter arasından geçen akım beyzden verilen akımla kontrol edilirken FET transistörde drain source arasından geçen akım geytten verilen gerilimle kontrol edilir. FET'ler geyt ucundan hiçbir akım çekmez.

Alan etkili transistörler; birleşim yüzeyli alan etkili transistör [Junction Field Effect Transistor (Cankşın Fiıld İfekt Trenzistır), JFET] ve metal oksit yarı iletken alan etkili transistör [Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (Metıl Oksayd Semikındaktır Fiıld İfekt Trenzistır), MOSFET] olmak üzere ikiye ayrılır.

### Birleşim Yüzeyli Alan Etkili Transistör (JFET)

Kapı (Gate) ucuna uygulanan ters polarmalı gerilimin değerine göre Akaç-Kaynak (Drain-Source) uçları arasından geçen akımı kontrol edebilen elemanlara **JFET** denir (Şekil 5.4).




Şekil 5.4: N ve P kanallı JFET'lerin içyapı ve sembolleri

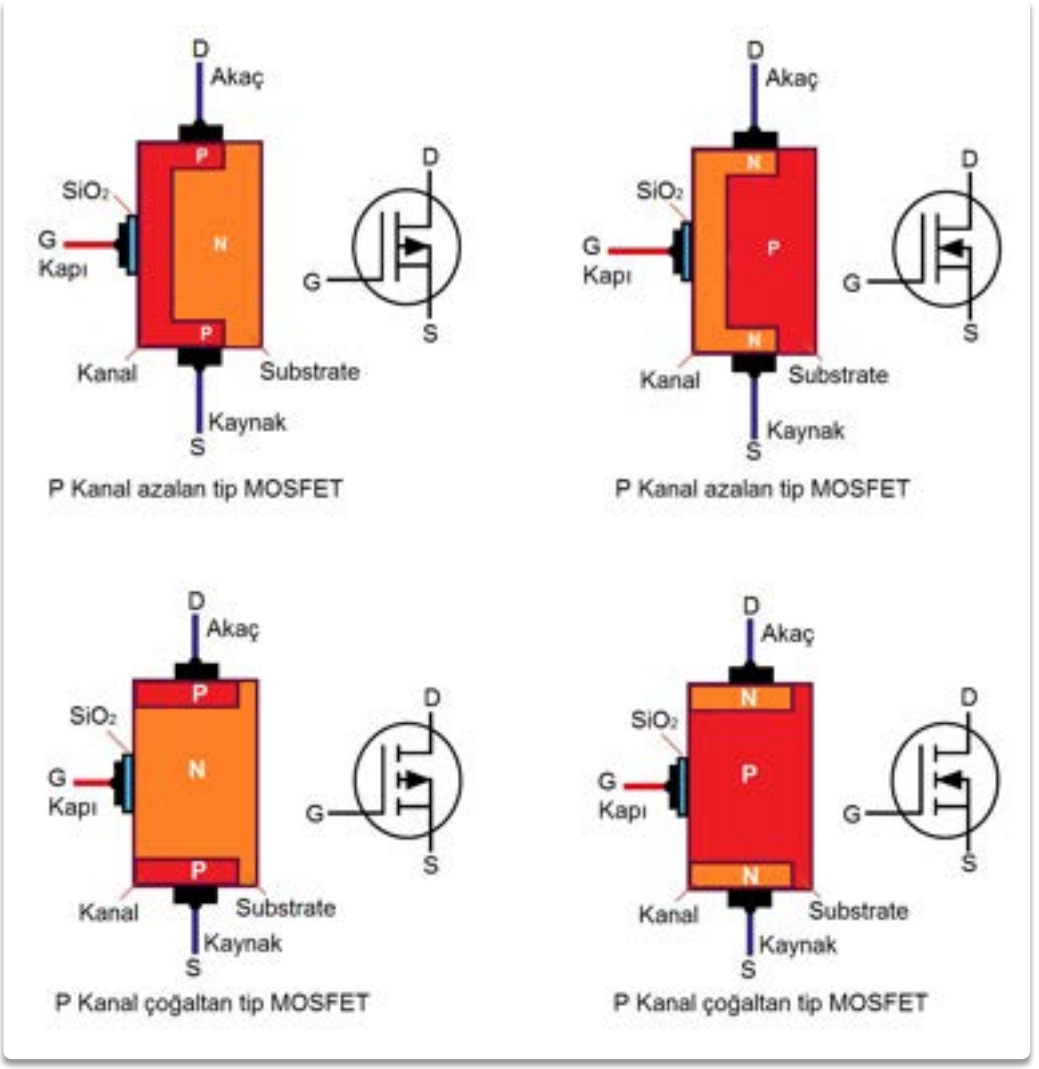
N kanal JFET'in çalışması; G girişine uygulanan gerilim ile N tipi maddeden oluşan kanalın daralıp genişlemesi ile bu kanaldan geçen akım seviyesinin değişmesi şeklinde özetlenebilir. P kanal JFET'lerin çalışma prensibi de N kanal JFET'lerle aynıdır. Tek fark, P ve N maddelerinin polarizasyonunun farklı olmasıdır.

## Metal Oksit Yarı İletken Alan Etkili Transistör (MOSFET)

MOSFET'te kapı (Gate) ile kanal arasında JFET'teki gibi bir P-N birleşimi yoktur. MOSFET'in kapısı silisyum dioksit ($SiO_2$) tabakası ile kanaldan izole edilmiştir. MOSFET'lerin bu nedenle giriş empedansları BJT ve JFET'lerden çok daha yüksektir. MOSFET transistörler fiziksel olarak bir alt katman üzerine yapılandırılmıştır (Şekil 5.5). Bu alt katmana substrate (sabsıtreyt) adı verilir. MOSFET'ler, azaltan (Depletion-Diplişın) tip MOSFET (D-MOSFET) ve çoğaltan (Enhancement-enhensment) tip MOSFET (E-MOSFET) olarak iki şekilde üretilir.

D-MOSFET'te, kapı gerilimi yoksa akaç-kaynak arası iletkendir. Kapı ucuna gerilim uygulandığında ve gerilim seviyesi arttırıldıkça akaç-kaynak arasındaki kanaldan geçen akım da azalır.

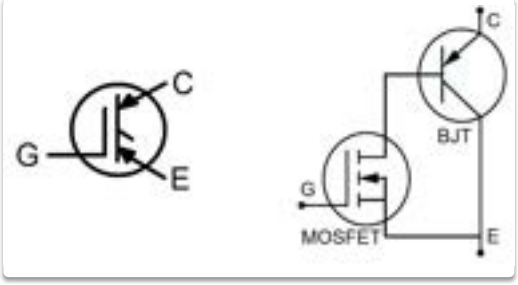
E-MOSFET'te, kapı gerilimi yoksa akaç-kaynak arası yalıtkandır. Kapı ucuna gerilim uygulandığında ve gerilim seviyesi arttırıldıkça akaç-kaynak arasındaki kanaldan geçen akımın miktarı da artar.




Şekil 5.5: N ve P kanallı azaltan ve çoğaltan tip MOSFET'lerin iç yapı ve sembolleri

### 5.1.1.7. Yalıtılmış Kapılı İki Kutuplu Transistör [Insulated Gate Bipolar Transistor (İnsıleytıd Geyt Baypolır Trenzistır), IGBT]

Birçok elektronik cihaz türünde **hızlı anahtarlama için** kullanılabilen üç terminalli yarı iletken anahtarlama elemanıdır. IGBT, MOSFET ve BJT transistörlerin özelliklerini içeren bir devre elemanıdır. Terminallerinin isimleri **Kapı** (Gate), **Toplayıcı** (Collector) ve **Yayıcı** (Emitter)'dır.

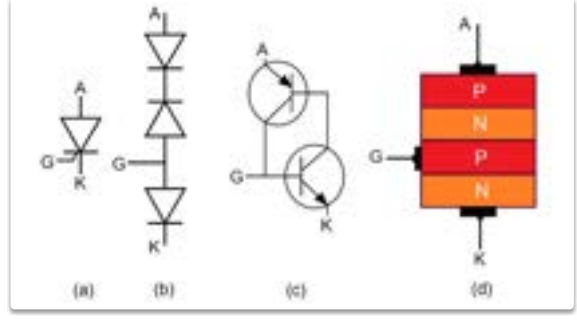



Şekil 5.6: IGBT sembolü ve eşdeğer devresi

IGBT, BJT transistör ve MOSFET'ten oluşan BJT ve MOSFET eşdeğeri ile inşa edilebilir (Şekil 5.6). IGBT, bir transistörün düşük doygunluk voltajı ile bir MOSFET'in yüksek giriş empedansı ve anahtarlama hızını birleştirir. Bu birleşimle 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.

### 5.1.1.8. Tristör

Elektrik ve elektronikte güç kontrolü işlemlerinde kullanılan, küçük bir Kapı (Gate) akımıyla büyük akımların kontrolünü yapabilen tek yönlü akım geçiren yarı iletken devre elemanına **tristör** veya **silisyum kontrollü doğrultucu** [Silicon Controlled Rectifier (Sılikın Kıntrold Rektifayır), SCR] denir (Şekil 5.7).



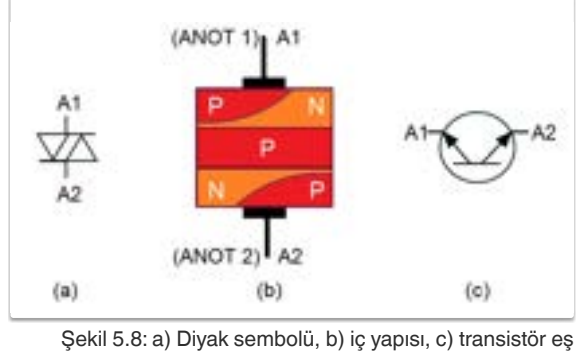

Şekil 5.7: a) P kapılı tristör sembolü, b) diyot eş değeri, c) transistör eş değeri, d) transistörün iç yapısı

Tristör PNPN veya NPNP olmak üzere dört yarı iletken maddenin birleşiminden meydana gelir. Tristörlerde Anot, Katot ve Gate adı verilen üç uç vardır. Tristörler hem DC hem de AC akım ve gerilimlerde çalışır.

P kapılı bir tristörü doğru polarize etmek için anoduna (+), katotuna (-), gate ucuna ise (+) gerilim verilmelidir. Anot-katot doğru polarize edildikten sonra gate ucuna bir gerilim verildiğinde tristör iletime geçer ve anot-katot arasından bir akım geçişi olur. Tristörlerde yük, anot veya katot uçlarına bağlanır. Anahtarlama işlemini yaptıracak düşük tetikleme akımı ise gate ucuna uygulanır. DC gerilimde, tristör iletken olduktan sonra gate tetikleme gerilimi kesilse dahi çalışmaya devam eder. Ancak AC gerilimde tristör çalışılırken gate tetikleme gerilimi kesildiğinde iletkenliği kaybolur ve yalıtkan hâle geçer. AC akımda gate sürekli olarak (alternans değişiminden ötürü) tetiklenmelidir. Değişik güçlerde tristörler imal edilmekte olup çalışma gerilimleri 50 V-8000 V ve akımları 0,4 A-4500 A değerleri arasında olabilmektedir.

### 5.1.1.9. Diyak

Her iki yönde akım geçiren, iki adet PNPN (dört bölgeli) diyodun birbirlerine ters paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş tetikleme elemanına denir (Şekil 5.8).

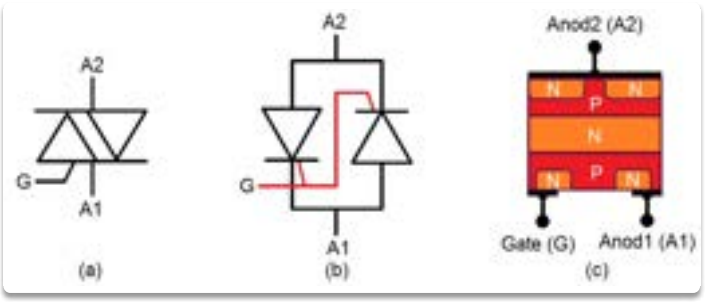



Şekil 5.8: a) Diyak sembolü, b) iç yapısı, c) transistör eş değeri

24-36 Volt kırılma (geçirme) gerilimi aralığına sahip olan diyak bu gerilim değerlerinin altında yalıtkan durumunda olduğu için akım geçirmez. Ancak diyak üzerine uygulanan gerilim, kırılma geriliminin üstüne çıktığında iletime geçer ve bağlı olduğu tristör veya triyakı iletime geçirir.

### 5.1.1.10 Triyak

Gateleri ortak bağlı iki tristörün ters paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş alternatif akımda her iki yönde de akım geçiren yarı iletken anahtarlama elemanına denir. Triyakta Anot1 (A1), Anot2 (A2) ve Gate (G) olmak üzere üç uç bulunur (Şekil 5.9).



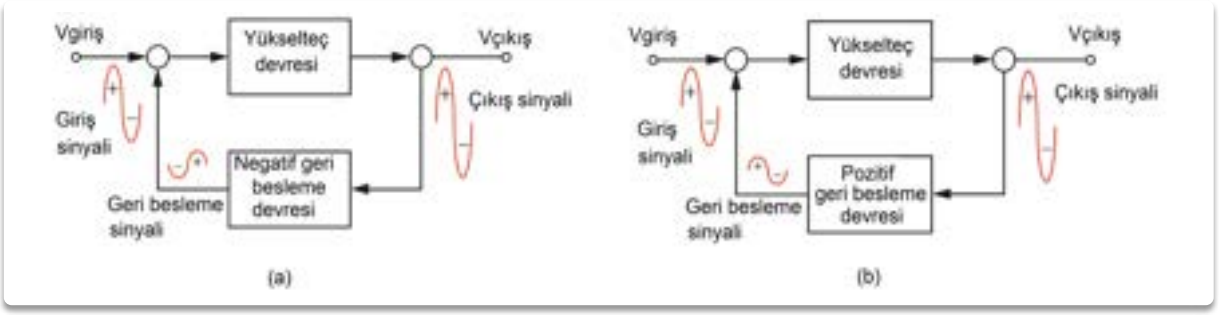

Şekil 5.9: a) Triyak sembolü, b) tristör eşdeğeri, c) içyapısı

Genellikle alternatif akım devrelerinin kumanda edilmesinde kullanılır. Triyak alternatif akımda çalışırken pozitif alternansta bir tristör, negatif alternansta diğer tristör iletime geçer. Alternansın 0 olduğu durumda triyak kesime gider. Triyakın tekrar iletime geçebilmesi için gate ucunun bir kez daha tetiklenmesi gerekir. Yani triyakın iletimde kalması için gate ucunun pozitif veya negatif palsler ile sürekli tetiklenmesi gerekir. Triyaklar, DC akımda tristör gibi çalışır. **Küçük akımlarla** yüksek akımları 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 özellikleridir. 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. Triyakların daha uzun ömürlü olması için üzerilerinde harcanan güç kaybından kaynaklı oluşan ısının dağıtılması amacıyla soğutucu kullanılmaktadır.

## 5.1.2. Yükselteç Devrelerinin Yapıları

### 5.1.2.1. Geri Besleme

Yükselteç devrelerinde çıkıştan alınan sinyalin bir kısmının tekrar girişe uygulanmasına **geri besleme** denir. Geri besleme işlemi yükselteçlerin kararlı ve istenen kazanç değerinde çalışmasını sağlar. Yapılan geri besleme giriş sinyalini arttıracak yönde ise pozitif geri besleme, azaltacak yönde ise negatif geri beslemedir (Şekil 5.10). Yükselteç devrelerinde negatif geri besleme kullanılır. Negatif geri besleme devrelerde kazanç azalırken devrenin kararlılığı artar. Böylece devreden elde edilen kazanç, transistör parametrelerindeki olumsuz değişimlerden daha az etkilenir. Çıkıştaki distorsiyon ve gürültü etkileri negatif geri besleme ile en aza indirilir, bant genişliği artar.




Şekil 5.10: a) Negatif geri besleme, b) Pozitif geri besleme

### 5.1.2.2. Yükselteçlerde Bağlantı Şekilleri

Akım, gerilim veya güç kazancı sağlamak amacıyla yükselteç devrelerinde genellikle transistörler kullanılmaktadır. Bir transistörde kazanç, girişe verilen akım veya gerilimin çıkıştan daha büyük değerlerde elde edilmesidir. Kazanç değeri, çıkıştaki değerlerin girişteki değerlere oranlaması ile hesaplanır. Transistörler bir uç giriş, bir uç çıkış ve bir uç da ortak bağlantı olmak üzere devreye üç şekilde bağlanır. Farklı transistör yükselteç bağlantılarında transistörün girişine uygulanan sinyal çıkışından farklı özelliklerde alınır.

Transistörün yükselteç olarak kullanıldığı bağlantı şekilleri şunlardır:

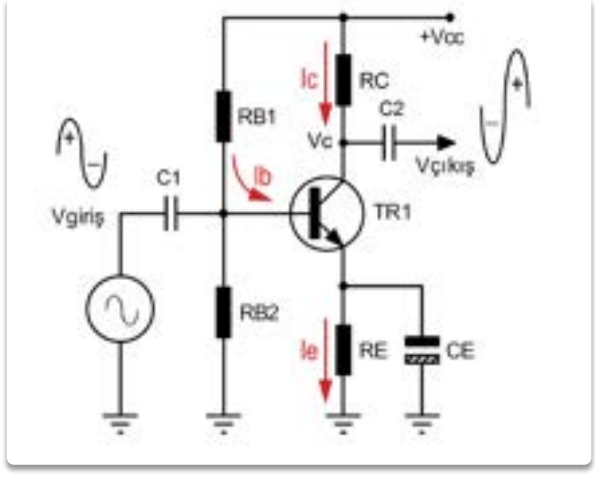
- Emiteri ortak bağlantılı yükselteç
- Beyzi ortak bağlantılı yükselteç
- Kolektörü ortak bağlantılı yükselteç

Bir transistör yükselteç olarak çalıştırıldığında, çıkışındaki akımın girişindeki akıma oranına **akım kazancı** denir. Bu bağlantı şekillerindeki akım kazançları aşağıdaki gibidir.

- Emiteri ortak bağlantı akım kazancı **BETA, ß = Ic / Ib**
- Beyzi ortak bağlantı akım kazancı **ALFA, α = Ic / Ie**
- Kolektörü ortak bağlantı akım kazancı **GAMA, γ = Ie / Ib**

**a) Emiteri Ortak Bağlantılı Yükselteç:** Şekil 5.11'de emiteri ortak bağlantılı yükselteç devresi görülmektedir. Devrede giriş sinyali transistörün beyz-emiter arasına uygulanırken çıkış sinyali kolektör-emiter arasından alınmaktadır. Bu bağlantı türünde akım kazancı yüksek olduğundan yüksek akım ve güç kazancı istenen devrelerde kullanılır. Devre girişinde AC sinyal yokken transistörün kolektör gerilimi (Vc), devrenin besleme geriliminin (Vcc) yarısı değerde (Vc = Vcc / 2) olmalıdır. Transistörün beyz girişine uygulanan AC sinyalin pozitif alternansında beyz akımı (Ib) artar. Buna bağlı olarak kolektör akımı (Ic) artarken kolektör gerilimi (Vc) de azalır. Giriş sinyali negatif alternans olduğunda ise Ib akımı azalır. Ib akımının azalması Ic akımını azaltırken Vc gerilimini de yükseltir. Transistörün kolektör ucunda bulunan Vcc / 2 değerindeki gerilim, giriş sinyaline göre sıfır ile maksimum gerilim arasında AC özellikli ve güçlenmiş sinyal olarak değişir. Devrede dikkat edilecek olursa giriş sinyalindeki değişme çıkışta 180° faz, farklı ve genlik bakımından büyümüş olarak alınır.

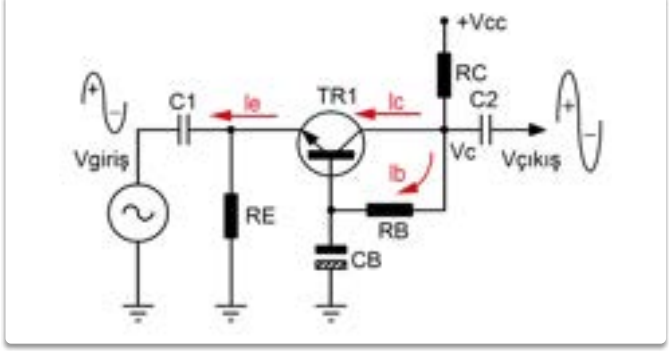
RB1 polarma direnci gereğinden büyük seçilirse Ib ve Ic akımı azalır. Transistörün Vc gerilimi Vcc / 2'den büyük olur. Bu durumda girişe AC bir sinyal uygulandığında çıkışta negatif alternanslar tam olarak oluşur, pozitif alternansların ise şekli bozulur. RB1 polarma direnci gereğinden küçük seçilirse Ib ve Ic akımı artar. Transistörün Vc gerilimi Vcc / 2'den küçük olur. Bu durumda girişe AC bir sinyal uygulandığında çıkışta pozitif alternanslar tam olarak oluşur, negatif alternansların ise şekli bozulur.




Şekil 5.11: PNP ve NPN transistör sembolü ve içyapıları

**b) Beyzi Ortak Bağlantılı Yükselteç:** Beyzi ortak bağlantılı yükselteçlerde, giriş sinyali transistörün beyz-emiter arasına uygulanırken çıkış sinyali ise beyz-kolektör arasından alınır. Girişin uygulandığı emiter ucundaki akım, çıkışın alındığı kolektör ucundaki akımdan büyük (Ie = Ic + Ib) olduğu için yükseltecin akım kazancı daima 1'den küçüktür.

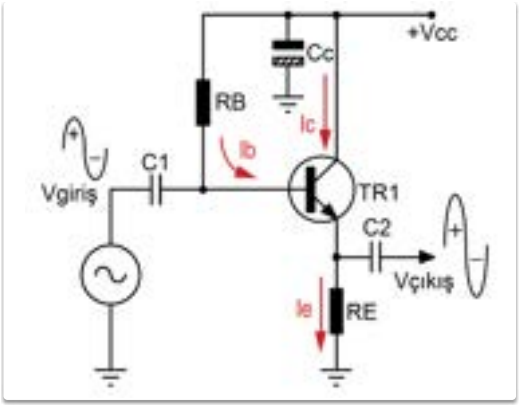
Şekil 5.12'deki beyzi ortak bağlantılı yükselteç devresinde giriş sinyalinin pozitif alternansında transistör emiteri ters polarmalandığından kesime doğru gider. Transistörün kolektör-emiter arasındaki direnç arttığından kolektör ucundaki Vc çıkış sinyali pozitif yönde yükselir. Beyzi ortak bağlantılı yükselteçlerde giriş sinyalindeki değişme, çıkışta aynı fazda ve genlik bakımından büyümüş olarak alınır.




Şekil 5.12: Beyzi ortak bağlantılı yükselteç devresi

**c) Kolektörü Ortak Bağlantılı Yükselteç:** Kolektörü ortak bağlantılı yükselteçlerde giriş sinyali transistörün beyz-kolektör arasına uygulanırken çıkış sinyali ise emiter-kolektör arasından alınır. Bu devrede transistör, ortak emiterli devreye benzer şekilde bağlanmış olmasına rağmen emiter ile şase arasına yük direnci bağlanırken kolektör ucu direkt kaynağa bağlanmıştır (Şekil 5.13).

Kolektör ucu AC sinyalleri şaselemek için Cc kondansatörü ile şaseye bağlanmıştır. Cc kondansatörüne **dekuplaj** ya da **by-pass** (aşırtma) **kondansatörü** adı verilir. Ortak kolektörlü devreler bağlandıkları devrelerden akım çekmez. Çıkışları düşük empedanslı olduğu için çoğunlukla güç yükselteci, regülatör, çıkış katı ve tampon devreler olarak yaygın kullanımı vardır. Giriş sinyalinin pozitif alternansında transistörün beyz akımı (Ib) artar. Ib akımının artması Ic ve Ie akımlarının da artmasını sağlar. RE emiter direnci üzerindeki gerilim yükselir. Giriş sinyalinin negatif alternansında ise Ib akımı azalır. Ib akımının azalması Ic ve Ie akımlarını da azaltır. RE üzerinde oluşan gerilim azalır.

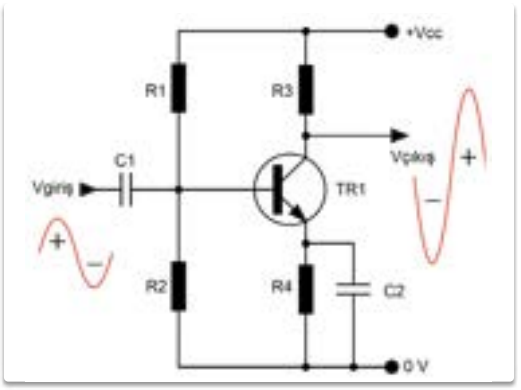


Şekil 5.13: Kolektörü ortak bağlantılı yükselteç devresi

## 5.1.2.3. Yükselteçlerde Çalışma Sınıfları

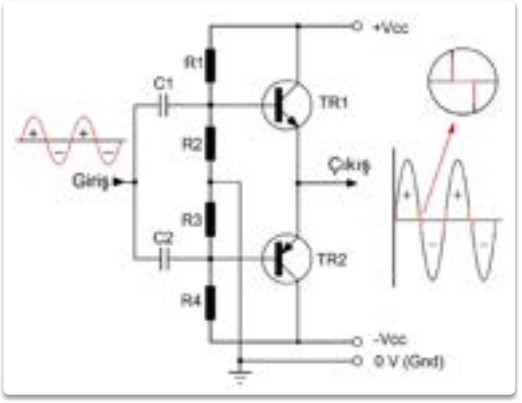
Transistörlerde beyze uygulanan polarma akımı değerine göre kolektör akımı değişmektedir. Uygulanan farklı polarma değerlerinden dolayı transistörlerin farklı çalışma sınıfları vardır.

**a) A Sınıfı Yükselteç:** A sınıfı yükselteçlerde giriş sinyali hiçbir bozulmaya uğramadan sinyalin bütünlüğü korunarak yükseltilir. Girişte sinyal olsun veya olmasın devreden sürekli olarak sabit bir akım çekildiğinden oldukça yüksek bir çalışma ısısı oluşur. Bunun sebebi ise çıkışta bir yük direncinin olması ve giriş sinyali yokken bile çıkıştan Vcc / 2 seviyesinde bir gerilim alınmasıdır. A sınıfı bir güç yükseltecinde maksimum verim teorik olarak %25'tir. Şekil 5.14'te gerilim bölücülü polarmalı, emiteri ortak bağlantılı A sınıfı yükselteç devresi ve giriş-çıkış sinyalleri görülmektedir.



Şekil 5.14: A sınıfı yükselteç devresi

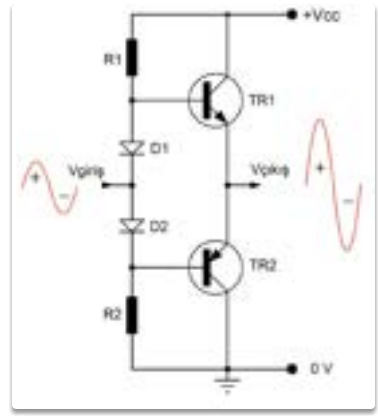
**b) B Sınıfı Yükselteç:** B sınıfı yükselteçlerde biri NPN diğeri PNP olmak üzere iki transistör kullanılmaktadır. Bunun sebebi her bir transistörün **giriş sinyalinin** sadece pozitif veya negatif alternansını **yükseltmesidi**r. Sinyalin bütünlüğünün sağlanması için çıkışta her iki alternans birleştirilir (Şekil 5.15). Girişte sinyal olmadığı durumlarda transistörlerden herhangi bir akım geçmediğinden teorik olarak maksimum verim %78 civarındadır. B sınıfı yükselteçlerin dezavantajı, giriş sinyalinin pozitif ve negatif geçişlerinde giriş sinyalinin bir kısmının kaybolmasıdır. Bunun sebebi ise transistörün iletime geçebilmesi için beyzinde yeterli ön gerilim değerinin olmamasıdır. Bu durum çıkış sinyaline de yansıyarak gürültü oluşturur ve ses çıkış devreleri için tercih edilmez.



Şekil 5.15: B sınıfı yükselteç devresi

**c) AB Sınıfı Yükselteç:** AB sınıfı yükselteçlerde A sınıfı yükselteçler gibi transistörlerden bir miktar akım geçirilerek sürekli iletimde tutulur. Bu akım A sınıfındaki kadar yüksek değildir. Yine B sınıfı gibi sinyalin negatif ve pozitif kısımları ayrı yükselteçlerle yükseltilip çıkışta birleştirilir. Bu şekilde geçiş

bozulması azaltılır ve verim arttırılmış olur. Bu sebeple en çok tercih edilen güç yükselteç tipidir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16: AB sınıfı yükselteç devresi

### 5.1.2.4. Yükselteçlerin Çalışmasını Etkileyen Faktörler

İyi bir yükselteçten kararlı çalışması beklenir. Bunun için de yükselteçlerde kullanılan transistörler devreye uygun seçilmelidir. Transistörün dolayısıyla yükseltecin kararlı çalışmasını etkileyen faktörler şu şekilde sıralanabilir:

**a) Sıcaklık:** Transistörün aşırı ısınması, çalışma düzeninin bozulmasına ve alınması gereken çıkış sinyalinin olması gerektiği gibi alınamamasına neden olur. Isınma transistörün kendi çalışmasından kaynaklanabileceği gibi sıcak bir ortamda bulunmasından da kaynaklanabilir.

**b) Frekans:** Transistörün kataloğunda belirtilen bir çalışma frekans aralığı bulunmaktadır. Bu nedenle transistör, kullanılacağı devrenin frekansına uygun olarak seçilmelidir. Frekans uyumsuzluğu devrenin kararlı çalışmasını etkileyerek devreden beklenen verimi ve kaliteyi düşürür.

**c) Limitsel Karakteristik Değerleri:** Transistör kataloglarında her bir transistörün limitsel karakteristik değerleri bulunmaktadır. Transistörün burada yer alan değerlere ve yükselteç devresinin giriş-çıkış işaret değerlerine uygun olarak seçilmesi gerekmektedir.

Limitsel karakteristik değerleri şu şekilde sıralanır:

- Maksimum kolektör akımı
- Maksimum kolektör gerilimi
- Maksimum dayanma gücü
- Maksimum çalışma (kesim) frekansı
- Maksimum kolektör-beyz birleşim (jonksiyon) sıcaklığı

**ç) Kutuplandırma Yönü:** Transistörlü devrelerde besleme gerilimi uygulanırken ters besleme bağlantısı yapmamak gerekir. Böyle bir durumda transistör çalışmayacağı gibi normalden fazla uygulanacak olan ters kutuplama gerilimleri jonksiyon diyotlarının delinmesine yani kristal yapının bozulmasına neden olacaktır.

**d) Aşırı Toz ve Kirlenme:** Transistörlerin toza karşı ve özellikle de metalik işlemlerin yapıldığı ortamlarda çok iyi korunması gerekir. Aşırı toz ve kirlenme elektrotlar arası yalıtkanlığı zayıflatacağından kaçak akımların artmasına neden olacaktır. Bu da transistörün kararlı çalışmasını engelleyecektir.

**e) Nem:** Bütün elektronik devrelerde olduğu gibi transistörlerde de rutubet, yalıtılmamış eleman ayaklarında ve metal yüzeylerde oksitlenme ve zamanla buna bağlı kısa devre arızalarına neden olmaktadır.

**f) Sarsıntı:** Sarsıntılı ortamda kullanılan bütün cihazlarda daima bağlantıların kopma ihtimali bulunmaktadır. Bu nedenle sarsıntılı ortamlarda bulunan elektronik devrelerin özel olarak üretilmesi gerekir.

**g) Elektriksel ve Manyetik Alan Etkisi:** Elektriksel alan ve manyetik alan serbest elektronların artmasına ve yönlerinin sapmasına neden olur. Bu da kararlı çalışmayı önler. Bu gibi ortamlarda kullanılacak cihazlar anti manyetik koruyucularla korunmalıdır.

**ğ) Kötü Lehim:** Bütün devre elemanları için akımın iyi iletilmesine engel olan, devrenin kararlı çalışmasını etkileyen, istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle devre elemanlarının montajı sırasında soğuk lehim bulunmamasına özen gösterilmeli ve gerekli kontroller yapılmalıdır.

## 5.1.3. Yükselteç ve Kontrol Devresi Uygulamaları

Bu bölümde çeşitli yarı iletken devre elemanlarını kullanarak yükselteç ve kontrol devrelerine ait uygulamalar gerçekleştirecektir. Yapacağımız uygulamalarda devrelerin çalışmasını osiloskop ekranında gözlemleyerek, akım-gerilim ölçümleriyle devrelerin çalışması daha iyi kavranmış olacaktır.

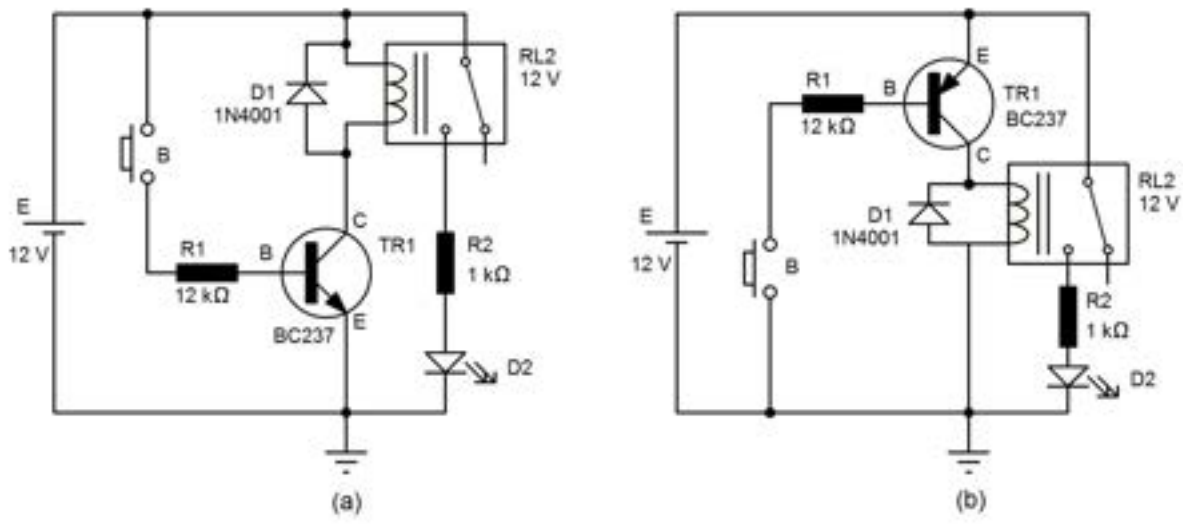
**Amaç:** Transistörü anahtarlama elemanı olarak kullanmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Transistör | BC237 | 1 adet |
| Röle | İki kutuplu tek konumlu | 1 adet |
| LED | Renk tercihe bağlı | 2 adet |
| Direnç | 1 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 12 kΩ | 2 adet |
| Buton | Bas-çek (push buton) | 1 adet |
| Diyot | 1N4001 | 3 adet |
| Devre tahtası (Breadboard) | | 1 adet |
| İletken tel | Zil teli (çeşitli uzunluklarda) | 10 adet |
| Güç kaynağı | 12 V | 1 adet |

Şekil 5.17 a'daki devrede TR1 NPN transistörü B butonu açık konumda olduğundan beyz polarmasını alamamakta ve butona basılana kadar iletime geçememektedir. Butona basıldığında beyz polarmasını alan transistör iletime geçecek ve kolektör-emiter arasında kapalı bir anahtar gibi davranarak rölenin tetiklenmesi ile R2 ve D2 (LED) üzerinden bir akım geçişi başlamış olacaktır. Benzer durum Şekil 5.17 b'deki devrede PNP transistör için de geçerli olup B butonu basılı olduğu müddetçe transistör iletime geçerek anahtarlama görevini yerine getirecektir. Bu uygulamada Şekil 5.17'de gösteren devreleri breadboard üzerine kurularak transistörün anahtarlama elemanı olarak nasıl çalıştığı görülecektir.

Bu uygulamada Şekil 5.17'de görülen devreleri sırayla aşağıda belirtilen işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Kurduğunuz devrelerde farklı tipteki transistörlerin nasıl anahtarlama elemanı olarak çalıştırıldıklarını gözlemleyiniz.




Şekil 5.17: (a) NPN ve (b) PNP transistörlerin anahtarlama elemanı olarak kullanımı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5.17 a'daki devre montajı breadboard üzerine yapılır.
4. B butonuna basıldığında voltmetre ile TR1 transistörü $V_{CE}$ gerilimi ölçülür ve LED'in durumu gözlenir.
5. B butonuna basılı olmadığı durumda voltmetre ile TR1 transistörü $V_{CE}$ gerilimi ölçülür.
6. Şekil 5.17 b'deki devre montajı breadboard üzerine yapılır.
7. B butonuna basıldığında voltmetre ile TR1 transistörü $V_{CE}$ gerilimi ölçülür, LED'in durumu gözlenir.
8. B butonuna basılı olmadığı durumda voltmetre ile TR1 transistörü $V_{CE}$ gerilimi ölçülür.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 5.17 a'daki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 25 | |
| 3 | TR1 transistörü $V_{CE}$ gerilimi ölçülmesi ve LED'in yanması | 20 | |
| 4 | Şekil 5.17 b'deki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 25 | |
| 5 | TR1 transistörü $V_{CE}$ gerilimi ölçülmesi ve LED'in yanması | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

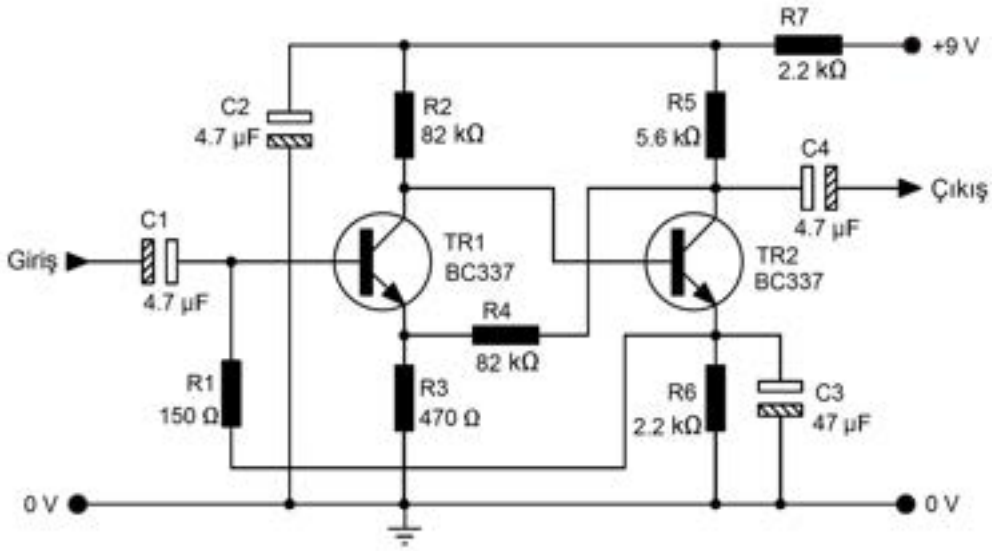
**Amaç:** Transistörlü yükselteç devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Transistör | BC337 | 2 adet |
| Direnç | 150 Ω | 1 adet |
| Direnç | 82 kΩ | 2 adet |
| Direnç | 470 Ω | 1 adet |
| Direnç | 2.2 kΩ | 2 adet |
| Direnç | 5.6 kΩ | 1 adet |
| Kondansatör | 4.7 µF | 3 adet |
| Kondansatör | 47 µF | 1 adet |
| Devre tahtası (Breadboard) | | 1 adet |
| İletken tel | Zil teli | 1 adet |
| Sinyal jeneratörü | Ses frekans (AF) jeneratörü | 1 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |
| Güç kaynağı | 9 V | 1 adet |

İki transistörlü bir ön yükselteç devresi Şekil 5.18'de görülmektedir. Devrede, girişten uygulanan ses sinyali C1 kuplaj kondansatörü ile TR1 transistörünün beyzine uygulanır. TR1 transistörü ile bir miktar yükseltilen ses sinyali, TR1'in kolektöründen TR2 transistörüne doğrudan kuplajla iletilir. TR2 transistöründe tekrar yükseltilen sinyal C4 kondansatörüyle bir sonraki kata iletilir. R1 direnci ile çıkıştan girişe negatif geri besleme yapılarak devrenin kararlı çalışması sağlanır.

Bu uygulamada Şekil 5.18'de görülen devreyi aşağıda sıralanan işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Daha sonra sinyal jeneratöründen ses frekansı uygulayıp çıkış sinyalinin transistörler ile nasıl yükseltildiğini gözlemleyiniz.




Şekil 5.18: Transistörlü yükselteç devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanarak Şekil 5.18'deki devre montajı breadboard üzerine yapılır.
3. Devre girişine ses frekans üretecinden 0,5-2 kHz arasında bir sinyal uygulanır.
4. Osiloskop ile devre giriş ve çıkış işaretleri ölçülerek devrenin yükseltme oranı ekran üzerinde gözlenir ve hesaplanır.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 5.18'deki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 40 | |
| 3 | Ses frekans üretecinden doğru sinyal girişi yapılması | 25 | |
| 4 | Osilaskop bağlantı ve ayarlarının doğru yapılarak giriş-çıkış işaretlerinin gözlenmesi | 25 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

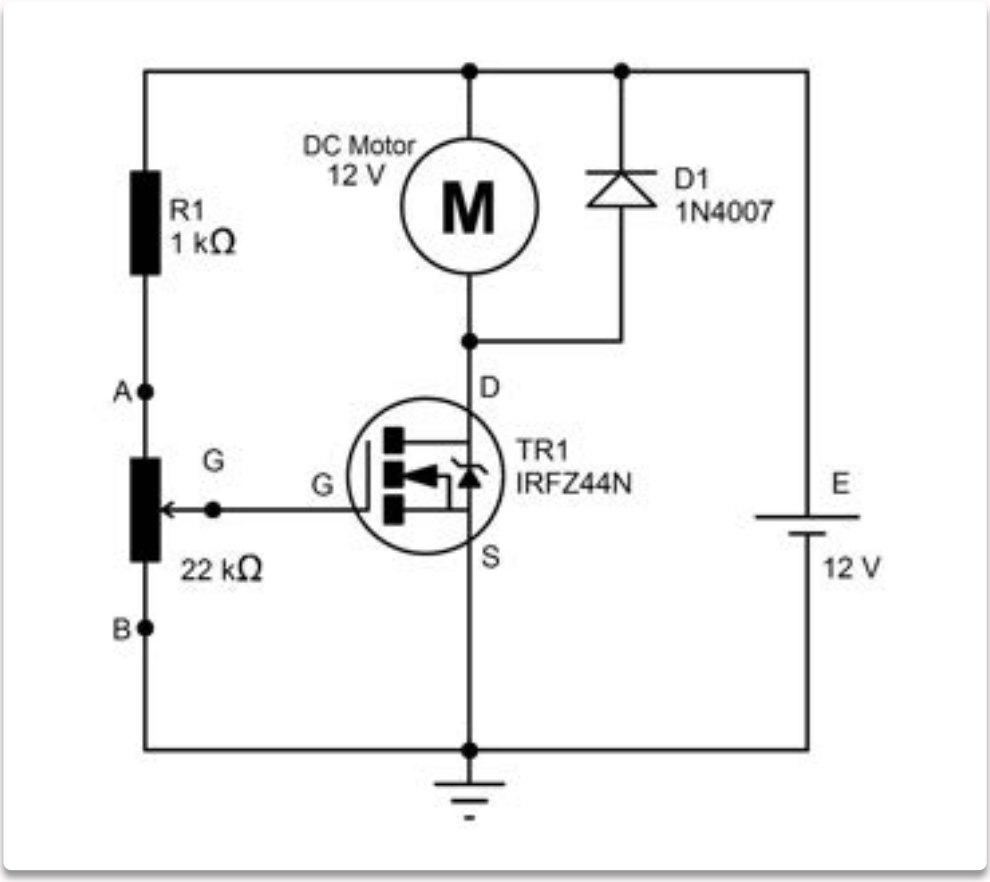
**Amaç:** MOSFET ile DC motor hız kontrol devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| MOSFET | IRFZ44N | 1 adet |
| Direnç | 1 kΩ | 1 adet |
| Potansiyometre | 22 kΩ | 1 adet |
| Diyot | 1N4007 | 1 adet |
| DC Motor | 12 V | 1 adet |
| Güç kaynağı | 12 V | 1 adet |

Şekil 5.19'daki devrede potansiyometrenin orta ucu B noktasından A noktasına doğru yaklaştırıldığında G noktasındaki (MOSFET geyt ucu) gerilim artacaktır. Geyt gerilimi artan MOSFET'in D-S akımı da artacağından motor daha hızlı dönmeye başlayacaktır.

Bu uygulamada Şekil 5.19'da görülen devreyi aşağıda sıralanan işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Kurduğunuz devrede MOSFET ile bir doğru akım motorunun dönme hızını kontrol ediniz.




Şekil 5.19: MOSFET ile DC motor hız kontrol devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır·
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5.19'daki devre montajı breadboard üzerine yapılır.
4. Potansiyometre ayarı değiştirilerek devrenin çalışması gözlemlenir.
5. Potansiyometre ayarı A noktasına getirilerek MOSFET'in geyt gerilimi ve D-S akım değeri Tablo 5.1'e yazılır.
6. Potansiyometre ayarı B noktasına getirilerek MOSFET'in geyt gerilimi ve D-S akım değeri Tablo 5.1'e yazılır.

Tablo 5.1: MOSFET Geyt Gerilimini ve D-S Akımını Ölçme

| POTANSİYOMETRE KONUMU | ÖLÇÜLEN AKIM (AMPER) | ÖLÇÜLEN GERİLİM (VOLT) |
|---|---|---|
| A | | |
| B | | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 5.19'daki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 40 | |
| 3 | MOSFET'in geyt gerilimi ve D-S akım değerinin doğru ölçülmesi | 25 | |
| 4 | Osilaskop bağlantı ve ayarlarının doğru yapılarak giriş-çıkış işaretlerinin gözlenmesi | 25 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

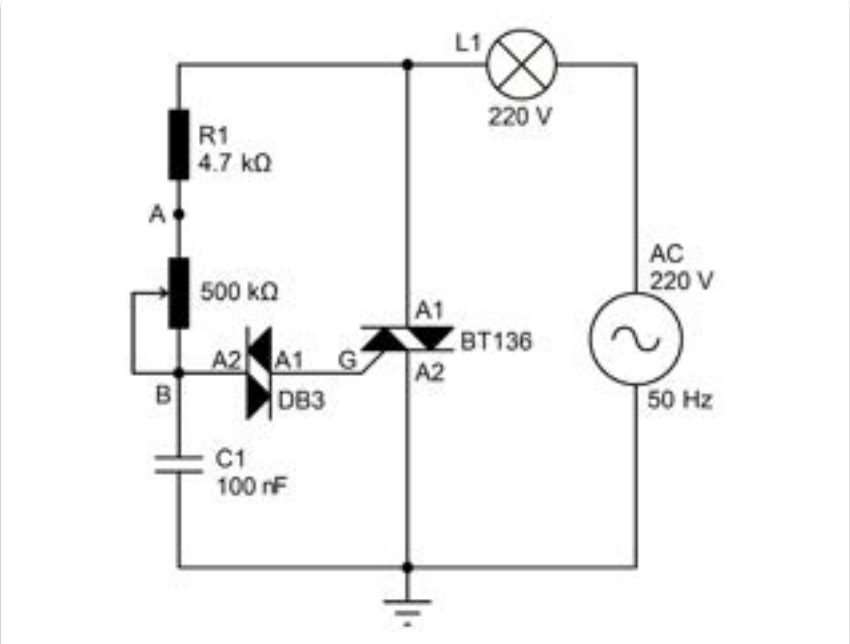
**Amaç:** Triyaklı dimmer devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Triyak | BT136 (TO-220) | 1 adet |
| Diyak | DB3 DO-35 | 1 adet |
| Direnç | 4.7 kΩ | 1 adet |
| Potansiyometre | 500 kΩ | 1 adet |
| Kondansatör | 100 nF 400 V | 1 adet |
| Lamba | 220 V (Ayarlanabilir uyumlu) | 1 adet |
| Duy | E14 | 1 adet |
| Üniversal (bakır delikli) plaket | 10 cm X 10 cm ebatında | 1 adet |
| Lehimleme araçları | Havya, lehim teli, pasta | |
| Şebeke gerilimi | 220 V AC | |

Şekil 5.20'deki devrede C1 kondansatörü, R1 ve potansiyometre üzerinden gelen akımla şarj olmaktadır. C1 gerilimi (B noktası) diyak tetikleme gerilimine ulaştığında geyt polarması alan triyak iletime geçecek ve lamba yanacaktır. C1 kondansatörünün diyakın tetikleme gerilimine ulaşma süresi potansiyometre ile ayarlanarak faz kaydırma gerçekleştirilmektedir. AC sinyalin her iki alternansında da triyak ve diyak iletime geçebilmektedir. Diyakın iletime geçme gerilimi kesime gitme gerilimden fazladır.

Bu uygulamada Şekil 5.20'de görülen devreyi aşağıda sıralanan işlem basamaklarına, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uyarak üniversal plaket üzerine kurunuz. Kurduğunuz devrede potansiyometre ile lamba ışık şiddetini ayarlayınız.




Şekil 5.20: Triyaklı dimmer devresi

**Dikkat! Devrede yüksek gerilim ve akım olduğundan devreye sadece öğretmeniniz enerji vermelidir.**

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5.20'deki devre montajı üniversal plaket üzerine yapılır.
4. Potansiyometre ayarı değiştirilerek devrenin çalışması ve lambanın ışık şiddeti gözlemlenir.

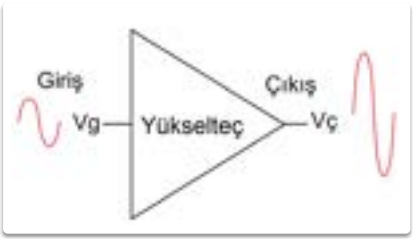
**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 5.20'deki devre montajının üniversal plaket üzerine doğru yapılması | 50 | |
| 3 | Potansiyometre ile ışık şiddetinin ayarlanabilmesi | 30 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 5.2. OPERASYONEL YÜKSELTEÇ DEVRELERİ

## 5.2.1. Genel Yükselteçlerin Özellikleri

Elektronik sistemlerle işlenecek elektriksel işaretlerin birçoğu düşük genlikli sinyallerdir. Örneğin insan vücudundan alınan biyoelektrik sinyaller ya da cep telefonuna ulaşan elektromanyetik dalgalar son derece zayıf elektriksel sinyallerdir. Elektriksel sinyallerin istenilen derecede kuvvetlendirilmesi için yükselteç (amplifikatör) devreleri kullanılır. Yükselteçler akım ya da gerilim, dolayısıyla güç kazancı sağlamak amacıyla kullanılan devrelerdir. Şekil 5.21'de genel olarak kullanılan yükselteç sembolü görülmektedir.




Şekil 5.21: Genel yükselteç sembolü

Yükselteç, girişine uygulanan küçük elektriksel sinyalleri kaynaktan aldığı enerjiyi de kullanarak devresindeki aktif devre elemanları yardımıyla büyütülmüş olarak **çıkışına** aktarır. Bunu yaparken güç kaynağından almış olduğu enerjiyi giriş sinyaliyle aynı özellikte fakat güçlendirilmiş bir çıkış sinyali elde etmek üzere işler. Yani yükseltecin çıkışından alınan elektriksel sinyalin gücü, girişine uygulanan sinyalin gücünden daha büyüktür.

Elektrik elektronik teknolojisinde ihtiyaca göre pek çok türden yükselteç kullanılmaktadır. Çalışma, kullanım, bağlantı şekline, frekans durumuna ve yükün rezonans durumuna göre yükselteçler sınıflanabilir.

- Düşük frekans yükselteçleri
- Ses frekans yükselteçleri
- Ultrasonik yükselteçler
- Radyo frekans yükselteçleri
- Geniş band yükselteçleri
- Video yükselteçleri
- Küçük sinyal yükselteçleri
- Büyük sinyal yükselteçleri

Her sistemin çalışma standartlarını ifade eden bazı özellikleri vardır. Bu özellikler sistemin tanımlanmasında kolaylıklar sağlamaktadır.

**Giriş Empedansı:** Birden fazla elektronik devre art arda bağlandığında, kaynak devrenin çıkışından alıcı devrenin girişine doğru bir akım akışı olur. Bu akımın miktarı kaynak devrenin çıkış empedansı ve alıcı devrenin giriş empedansına bağlıdır. Giriş empedansı, 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 verebilmesi, yeteri kadar güçlü olmasını gerektirir.

Yüksek giriş empedansına sahip bir devre, 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:** Devrenin çıkışından ne kadar akım çekilebileceğinin, başka bir deyişle devrenin ne kadar akım verebileceğinin gösterilmesidir. Bir devreden maksimum enerji çekebilmek için devrenin çıkış direnci ile alıcı devrenin giriş direncinin eşit olması gerekmektedir. Eğer önceki devrenin çıkış direnci yük devresinin giriş direnci ile uyumlu değilse bu durumda önceki devrenin çalışmasında sorunlar ortaya çıkacaktır. Kaynak devre bir osilatör ise çalışma frekansında kayma veya tamamen osilasyonun durması, bir yükselteç ise kazanç değişimleri gibi sorunlar ortaya çıkacaktır. Bu tür sorunlar ile karşılaşmamak için kaynak devrenin çıkış direnci ile yük devresinin giriş direncinin birbirine eşit olması istenir.

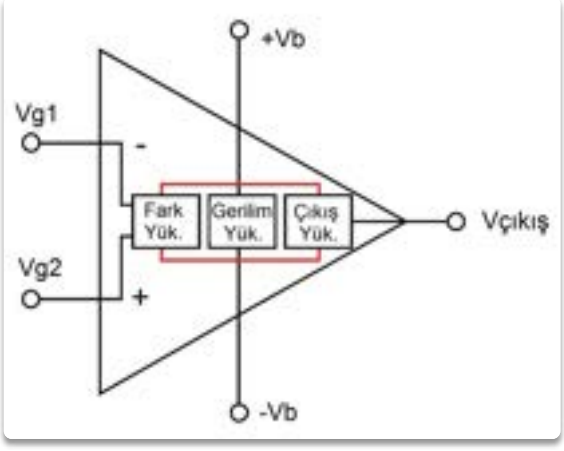
**Gerilim Kazancı:** Yükseltecin girişine uygulanan sinyalin çıkışta ne kadar yükseltildiği **kazanç katsayısı** ile ifade edilir. Kazanç katsayısı ürün bilgi sayfalarında **G** (Gain) ya da **Av** (Amplitude voltage) olarak gösterilmekte olup bundan sonraki bölümlerde **K** olarak kullanılacaktır. Kazanç bir sisteme verilen sinyalin çıkışta ne kadar arttığını gösteren bir katsayıdır ve birimi bulunmamaktadır. Bir sistemin kazanç katsayısı şu denklemle bulunabilir:

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

## 5.2.2. Operasyonel (İşlemsel) Yükselteçler

### 5.2.2.1. Operasyonel Yükselteçlerin Yapısı

Operasyonel yükselteçler **[Operational Amplifier (Opureyşınıl Emplıfayır), op-amp]**, elektriksel işaretlerin yükseltilmesinde kullanılan yüksek kazançlı, doğrusal (lineer) fark yükselteçleridir. Kararlı bir gerilim kazancı sağlamak için devreye dışarıdan bağlanan elemanlarla gerilim geri beslemesi yapılarak kazançları kontrol altına alınabilir. Negatif geri besleme kullanıldığı zaman kesin doğrulukta yüksek kazançlı devreler yapılabilir. Uygun geri besleme elemanlarının seçilmesiyle matematiksel toplama, çıkarma, integral alma, diferansiyel alma işlemleri yapılabilir. Güç kaynaklarında, her türlü işaret kaynağında, haberleşme cihazlarında, bilgisayarlarda, test ve ölçü sistemlerinde ve endüstri kontrol sistemlerinde işlemsel yükselteçler yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5.22: Operasyonel yükseltecin fonksiyonel blok şeması

Temel olarak operasyonel yükselteç üç ana bölümden oluşur. Şekil 5.22'de görüldüğü gibi bunlar giriş devresindeki fark yükselteci, kazancı sağlayan gerilim yükselteci ve çıkış yükselteci devreleridir. Bu bölümler aşağıda kısaca incelenmiştir.

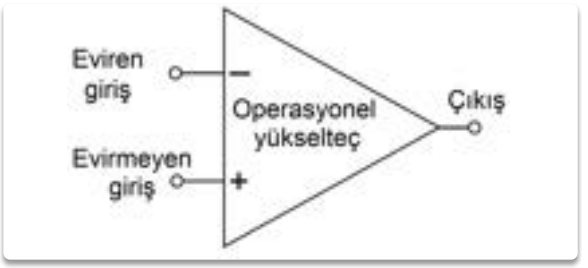
**Fark Yükselteci:** Operasyonel yükselteçlerin giriş devresinde bulunan en önemli parçasıdır. Bu devrelere fark yükselteci denmesinin nedeni, girişlerine uygulanan iki sinyalin farkıyla orantılı bir çıkış sinyali üretmeleridir. Çıkış sinyali girişlerden hangisinin genliği büyükse onun işaretini alır.

**Gerilim Yükselteci:** İstenen yüksek kazancı 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:** Operasyonel yükselteçlerde çıkış sinyalinin alındığı kattır. Düşük çıkış empedansı sayesinde yeterli yük akımları elde edilebilir.

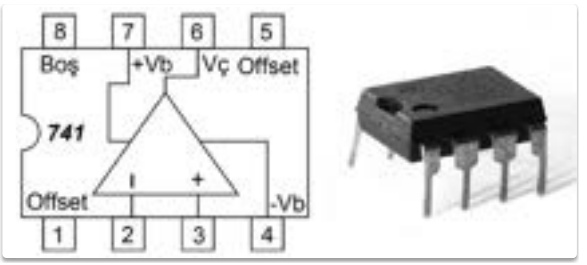
## 5.2.2.2. Operasyonel Yükseltecin Sembolü, Entegre Kılıfları ve Beslenmesi

Şekil 5.23'te görüldüğü gibi operasyonel yükselteç iki girişli tek çıkışlı bir yükselteç sembolü ile gösterilir. – işaretinin bulunduğu uç operasyonel yükseltecin eviren girişini, + işaretli olan uç ise evirmeyen girişini işaret etmektedir. Bazı operasyonel yükselteç sembollerinde besleme giriş uçları da gösterilirken çoğu zaman bu uçlar sembol üzerinde verilmez.



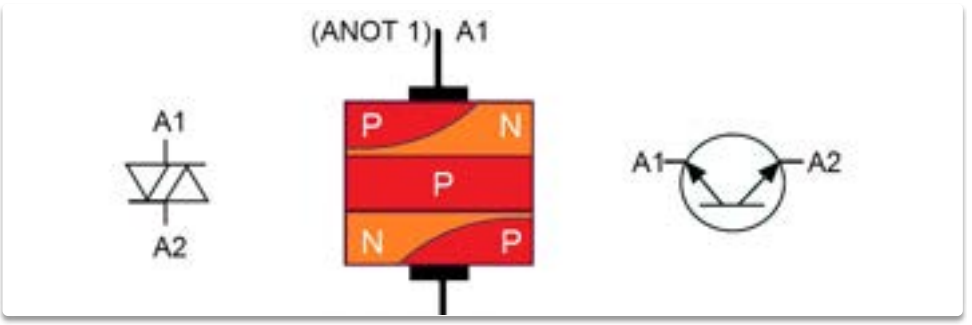

Şekil 5.23: Operasyonel yükseltecin sembolü

Operasyonel yükselteçler kullanıldıkları devrelere, çalıştırıldıkları frekansa, kullanım amacına, montaj şekline bağlı olarak çok çeşitli karakteristik özelliklerde ve farklı kılıf tiplerinde üretilir. Görsel 5.7'de LM741 ya da UM741 gibi adlarla anılan 741 kodlu operasyonel yükseltece ait kılıf şekli ve bağlantı şeması görülmektedir.



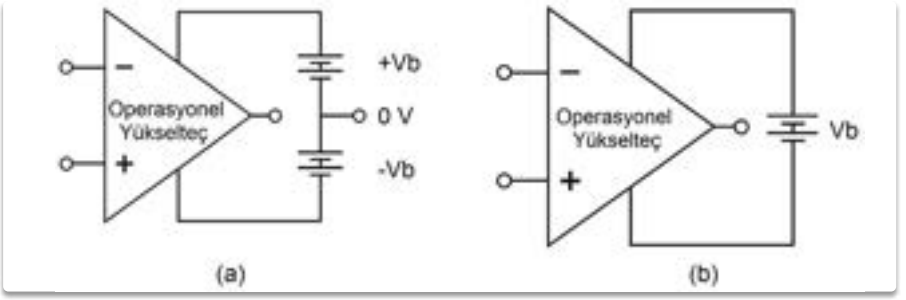

Görsel 5.7: LM741 entegresi iç yapısı ve kılıf yapısı

LM741 operasyonel 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 5.8: LM324 entegresi iç yapısı ve kılıf yapısı

Görsel 5.8'de, içinde dört adet operasyonel yükselteç bulunan LM324 entegresi ve kılıf yapısı görülmektedir. Her bir operasyonel yükselteç için ayrı ayrı uçlar kullanılmış olup yalnızca – ve + besleme gerilimi ortak kullanılmıştır.

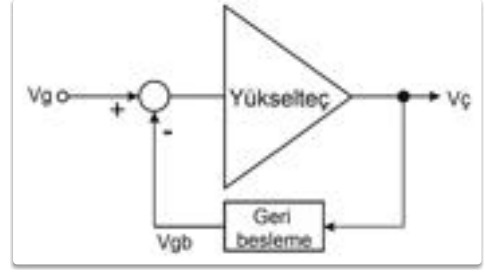



Şekil 5.24: Operasyonel yükseltecin (a) simetrik kaynaktan, (b) tek kaynaktan beslenmesi

Operasyonel yükselteç sembolünde +V ve -V uçları, besleme kaynağının bağlandığı uçlardır. Şekil 5.24'te operasyonel yükseltecin (a) simetrik kaynaktan, (b) tek kaynaktan besleme geriliminin nasıl yapılacağı

görülmektedir. Bir operasyonel yükseltece ±5 V, ±12 V, ±15 V, ±18 V gibi besleme gerilimi uygulanabilir. Entegrenin hangi gerilimlerde çalıştırılabileceği ürün bilgi sayfalarında ayrıntılı olarak yer almaktadır. Operasyonel yükselteçli devrelerin çalışma gerilimleri genellikle simetrik kaynaktan sağlanır. Besleme gerilimi bir pilden elde ediliyorsa pillerin birleşim noktası toprak olarak kullanılır.

### 5.2.2.3. Operasyonel Yükselteçlerde Negatif Geri Besleme



Şekil 5.25: Negatif geri besleme blok şeması

Kapalı çevrim ve açık çevrim olmak üzere operasyonel yükselteçlerin iki kazanç türü vardır. Kapalı çevrim kazancı, devreye dışarıdan bağlanan geri besleme direnci ile belirlenir. Açık çevrim kazancı ise operasyonel yükseltecin direnç ile belirlenemeyen (geri beslemesiz) kendi kazancıdır. Operasyonel yükselteçlerin çıkışı herhangi bir şekilde girişe bağlanmamışsa operasyonel yükselteçler açık çevrim altında çalışıyordur. Operasyonel yükselteçlerin açık çevrim gerilim kazancı teorik olarak sonsuz olmasına rağmen bu kazanç uygulanan besleme voltajı ile sınırlıdır. Yani operasyonel 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 $180^0$ faz farkı olmalıdır. Bu geri besleme türü yükseltecin toplam gerilim kazancını azaltır fakat geri besleme sayesinde devrenin daha kararlı çalışması sağlanmış olur. Şekil 5.25'te negatif geri besleme devresi blok şeması görülmektedir.

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

### 5.2.2.4. İdeal ve Uygulamadaki Operasyonel Yükselteçlerin Karşılaştırılması

Elektronik devre elemanları kullanılacakları sistemler dikkate alınarak belli toleranslar dâhilinde üretilir. İdeal değerler ile üretim teknolojisi, hammadde ve diğer etkenlerden dolayı ürün belli bir miktar hata payı ile ortaya çıkabilir. Dolayısıyla operasyonel yükselteçlerin idealde istenen özellikleriyle ortaya çıkan ürünün özellikleri arasında farklılıklar vardır. Tablo 5.2'de ideal ve pratikte kullanılmakta olan operasyonel yükselteçlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tablo 5.2: İdeal ve Uygulamada Kullanılmakta Olan Operasyonel Yükselteç Özelliklerinin Karşılaştırılması

| İDEAL OPERASYONEL YÜKSELTEÇ | PRATİKTE KULLANILAN OPERASYONEL YÜKSELTEÇ |
|---|---|
| Açık çevrim (geri beslemesiz) kazancı sonsuzdur (K = ∞). | Gerilim kazancı 45.000-200.000 arasındadır. |
| Bant genişliği sonsuzdur (BG = ∞). | Bant genişliği 1 MHz dolayındadır. |
| Hem iki giriş arası hem de her girişle toprak arası empedans sonsuzdur (Rg = ∞). | Giriş empedansı 0,3-2 MΩ |
| Çıkış empedansı sıfırdır (Rç = 0). | Çıkış empedansı 50-100 Ω |
| Çıkış empedansı sıfır olduğu için sonsuz akım sürebilir. | Çıkış akımları (Içıkış) 10-100 mA dolayındadır. |
| Gerilim kaldırma kapasitesi sonsuzdur. Yani her gerilimde çalışır. | Giriş uçlarına 0 volt uygulandığında çıkış uçlarında da 0 volt oluşmaktadır. |
| Gürültüsü yoktur. | Karakteristikleri sıcaklıkla çok az değişmektedir. |
| | Giriş uçlarını çektiği akım sıfıra yakındır. |

**Amaç**: Operasyonel yükselteç ile eviren yükselteç devresi yapmak.

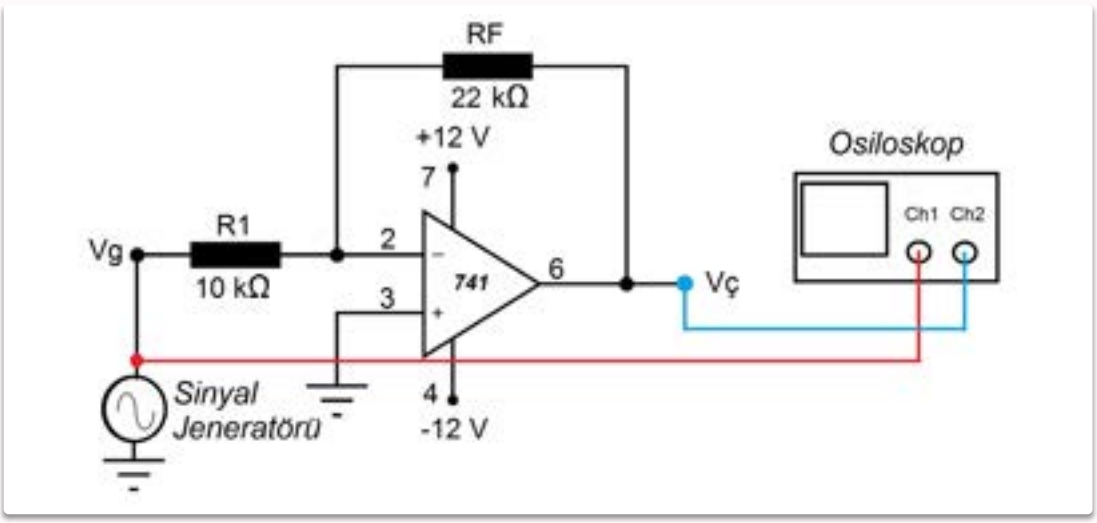
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Operasyonel yükselteç | 741 (DIL-08 kılıf) | 1 adet |
| Direnç | 10 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 22 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 33 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 47 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 100 kΩ | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| Sinyal jeneratörü | Ses frekans (AF) jeneratörü | 1 adet |
| Simetrik güç kaynağı | ±12 V | 1 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |

Şekil 5.26'daki devrede giriş sinyali operasyonel yükseltecin eviren - girişinden uygulandığından giriş ile çıkış sinyali arasında $180^0$ 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 $Av = -\frac{RF}{R1}$ formülüyle hesaplanır. Formüldeki - işareti çıkışın girişe göre $180^\circ$ terslendiğini göstermektedir. Kazanç ayrıca $Av = -\frac{Vç}{Vg}$ formülüyle de hesaplanabilir. Kazanç ne kadar yüksek olursa olsun çıkış gerilimi besleme geriliminden fazla olamaz.

Bu uygulamada Şekil 5.26'da görülen eviren yükselteç devresini aşağıda sıralanan işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Daha sonra sinyal jeneratöründen Tablo 5.3'te verilen farklı giriş değerlerini uygulayarak osiloskop ekranında çıkış sinyallerini gözlemleyiniz ve çıkış kazanç değerini hesaplayınız.



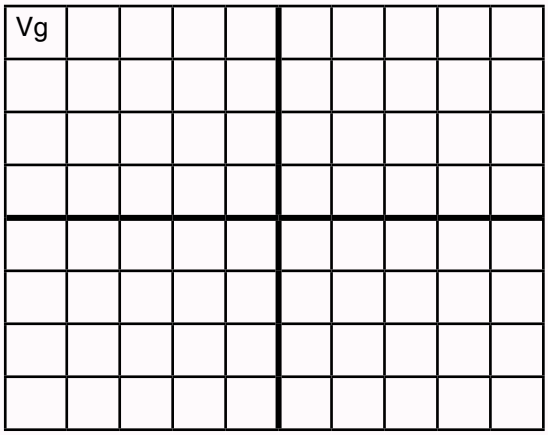

Şekil 5.26: Eviren yükselteç devresi

**İşlem Basamakları**

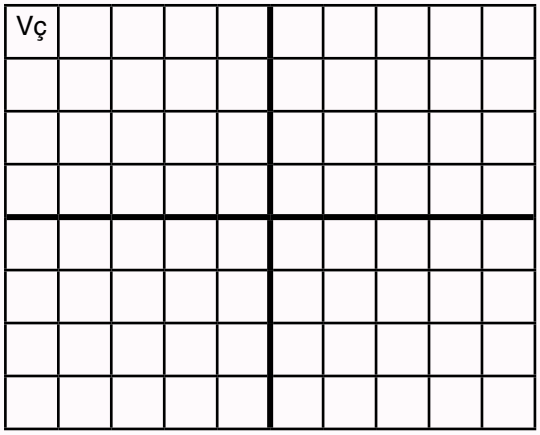
1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır·
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5.26'daki devre breadboard üzerine kurulur.
4. Sinyal jeneratörü ile Vg ucundan 1 Vpp ve 1 KHz'lik AC sinyal uygulanır.
5. Osiloskop birinci kanalı (Ch1) Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalı (Ch2) Vç noktasına (çıkış ucu) bağlanır.
6. Osilaskopla ölçülen Vç değeri Tablo 5.3'e yazılır. Giriş ve çıkış sinyalleri ayrılan yerlere çizilir.
7. Giriş sinyali değiştirilmeden besleme gerilimi kesildikten sonra RF geri besleme direnci 33 kΩ ile değiştirilerek çıkış gerilim değeri Tablo 5.3'e kaydedilir.
8. Giriş sinyalini 2 Vpp yapıp, RF direncini 47 kΩ ve 100 kΩ dirençlerle değiştirerek çıkış gerilim değeri Tablo 5.3'e kaydedilir.
9. Kazanç değerleri hesaplanarak Tablo 5.3'e yazılır.

Tablo 5.3: Devre Çıkış Genlik ve Kazanç Değerleri

| VG | R1 | RF | VÇ | KAZANÇ | KAZANÇ-(RF / R1) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Vpp | 10 kΩ | 22 kΩ | | | |
| 1 Vpp | 10 kΩ | 33 kΩ | | | |
| 2 Vpp | 10 kΩ | 47 kΩ | | | |
| 2 Vpp | 10 kΩ | 100 kΩ | | | |




V / Div = T / Div =




V / Div = T / Div =

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 5.26'daki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Sinyal jeneratörü ve osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 10 | |
| 4 | Tablo 5.3'teki ölçüm ve hesaplamaların doğru yapılması | 40 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Operasyonel yükselteç ile evirmeyen yükselteç devresi yapmak.

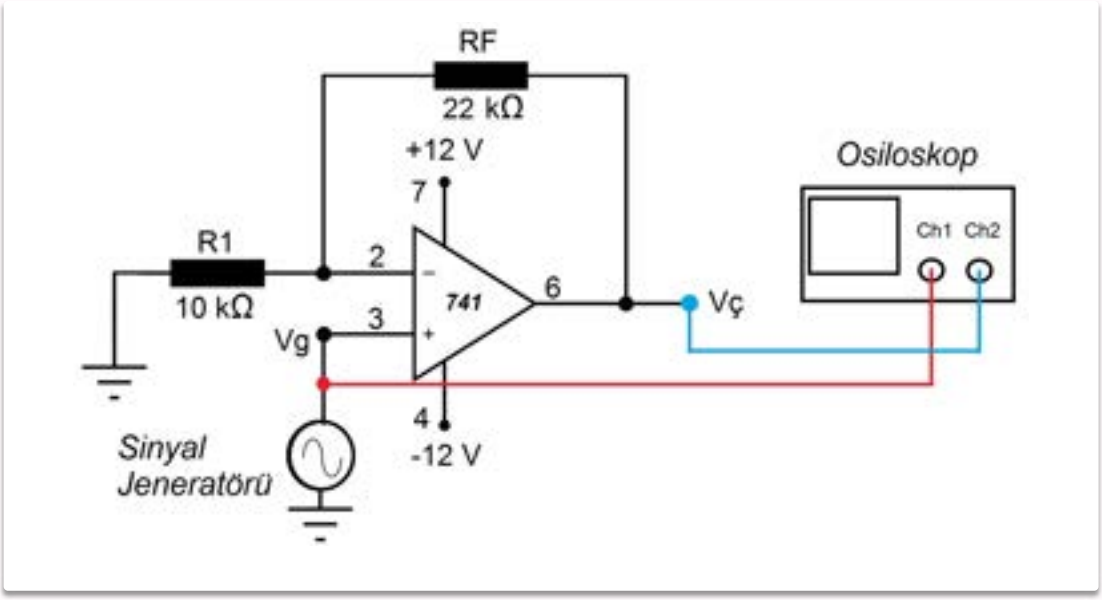
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Operasyonel yükselteç | 741 (DIL-08 kılıf) | 1 adet |
| Direnç | 10 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 22 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 33 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 47 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 100 kΩ | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| Sinyal jeneratörü | Ses frekans (AF) jeneratörü | 1 adet |
| Simetrik güç kaynağı | ±12 V | 1 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |

Şekil 5.27'deki devrede giriş sinyali operasyonel 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.

Eviren yükseltecin kazancı $Av = (1 + \frac{RF}{R1})$ formülüyle hesaplanır. Formülden de anlaşılacağı gibi evirmeyen yükseltecin kazancı eviren yükselteçten bir fazladır.

Bu uygulamada Şekil 5.27'de görülen evirmeyen yükselteç devresini aşağıda sıralanan işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Daha sonra sinyal jeneratöründen Tablo 5.4'te verilen farklı giriş değerlerini uygulayarak osiloskop ekranında çıkış sinyallerini gözlemleyiniz. Çıkış kazanç değerini hesaplayınız.



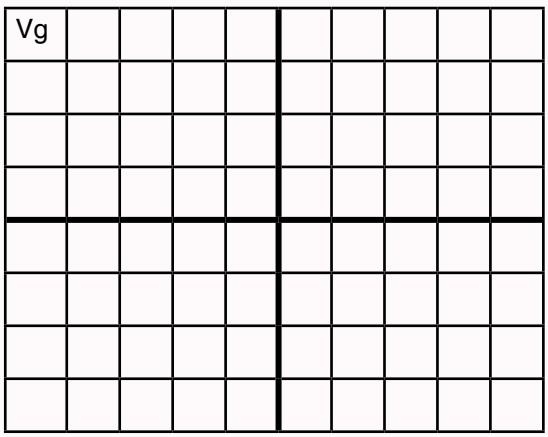

Şekil 5.27: Evirmeyen yükselteç devresi

**İşlem Basamakları**

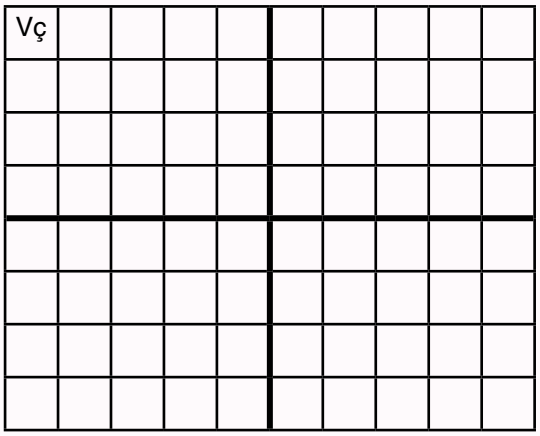
1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5.27'deki devre breadboard üzerine kurulur.
4. Sinyal jeneratörü ile Vg ucundan 1 Vpp ve 1 kHz'lik AC sinyal uygulanır.
5. Osiloskop birinci kanalı (Ch1) Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalı (Ch2) Vç noktasına (çıkış ucu) bağlanır.
6. Osilaskopla ölçülen Vç değeri Tablo 5.4'e yazılır. Giriş ve çıkış sinyalleri ayrılan yerlere çizilir.
7. Giriş sinyali değiştirilmeden besleme gerilimi kesildikten sonra RF geri besleme direnci 33 kΩ ile değiştirilerek çıkış gerilim değeri Tablo 5.4'e kaydedilir.
8. Giriş sinyalini 2 Vpp yapıp, RF direncini 47 kΩ ve 100 kΩ dirençlerle değiştirilerek çıkış gerilim değeri Tablo 5.4'e kaydedilir.
9. Kazanç değerleri hesaplanarak Tablo 5.4'e yazılır.

Tablo 5.4: Devre Çıkış Genlik Değerleri

| VG | R1 | RF | VÇ | KAZANÇ | KAZANÇ-(RF / R1) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Vpp | 10 kΩ | 22 kΩ | | | |
| 1 Vpp | 10 kΩ | 33 kΩ | | | |
| 2 Vpp | 10 kΩ | 47 kΩ | | | |
| 2 Vpp | 10 kΩ | 100 kΩ | | | |




V / Div = T / Div=




V / Div = T / Div =

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 5.27'deki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Sinyal jeneratörü ve osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 10 | |
| 4 | Tablo 5.4'teki ölçüm ve hesaplamaların doğru yapılması | 40 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Operasyonel yükselteç ile gerilim izleyici devresi yapmak.

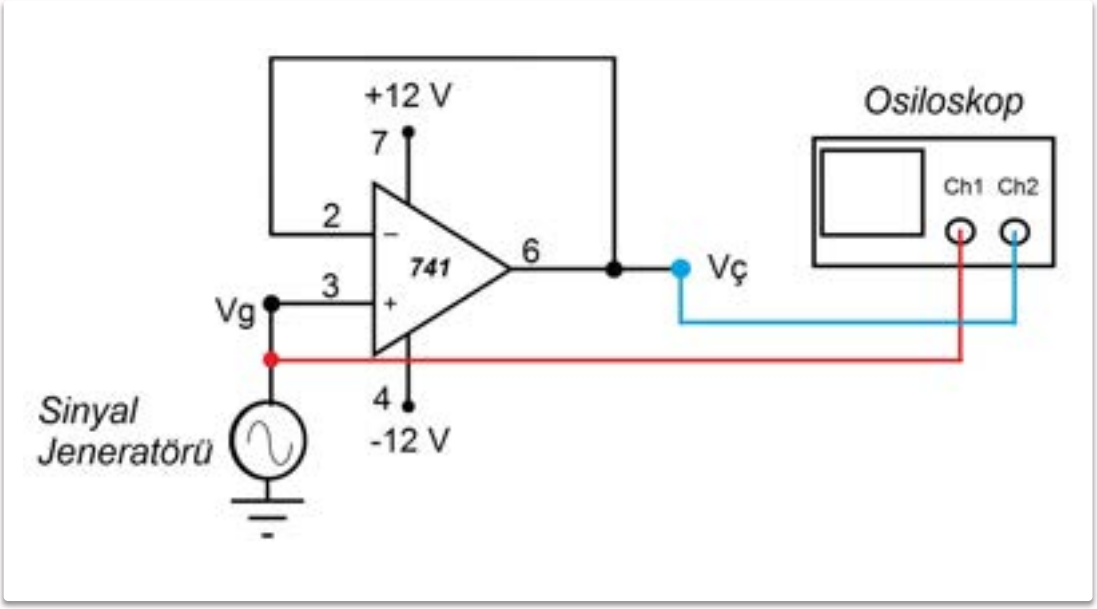
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Operasyonel yükselteç | 741 (DIL-08 kılıf) | 1 adet |
| Sinyal jeneratörü | Ses frekans (AF) jeneratörü | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| Simetrik güç kaynağı | ±12 V | 1 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |

Gerilim izleyici yükselteç devreleri gerilim kazancının 1 olduğu evirmeyen yükselteçlerdir. Operasyonel yükseltecin evirmeyen yükselteç bağlantısında giriş empedansı çok yüksek, çıkış empedansı ise düşüktür. Gerilim izleyici devre, 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 böyle iki devrenin uyumlu çalışmasını sağlayan bir **tampon** devredir.

Şekil 5.28'de gerilim izleyici devre görülmektedir. Devrenin kazancı K = 1'dir. Giriş ve çıkış gerilimi aynıdır. Empedans uygunlaştırmak için kullanılır.

Bu uygulamada Şekil 5.28'de görülen gerilim izleyici devresini aşağıda sıralanan işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Daha sonra sinyal jeneratöründen Tablo 5.5'te verilen farklı giriş değerlerini uygulayarak osiloskop ekranında çıkış sinyallerini gözlemleyiniz. Çıkış kazanç değerini hesaplayınız.




Şekil 5.28: Gerilim izleyici devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5.28'deki devre breadboard üzerine kurulur.
4. Osiloskop birinci kanalı (Ch1) Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalı (Ch2) Vç noktasına (çıkış ucu) bağlanır.
5. Tablo 5.5'te belirtilen Vg değerleri sırayla sinyal jeneratöründe ayarlanarak çıkış genlik ve kazanç değerleri tabloda istenen yerlere yazılır.

Tablo 5.5: Devre Çıkış Genlik ve Kazanç Değerleri

| VG | VÇ | KAZANÇ |
|---|---|---|
| 1 Vpp | | |
| 2 Vpp | | |
| 5 Vpp | | |
| 8 Vpp | | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 5.28'deki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Sinyal jeneratörü ve osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 10 | |
| 4 | Tablo 5.5'teki ölçüm ve hesaplamaların doğru yapılması | 40 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Operasyonel yükselteç ile türev alıcı devresi yapmak.

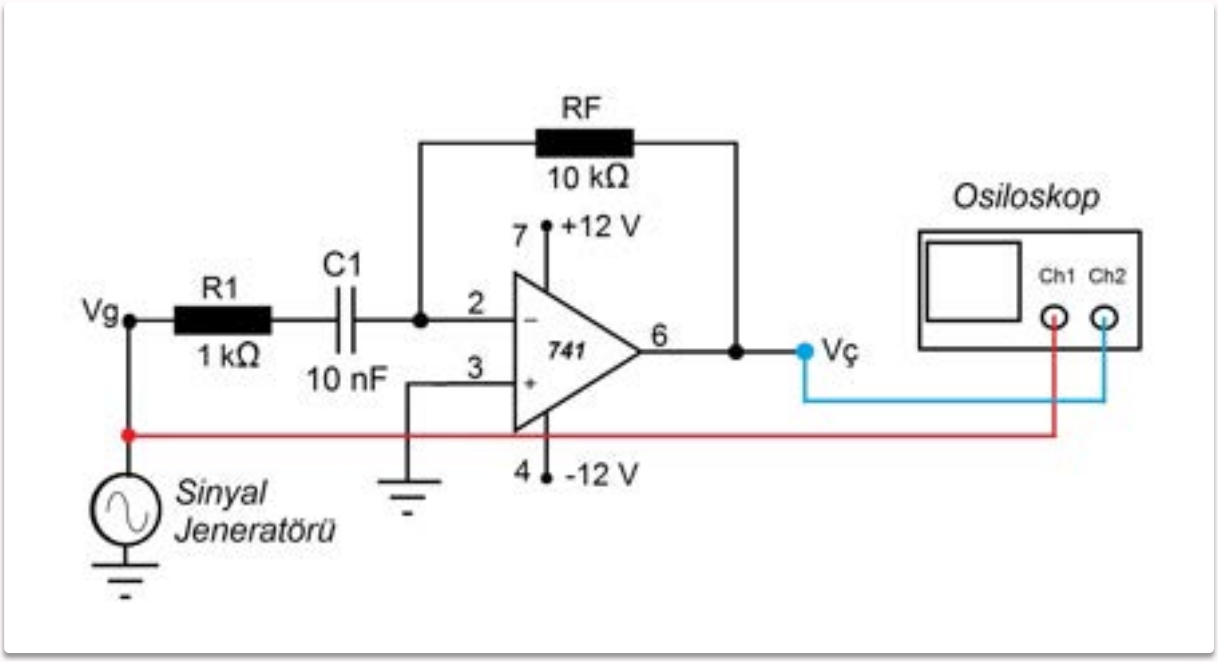
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Operasyonel yükselteç | 741 (DIL-08 kılıf) | 1 adet |
| Direnç | 1 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 10 kΩ | 1 adet |
| Kondansatör | 10 nF/16 V | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| Simetrik güç kaynağı | ±12 V | 1 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |

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 anlamda türev fonksiyonun herhangi bir noktadaki değişim hızını gösterir.

Şekil 5.29'da görülen 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 negatif iken giriş sinyalinin alçalan eğiminde çıkış pozitiftir. Yüksek frekanslarda C1 kondansatörü kısa devre gibi davranır ve kazanç çok yükselir.

Bu uygulamada Şekil 5.29'da görülen türev alıcı devresini aşağıda sıralanan işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Daha sonra sinyal jeneratöründen Tablo 5.6'da verilen giriş değerini uygulayarak osiloskop ekranında çıkış sinyallerini gözlemleyiniz. Çıkış kazanç değerini hesaplayınız.




Şekil 5.29: Türev alıcı devre

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5·29'daki devre breadboard üzerine kurulur.
4. Osiloskop birinci kanalı (Ch1) Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalı (Ch2) Vç noktasına (çıkış ucu) bağlanır.
5. Sinyal jeneratörü 1 Vpp–1 kHz'lik ayarlanır ve Vg noktasından **üçgen dalga** sinyal uygulanır.
6. Osiloskop Vç noktasına bağlanarak çıkış sinyalinin genliği Tablo 5.6'ya yazılır.

Tablo 5.6: Devre Giriş-Çıkış Genlik ve Kazanç Değerleri

| VG | VÇ |
|---|---|
| 1 Vpp-1 kHZ | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 5.29'daki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 40 | |
| 3 | Sinyal jeneratörü ve osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 20 | |
| 4 | Tablo 5.6'daki ölçüm ve hesaplamanın doğru yapılması | 20 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

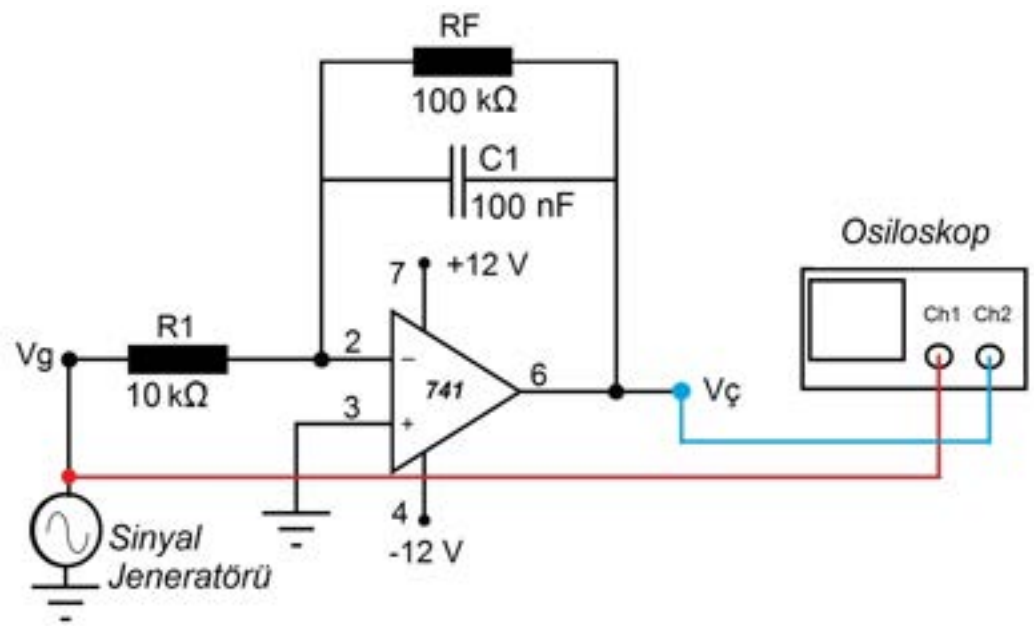
**Amaç:** Operasyonel yükselteç ile türev alıcı devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Operasyonel yükselteç | 741 (DIL-08 kılıf) | 1 adet |
| Direnç | 10 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 100 kΩ | 1 adet |
| Kondansatör | 10 nF/16 V | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| Simetrik güç kaynağı | ±12 V | 1 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |

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. Şekil 5.30'da eviren yükselteç devresi ile tasarlanmış integral alıcı devresi görülmektedir.

Bu uygulamada Şekil 5.30'da görülen integral alıcı devresini aşağıda sıralanan işlem basamaklarına uyarak breadboard üzerine kurunuz. Daha sonra sinyal jeneratöründen Tablo 5.7'de verilen farklı giriş değerlerini uygulayarak osiloskop ekranında çıkış sinyallerini gözlemleyiniz. Çıkış kazanç değerlerini hesaplayınız.




Şekil 5.30: İntegral alıcı devre

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 5·30'daki devre breadboard üzerine kurulur.
4. Osiloskop birinci kanalı (Ch1) Vg noktasına (giriş ucu), ikinci kanalı (Ch2) Vç noktasına (çıkış ucu) bağlanır.
5. Sinyal jeneratörü 1 Vpp-1 kHz'lik ayarlanır ve Vg noktasından kare dalga sinyal uygulanır.
6. Giriş sinyali frekansı 500 Hz olarak ayarlanır. Çıkış sinyalinin genliğini Tablo 5.7'ye yazılır.
7. Giriş sinyali frekansı 100 Hz olarak ayarlanır. Çıkış sinyalinin genliğini Tablo 5.7'ye yazılır.

Tablo 5.7: Devre Çıkış Genlik ve Kazanç Değerleri

| VG | VÇ |
|---|---|
| 1 Vpp-1 kHZ | |
| 1 Vpp-500 HZ | |
| 1 Vpp-100 HZ | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 5.30'daki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Sinyal jeneratörü ve osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 20 | |
| 4 | Tablo 5.7'deki ölçüm ve hesaplamanın doğru yapılması | 30 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# TEK NUMARADA BİRLEŞTİ!




Ülkemizde farklı acil yardım çağrıları için kullanılan 7 kuruma ait acil çağrı numaralarının (İtfaiye: 110, Jandarma: 156, Polis: 155, Sağlık: 112, Orman: 177, Sahil Güvenlik: 158, AFAD: 122) tek numara (112) altında toplanması amacıyla geliştirilmiştir.

# 6. ÖĞRENME BİRİMİ

## YÜKSELTEÇ VE OSİLATÖR DENEYLERİ

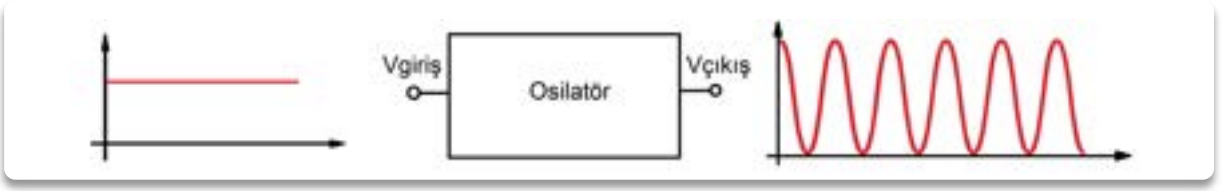


**KONULAR**

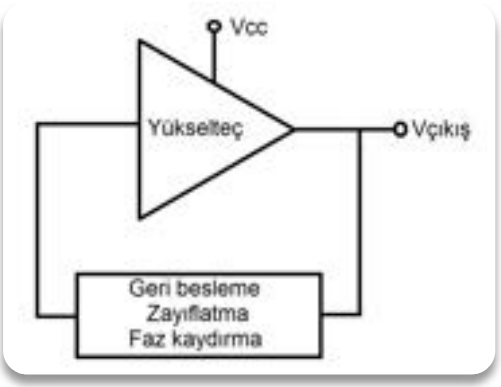
6.1. OSİLATÖRLER
6.2. HOPARLÖR
6.3. MİKROFON

## 6.1. OSİLATÖRLER

**Osilasyon (salınım)**, elektronik sistemlerde zamana göre yönü ve şiddeti belli bir düzen içerisinde değişen elektrik sinyalleridir. İstenen frekans ve dalga şeklinde elektriksel sinyaller üreten pozitif geri beslemeli yükselteçlere ise **osilatör** denir. Osilatörler, doğru akım kaynağındaki elektrik enerjisini AC elektrik enerjisine belirli bir frekansta haricî sinyal uygulanmadan transfer edebilen devrelerdir (Şekil 6.1).




Şekil 6.1: Osilatör blok şekli ve giriş-çıkış dalga şekilleri




Şekil 6.2: Osilatör blok diyagramı

Şekil 6.2'de osilatör blok diyagramı görülmektedir. Osilatörler, yükselteç devresi ve geri besleme (zayıflatma ve faz kaydırma) devresi olmak üzere iki kısımdan oluşur.

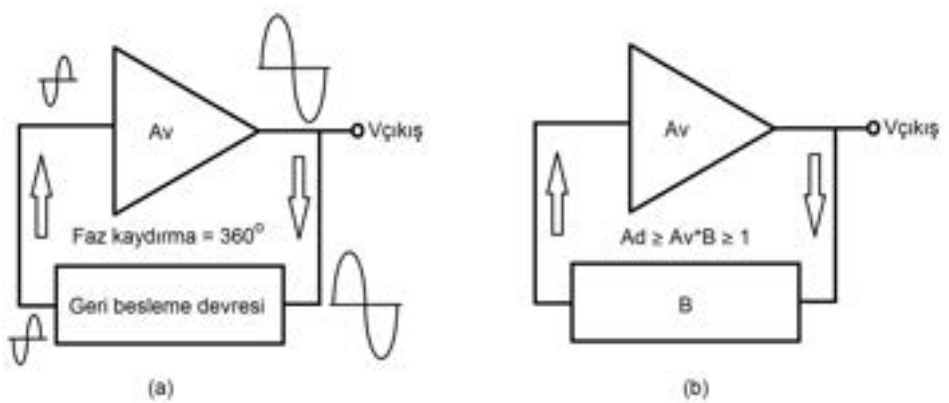
Osilatörlerde osilasyonun sürekli olabilmesi için çıkış işaretinin bir kısmının girişe pozitif yönde uygulanması gerekmektedir. Osilatörlerin ürettiği çıkış işaretinin genliği ve frekansı her zaman sabit olmalıdır. Osilatör, çıkış işaretinin genliği ve kullanılan yükselticin polarması ile kontrol altına alınır. Frekansın sabit kalabilmesi için frekans kontrol eden ünite ya da faz kaydırıcı devre kullanılması gerekir. DC besleme gerilimi uygulandıktan sonra osilatörün çalışması için iki şartın sağlanması gerekir. Bu şartlar şunlardır:

- Yükselteç giriş ve çıkışı arasındaki faz farkı $360^0$ olmalıdır. Yükselteç devresinde $180^0$ faz farkı oluşur, diğer $180^0$ lik sinyal geri besleme devresi tarafından sağlanır (Şekil 6.3 a).
- Döngü kazancı birden büyük veya bire eşit olmalıdır (Şekil 6.3 b).

**Ad** = Döngü kazancı
**Av** = Yükselteç kazancı
**B** = Geri besleme zayıflama oranı

$$Ad \geq Av \cdot B \geq 1$$

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

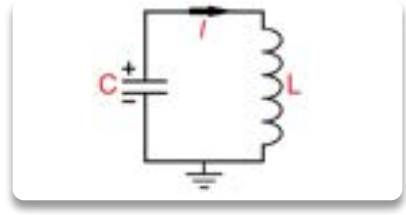



Şekil 6.3: a) Pozitif geri besleme (faz kaydırma) b) Döngü kazancı

Osilatörler, frekansı belirleyen devre elemanlarına göre Bobin-Kondansatör (LC), Direnç-Kondansatör (RC) ve Kristal kontrollü olmak üzere üç başlık altında incelenir.

## 6.1.1. Bobin-Kondansatör (LC) Osilatörler

Bu osilatör türünde isminden de anlaşıldığı üzere temel elemanlar, kondansatör ve bobindir. Bu devre elemanları paralel bağlandıklarında, elektrik enerjisini üzerlerinde kısa süreli depo ederek sadece doğru akım beslemesi ile osilasyon yapabilmektedir. Bu şekilde osilasyon yapan, paralel bağlanmış kondansatör ve bobinin oluşturduğu devreye **rezonans** veya **tank devresi** denilmektedir (Şekil 6.4).



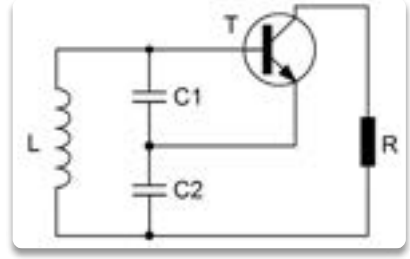

Şekil 6.4: LC tank devresi

LC osilatörlerde üretilen sinüsoidal sinyalin frekansına **rezonans frekansı** denir ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Osilatörlerde genellikle yükselteç olarak transistör veya entegre (tümleşik devre) kullanılmaktadır. LC osilatörde pozitif geri besleme yoluyla iyi bir osilasyon elde edebilmek için Colpitts, Hartley ve Amstrong osilatörleri olarak adlandırılan devreler kullanılmaktadır.

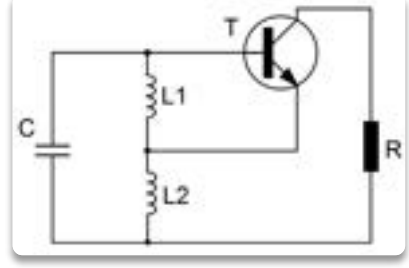
Colpitts osilatörde geri besleme sinyali kapasitif bir gerilim bölücüden alınır (Şekil 6.5). Yükseltme görevi transistör ile gerçekleştirilir. Şekil 6.5'te görülen colpits osilatöründe, C1 ve C2 gibi split kondansatörler (ayrılmış, bölünmüş kondansatörler) bulunur. Bu split kondansatörler, colpits osilatörlerin en belirgin özelliğidir.




Şekil 6.5: Colpitts geri besleme devresi

Hartley osilatörde geri besleme sinyali endüktif bir gerilim bölücüden alınır (Şekil 6.6). Yükseltme görevi yine transistör ile gerçekleştirilir.

Amstrong osilatörde geri besleme sinyali transformatör sargılarından ana sarım üzerine sarılmış birkaç turluk başka bir sarımdan alınır. Bu şekilde transformatörle yapılan geri beslemeye **manyetik kuplaj** denir.



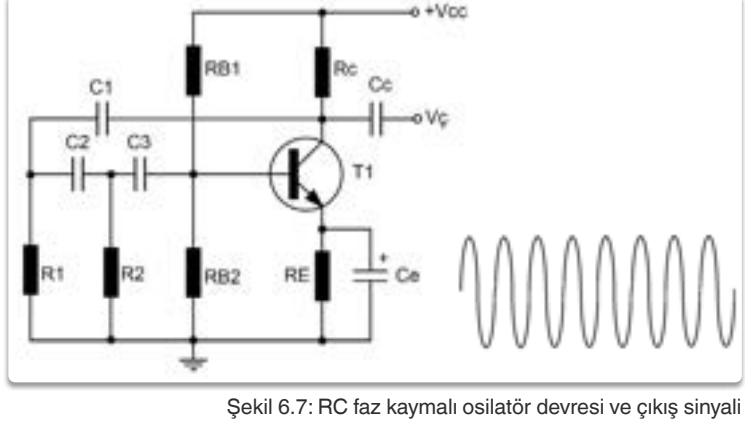

Şekil 6.6: Hartley geri besleme devresi

## 6.1.2. Direnç-Kondansatör (RC) Osilatörler

Alçak frekans osilatörlerinde frekans belirlemesi için direnç ve kondansatörler kullanılmaktadır. RC osilatörler, 20 Hz-20KHz arasındaki ses frekans aralığında geniş uygulama alanlarına sahiptir. Çalışma frekansları 1 MHz'e kadar çıkabilmektedir.

Şekil 6.7'de RC faz kaymalı osilatör devre şeması ve çıkış sinyali görülmektedir. Devrede C1R1-C2R2-C3R3 direnç-kondansatör çiftleri hem pozitif geri beslemeyi hem de frekans tespit etme işlemini gerçekleştirmektedir.

Her bir RC ikilisi 60° faz kaymaya sebep olup toplamda 180° lik faz değişimi oluşturmaktadır. C3 kondansatörü çıkışındaki sinyal, transistörün beyzine



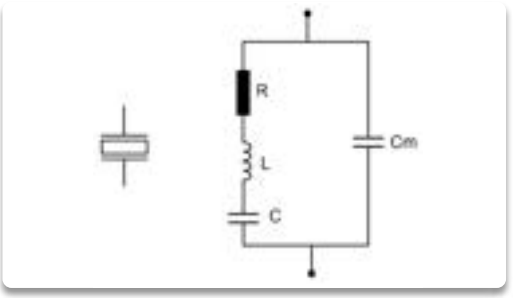

Şekil 6.7: RC faz kaymalı osilatör devresi ve çıkış sinyali

uygulanan pozitif geri besleme sinyalini oluşturmaktadır. Yükseltme işlemi T1 transistörü tarafından gerçekleştirilmekte olup yükselteç tipi olarak emiteri ortak bağlantı kullanılmıştır. Emiteri ortak yükselteç devresinin beyzi ile kollektörü arasında 180° faz farkı oluşmaktadır. Devrenin osilasyon yapabilmesi için çıkış (Vç) gerilimini 180° faz kaydırılarak girişe yani transistörün beyzine pozitif geri besleme yapması gerekmektedir.

### 6.1.3. Kristal (XTALL) Osilatörler

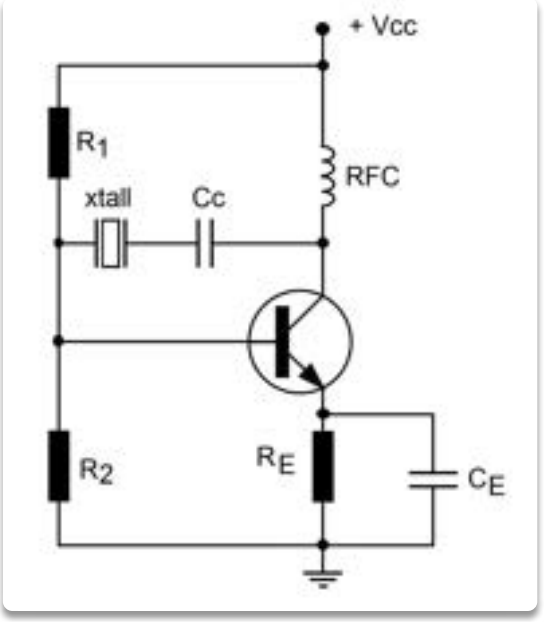
Bir osilatörde üretilen sinyalin sabit frekansta kalabilmesine **frekans kararlılığı** denir. LC ve RC osilatörlerde frekans kararlılığı çok iyi değildir. Özellikle verici devrelerinde yayının belirlenen frekansta yapılabilmesi için kristal osilatörler tercih edilmektedir.

RC veya LC osilatörlerde bobin, kondansatör ve direnç değerlerindeki değişimlere; nem ve sıcaklık gibi çevresel değişimlere bağlı olarak frekans kararlılığı değişebilmektedir. Bu nedenle RLC elemanların yerine frekans kararlılığı çok iyi olan kristal elemanlar tercih edilmektedir. Şekil 6.8'de kristal elemanın devre sembolü ve eşdeğer devre şeması görülmektedir. Devre şemalarında sembol ismi olarak **xtall** kısaltması kullanılmaktadır·



Şekil 6.8: Kristal (XTALL) sembolü ve eşdeğer devresi

İki iletken katman arasına quartz (kuvorts), rochelle (roşel) tuzu veya turmalin gibi kristalize maddeler konularak elde edilen malzemeye **kristal** denir. Kristal yapıya alternatif (değişken) bir elektrik sinyali uygulanırsa titreşim başlar. Enerjisi kesildiğinde bu titreşim iletken katmanlar arasında bir elektrik enerjisi oluşturur. Bu olaya **piezo elektrik etki** denir. Bütün kristaller büyüklüklerine bağlı tek bir frekansta titreşim yapar. Bu titreşim frekansı 1 kHz ile 50 MHz arasında değişmektedir. Genellikle kristal mikrofonlarda rochelle tuzu kullanılırken osilatörlerde frekans kararlılığı nedeniyle quartz kullanılmaktadır.



Şekil 6.9: Transistörlü kristal osilatör devresi

Şekil 6.9'da transistörlü kristal osilatör devresi görülmektedir. Devrede kollektör-beyz geri besleme yoluna seri olarak bağlanmış kristal ile devrenin rezonans frekansında çalışması sağlanmıştır. NPN tipi transistör yükselteç devresini, R1 ve R2 dirençleri ise gerilim bölücü devreyi oluşturmaktadır.

**Amaç:** RC faz kaymalı osilatör devresi yapmak.

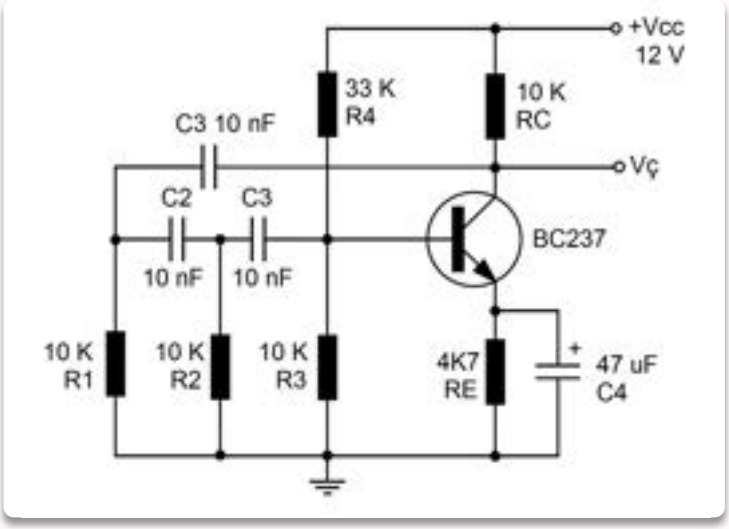
**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Transistör | BC237 | 1 adet |
| Kondansatör (C1, C2, C3) | 10 nF | 3 adet |
| Kondansatör (C4) | 47 uF 25 V | 1 adet |
| Direnç (R1, R2, R3, RC) | 10 kΩ | 4 adet |
| Direnç (RE) | 4,7 kΩ | 2 adet |
| Direnç (R4) | 33 kΩ | 1 adet |
| Direnç (RE) | 2,2 kΩ | 1 adet |
| Devre tahtası (Breadboard) | | 1 adet |
| İletken tel | Zil teli (çeşitli uzunluklarda) | 15 adet |
| Güç kaynağı | 12 V | 1 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |

Şekil 6.10'daki devrede transistörün kolektöründen alınan çıkış, seri RC devrelerinde işleme tabi tutularak 180° faz kaydırması yapılmıştır. Üç adet seri RC devresi olduğuna göre her bir RC devresi 60° faz kaydırmaktadır. Bu işlem için R1 = R2 = R3, C1 = C2 = C3 olmalıdır. R1, R2, R3'e R; C1, C2, C3'e C adı verilir. Devre frekansı şu şekilde hesaplanır:

$$f = \frac{1}{2\pi \,.\, R \,.\, C \,\sqrt{6 + 4 \,.\, (Rc/R)}}$$

Çıkıştaki osilasyonların genliği; transistörün kazancına, geri besleme oranına, RC faz kaydırma devresinin toplam empedansına, kolektör ve emiter dirençlerine bağlıdır. RE direnci küçüldükçe çıkış genliği artar. RE'nin küçülmesi ile devrenin giriş empedansı da küçüleceğinden frekans düşer. Ancak RE'nin değeri 2,2 kΩ'dan aşağı düştüğünde çıkış alınamaz. R1 direnci büyütüldüğünde çıkış frekansı da düşer. R4 direnci transistörün çalışma doğrusuna etki eder. En uygun direnç değeri şu şekilde bulunur: Diğer elemanlar aynı kalmak kaydıyla R4 yerine 50 kΩ potansiyometre bağlanır. Sinüzoidal sinyalin en düzgün ve derin olduğu durumu bulmak için potansiyometre ayarlanır. İstenilen sinyal şekli görüldüğünde potansiyometre ölçülür. Şekil 6.10'daki devre için potansiyometre değeri 32 kΩ civarında ölçülmüştür. Standart olarak 32 kΩ direnç olmadığından 33 kΩ'luk direnç kullanılmıştır.




Şekil 6.10: RC faz kaymalı osilatör uygulama devresi

Bu uygulamada Şekil 6.10'daki RC faz kaymalı osilatör devresini breadboard üzerine kurulduktan sonra devre çıkış sinyalini osiloskop üzerinde görerek devre frekansı hesaplanacaktır.

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 6.10'daki devre montajı breadboard üzerine yapılır.
4. Osilaskobun 1. kanalı transistörün beyz ucuna, 2. kanalı Vç noktasına bağlanır (Time/Div:1 mS. Volt/Div: 1. kanal için 50 mV, 2. kanal için 2 Volt, her iki konum AC'de olacak şekilde ayarlanır.).
5. Girişe göre (VB) çıkış sinyali ölçülü olarak çizilir. Çıkış frekansı ve genliği ölçülerek tabloya kaydedilir. Formüldeki değerler yerine konarak frekans hesaplanır ve bulunan frekans tabloya kaydedilir.
6. Rc direnci 4,7 kΩ'luk direnç ile değiştirilir. Çıkış frekansı ve genliği ölçülerek Tablo 6.1'e kaydedilir.
7. Devre ilk durumuna getirilir. $R_E$ 2,2 kΩ'luk direnç ile değiştirilir. Çıkış frekansı ve genliği ölçülerek tabloya kaydedilir.
8. R1 direncine dışarıdan 10 kΩ'luk bir direnç paralel bağlanarak devre frekansının arttığı gözlenir.

Tablo 6.1: Değişik Direnç Değerlerine Göre Devre Çıkış Gerilim ve Frekansı

| RC | RE | Vç (Volt) | f (ÖLÇÜLEN) | f (HESAPLANAN) |
|---|---|---|---|---|
| 10 kΩ | 4,7 kΩ | | | |
| 4,7 kΩ | 4,7 kΩ | | | |
| 10 kΩ | 2,2 kΩ | | | |

VB

f = ----------

Vç

f = ----------

**Uygulama Değerlendirme**

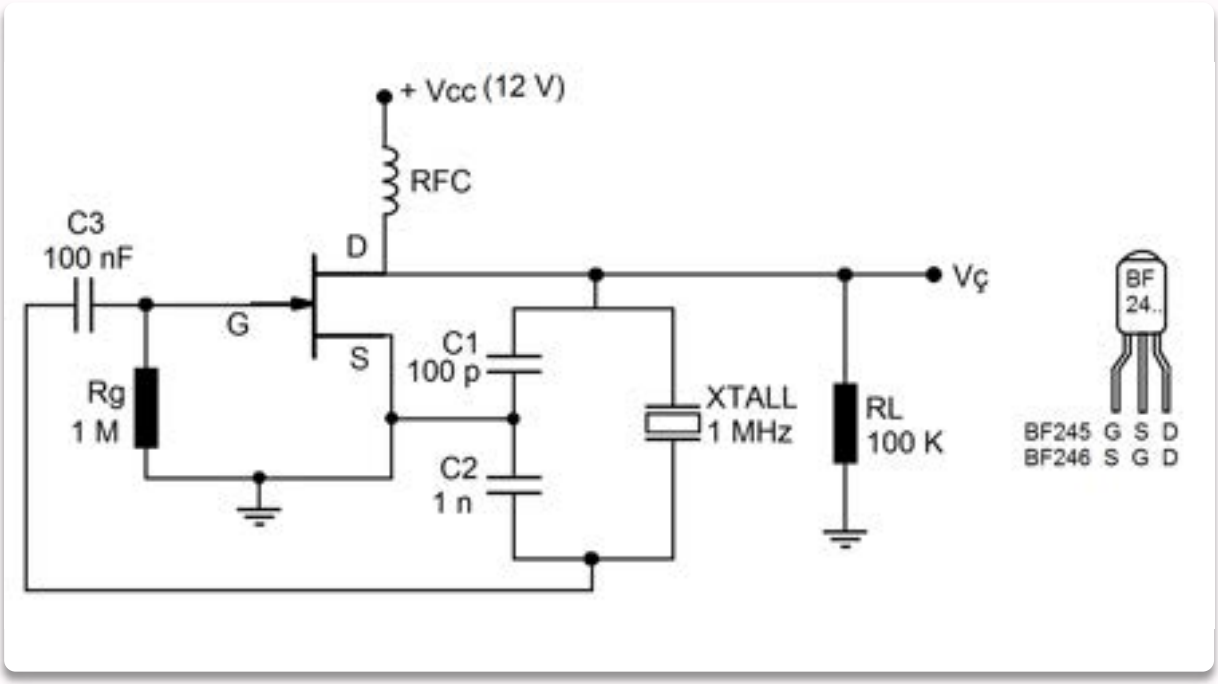
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 6.10'daki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Sinyal jeneratörü ve osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 25 | |
| 4 | Tablo 6.1'deki ölçüm ve hesaplamanın doğru yapılması | 35 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Kristal osilatör devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| JFET Transistör | BF246 | 1 adet |
| Kristal (XTALL) | 1 MHz | 1 adet |
| Bobin (RFC) (12V 3W trafonun sekonder uçları da kullanılabilir.) | 1 mH | 1 adet |
| Direnç (Rg) | 1 MΩ | 1 adet |
| Direnç (RL) | 10 kΩ | 2 adet |
| Kondansatör (C1) | 100 pF | 1 adet |
| Kondansatör (C2) | 1 nF | 1 adet |
| Kondansatör (C3) | 100 nF | 1 adet |
| Devre tahtası (Breadboard) | | 1 adet |
| İletken tel | Zil teli | 15 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |
| Güç kaynağı | 12 V | 1 adet |

Bu uygulamada Şekil 6.11'deki kristal osilatör devresi breadboard üzerine kurulduktan sonra devre çıkış sinyali osiloskop üzerinde gözlenecektir. JFET, yükselteç devresini oluşturmakta ve geri besleme görevini Rg direnci yapmaktadır. XTALL, C1 ve C2 elemanları tank devresini oluşturmaktadır. Devrede kullanılan bobin (Radyo Frekans Şok-RFC) yerine bir trafonun (12V 3W) sekonder uçları da kullanılabilir.




Şekil 6.11: Kristal osilatör devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanarak Şekil 6.11'deki devre breadboard üzerine kurulur.
3. Osilaskobun 1. kanalı transistörün Gate ucuna, 2. kanalı Vç noktasına bağlanır.
4. Osiloskop ile devre giriş ve çıkış işaretleri ölçülerek devrenin yükseltme oranı ekran üzerinde gözlenir.
5. Gözlenen grafik işaretleri aşağıdaki grafik alanlarına çizilir.

| Vg | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| Vç | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

**Uygulama Değerlendirme**

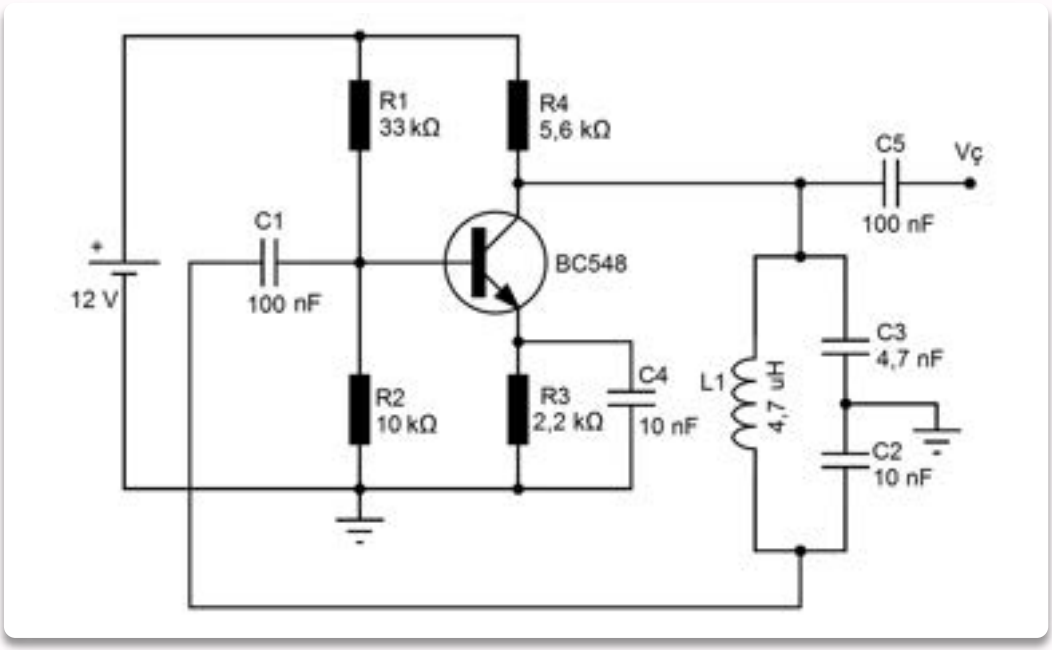
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 6.11'deki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 35 | |
| 3 | Osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 20 | |
| 4 | Tablo 6.11'deki ölçüm ve hesaplamanın doğru yapılarak grafik alanına çizilmesi | 35 | |
| TOPLAM | | 100 | |

**Amaç:** Colpitts osilatör devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Transistör | BC548 | 1 adet |
| Direnç (R1) | 33 kΩ | 1 adet |
| Direnç (R2) | 10 kΩ | 1 adet |
| Direnç (R3) | 2,2 kΩ | 1 adet |
| Direnç (R4) | 5,6 kΩ | 1 adet |
| Kondansatör (C1, C5) | 100 nF / 16 V | 2 adet |
| Kondansatör (C2) | 10 nF / 16 V | 1 adet |
| Kondansatör (C3) | 4,7 nF / 16 V | 1 adet |
| Bobin (L1) | 4,7 uH | 1 adet |
| Devre tahtası (Breadboard) | | 1 adet |
| İletken tel | Zil teli | 15 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |
| Güç kaynağı | 12 V | 1 adet |

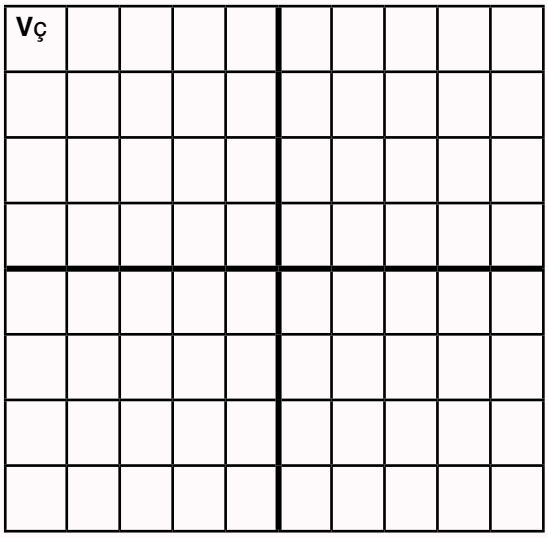
Şekil 6.12'de tank devresini L1, C2 ve C3 elemanları oluşturmaktadır. Yine devrenin çalışma frekansını bu üç eleman belirlemektedir. Bu devrenin çıkış frekansı yaklaşık 1 MHz olduğundan üretilen sinyalin yükseltilmesi transistör ile gerçekleştirilmiştir. R1 ve R2 dirençleri transistör için gerekli olan beyz polarmasını sağlamaktadır. C4 emiter direncinin bypass kondansatörüdür. C5 ise çıkış kuplaj kondansatörüdür.




Şekil 6.12: Colpitts osilatör devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 6.12'deki devre montajı breadboard üzerine yapılır.
4. Osiloskop, Vç noktasına bağlanır.
5. Çıkış sinyalinin frekansı ve genliği ölçülerek aşağıdaki ilgili alana yazılır.
6. Gözlenen grafik işaretleri aşağıdaki grafik alanlarına çizilir.




Çıkış gerilimi; **Vç** _____

Çıkış frekansı; **f** _____

**Uygulama Değerlendirme**

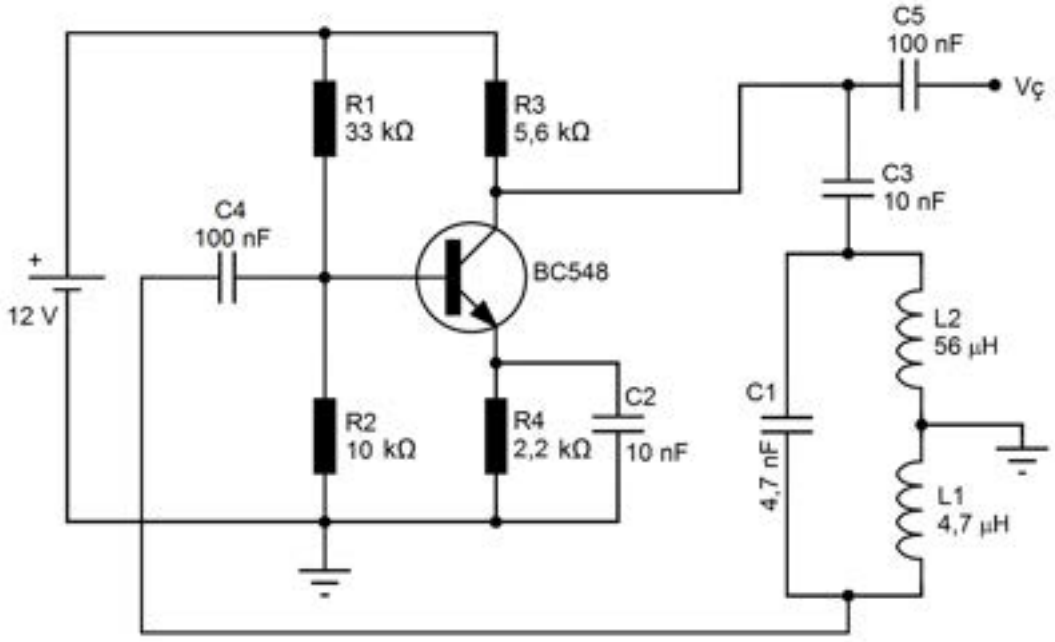
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 6.12'deki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 20 | |
| 4 | Genlik değerinin doğru ölçülmesi | 15 | |
| 5 | Frekans ölçümünün doğru yapılarak grafik alanına çizilmesi | 25 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Hartley osilatör devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Transistör | BC548 | 1 adet |
| Direnç (R1) | 33 kΩ | 1 adet |
| Direnç (R2) | 10 kΩ | 1 adet |
| Direnç (R3) | 2,2 kΩ | 1 adet |
| Direnç (R4) | 5,6 kΩ | 1 adet |
| Kondansatör (C1) | 4,7 nF / 16 V | 1 adet |
| Kondansatör (C2, C3) | 10 nF / 16 V | 2 adet |
| Kondansatör (C4, C5) | 100 nF / 16 V | 2 adet |
| Bobin (L1) | 4,7 uH | 1 adet |
| Bobin (L2) | 56 uH | 1 adet |
| Devre tahtası (Breadboard) | | 1 adet |
| İletken tel | Zil teli | 15 adet |
| Osiloskop | 20 MHz | 1 adet |
| Güç kaynağı | 12 V | 1 adet |

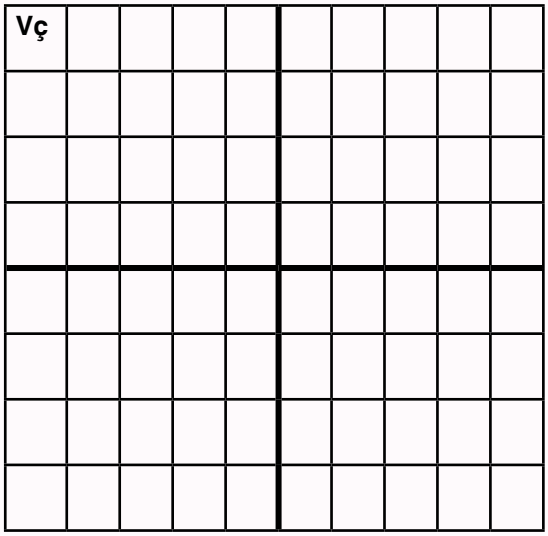
Şekil 6.13'teki Hartley osilatör devresinin osilasyon frekansını L1, L2 ve C1 elemanları belirlemektedir. Bu devre ile yüksek frekanslarda kaliteli bir sinüzoidal işaret elde edilmekte ve yükselteç olarak BC548 transistörü kullanılmaktadır. R1 ve R2 dirençleri transistör için gerekli olan beyz polarmasını sağlamaktadır. C2 kondansatörü emiter direncinin bypass kondansatörü, C5 ise çıkış kuplaj kondansatörüdür.




Şekil 6.13: Hartley osilatör devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 6.13'teki devre montajı breadboard üzerine yapılır.
4. Osiloskop, Vç noktasına bağlanır.
5. Çıkış sinyalinin frekansı ve genliği ölçülerek aşağıdaki ilgili alana yazılır.
6. Gözlenen grafik işaretleri aşağıdaki grafik alanlarına çizilir.




Çıkış gerilimi; **Vç** _____

Çıkış frekansı; **f** _____

**Uygulama Değerlendirme**

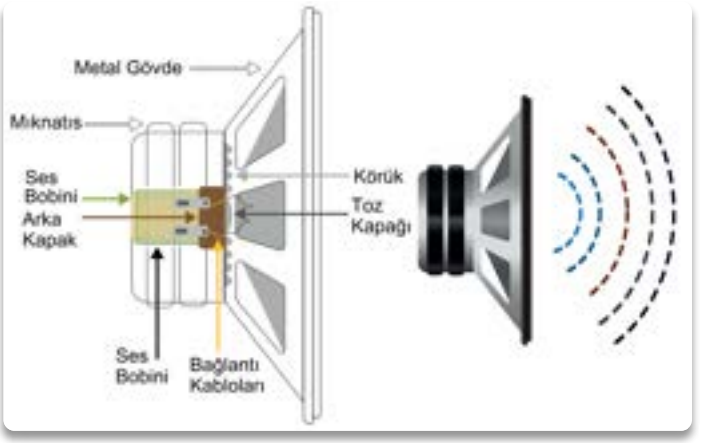
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 6.13'teki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 35 | |
| 3 | Osiloskop bağlantılarının doğru yapılması | 15 | |
| 4 | Genlik değerinin doğru ölçülmesi | 15 | |
| 5 | Frekans ölçümünün doğru yapılarak grafik alanına çizilmesi | 25 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

## 6.2. HOPARLÖR

Analog elektrik sinyallerini ses sinyallerine çeviren elemanlara **hoparlör** denir. Genel olarak hoparlörler mıknatıs ve mıknatıs etrafına yerleştirilen bir bobin ve hareketli diyaframdan oluşur. Hoparlörler çalışma prensiplerine göre çeşitlere ayrılır.

### 6.2.1. Dinamik (Hareketli Bobinli) Hoparlör

Şekil 6.14'te görüldüğü gibi dinamik hoparlörler bobin, mıknatıs, diyafram gibi elemanların birleşiminden oluşur. Yapısında demirden yapılmış bir silindirin ortasına doğal mıknatıs yerleştirilir ve mıknatısla demir arasındaki hava aralığına ise hoparlör diyaframının uzantısı üzerine sarılmış bobin konulur. Bobinin sarıldığı diyaframın alt kısmı bir süspansiyon ile gövdeye tutturulur. Bobin, süspansiyonlar sayesinde hava aralığında rahatça hareket edebilmektedir. Mıknatısın manyetik alanı içine sarılmış bobine gelen elektrik sinyalleri bobinin titreşim yapmasına ve buna bağlı olarak diyaframın ileri geri hareket ederek havaya basınç uygulamasına sebep olmaktadır. İnsan kulağı bu titreşimleri ses olarak algılamaktadır.




Şekil 6.14: Dinamik hoparlör yapısı

### 6.2.2. Piezoelektrik (Kristal) Hoparlör

Şekil 6.15'te yapıları görülen piezoelektrik hoparlörler çizgi biçiminde, birbirine karşı polarize edilmiş, bükülgen piezooksit (kurşun, elmas, titan karışımı) maddeden imal edilmektedir. Şeritlere elektrik akımı uygulandığında, boyutları uzayıp kısalır ve karşısındaki yüzeyin titreşimine neden olur. Bu titreşim ise esnek membranı hareket ettirerek hava basıncını dolayısıyla sesi oluşturur. Piezoelektrik hoparlörler daha çok yüksek frekanslı (tiz) seslerin elde edilmesinde (kolonların tweeterlarında) ve kulaklıklarda kullanılmaktadır. Aynı zamanda dijital saatlerde kullanılan hoparlörler de buzzer (bazır) olarak çalışmaktadır.




Şekil 6.15: Piezoelektrik hoparlör ve yapısı

### 6.2.3. Hoparlörlerin Özellikleri

**Çalışma Gücü [Operating Power (Opıreting Pavır)]:** Hoparlörden 1 veya 3 metre uzaklıkta 96 desibel veya 86 desibel ses basıncı elde edilmesi sırasında hoparlörün harcadığı elektrik gücüne denir. Çalışma gücünün ölçülmesi 100 Hz ile 4 kHz'lik bir sinyal uygulanarak yapılmaktadır.

**Güç Taşıma Kapasitesi [Power Handling Capacity (Pavır Hendling Kapasiti)]:** Hoparlörün zarar görmeden uygulanabilecek sürekli güç değerine denir. Yüksek güçlü olarak bilinen bas hoparlörlerin kapasiteleri 10 W ile 250 W arasında değişmektedir.

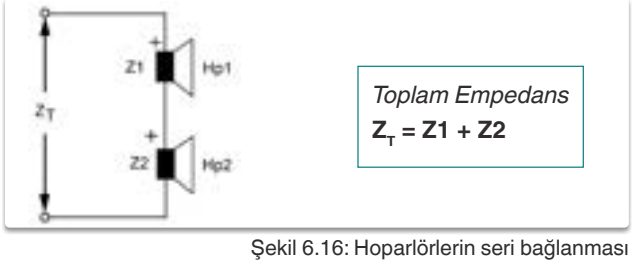
**PMPO [Peak Maximum Power Output (Piik Maksimum Pavır Aıtput)]:** Hoparlörün anlık olarak dayanabileceği maksimum gücü gösteren değerdir. Bu değer kısa bir süre dahi olsa çalışan hoparlörlerde diyafram yırtılır veya hareketli kısımlar zarar görür. Bu değer sadece anlık olarak kaldırılabilecek yük miktarını gösterir.

**RMS [Root Mean Square (Rut Min Skuer)]:** Ses sistemlerinde çıkış yükseltecinin sürekli sağlayabildiği maksimum elektrik gücünün ölçüsüdür. Hoparlörde değişik frekanslarda alınan ölçümlerin karelerinin ortalamalarının karekökünü ifade etmektedir. Bir yükselteç devresinin çıkışına bağlanan hoparlörün RMS gücü, yükseltecin RMS gücünün en az bir buçuk katı olmalıdır.

## 6.2.4. Hoparlörlerin Seri ve Paralel Bağlanması

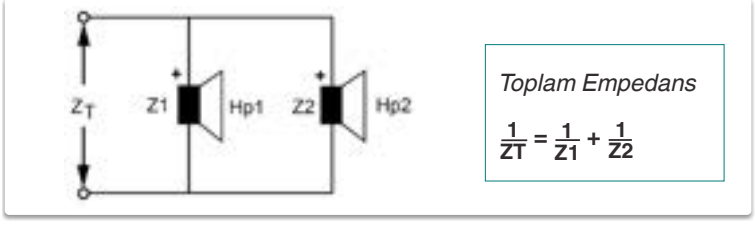
Ses frekans yükselteç devreleri ile merkezi ses sistemlerinde daha kaliteli ses veya müzik elde etmek amacıyla yükselteç (amplifikatör) çıkışına birden fazla hoparlör bağlanabilmektedir. Bu hoparlörler sistemin ve hoparlörün özelliğine göre seri veya paralel olarak bağlanmaktadır. Bağlantının nasıl yapılacağı hoparlörlerin empedansları ve RMS değerlerine bakılarak tespit edilir. Paralel veya seri bağlanan hoparlörlerin toplam empedans değeri, bağlanacağı amplifikatör çıkış katının empedansına eşit olmalıdır. Hoparlörlerin toplam empedansı küçük olursa amplifikatör çıkışı ve hoparlörler zarar görebilir. Toplam empedansın çok büyük olması hâlinde ise amplifikatör yetersiz kalarak beklenen verim alınamayacaktır.

**Seri Bağlantı:** Seri bağlı hoparlörlerde toplam empedans seri bağlı direnç devresinde yapıldığı gibi hesaplanır. Yani seri bağlı hoparlörlerin empedansları toplanarak toplam empedans elde edilir (Şekil 6.16). Toplam güç de aynı şekilde seri bağlı hoparlörlerin güçlerinin toplamına eşittir.




Şekil 6.16: Hoparlörlerin seri bağlanması

**Paralel Bağlantı:** Hoparlörler paralel bağlandıklarında toplam empedans, paralel bağlı direnç devresindeki gibi hesaplanır (Şekil 6.17). Harcanan toplam güç, paralel bağlı her bir hoparlörde harcanan gücün toplamına eşittir.




Şekil 6.17: Hoparlörlerin paralel bağlanması

Seri veya paralel bağlandığında hoparlör kutuplarına dikkat edilmesi gerekir. Kutuplar belirtilmemişse basit bir yöntem ile belirlenebilir. 1,5-5 Volt aralığında bir DC gerilim kısa bir süre hoparlör uçlarına uygulanır. Eğer membran dışarı doğru hareket ediyorsa DC kaynağın artı ucu hoparlörün artı ucuna bağlanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta DC bağlantının hoparlöre bir saniyeden fazla uygulanmamasıdır. Eğer sürekli DC akım uygulanırsa hoparlör arızalanabilir. Eğer hoparlörler birbirlerine ters kutup bağlanırsa farklı hoparlörler aynı fazda çalışmayacağından toplam güçte kayıplara neden olacaktır. Uygulamada hoparlörlerde artı ve eksi kutupları belirtmek için farklı işaretler kullanılır. Seri veya paralel bağlantı yapılacağında bu işaretlere dikkat edilmesi yeterlidir.

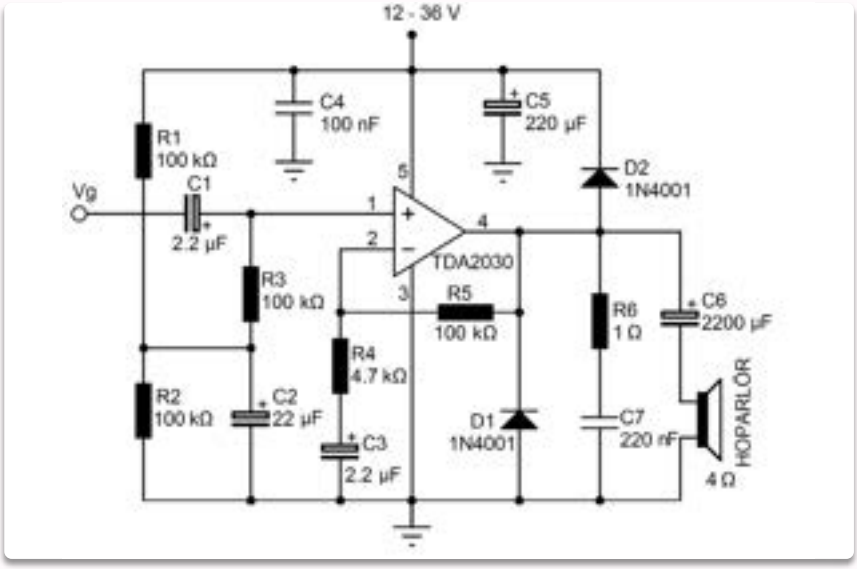
Kaliteli bir ses çıkışı elde edebilmek için farklı frekanslardaki sinyallerin farklı boyuttaki hoparlörlerden sese dönüştürülmesi gerekmektedir. Küçük çaptaki hoparlörler yüksek frekanstaki sinyallerin yani tiz seslerin oluşması için daha uygundur. Bu tür hoparlörlere **tweeter (tivitır)** denir. Büyük çaplı hoparlörler ise düşük frekansların yani bas seslerin oluşması için daha uygundur. Bu tür hoparlörlere **woofer (vufır)** denir. Daha kaliteli yayınlar için orta frekanslara ait ayrı bir hoparlör daha kullanılır. Buna da **squawker (skuavkır)** denilmektedir.

**Amaç:** Ses yükselteç devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| TDA2030A | 18 W | 1 adet |
| Direnç | 1 Ω | 1 adet |
| Direnç | 4.7 kΩ | 1 adet |
| Direnç | 100 kΩ | 1 adet |
| Diyot | 1N4001 | 2 adet |
| Kondansatör | 100 nF / 63 V | 1 adet |
| Kondansatör | 220 nF / 63 V | 1 adet |
| Kondansatör | 2.2 µF / 63 V | 2 adet |
| Kondansatör | 22 µF / 63 V | 1 adet |
| Kondansatör | 220 µF / 63 V | 1 adet |
| Kondansatör | 2200 µF / 63 V | 1 adet |
| Hoparlör | 4 Ω | 1 adet |
| Soğutucu | TDA2030 ile uyumlu | 1 adet |
| Üniversal plaket | 10 x 15 cm | 1 adet |
| El aletleri | Yan keski ve kargaburnu | |
| Lehimleme seti | Havya, lehim teli, pasta, pompa | |
| Güç kaynağı | 12-36 V aralığında | 1 adet |

Şekil 6.18'de görülen devre 12-36 Volt besleme gerilimi ile çalışmakta ve ses frekans yükselteci olarak TDA2030 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre yüksek çıkış akımı ve düşük gürültüye sahip bir entegredir. D1 ve D2 diyotları devrenin kısa devre korumasını sağlamaktadır. Herhangi bir kaynaktan (mp3 çalar, cep telefonu vb.) girişe uygulanan ses sinyali çıkışta yükseltilmiş olarak hoparlörden alınmaktadır. Ancak TDA2030 entegresinde açığa çıkan sıcaklığın azaltılması için bir soğutucu bağlanması unutulmamalıdır.




Şekil 6.18: 18 W ses yükselteç devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 6.18'deki devre, üniversal plaket üzerine kurulur.
4. Devreye ses kaynağından (mikser, cep telefonu, müzik çalar vb.) alınan ses sinyali, Vg noktasına bağlanır.
5. Devreye enerji verilir.
6. Devrenin çalışması gözlemlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

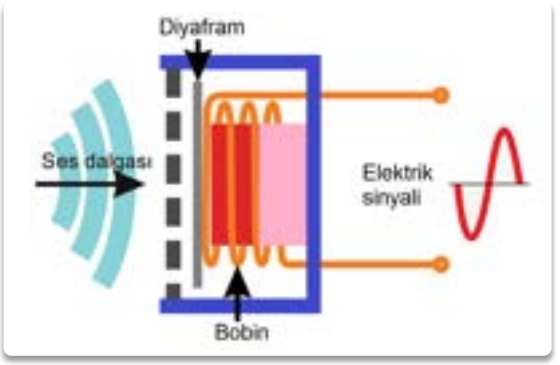
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 6.18'deki devre montajının üniversal plaket üzerine doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Şekil 6.18'deki devre montajının yapıldıktan sonra çalıştırılması | 30 | |
| 4 | Giriş ve çıkış işaretlerinin osiloskop ekranında gözlenmesi | 20 | |
| TOPLAM | | 100 | |

## 6.3. MİKROFON

Ses işaretlerini elektriksel işaretlere dönüştüren transdüsere **mikrofon** denilmektedir. Burada transdüser terimi bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştüren cihaz anlamındadır. Genel olarak mikrofonların yapısı, ses dalgalarının bir diyaframı titreştirmesi esasına dayanmaktadır. Her sesin belirli bir şiddeti ve bu şiddetinin havada yarattığı basınç etkisi bulunmaktadır. Bu hava basıncının şiddetine göre ileri-geri titreşen diyafram bu titreşimini, elektrik enerjisine çevirmektedir. Elektrik enerjisini elde etmek için kullanılan yöntemlere göre de mikrofonlara çeşitli isimler verilmektedir.

### 6.3.1. Dinamik Mikrofon

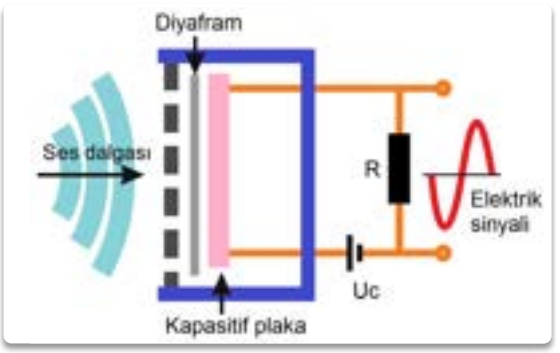
Ses dalgaları ile diyaframa bağlı bobinin sabit bir mıknatıs içinde hareket etmesi prensibi ile çalışan mikrofonlardır (Şekil 6.19). Sabit mıknatısın kutupları arasında manyetik alan mevcuttur. Bu manyetik alan bobinin ileri geri hareket etmesiyle kesilerek bobin uçlarında bir gerilim oluşmasına neden olmaktadır. Mikrofon çıkışında elde edilen bu elektriksel sinyal, bir ön yükselteç (preamplifikatör) ile yükseltilerek güç yükseltecine uygulanır. Şekil 6.19'da dinamik mikrofonun temel yapısı görülmektedir.




Şekil 6.19: Dinamik mikrofon yapısı

### 6.3.2. Kapasitif Mikrofon

Biri sabit diğeri de hareketli iki iletken levha arasında hava boşluğu bırakılarak kapasite elde edilmesi prensibi ile çalışan mikrofonlardır. Hareketli levha aynı zamanda diyafram görevini yerine getirmektedir. Şekil 6.20'de görülen Uc bataryası (1,5-45 V), diyafram ve kapasite plakası arasında oluşan kapasiteyi sürekli olarak beslediği için buradaki kapasite sürekli şarjlı durumdadır. Ses dalgaları diyaframa çarptığında oluşan mekanik titreşimler plakalar arasındaki hava aralığını daraltıp genişleterek kapasite değişimine neden olur. Kapasitenin değişmesi ile devreden küçük bir akım akışı gerçekleşir. Devreden geçen bu akım, direnç üzerinde bir gerilim düşümü meydana getirir. Bu gerilimin zayıf olması sebebi ile sinyalin bir ön yükselteç devresiyle yükseltilerek kullanılması gerekmektedir.

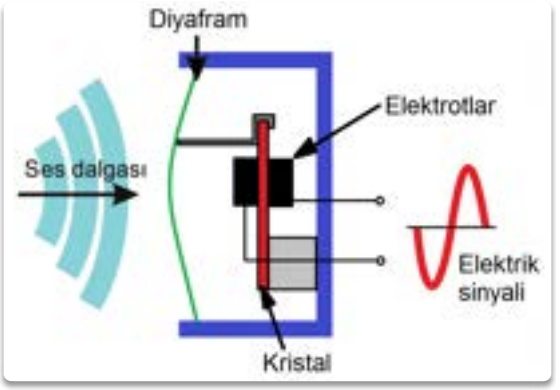



Şekil 6.20: Kapasitif mikrofon yapısı

Kapasitif mikrofonlar doğru akım ile beslenerek kullanıldıkları ve küçük boyutlarda üretilebildikleri için daha çok robotik çalışmalarda tercih edilmektedir. 50-15.000 Hz arasında oldukça geniş bir frekans karakteristiğine sahiptir.

### 6.3.3. Kristal Mikrofon

Quartz ve Roşel (Rochell) tuz kristallerine ses basıncı uygulandığında, kristalin her iki tarafına tutturulmuş olan elektrotlar arasında piezoelektrik etkiden dolayı bir gerilim oluşmaktadır (Şekil 6.21). Oluşan bu gerilim değeri zayıf olduğundan mikrofon içerisinde bir iç yükselteç kullanılır. Sağlam yapıları ve yüksek hassasiyetleri nedeniyle telsiz mikrofonlarda ve kayıt sistemlerinde tercih edilmektedir.



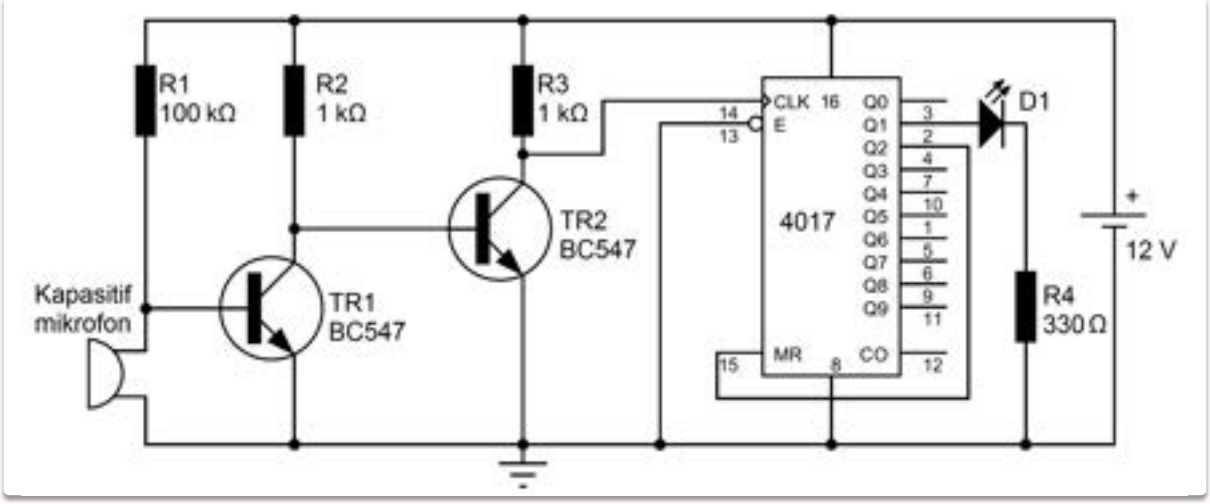

Şekil 6.21: Kristal mikrofon yapısı

**Amaç:** El çırpma sesi ile çalışan devre yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Transistör | BC547 (TO-92 kılıf) | 2 adet |
| Entegre | LM4017 (DIL-16 kılıf) | 1 adet |
| LED | Kırmızı | 1 adet |
| Direnç | 330 Ω | 1 adet |
| Direnç | 1 kΩ | 2 adet |
| Direnç | 100 kΩ | 1 adet |
| Mikrofon | Kapasitif | 1 adet |
| Breadboard | | 1 adet |
| Güç kaynağı | ±12 V | 1 adet |

Şekil 6.22'deki devrede kapasitif mikrofon, kondansatör gibi davranmaktadır. Devreye gerilim uygulanmaya başlandığında TR1 iletimde TR2 kesimdedir. Mikrofona gelen ses şiddeti ile birlikte kapasitif mikrofonda meydana gelen titreşim kapasiteyi değiştirir ve kısa süreliğine TR1'in beyzini şaseye bağlar. Bu durumda TR2 iletime geçer ve LM4017 entegresinin 14 numaralı giriş ucu konum değiştirir. Q1 (2 numaralı uç) çıkışı aktif hâle gelir ve LED yanmaya başlar. İkinci el çırpmasında aynı durum tekrar eder. CLK (Clock pals) girişinden sinyal alan LM4017 sonraki konuma geçerek Q0 (3 numaralı uç)'ı aktif hâle getirir. Her el çırpmasında bu döngü tekrarlanır.




Şekil 6.22: El çırpma sesi ile çalışan devre

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 6.22'deki devre, breadboard üzerine kurulur.
4. El çırpma sesi ile devrenin çalışması (LED'in durumu) gözlenir.
5. İkinci el çırpma sesi ile devrenin çalışması (LED'in durumu) gözlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 6.22'deki devre montajının breadboard üzerine doğru yapılması | 40 | |
| 3 | Şekil 6.22'deki devrenin doğru olarak çalıştırılması | 40 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

# 7. ÖĞRENME BİRİMİ

## MODÜLASYON TEKNİĞİ



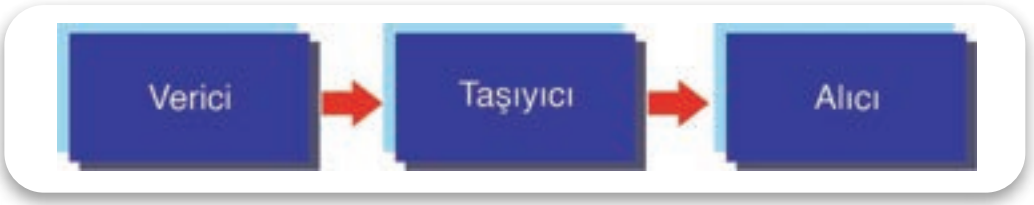
### KONULAR

7.1. GENLİK MODÜLASYONU
7.2. FREKANS MODÜLASYONU
7.3. FAZ MODÜLASYONU
7.4. SAYISAL MODÜLASYONLAR

# 7.1. GENLİK MODÜLASYONU

## 7.1.1. Modülasyon ve Demodülasyon

İletişim, insanoğlunun en temel ihtiyaçlarından biridir. Bu ihtiyaçlar, zaman içinde gelişim ve değişim göstermiştir. İnsanoğlu, özellikle uzak mesafeler arası iletişim için çeşitli yöntemler kullanmıştır. Zamanla yöntemler değişmiş fakat iletişim ögeleri değişmemiştir. Şekil 7.1'de iletişim ögelerini gösteren blok şema görülmektedir.

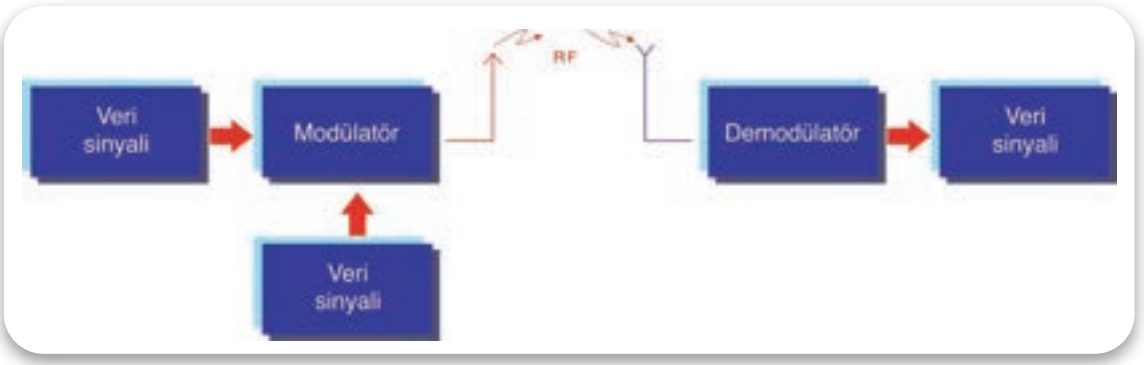



Şekil 7.1: İletişimin blok şeması

Tarihsel gelişime bakıldığında bilgiyi taşımak için ilk zamanlarda duman, güvercin veya ulak kullanılmıştır. Elektriğin keşfi ile telli iletişim, radyonun keşfi ile telsiz iletişim başlamıştır. Taşınacak bilgi ses, görüntü, yazılı belge ve kontrol komutu olabilmektedir.

Verinin elektriksel formu **sinyal** olarak adlandırılır. Veri, 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 veri sinyali iletilmek için yüksek frekansa sahip taşıyıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu taşıyıcı dalgalara **radyo frekans dalgaları** denir. Buradaki veri sinyalinin taşıyıcı sinyal üzerine bindirilmesi işlemine ise **modülasyon** denir. Modülasyon, bilgi sinyalinin özelliğine bağlı olarak taşıyıcı sinyalin çeşitli özelliklerinin değiştirilmesidir. Elde edilen yeni sinyale **modüleli sinyal** denir. Modülasyon işlemini yapan devrelere de **modülatör** adı verilir. Şekil 7.2'de modülatör ve demodülatörün blok şemaları görülmektedir.

Verici tarafından gönderilen modüleli sinyal alıcı tarafına ulaşınca bilgi sinyalinin taşıyıcı sinyalinden ayrılması gerekir. Radyo frekans sinyalleri üzerine bindirilerek gönderilen verinin taşıyıcıdan süzülüp tekrar elde edilme işlemine **demodülasyon** denir. Demodülasyon işleminin yapıldığı devrelere **demodülatör** adı verilir.

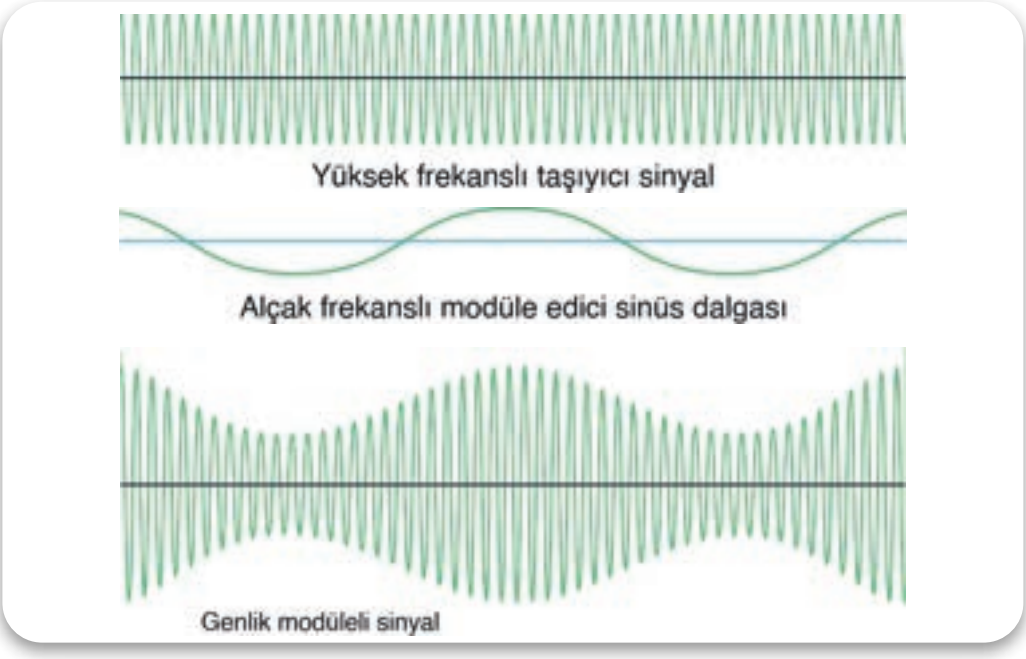



Şekil 7.2: Radyo frekans haberleşmeli sistemin blok şeması

## 7.1.2. Genlik Modülasyonu

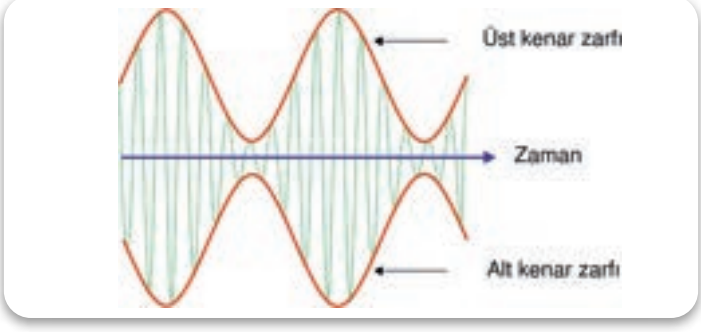
Taşıyıcı sinyal genliğinin veri sinyalinin genliğine bağlı olarak değiştirilmesi işlemine **genlik modülasyonu** adı verilir. Genlik modülasyonunda taşıyıcı olarak sinüs sinyali kullanılır. Temel amaç, taşıyıcı sinyali bilgi sinyaline göre genliğini değiştirerek alıcıya ikisini birlikte göndermektir. Alıcı tarafında ise bu işlemin tam tersi gerçekleşir. Alıcı, genlik modülasyonuna uğrayan sinyali alarak demodülasyon işlemine tabi tutar. Bu işlem sonucunda taşıyıcı sinyal ayrılıp atılarak bilgi sinyali elde edilir.

Şekil 7.3'te genlik modülasyonunun sinyal gösterimi verilmiştir. Üstte, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyal görülmektedir. Ortada veri sinyal görülmektedir. Veri sinyali konuşma, müzik veya bilgi içerebilir. 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. Şekil 7.3'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.




Şekil 7.3: Genlik modüleli sinyalin oluşumu

Genlik modülasyonlu sinyaldeki bu değişime **modülasyon zarfı** denir. Modüleli sinyalin iki zarfı vardır. Bunlar üst kenar zarfı ve alt kenar zarfı olarak adlandırılır. Şekil 7.4'te modülasyon zarfı görülmektedir.



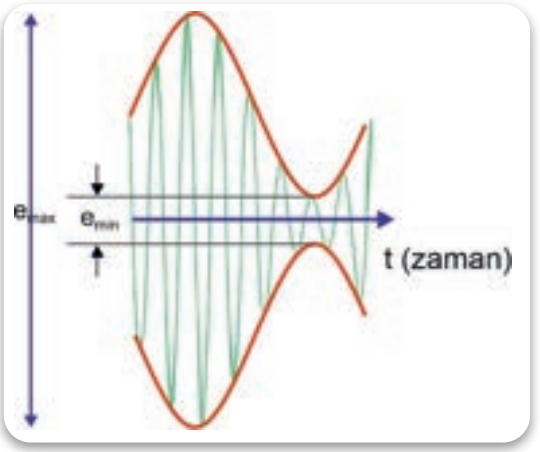

Şekil 7.4: Genlik modülasyonu zarf

## 7.1.3. Modülasyon Faktörü

Genlik modülasyonlu haberleşmede gürültüsüz bir haberleşme sağlayabilmek 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 şu şekildedir:

$$\%m = \frac{e_{max} - e_{min}}{e_{max} + e_{min}} \times 100$$

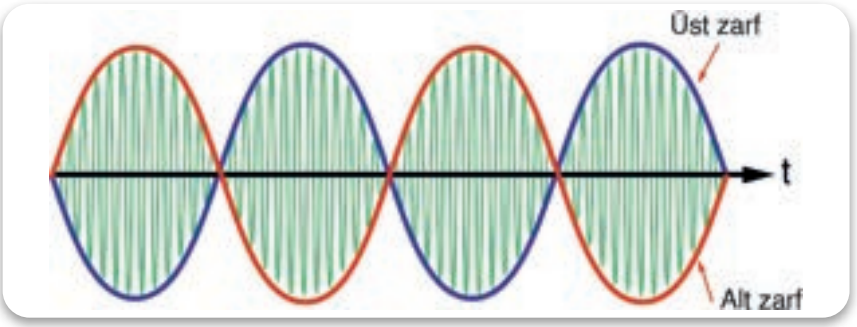
Formülde modüleli sinyalin tepeden tepeye maksimum genliği, modüleli sinyalin tepeden tepeye minimum genliğidir. Modülasyon yüzdesinin hesaplanması osiloskop kullanılarak kolayca yapılır. Şekil 7.5'te modüleli sinyalin maksimum ve minimum noktaları görülmektedir.



Şekil 7.5: 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 iletilebilir. Böylece daha az güç harcanır ve verim artar· Bu yönteme **çift yan bant [DSB Double Side Bant (Dabıl Sayd Bend)] 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 yönteme **tek yan bant [SSB Single Side Bant (Singıl Sayd Bend)] modülasyonu** denir. Tek yan bant modülasyonunda taşıyıcı, sinyal ve yan bantlardan birisi bastırılarak yok edilir. Çift yan bant bastırılmış genlik modülasyonlu devreler genellikle karışık ve fazla çevre elemanlıdır. Günümüzde haberleşmede kullanılmak üzere üretilmiş entegre devreler kullanılmaktadır. Taşıyıcı bastırılmış genlik modülasyonlu DSB sinyal osiloskopta incelenirse Şekil 7.6'daki gibi görülür.



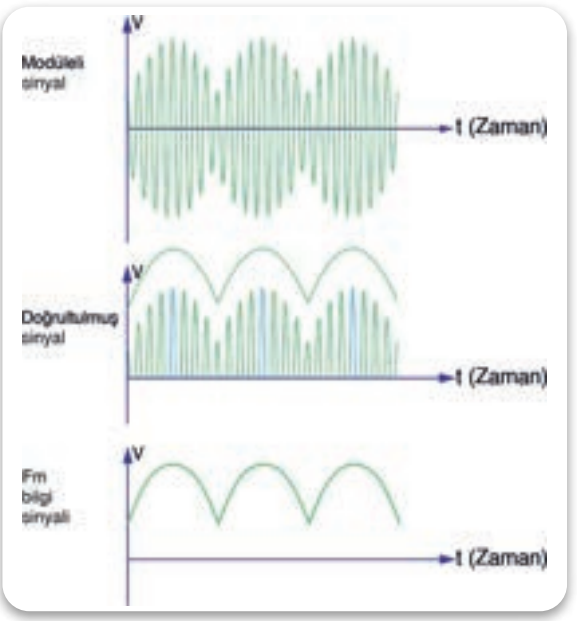
Şekil 7.6: Taşıyıcı bastırılmış genlik modülasyonu sinyali

## 7.1.4. Genlik Demodülasyonu

Modüleli sinyal içinden taşıyıcı sinyalin atılarak bilgi sinyalinin elde edilmesi 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 olarak çarpım dedektörü, anahtarlamalı dedektör, PLL dedektör [PLL Phase Locked Loop (Feyz Lakıd Lup)] gösterilebilir.

Senkronsuz sistem en fazla kullanılan en az elemanlı sistemdir. Şekil 7.7'de, modüleli sinyalinin demodülasyon işleminden sonra bilgi sinyaline dönüşmesi görülmektedir.



Şekil 7.7: Demodülatör osiloskop görüntüleri

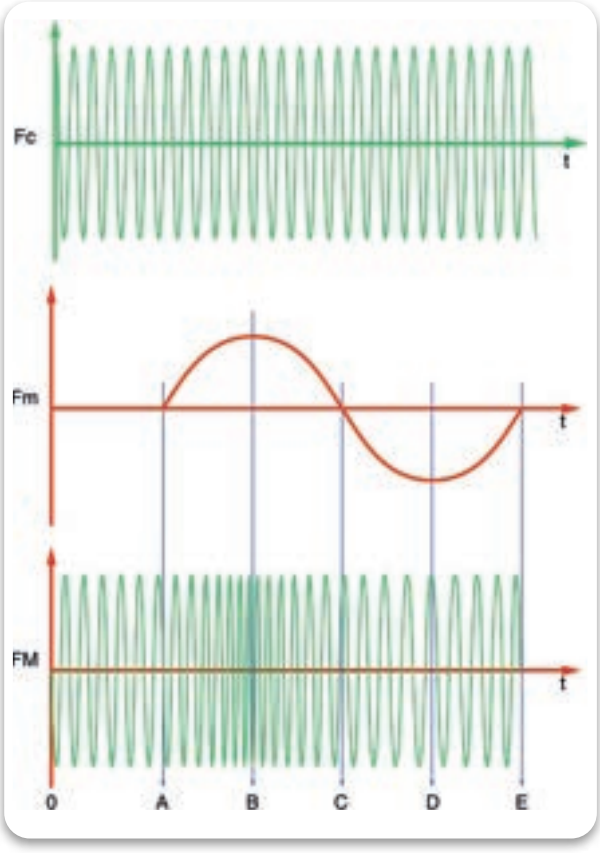
## 7.2. FREKANS MODÜLASYONU

Taşıyıcı sinyal genliğinin sabit kalarak frekansının bilgi sinyaline bağlı değiştirilmesine **frekans modülasyonu (FM)** denir.

### 7.2.1. Frekans Modülasyonu

Bir frekans modülatöründeki sinyaller osiloskop ile incelendiğinde Şekil 7.8'deki dalga şekilleri görülür. Taşıyıcı sinyal (Fc), genliği ve frekansı sabit sinüzoidaldir. Bilgi sinyali (Fm), genliği ve frekansı belli sınırlar içinde değişen sinüzoidal sinyaldir.

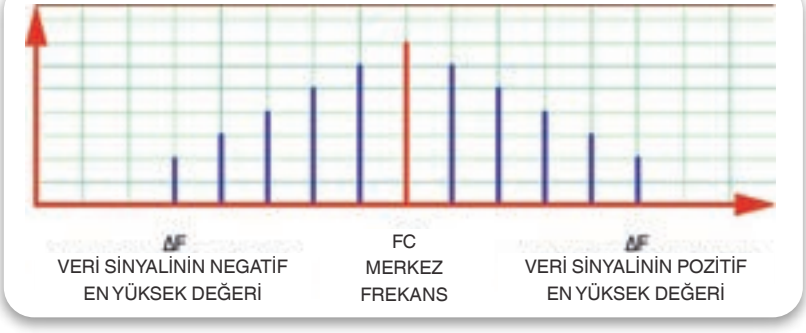
Zaman ekseni üzerinde belli aralıklardaki frekans modülasyonlu sinyalin değişimi incelendiğinde **0-A** noktaları arasında bilgi sinyali yoktur. **A** noktasına kadar modüleli sinyal, taşıyıcı sinyalin aynısıdır. **A-B** noktaları arası, bilgi sinyalinin pozitif alternansının yükselme zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. **B** noktası modüleli sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en fazla olduğu noktadır. **B-C** noktaları arası bilgi sinyalinin pozitif alternansının azalma zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği sabit olup frekansı bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmıştır. **C** noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüleli sinyal, taşıyıcı sinyalin aynısıdır. **C-D** noktaları arası, bilgi sinyalinin negatif yönde yükselme zamanıdır. Modüleli sinyalin genliği yine sabit olup frekansı, bilgi sinyalinin genliğine bağlı azalmaktadır. **D** noktası modüleli sinyal frekansının taşıyıcı sinyal frekansından en az olduğu noktadır. **D-E** noktaları arası, bilgi sinyalinin negatif yönde azalma zamanıdır. Modüleli sinyal genliği yine sabit olup frekansı, bilgi sinyalinin genliğine bağlı artmaktadır. **E** noktasında bilgi sinyali yoktur. Bu noktada modüleli sinyal, taşıyıcı sinyalin aynısıdır.




Şekil 7.8: 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. Merkez frekansı **FC** [FC (Center Frequency)] ile gösterilir. Bilgi sinyalinin taşıyıcı frekansını değiştirmesine **frekans sapması** denir. Frekans sapması **ΔF** ile gösterilir. Frekans modülasyonlu sinyalin frekans spektrumu Şekil 7.9'da görülmektedir.




Şekil 7.9: 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 esası, bir osilatör frekansının bilgi sinyali ile değiştirilmesidir. Frekans modülasyonu yöntemleri aşağıda açıklanmıştır.

- 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 özelliği olması ve bu kondansatörün mikrofona gelen ses dalgalarına göre kapasitesini değiştirmesidir.

**Varikap Diyotlu Yöntem:** Varikap diyotlar, yüzey birleşmeli silisyum diyotlardır. Varikap diyotların özelliği ters polarma altında çalışmaları ve uçlarında kondansatör özelliği 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 olması ve uçlarında kondansatör özelliği olmasıdır. Çıkış sinyalleri aynı anda kare, üçgen ve sinüs olan gerilim kontrollü osilatörler vardır. Osilatör sinyalinin frekansı VCO girişindeki gerilim değeri ile değişir. VCO girişindeki gerilim değeri artırılırsa çıkış sinyalin frekansı artar, gerilim değeri azaltılırsa çıkış sinyalinin frekansı da azalır.

## 7.2.2. Frekans Demodülasyonu

Frekans demodülatörleri, girişteki işaretin frekans değişimini lineer (doğrusal) gerilim değişimine çeviren devrelerdir. Frekans demodülasyonu için iki yöntem kullanılır. Bu yöntemler, diskiriminatörlü yöntem ve faz kilitlemeli çevrim yöntemidir.

**Diskriminatörlü Yöntem:** Frekans modülasyonlu işaretin genlik modülasyonlu işarete çevrilip diyotlu ya da transistorlu genlik modülatöründen geçirilerek tekrar bilgi sinyalinin elde edildiği devrelerdir.

**Faz Kilitlemeli Çevrim Yöntem [PLL (Phase Locked Loop)]:** Faz kilitlemeli çevrim devresi, esas olarak bir geri besleme devresidir. Geri besleme devreleri, çıkış işaretinin bir kısmını tekrar girişe uygulayarak sistemin çalışmasını devamlı kontrol eden devrelerdir.

### Frekans Modülasyonunun Avantajları ve Dezavantajları

**Avantajları**

1. Sinyal üzerine binen gürültü seviyesi kesilebildiği için ses kalitesi yüksektir.
2. Frekans modülasyonunun gürültü bağışıklığı genlik modülasyonundan daha iyidir.
3. FM'in yakalama etkisi vardır. Bu etkiden dolayı istenmeyen sinyalleri kolaylıkla yok edebilir. [Yakalama etkisi (Capture): Aynı frekanstaki iki sinyalden hangisinin çıkış gücü fazla ise o sinyal alıcı tarafından alınır.]
4. PLL sentezör devreleri kullanır.

**Dezavantajları**

1. FM çok büyük bant genişliği kullanır.
2. FM devreleri daha pahalıdır.

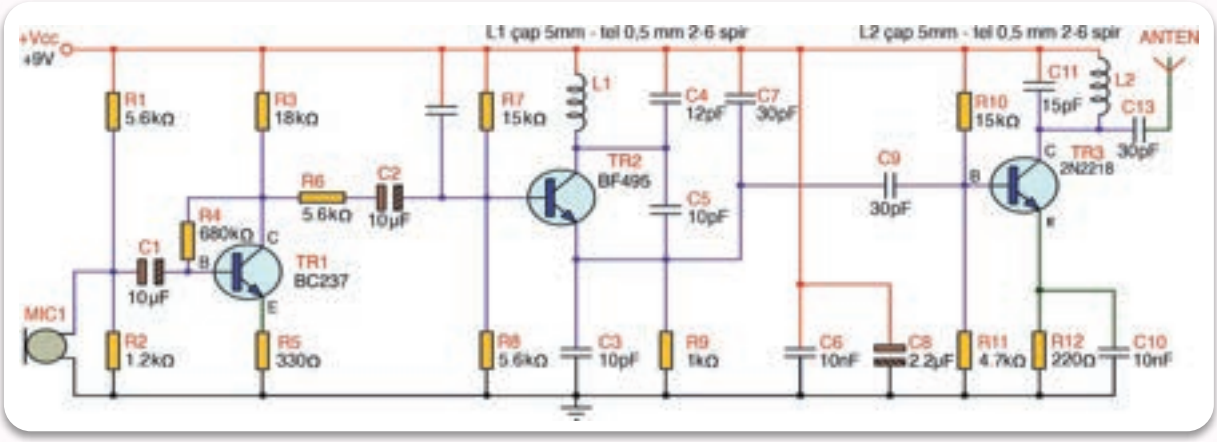
# 7.1. UYGULAMA

## FM VERİCİ DEVRESİ YAPIMI

**Amaç:** FM verici devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Transistor | 1 x BC 237, 1 x BF495, 1 x 2 N 2218 | 3 adet |
| Direnç | 1 x 220 Ω, 1 x 330 Ω, 1 x 1 kΩ, 1 x 1,2 kΩ, 1 x 4,7 kΩ, 2 x 5,6 kΩ, 1 x 10 kΩ, 2 x 15 kΩ, 1 x 18 kΩ, 1 x 33 kΩ | 12 Adet |
| Kondansatör | 2 x 10 pf/16 V, 1 x 12 pf/16 V, 1 x 5 pf/16 V, 2 x 33 pf/16 V, 1 x 2,2 nf/16 V, 2 x 0 nf/16 V, 2 x 2,2 µf/16 V, 2 x 10 µf/16 V | 13 Adet |
| Bobin | 2 x Çap 5 mm, Tel, 0,5 $mm^2$, 6 Spir | |
| Mikrofon | Kapasitif | 1 Adet |
| Anten | Teleskopik | 1 Adet |




Şekil 7.10: FM verici devresi

**İşlem Basamakları**

1. Şekil 7.10'daki devreyi kurunuz.
2. Devreye enerji veriniz.
3. Bir FM alıcıyla yayın yaptığınız kanalı bulup test ediniz.

**SORULAR**

1. FM verici hangi frekansta çalışmaktadır?

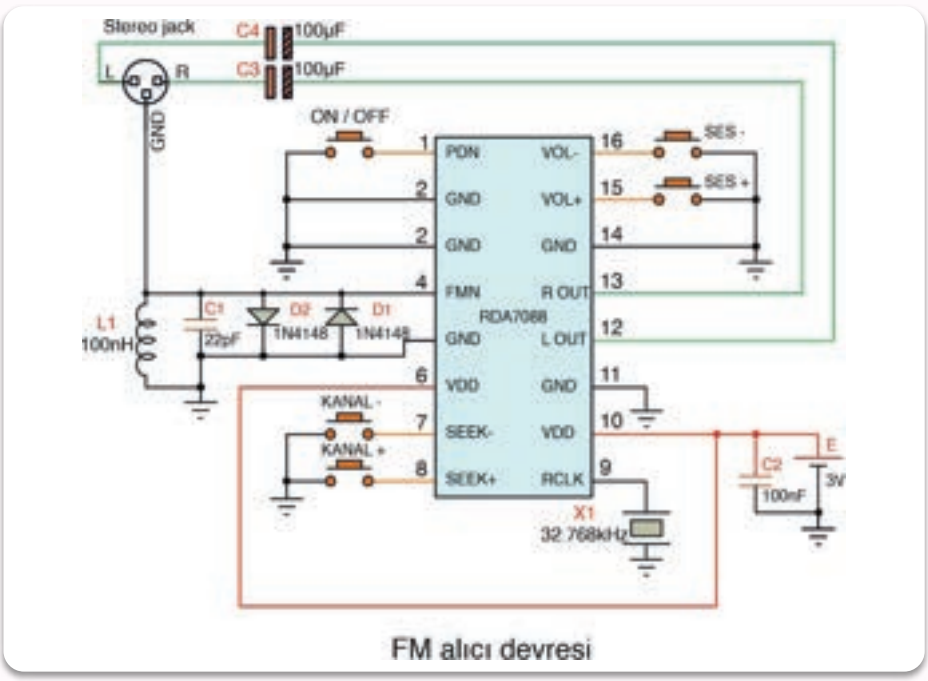
2. Bobin sarım sayısı artarsa verici frekansı nasıl değişir?

**Amaç:** FM alıcı devresi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİKLERİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Entegre | RDA 7088 | 1 Adet |
| Kondansatör | 1 x 22 pf/16 V, 1 x 100 nf/16 V, 2 x 100 µf/16 V | 4 Adet |
| Bobin | 100 nH | 1 Adet |
| Diyot | 1N4148 | 1 Adet |
| Kristal | 32,768 kHz | 1 Adet |
| Buton | Push buton | 5 Adet |
| Jak soketi | Stereo | 1 Adet |

Şekil 7.11'deki 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 kulaklık kullanılır.




FM alıcı devresi

Şekil 7.11: FM alıcı devresi

**İşlem Basamakları**

1. Şekil 7.11'deki devreyi kurunuz.
2. Kulaklığı, stereo jak yuvasına bağlayınız.
3. Devreye enerji veriniz.
4. Butonları kullanarak FM alıcının çalışmasını gözlemleyiniz.

**SORU**

FM radyo alıcılarının çalışma frekans aralığı nedir?

## 7.3. FAZ MODÜLASYONU

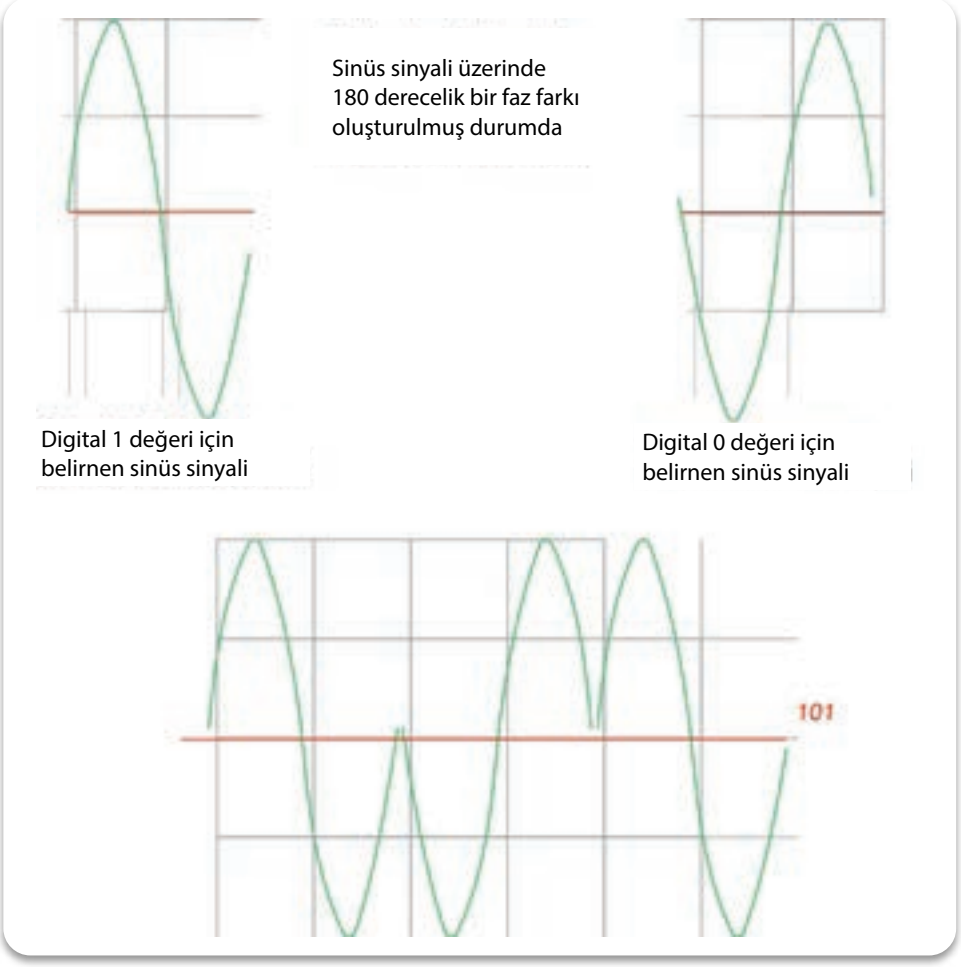
**Faz modülasyonu** [Phase Modulation PM (Feyz Macileşın)] ile frekans modülasyonlarının yapıları birbirine oldukça benzerdir. Faz modülasyonu, radyo dalgalarını iletmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Wi-Fi, GSM ve uydu televizyon gibi geniş bir teknolojinin altında yatan birçok dijital iletim kodlama sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır.

Faz modülasyonuna geçmeden önce "**Faz** nedir?" sorusunu yanıtlanmalıdır.

Bilindiği gibi temel bilgi sinyalleri salınımlı sinüs dalgaları şeklindedir. Bir sinüs dalgasının (+) pozitif ve (-) negatif iki adet genlik tepe noktası vardır. Normal bir sinüs dalgasının salınımı aşağıdaki düzeni takip eder.

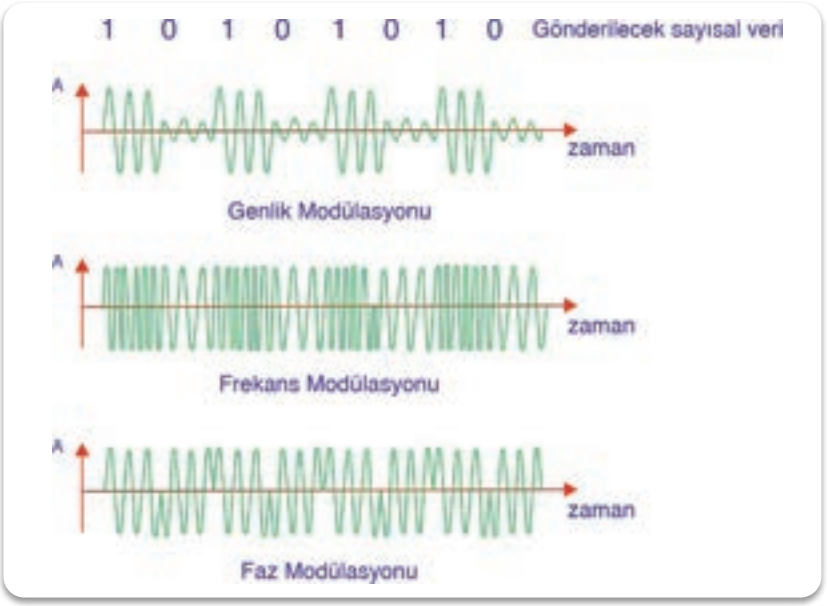
- Sıfır noktasından başlayarak artar, pozitif tepe noktasına ulaşır (Pozitif Maksimum).
- Sonra tekrar azalmaya başlar, sıfır noktasına geri döner (Genlik Sıfır).
- Negatif yönde artmaya devam eder. Negatif yönde tepe noktasına ulaşır (Negatif Maksimum).
- Azalarak sıfır noktasına geri döner (Genlik Sıfır).

Bu salınım; bir cismin, çember şeklindeki yörünge üzerinde 360 derecelik hareketi olarak düşünülebilir. Herhangi bir andaki **faz** ise cismin o andaki bulunduğu nokta ile başlangıç noktası arasındaki açı olarak tanımlanabilir. Bu cismin hızında anlık bir değişim oluşturulursa cismin faz açısı da değiştirilmiş olur. Bilgi sinyali faz modülasyonu ile taşıyıcı sinyal üzerine kodlanırken taşıyıcı sinyalin fazı iletilecek olan dataya göre değiştirilir. Faz farkının oluşturulabilmesi için taşıyıcı sinyalin frekansı anlık olarak değiştirilir.




Şekil 7.12: Faz modülasyonunda taşıyıcı sinyalin bilgi sinyaline bağlı olarak değişimi

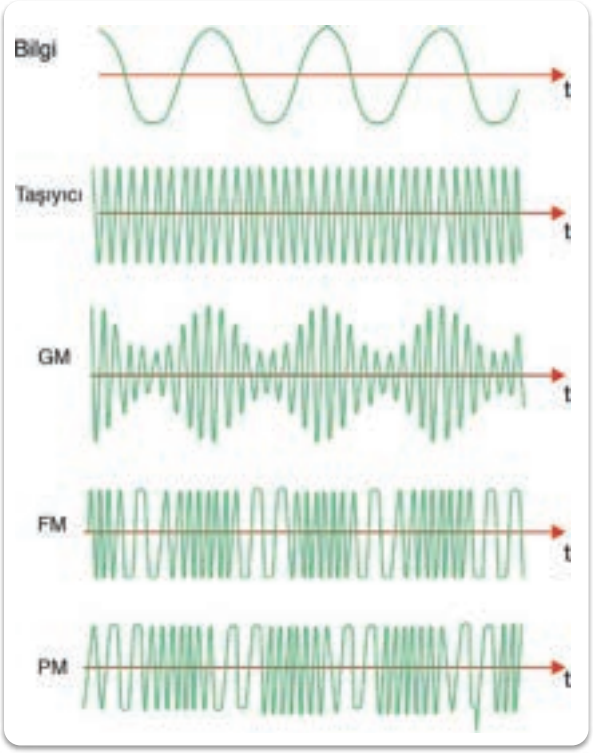
Dijital iletişim denildiğinde akla, “1”ler ve “0”lar gelmektedir. **Faz modülasyonu** için çok basit bir örnek olarak iletilmek istenen data "101" olsun. Şekil 7.12’de görüldüğü gibi, “1”ler için ayrı bir faz açısı değeri, “0”lar için de ayrı bir faz açısı değeri belirlenir. Gönderici tarafta, taşıyıcı sinyal üzerine iletilmek istenen dijite göre **faz modülasyonu** kodlaması yapılır. Kodlanan sinyal alıcıya ulaştığında, kullanılan modülasyon tekniğine göre işlem tersinden tekrarlanır ve data iletimi tamamlanmış olur. Dijital iletişim ortamlarında faz modülasyonunun birçok çeşidi kullanılmaktadır. Özellikle uydu haberleşme sistemlerinde bant genişliğinin en efektif şekilde kullanılması, Bit Error Rate (Sayısal bilgi iletiminde gönderilen veri içindeki bozulan ya da yanlış algılanan bit oranını ifade eder.) değerinin çok düşük olması faz modülasyonunu uydu haberleşme sistemlerinin ayrılmaz parçası hâline getirmiştir.




Şekil 7.13: Sayısal verinin modüle edilerek gönderimi

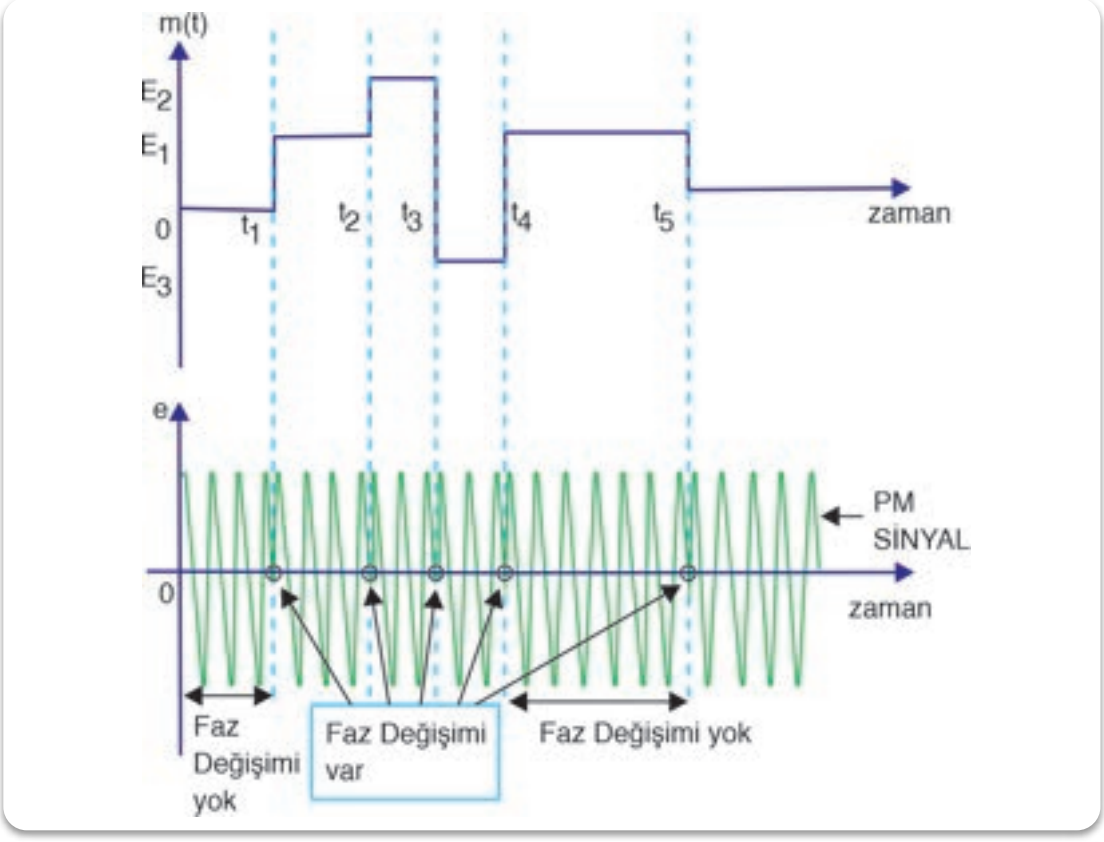
Frekans modülasyonunda taşıyıcı sinyalin frekans değeri bilgi işaretine göre değişirken faz modülasyonunda taşıyıcı sinyalin faz açısı, bilgi işaretinin genliğine göre değişim göstermektedir. PM analog sinyal olarak incelenirse FM sinyaline çok benzerdir fakat sayısal sinyal olarak incelendiğinde aralarındaki fark belirgin şekilde anlaşılacaktır. Aşağıda Şekil 7.13’te sayısal bilginin üç farklı modülasyon tipi ile gönderimi ve Şekil 7.14’te ise analog bir bilginin farklı modülasyon tiplerinde gönderimi görülmektedir.

Şekil 7.13’te görüleceği gibi genlik modülasyonunda sinyalin genliği değişim göstermektedir. Frekans modülasyonunda ise genlik artarsa frekans artar. Faz modülasyonunda ise bilgi işareti “0” bilgisi geldiğinde ürettiği sinyalin tam 180 derece ötelenmiş hâlini çıkışa göndermektedir. Şekil 7.14’te ise analog bilgi sinyalinin modüle edilmesi gösterilmiştir. Dikkat edilirse analog bilgi sinyalinin modülasyonunda FM ile PM birbirine benzemektedir. Çünkü bilgi sinyalinin türevi alınıp FM modülatöre tabi tutulmaktadır.




Şekil 7.14: Analog bilginin modüle edilerek gönderimi

Fazın genliğe göre değişimi, taşıyıcı sinyalin faz açısının değişimi ile olmaktadır. Değişim ± 90° olmaktadır. Değişimi belirleyen ise modülatör faz sabitidir. Değişim daha fazla olabilir ama ±180° olduğunda maksimum minimum değişiminde 360° tamamlanacağı için modülasyon çıkış sinyalinde bir değişim görülmez. Bu istenmeyen bir durumdur. Bu durum Şekil 7.15 incelendiğinde açıkça görülmektedir.




Şekil 7.15: Faz modülasyonunda bilgi sinyalindeki değişmelere bağlı olarak 90°lik faz değişimlerinin gözlemlenmesi

**Faz modülasyonunun avantajları şunlardır:**

- Faz modülasyonu (PM), frekans modülasyonunun (FM) aksine basittir.
- Doppler verilerini kaldırarak bir hedefin hızını bulmak için kullanılır. Bu, faz modülasyonu sırasında elde edilebilen ancak FM'de olmayan (frekans modülasyonu) sabit taşıyıcıya ihtiyaç duyar.
- Bu modülasyonun ana yararı sinyal modülasyonudur. Çünkü bilgisayarın bir telefon sistemi kullanarak yüksek hızda iletişim kurmasına izin verir.
- Bilgi izinsiz olarak iletildiğinde hız oranları gözlemlenebilir.
- Faz modülasyonunun bir diğer avantajı da gürültüye karşı geliştirilmiş bağışıklıktır.

**Faz modülasyonunun dezavantajları şunlardır:**

- Faz modülasyonu, aralarında bir faz değişimi ile iki sinyale ihtiyaç duyar. Bu sayede her iki model de bir referans ve bir sinyal gibi gereklidir.
- Bu tür bir modülasyon, dönüştürme tekniği nedeniyle daha karmaşık hâle gelen donanım gerektirir.
- Modülasyonun pi radyan indeksi aşılırsa faz belirsizliği ortaya çıkar (1800).
- Faz modülasyon indeksi, frekans çarpanı kullanılarak geliştirilebilir.

### 7.3.1. Faz Modülatörü ve Demodülatörü

Faz modülasyonun (PM) sinyali, frekans modülatörü (FM) kullanılarak elde edilebilir. Bilgi sinyali türev alıcıya uygulanıp türev alıcı çıkışı da frekans modülatörüne uygulanır ise çıkışından PM sinyal elde edilir.

FM devrelerinde faz sezici devre kullanılması, faz değişimlerine göre işaret üretmesi gerekiyordu. FM'de kullanılan faz sezici, PM'de olan faz değişimlerini bilgi sinyalini elde etmek için kullanır. Türev alıcı ise giriş işaretinin genliğindeki değişimlere bağlı olarak çıkışında sadece değişim miktarını elde etmeyi sağlayan devredir. İntegral alıcı ise girişine uygulanan sinyali katsayı olarak kullanarak değişim miktarı ölçüsünde sabit olan katsayıdan değer üreten devredir. Zamana göre değişimi olmayan sinyallerde bu kısımlar bir değer üretmez ve çıkışlarından sabit gerilim bir alınır.

## 7.4. SAYISAL MODÜLASYONLAR

Sayısal modülasyon, taşınacak sinyallerin belirli gerilim değerlerine uygun olarak düzenlenmesiyle modüle edilmesidir. Analog sinyaller gibi gerilim aralığı yoktur. Onun yerine belirli gerilim değerleri vardır. Değerler arasında keskin değişimler olur. Sayısal modülasyonunun kullanımı artış göstermekte ve bu sebeple analog sinyaller bile sayısal sinyallere dönüştürülüp modüle edilerek taşınmaktadır.

**Temel Kavramlar**

**Bit:** Elektriksel bir işarete **bit (b)** denir. Genelde elektriğin var olması sayısal 1 ile elektriğin olmaması sayısal 0 ile ifade edilir. Bir bilgi işaretinde bulunan her bir 1 ve 0 bilgisi bir bite karşılık gelmektedir. 8 bit bir byte eder.

Örneğin 1001001111111010 şeklindeki bir işaret 16 bit veya 2 byte'dır.

**Bps:** Saniyede iletilen bit miktarı (Bit Per Second (bıd pır sekınd)). Bilgi iletim hızı saniyede iletilen bit miktarına göre ölçülür. Birimi Bps (bit per second)dır.

**Baud:** Genelde modem benzeri cihazların sinyalleşme hızlarını ifade etmekte kullanılır. Bir başka deyişle modemin bir sinyalleşme sırasında gönderdiği bilginin ölçüsüdür. Örneğin bir cihaz her bir sinyalleşme esnasında 2 bitle kodlanmış bir bilgi gönderiyorsa 1 baud değeri 2 bittir.

**Baud Rate (Baud Oranı):** Baud oranı verinin gönderildiği kanal boyunca ölçülen saniyedeki elektriksel değişimidir. Bir bit için bir elektriksel değişim prensibi ile çalışan RS 232 standardında 9600 baud saniyede 104 mSn'lik periyotlarda (1/9600 sn.) 9600 veri bitinin iletilmesine karşılık gelecektir. Eğer her bit için iki elektriksel değişim gerekiyorsa (NRZ kodlaması) 9600 baud oranında yalnızca saniyede 4800 bit nakledilebilecektir.

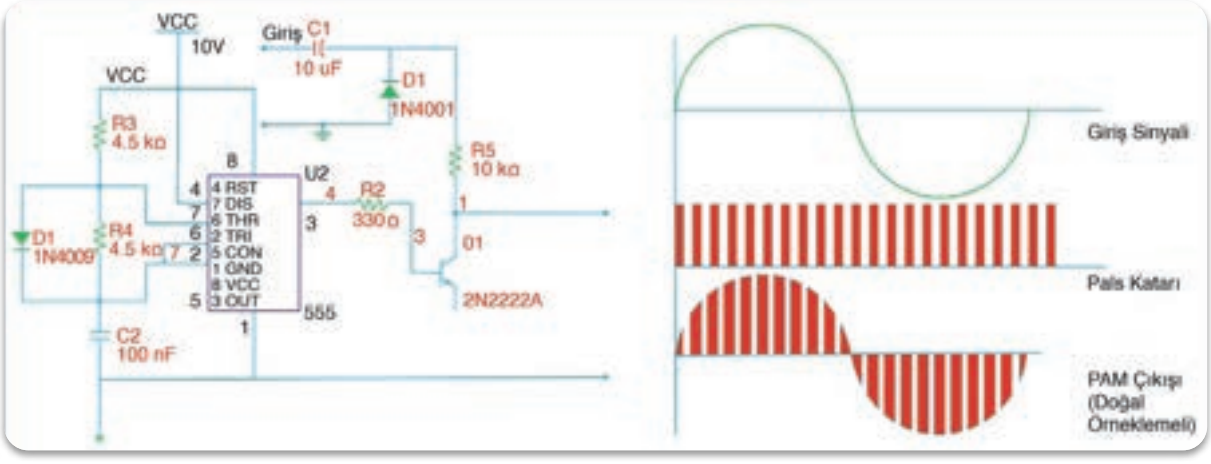
**Bit Hata Oranı:** (BER -Bit Error Rate) Sayısal bilgi iletiminde gönderilen veri içindeki bozulan ya da yanlış algılanan bit sayısının gönderilen toplam bit sayısına yüzde olarak oranıdır.

$$BER = \frac{\text{Gönderilen hatalı bit sayısı}}{\text{Gönderilen toplam bit sayısı}}$$

### 7.4.1. PAM Modülasyonu

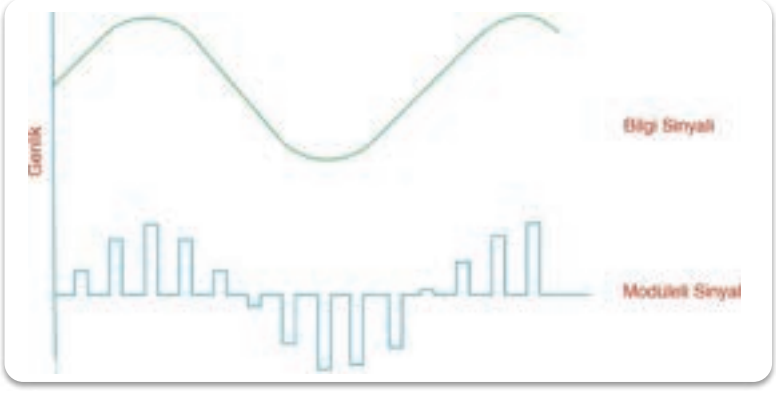
Darbe genlik modülasyonu (PAM), palslerin genlikleri ile doğal sinyallerin ifade edilmesi yöntemidir. Sayısal bir modülasyon türü olarak kabul edilse de gerçekte analog ile sayısal modülasyon arasında geçiş yapan modülasyon türüdür. PAM [Pulse Amplitude Modülation (Pals emplütüd macıleşın)] doğal bir sinyalin belirli aralıklarda gösterdikleri değerleri belirli sürelerde darbe hâline dönüştüren modülasyon türüdür.

PAM sinyali iki tipte oluşur. Birincisi üstteki gibi doğal örnekleme yoluyla ikincisi ise örnekleme sinyalinin geldiği andaki giriş sinyalinin değerini örnekleme palsi boyunca sabit tutularak yapılan düz tepeli modülasyon türüdür. Doğal örneklemede örnekleme palsi boyunca örneklenecek sinyalin bütün değişimleri çıkışa yansır. Düz tepeli örneklemede ise örnekleme palsi boyunca PAM çıkışında bir değişim olmaz. Pals başladığı anda örnek alınır ve tutucu devreler yardımıyla sabit bir şekilde devam eder. Düz tepeli örnekleme sayısal sistemler için daha uygun bir modülasyon türüdür. PAM aslında bir modülasyon türünden çok analog-sayısal dönüştürücünün öncesinde yapılması gereken bir işlem gibi çalışır.



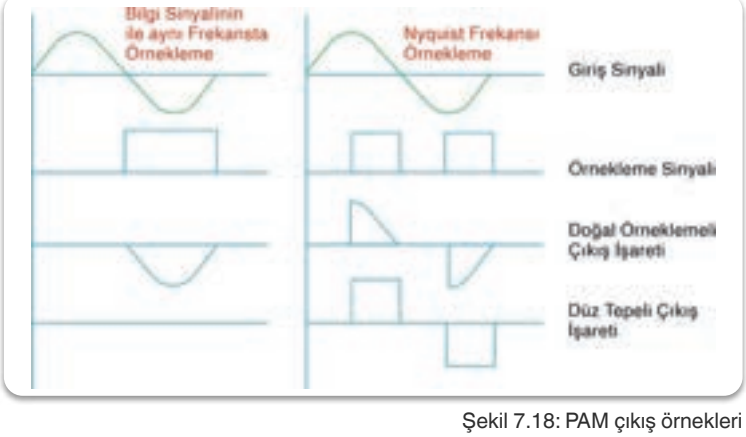

Şekil 7.16: Doğal örneklemeli PAM devresi

Şekil 7.16'da görülen sinyal, düz tepeli PAM işaretine örnektir. Bütün PAM işaretleri demodüle edilirken bilgi işaretinin gerçeğine benzeyebilmesi için belirli bir frekans ile örnek alınması gerekmektedir. Şekil 7.17'deki sinyal bilgi sinyalinin frekansının 10 kat fazlası bir frekans ile örneklenmiştir (10 tane pals vardır.).




Şekil 7.17: Düz tepeli PAM işareti

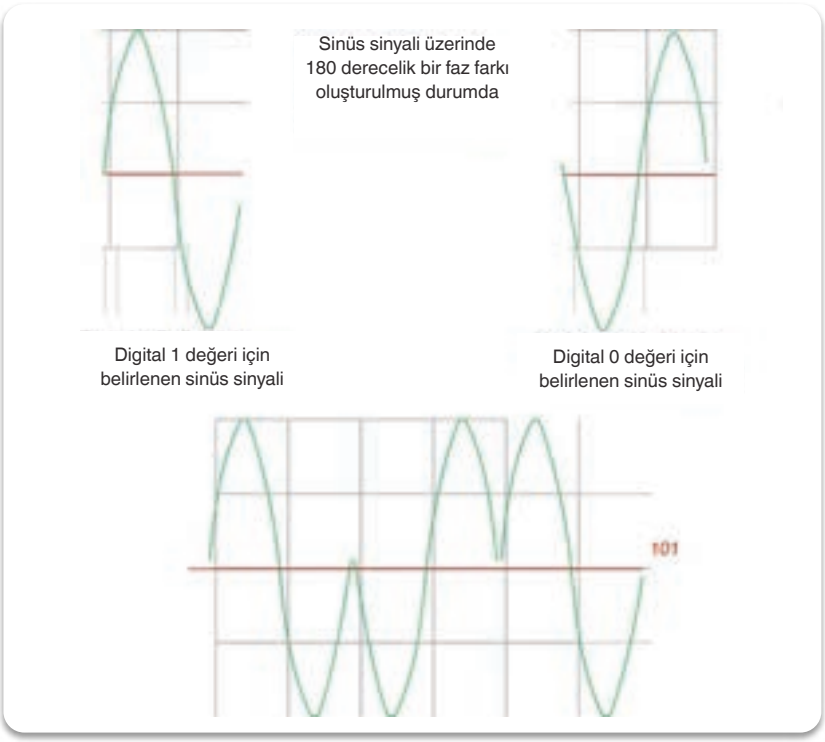
Eğer bilgi sinyali ile aynı frekansta örnekleme yapılsaydı bilgi sinyalinin periyodu boyunca bir tane ve tam ortasında örnek alınacaktı. Örnek alınan nokta yukarıda “0” olduğu için modülatör çıkışında hiçbir değer gözlemlenmeyecektir. Şekil 7.18'de görülen doğal örneklemeli bir PAM sinyali olsaydı sadece periyodun ikinci yarısı çıkıştan görülebilecekti.




Şekil 7.18: PAM çıkış örnekleri

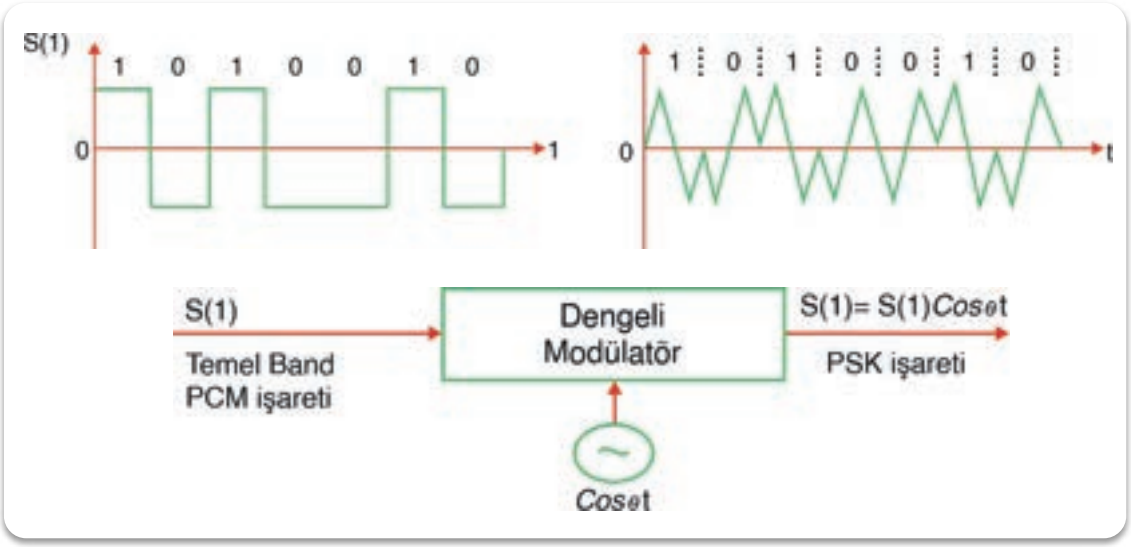
## 7.4.2. PSK

PSK, faz kaydırmalı anahtarlamanın kısaltılmasıdır. PSK (Phase Shift Keying (Feyz Şif Keyin)) sayısal sinyallerin faz değişimi ile modüle edilmesine denir. PSK'nin nasıl işlediğinin anlaşılması için PM (Faz modülasyonu) modülasyonunda PSK, ASK ve FSK sinyallerinin nasıl çevrim yaptığı Şekil 7.19'da gösterilmektedir. Anahtarlamalı modülasyonlar var olan taşınacak sinyalin, modülasyon yapısına uygun olarak yüksek frekanslı sinyallerin anahtarlanarak modüle edilmesidir. Taşıyıcı sinyal üretilmekte ve taşınacak sinyalin değerine uygun olan frekans ve genlikteki taşıyıcı sinyal çıkışa yansıtılmaktadır.




Şekil 7.19: PSK modülasyonunda sayısal değerler

PSK sisteminde girişe verilebilecek her değer için bir faz açısı belirlenir. Şekil 7.20'de iki değer için faz açıları verilmiştir ve buna uygun çıkış sinyali gösterilmiştir. Faz açısının değişimi ile sağlanan bu aktarmada değişik faz açıları kullanılarak aynı frekansta daha fazla veri iletimi mümkün olmaktadır.



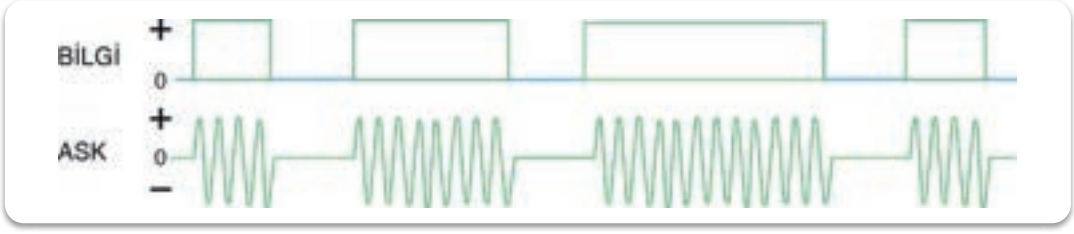

Şekil 7.20: PSK modülatör

PSK için bilinmesi gereken demodülatör ile modülatörün taşıyıcı frekanslarının senkron olması gerekliliğidir. PSK diğer iletim yollarına göre veri taşıma kapasitesi daha yüksek ve BER (Bit Error Rate) oranı daha düşüktür. FSK modülasyonun üstünlükleri PSK için de geçerlidir.

PSK'nin birçok türü vardır. PSK'nin türlerinde faz açılarına atanan bilgi miktarındaki değişiklikler ile isimleri farklılaşmaktadır. Sistemlerin karmaşıklığı artmakla beraber veri hızı da belirgin derecede artmaktadır.

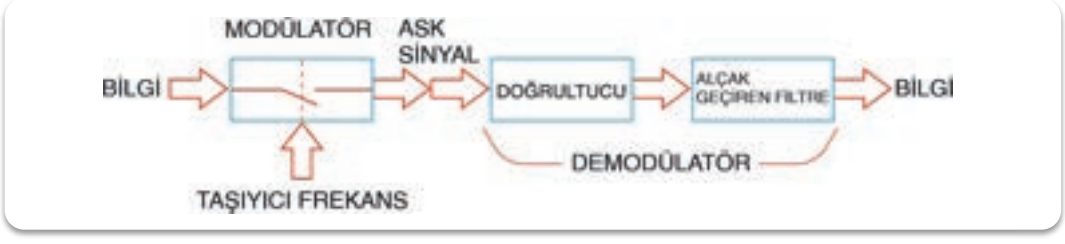
### 7.4.2.1. ASK

ASK, genlik kaydırmalı anahtarlama (Amplitude Shift Keying (Emplitüd Şif Keyin)) anlamına gelir (Şekil 7.21). ASK sayısal bir modülasyon türüdür. Sayısal (logic) bilgiyi modüle etmek için kullanılır. Sayısal bilgi "0" ve "1" değerlerinden oluşur. Taşıyıcı sinyal "0" anında çıkışa yansıtılmaz, "1" anında çıkıştan verilirse ASK sinyali elde edilmiş olur (Şekil 7.22).




Şekil 7.21: ASK sinyali

ASK modülasyonu basit anahtarlama ile yapılabilir. Demodülasyonu ise doğrultucu devre ve alçak geçiren filtre ile gerçekleştirilebilir. Doğrultucu devrenin diyotlarının yüksek hızlı diyotlar olduğu unutulmamalıdır. Aksi durumda yüksek frekanslarda bozulmalar gözlenebilir.

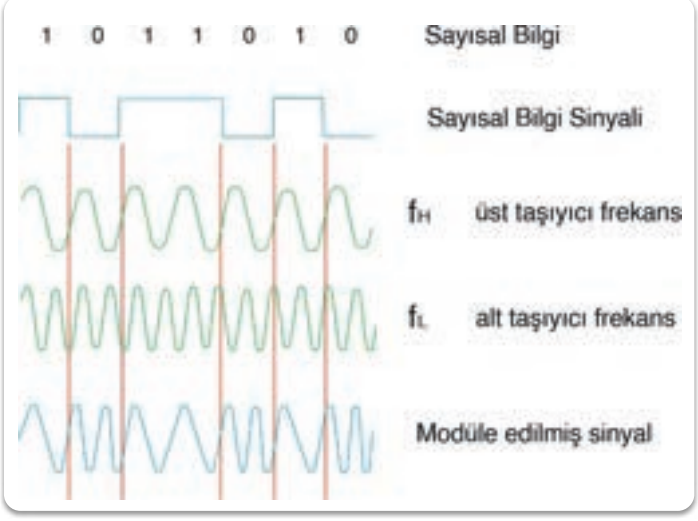



Şekil 7.22: ASK blok diyagramı

### 7.4.2.2. FSK

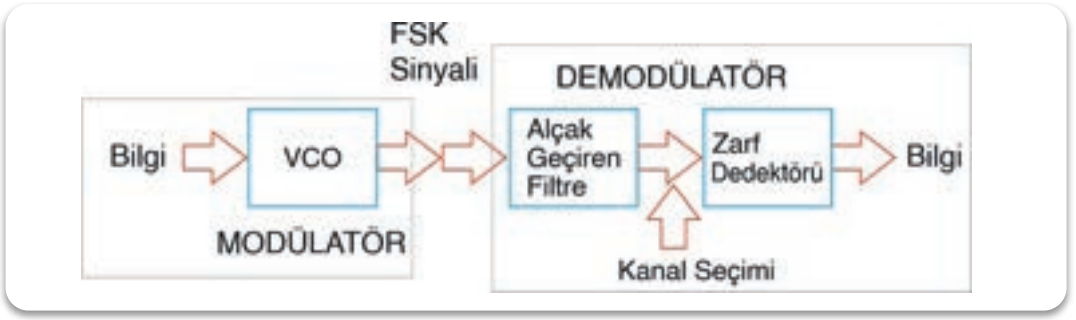
FSK, frekans kaydırmalı anahtarlama (Frequency Shift Keying) anlamına gelir. Frekans kaydırma yöntemi ile sayısal bilgilerin gönderilmesi işlemine verilen isimdir. Sayısal bilginin durumuna göre taşıyıcı sinyalin frekansı değişir. FM (frekans modülasyonu)'ye benzerdir. Giriş sinyali sayısal olduğu için iki tip frekanstan söz edilir. Birincisi durumun "1" olduğu frekans fH diğeri ise durumun "0" olduğu fL frekansıdır. Modülatör giriş durumuna göre iki frekanstan bir tanesini çıkışa gönderir.

Şekil 7.23, temel FSK modülasyonu hakkında bilgi vermektedir. Fakat fH sinyali




Şekil 7.23: FSK sinyali

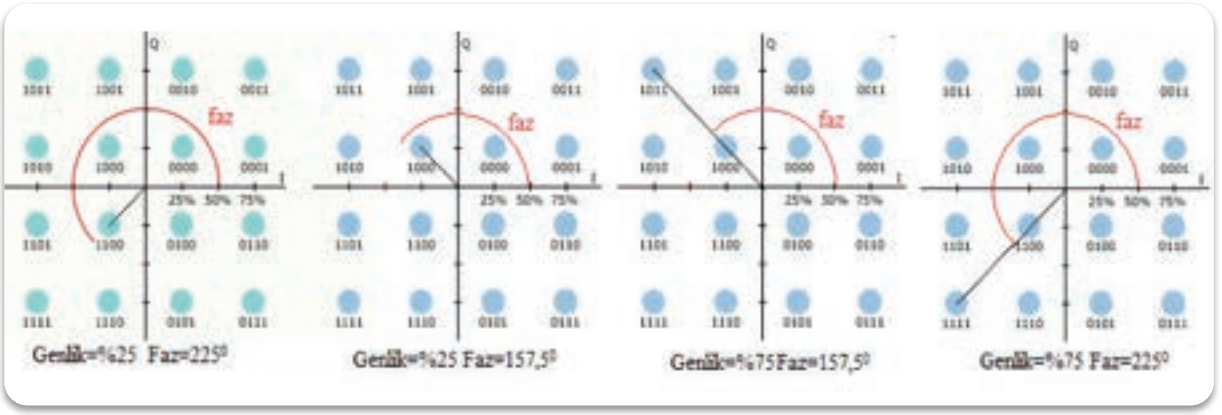
fL sinyalinde her zaman büyük olacak anlamı taşımamalıdır. Tasarımda tam tersi yapılabilir. Yüksek frekanslı sinyal “1”, düşük frekanslı sinyal “0” olabilir. Genellikle yüksek frekans “0”, düşük frekans “1” olarak kullanılır. Aşağıdaki blok diyagramında FSK’nin basitleştirilmiş hâli gösterilmektedir. Uygulama da frekans üreteçlerinin anahtarlaması yoluyla yapılmaktadır (Şekil 7.24).




Şekil 7.24: FSK blok diyagramı

## 7.4.3. QAM

QAM [Quadrature Amplitude Keying (Kuadradur Amplitüd Kiyn)] (Karesel genlik anahtarlama) sisteminde ASK ve PSK birlikte kullanılır. Dörtlü genlik modülasyonu isminde yazılabilecek QAM, hem genlik modülasyonu hem de faz kaymalı anahtarlama (PSK) modülasyonunun birleşimi gibidir. Tek bir sinyal ile daha çok veri gönderme işlemi bu sayede yapılmaktadır. PSK gibi faz değişimi de bir değer ifade etmekte, genlik modülasyonu (AM ya da GM) gibi genlik (büyüklük) değişimi de bir değer ifade etmektedir. QAM sinyalde de değişimleri göstermek için faz açısını gösterir çember kullanılmış fakat çemberin çapı önceden olduğu gibi bir tane değil iki farklı değer ifade ettiği için iki farklı değer ile gösterilmiştir (Şekil 7.25).

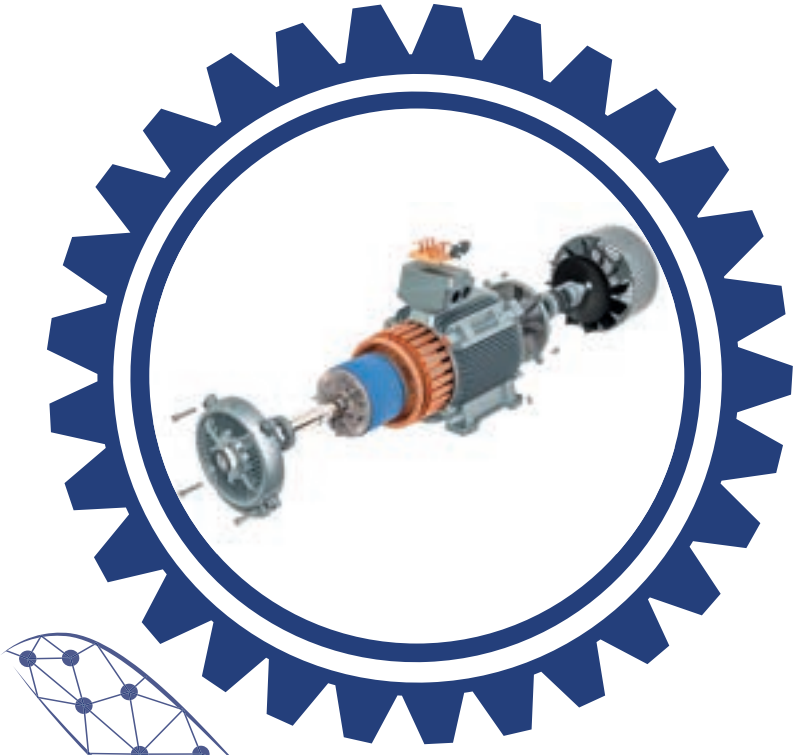



Şekil 7.25: QAM kodlaması

Çok fazla bilgi taşıyabilmesi sebebiyle karasal TV yayınlarında, sayısal kablo TV yayıncılığı gibi birçok alanda tercih edilmektedir. 64QAM, 256QAM gibi birçok çeşidi bulunmaktadır.

# 8. ÖĞRENME BİRİMİ

## ASENKRON MOTOR UYGULAMALARI



### KONULAR

8.1. ASENKRON MOTORLARDA YOL VERME
8.2. ASENKRON MOTORLARDA DEVİR AYARI
8.3. ASENKRON MOTORLARDA FRENLEME

# 8.1. ASENKRON MOTORLARDA YOL VERME

## 8.1.1. Üç Fazlı Asenkron Motorlar

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelere **elektrik motoru** denir. Sargılarına verilen alternatif akımın meydana getirmiş olduğu döner manyetik alanın dönme hızı ile rotorun dönme hızı aynı olmayan motorlara ise **asenkron motor** denir. İndükleme prensibine göre çalıştıkları için bu motorlara **indüksiyon motorları** da denilmektedir (Görsel 8.1).

Asenkron motorlar ekonomik olmaları, fazla bakım gerektirmemeleri, elektriksel ark oluşturmamaları, 3500 kW gibi yüksek güçlerde imal edilebilmeleri, farklı fazlarda yapılmaları, devir sayılarının çok geniş aralık içinde değiştirilmesi nedeniyle endüstride en çok kullanılan motorlardır.

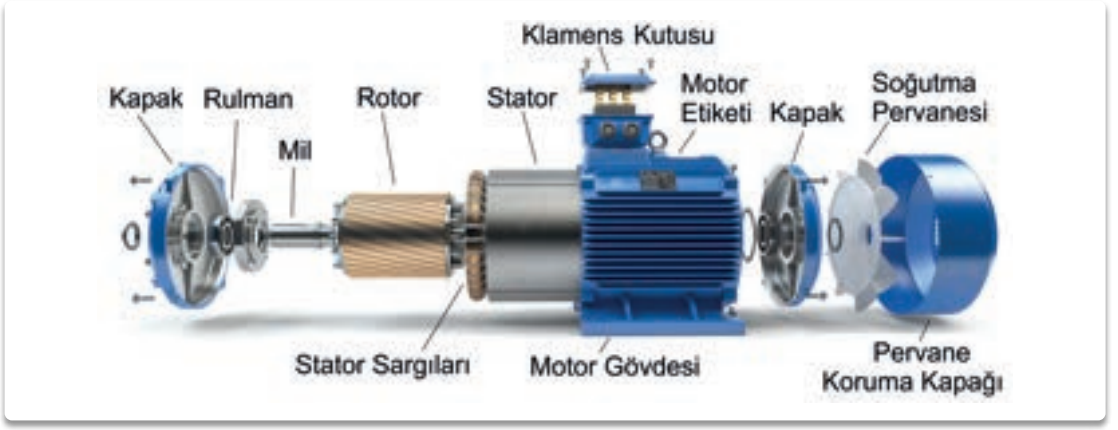


Görsel 8.1: Üç fazlı asenkron motor

Stator bobinine uygulanan alternatif akım statorda döner bir manyetik alan oluşturur. Bu döner manyetik alan içerisinde kalan rotordaki iletkenlerde bir gerilim (indüklenir) oluşur. Bu gerilim, rotor sargılarının her iki kısmında kısa devre olduğu için (kısa devre çubuklu-sincap kafesli rotor) rotorda akım dolaştırarak manyetik alan oluşmasına neden olur. Meydana gelen bu iki manyetik alanın birbirini etkilemesi neticesinde rotor, rulmanlar üzerinde döner alan yönünde hareket etmeye başlar ve böylece motor çalışmış olur.

Doğru akım uygulandığında döner manyetik alan yerine sabit bir alan oluşacağından rotor hareket etmeyecek ve motor çalışmayacaktır. Uzun süre doğru akım uygulandığında ise motor dönmeyeceğinden soğuma da gerçekleşemez. Bunun sonucunda aşırı ısınmadan dolayı motor zarar görebilir.

Asenkron motorlar; sabit kısım (stator), döner kısım (rotor), gövde, ön ve arka kapaklar, yatak ve rulmanları, soğutma pervanesi ile klemens bağlantı kutusundan oluşur (Görsel 8.2).

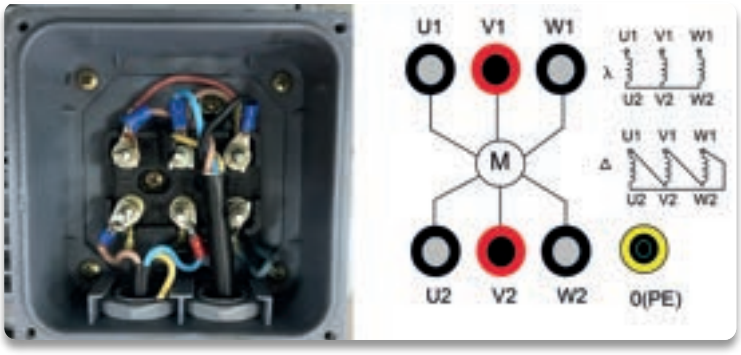



Görsel 8.2: Üç fazlı asenkron motor iç yapısı

**Stator:** Asenkron motorun sargılarının bulunduğu sabit duran kısmına denir. Değişik kalınlıklarda birer tarafı yalıtılmış ve iç yüzeyine oluklar açılmış sacların baskılanarak paketlenmesiyle elde edilir.

**Rotor:** Asenkron motorun merkezindeki döner kısmına denir. Rotor, sac paketi ve bunu çevreleyen rotor kısa devre çubuklarından oluşur. Kısa devre çubuklu (sincap kafesli) ve bilezikli (sargılı) rotor çeşitleri vardır.

**Klemens Kutusu:** Statora yerleştirilen bobin sargı uçlarının bağlandığı kutudur. Üç fazlı asenkron motorların klemens kutusunda altı adet bağlantı noktası bulunmaktadır. Giriş uçları U1-V1-W1 (U-V-W), çıkış uçları için U2-V2-W2 (X-Y-Z) kullanılır. PE (0) ucu, motorun topraklaması amacıyla kullanılır (Görsel 8.3).




Görsel 8.3: Üç fazlı asenkron motor klemens bağlantısı

Motorda kısa devre veya gövde kaçak kontrolü bu altı uçtan yapılır. Motor sargılarının kontrol edilebilmesi için klemens bağlantılarının sökülmesi gerekir. Ölçü aleti ohm kademesinde iken U1-U2 (U-X) uçları arasında bir değer gösterip diğer uçlar ve gövdede ise herhangi bir değer göstermediğinde birinci bobinin sağlam olduğu anlaşılır. V1-V2 (V-Y) sargı uçları ölçü aletinde bir değer gösterirken diğer uçlar ve gövde herhangi bir değer göstermediğinde ikinci bobinin sağlam olduğu anlaşılır. W1-W2 (W-Z) sargı uçları ölçü aletinde bir değer gösterirken diğer uçlar ve gövde herhangi bir değer göstermediğinde üçüncü bobinin de sağlam olduğu anlaşılır. Sağlam bir asenkron motorda üç bobin ayrı ayrı kendi grupları ile ölçü aletinde bir değer gösterirken diğer grup uçlarında ve gövdede herhangi bir değer göstermez.

Asenkron motorların üzerinde motorla ilgili açıklayıcı bilgilerin olduğu etiketler bulunmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda motor doğru şekilde çalıştırılarak en iyi verim elde edilebilir.

Örnek olarak Şekil 8.1'de verilen motor etiketi, aşağıdaki açıklamalar doğrultusunda incelenebilir.

| 3~MOTOR | TİP VM 90L-4 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| S1 | IM B3 | | IP 55 | | I.CL.F |
| V | Hz | A | kW | CosΦ | 1/min |
| Δ220 / Y 380 | 50 | 2,7 / 1,8 | 0,55 | 0,75 | 1368 |
| Y 440 | 60 | 1,45 | 0,55 | 0,75 | 1645 |
| SERİ No. | 20040422435 | | | | TS3067 |

Şekil 8.1: Üç fazlı asenkron motor etiketi

| | |
|---|---|
| **Çalışma Gerilimi:** 50 Hz'lik frekansta üçgen bağlantı ile 220 volt, yıldız bağlantı ile 380 volt gerilim uygulanmalıdır. 60 Hz'lik frekansta, yıldız bağlantı ile 440 volt uygulanır. Türkiye'de üç faz gerilim 50 Hz ve 380 volt olduğundan etiketteki gerilim değerlerine göre motor sadece yıldız bağlantı ile çalıştırılabilir. | |
| **Motor Tipi:** Motor model tipidir. VM 90L-2. V: Bir ya da üç fazlı, kafes rotorlu endüksiyon motor, M: Tam kapalı, dış yüzeyden soğutmalı, 90: Gövde tipi, L: Gövde uzunluğu, uzun, 2: Kutup sayısı<br>İşletme Türü: S1; maksimum çevre ısısı 40 ºC ve maksimum 1000 metre yükseklik. | |
| **Kuruluş Biçimi:** IM B3 | **Mekanik Koruma Sınıfı:** IP 55 |
| **Yalıtım Sınıfı:** 1.CL F | **Çalışma Frekansı:** 50 Hz veya 60 Hz'dir. |
| **Şebekeden Çektiği Akım:** 50 Hz'lik frekansta üçgen bağlantı ile 220 voltta 2,7 A akım çeker. 50 Hz'lik frekansta yıldız bağlantı ile 380 voltta 1,8 amper akım çeker (Türkiye'de geçerli olan). 60 Hz'lik frekansta yıldız bağlantı ile 440 voltta 1,45 amper akım çeker. | |
| **Gücü:** • 50 Hz'de 550 watt = 0,55 kW • 60 Hz'de 650 watt = 0,65 kW | |
| **Asenkron Devir Sayısı:** • 50 Hz'de 1368 1/min (d/dk.) • 60 Hz'de 1645 1/min (d/dk.) | |
| **Güç Katsayısı:** Cos ϕ = 0,75 | |
| **Yapımcı Firmanın Bilgileri:** X elektrik firması tarafından üretilmiştir. | |
| **Faz Sayısı:** 3 fazlı motor | |
| **Seri Numarası:** 20040422435 | **Elektrik Motorları Standardı:** TS 3067 |

## 8.1.2. Bir Fazlı Asenkron Motorlar

Bir fazlı asenkron motorlar üç fazlı asenkron motorlarda olduğu gibi stator ve rotor olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Bu motorların statorunda ana sargı ve yardımcı sargı olmak üzere iki ayrı sargı bulunur. Ana sargı daha kalın telden oluşur ve az sipirlidir. Uçları U1-U2 (U-V) harfleri ile gösterilir. Yardımcı sargısı ise daha ince telden oluşur ve çok sipirlidir. Sargı uçları Z1-Z2 (W-Z) harfleri ile gösterilir. Çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, matkap gibi elektrikli cihazlarda ve küçük güçlü sistemlerde bu motorlar tercih edilir ve güçleri genellikle 1,5 kW'a kadardır (Görsel 8.4).



Görsel 8.4: Bir fazlı asenkron motor

Bir fazlı asenkron motorlarda tek sargı ile döner manyetik alan elde edilemeyeceğinden bir yardımcı sargıya ihtiyaç bulunmaktadır. Bu nedenle stator oluklarında ana ve yardımcı sargılar, aralarında 90° lik elektriksel açı farkı oluşturacak şekilde paralel olarak bağlanır. Böylece sargılara bir fazlı alternatif akım uygulandığında ana ve yardımcı sargı üzerinde manyetik alanlar oluşur. Bu manyetik alanların aynı fazda olmasından dolayı her iki sargıda da döner manyetik alan meydana gelmez. Döner manyetik alan oluşturabilmek için ana ve yardımcı sargı iletken kesitleri ve sipir (sarım) sayıları farklı yapılır. Ana sargı kalın kesitli ve çok sipirli olarak sarılarak omik direncinin küçük ve endüktif reaktansının büyük olması sağlanır. Ayrıca ana sargı yardımcı sargının altına sarılarak endüktif reaktans daha da artırılır. Bu şekilde ana sargı akımının gerilimden 90° ye yakın geri kalması sağlanır. Yardımcı sargıya seri bir kondansatör bağlanarak yardımcı sargıdan geçen akımın gerilimden ileride olması sağlanır. Böylece ana ve yardımcı sargı akımları arasında 90° faz farkı meydana gelmiş olur ve sargılar arasındaki farklılıklardan dolayı düzgün bir döner alan oluşarak rotorun dönmesi sağlanır. Burada motorun esas görev yapan kısmı ana sargıdır. Yardımcı sargı sadece yol almayı kolaylaştırır ve motor yol aldıktan sonra devreden çıkarılır. Bu tip motorlarda devir yönünü değiştirmek için ana veya yardımcı sargılardan geçen akımlardan herhangi birinin yönünün değiştirilmesi yeterlidir.

## 8.1.3. Üç Fazlı Asenkron Motorlarda Yol Verme

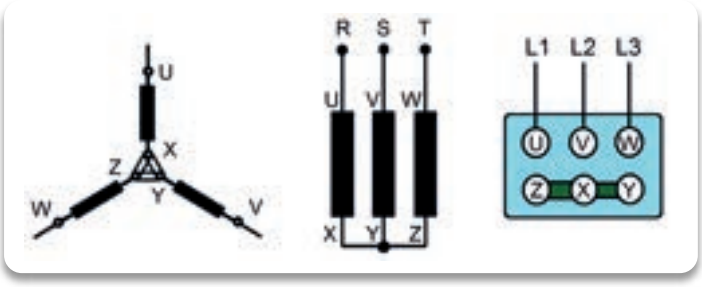
Devir sayısının motor etiketinde yazan devire ulaşıncaya kadar geçen duruma **yol alma** denir. Asenkron motorlar, yol alma anında motor etiketinde yazan anma akımı değerinden 3-6 kat daha fazla akım çeker. 3 HP altındaki küçük güçlü motorlarda yol verme süresi çok kısadır ve çalışma akımları düşüktür. Bu sebeple akım bu güçteki motorlara direkt olarak uygulanır. 3 HP üstündeki motorlara ise direkt yol verilmesi durumunda, ilk yol alma anında motor şebekeden daha fazla akım çekecek ve şebeke geriliminde dalgalanmalara sebep olarak aynı şebekeye bağlı diğer alıcıların zarar görmesine sebep olacaktır. Bu nedenle büyük güçlü motorlara yol verme süresi boyunca düşük gerilim uygulanır ve motor normal hızına ulaştığında normal çalışma gerilimi uygulanarak motorun güvenli şekilde yol alması sağlanır. Asenkron motorların kalkınma (ilk yol alma) akımlarını azaltmak için dirençle, oto trafosuyla ve yıldız üçgen bağlantıyla yol verme yöntemleri uygulanır. Dirençle veya oto trafosuyla yol verme yöntemi eski ve çok kullanışlı olmadığından çok tercih edilmez. Daha çok yıldız üçgen bağlantı ile yol verme yöntemi kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle gerilim frekansı değiştiren yumuşak yol vericilerde (soft starter) tercih edilmektedir. Ancak yine de motordaki kalkış akımını düşürmek için kullanılan en ekonomik yöntem, yıldız üçgen bağlantısı ile yol vermektir.

Asenkron motorun yıldız üçgen bağlantısı ile yol alabilmesi için üçgen bağlı çalışma geriliminin şebeke gerilimine eşit olmalıdır. Örneğin ülkemizde üç fazlı şebeke gerilimi 380 volt olduğundan motor etiketinde Δ380 V veya Δ380 V / Y660 V değerleri yazılı olmalıdır. Yıldız üçgen yol vermede amaç, motoru kalkış süresince yıldız bağlı çalıştırmak ve kalkışını tamamlayan motorun normal bağlantısı olan üçgen bağlı olarak çalışmasını sürdürmektir.

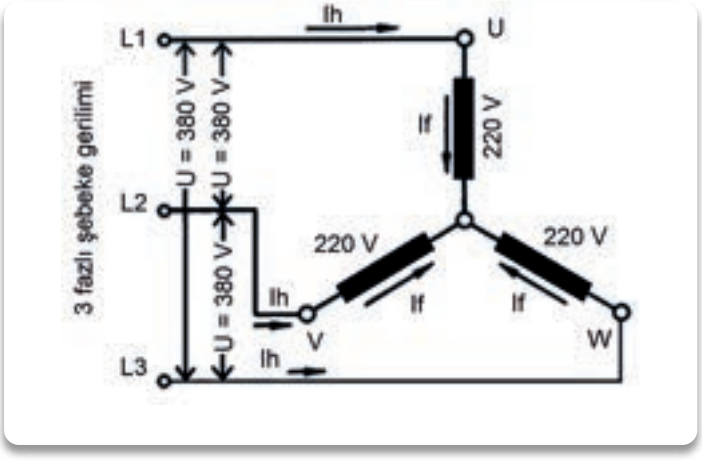
## Yıldız Bağlantı

Yıldız bağlantı, stator sargılarının giriş veya çıkış uçlarının birleşmesi ile elde edilen bağlantı türüdür. Motor klemens kutusunda X, Y, Z uçları köprü edilir (Şekil 8.2).

380 voltluk şebeke gerilimi uygulanmasına rağmen asenkron motor yıldız bağlı olduğunda her bir sargıya 220 volt gerilim düşmektedir. Böylelikle motor düşük gerilimle yol alır (Şekil 8.3).




Şekil 8.2: Yıldız (Y) bağlantı şekli ve klemens kutusu iç bağlantısı




Şekil 8.3: Yıldız bağlı asenkron motorda gerilim ve akım ilişkisi

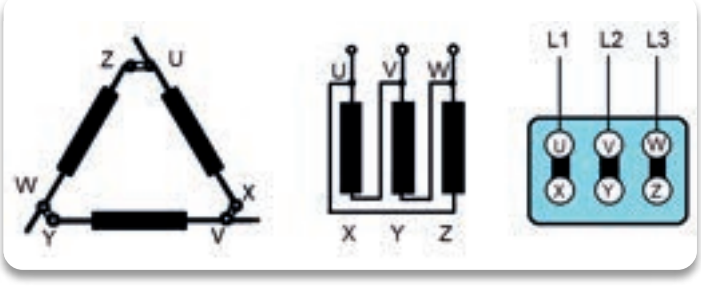
## Üçgen Bağlantı

Üçgen bağlantıda faz sargısı çıkış uçlarının (Z, X, Y) diğer faz sargısı giriş uçları (U, V, W) ile birleştirilir. Asenkron motor klemens kutusunda, karşılıklı uçlar birleştirilerek üçgen bağlantı yapılmaktadır (Şekil 8.4).

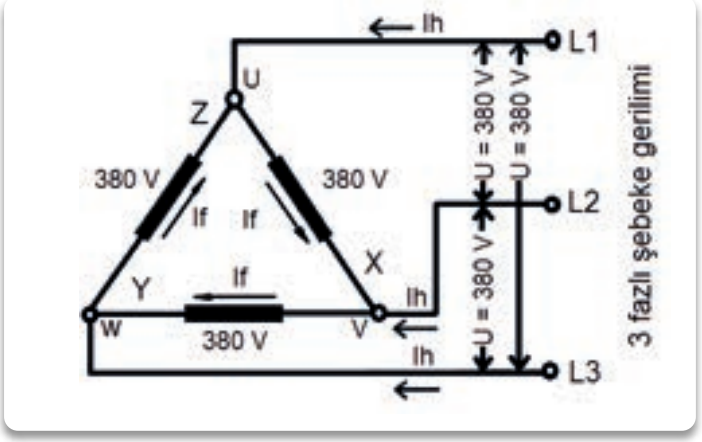
Üçgen bağlanmış asenkron motora üç fazlı şebeke gerilimi uygulandığında Şekil 8.5'te görüldüğü gibi her bir sargı üzerine 380 V'luk bir gerilim düşümü olur. Motor yıldız bağlı çalıştırıldığında üçgen bağlı iken şebekeden çektiği akımın 1/3'ü kadar bir akım çekmektedir.

Örnek olarak etiket değerlerinde 5 kW ve 12 A yazılı olan bir asenkron motor, ilk yol alma anında üçgen bağlantı ile çalıştırılırsa yaklaşık olarak beş kat 12 x 5 = 60 A gibi çok yüksek bir akım çekecektir. Eğer ilk yol verme yıldız bağlantı ile yapılır ise 60 / 3 = 20 A değerinde bir akım çekecektir. Asenkron motorun normal devrine ulaşma süresi yaklaşık olarak 8-10 saniyedir ve motor normal devrine ulaştığında yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçiş yapılır.

Motorun yıldız bağlantıda ürettiği moment, üçgen bağlantıdaki ürettiği momentten daha düşüktür. Bu nedenle motorun gücünden tam yararlanabilmek için üçgen bağlantıda çalıştırılması gerekir. Asenkron motorları manuel veya otomatik olarak yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçirmek için kontaktör, zaman rölesi, yıldız üçgen özel rölesi veya paket şalterler kullanılmaktadır.




Şekil 8.4: Üçgen (Δ) bağlantı şekli ve klemens kutusu bağlantısı



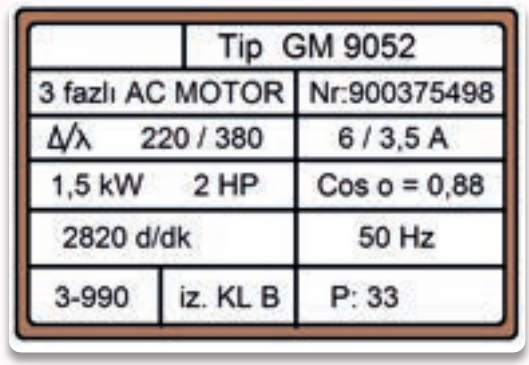

Şekil 8.5: Üçgen bağlı asenkron motorda gerilim ve akım ilişkisi

# 8.1. UYGULAMA MOTOR ETİKETİ OKUMA

**Amaç:** Motor etiketinde yazan bilgileri kavramak. Motora ait birimlerin özelliklerini tanımak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Motor Etiketi | Üç fazlı asenkron motor etiketi | 1 adet |




Şekil 8.6: Üç fazlı asenkron motor etiketi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Şekil 8.6'daki üç fazlı asenkron motorun etiket bilgileri incelenir.
3. İncelenen değerlere uygun olarak Tablo 8.1'e okunan, anlaşılan ve hesaplanan değerler kaydedilir.

Tablo 8.1: Okunan, Anlaşılan ve Hesaplanan Değerler Tablosu

| KRİTERLER | OKUNAN DEĞERLER |
|---|---|
| Çalışma gerilimi | Yıldız ..... **Üçgen** ..... |
| Rotor devri | |
| Motorun gücü | |
| Şebekeden çektiği akım | Yıldız ..... **Üçgen** ..... |
| **KRİTERLER** | **ANLAŞILAN VE HESAPLANAN DEĞERLER** |
| Çalışma gerilimi | |
| Stator devri | |
| Kutup sayısı | |
| Aşırı akım rölesi amper değeri | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 8.6'daki asenkron motor etiketinin doğru okunması | 40 | |
| 3 | Tablo 8.1'deki değerlerin doğru kaydedilmesi | 50 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

## 8.2. ASENKRON MOTORLARDA DEVİR AYARI

Endüstride kullanılan asenkron motorların diğer elektrik motorlarına göre birçok üstünlüğünün olmasına karşın devir sayısı ayarının birkaç kademeli ve küçük sınırlar içinde olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Bir dakikadaki dönüş sayısına **devir sayısı** denir ve bu sayı iki etkene göre değişiklik gösterir. Birincisi kutup sayısıdır. N ve S, kutup çiftlerinden oluştuğu için asenkron motorlar 2, 4, 6, 8 vb. kutup değerlerinde imal edilir ve stator sargıları değiştirilmediği müddetçe motor aynı kutup değeriyle çalışır. İkinci ise frekans sayısıdır. Kutup değişimine göre daha kolay olduğundan frekans değiştirerek motor devir sayısını ayarlamak daha çok tercih edilmektedir. Asenkron motorlarda döner alanın devir sayısı;

$$\mathbf{ns = \frac{120 \times f}{2p}\ d/dk}$$ rotor devir sayısı da $$\mathbf{nr = \frac{60 \times f}{p}\ (1 - s)\ d/dk}$$ formülleri ile bulunur.

Formülde:

**f :** Şebeke frekansı (Ülkemizde 50 Hz'dir.)

**2p:** Kutup sayısı

**p :** Çift kutup sayısı

**ns:** Asenkron hız veya döner alan hızı (devir/dakika-d/dk.)

**nr :** Rotor hızı veya milin devir sayısı (d/dk.)

**s :** Kayma; senkron hız ile rotor hızı arasındaki fark

Yukarıdaki formüllerden görüleceği üzere bir asenkron motorun devir sayısı şebeke frekansına, kutup sayısına ve kayma değerine göre değişmektedir. Uygulamada asenkron motorlarda devir ayarı yapmak için aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır.

- Kutup sayısını değiştirerek
  - Statora iki ayrı kutup sayılı sargı yerleştirerek
  - Statora bir sargı yerleştirerek (Dahlender sargılı-PAM sargılı)
- Şebeke frekansını değiştirerek
- Dişli sistemleri (redüktör) kullanarak

### 8.2.1. Asenkron Motorlarda Kutup Sayısını Değiştirerek Devir Ayarı

Devir sayısı formülüne göre $ns = \frac{120 \times f}{2p}$ d/dk frekans sabit kalmak şartı ile kutup sayısı artırılırsa devir sayısı düşecektir. Yani kutup sayısı ile devir sayısı ters orantılıdır. Buna göre asenkron motorun devri, statoruna sarılan sargıların kutup sayısını değiştirerek yapılır. Asenkron motorların kutuplarına göre döner alan devirleri Tablo 8.2'de gösterilmiştir.

Tablo 8.2: 50 Hz Frekansta Senkron Devirleri

| KUTUP SAYISI 2P | DAKİKADAKİ DÖNER ALAN DEVİR SAYISI (50 Hz) |
|---|---|
| 2 | 3000 d/dk. |
| 4 | 1500 d/dk. |
| 6 | 1000 d/dk. |
| 8 | 750 d/dk. |
| 10 | 600 d/dk. |
| 12 | 500 d/dk. |

- $ns = \frac{120 \times f}{2p} = \frac{120 \times 50}{2} = \frac{6000}{2} = 3000$ d/dk.
- $ns = \frac{120 \times f}{4p} = \frac{120 \times 50}{4} = \frac{6000}{4} = 1500$ d/dk.
- $ns = \frac{120 \times f}{8p} = \frac{120 \times 50}{8} = \frac{6000}{8} = 750$ d/dk.

Eğer rotor senkron (eş zamanlı) devirle dönerse stator manyetik alanı rotor kısa devre çubukları ile aynı doğrultuda olacağından çubuklar manyetik alan tarafından kesilmeyecek ve rotor çubuklarında bir gerilim oluşmayacaktır. Rotorda manyetik alan oluşmayacağından herhangi bir dönme hareketi meydana gelmeyecektir. Pratikte rotor senkron hızla dönmez. Bunun nedeni rotorun dönme sırasında sürtünme oluşması nedeniyle bir miktar geride kalmasıdır. Bu devir rotor devridir (nr). Stator devri ile rotor devri aynı değerde olmadığından dolayı bu motorlara **senkron olmayan motor** yani **asenkron motor** denir. İki devir arasındaki fark, kayma olarak adlandırılır ve yüzde olarak ifade edilir.

$$s = \frac{ns - nr}{ns} \times 100$$

Örnek olarak 4 kutuplu asenkron motorun tam yükteki (motor etiketi) rotor devri 1450 d/dk. olarak gerçekleşir. Bu durumda motorun tam yükte kayması aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\text{(Kayma) } s = \frac{1500 - 1450}{1500} \times 100 = 3{,}33$$

Asenkron motorlarda kutup sayısını değiştirebilmek için iki yöntem kullanılır. Birincisi motorun statoruna farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılır. İkincisi ise statora tek sargı sarılarak aynı sargıda yapılan farklı kutup sayılı (Dahlender bağlantı) bağlantıdır.

### a) Farklı Kutup Sayılı İki Sargısı Bulunan Asenkron Motorlarda Devir Ayarı

Eğer aynı stator kanallarına, birbirinden bağımsız, farklı kutup sayılı iki ayrı sargı sarılırsa iki sargılı iki devirli motor yapılmış olur. Bu sargıların birbirlerine hiçbir elektriksel bağlantısı yoktur. Böyle bir motorda, hangi sargıya üç fazlı gerilim uygulanırsa o sargıya ait kutup sayısına uygun devir hızı elde edilir. Bu tip sarımlarda, sargının yıldız (Y) veya üçgen (Δ) bağlantısı, stator içinde yapılır. Klemens tablosuna, her sargıya ait üçer uç çıkarılır. Örneğin 6/4 kutuplu iki sargılı iki devirli motor için 6 kutuplu sargı uçları 6U-6V-6W, 4 kutuplu uçları 4U-4V-4W gibidir.

İki sargılı iki devirli motorlar ekonomik değildir. Çünkü bir sargı için düşünülmüş stator oluklarına iki ayrı sargı yerleştirilmektedir. Dolayısıyla bir sargılı iki devirli motorlara göre daha küçük güç elde edilir. Başka bir deyişle bir sargılı iki devirli motorlardan, iki ayrı sargılı iki devirli motorlara göre daha büyük güç alınır. Ekonomik olmadıklarından dolayı iki sargılı iki devirli motorların üretimleri sınırlıdır. Birbirinin katı olmayan kutup sayıları için tasarım ve bağlantıları kolay olduğundan uygulanır.

### b) Tek Sargılı İki Devirli Motorlarda Devir Ayarı

## Dahlender Sargılı Motorlar

Eğer bir sargıdan birbirinin katı iki değişik kutup sayısı elde edilecek bir bağlantı yapılmışsa bu bağlantıya **Dahlander bağlantı** ve bu tip motorlara da **Dahlander motorlar** denir. Dahlander bağlantıda sargı, küçük devir sayısı için yani büyük kutup sayısına göre tasarlanır. Her faz sargısının orta uçları bulunur. Faz sargıları giriş uçları 1U-1V-1W, orta uçlar 2U-2V-2W ile işaretlenir. Klemens tablosuna bu 6 uç çıkarılır. Bu motor tipinde tasarım ve bağlantılar kolaydır. Ancak bu bağlantı türünde kutup sayıları oranı 1/2'dir. Yani 4/2 kutuplu veya 8/4 kutuplu gibidir. Tablo 8.3'te Dahlender sargılı motorun kutup sayıları ve bu kutup sayılarındaki devirleri verilmiştir.

Tablo 8.3: Dahlender Sargılı Motorun Kutup Sayılarına Göre Devirleri

| DEVİR SAYISI (n) | KUTUP SAYISI (2P) |
|---|---|
| 3000/1500 d/dk. | 2/4 |
| 1500/750 d/dk. | 4/8 |
| 1000/500 d/dk. | 6/12 |
| 750/375 d/dk. | 8/16 |

### PAM Sargılı Motorlar

PAM **[Pole-Amlpitude-Modulation-(Kutup Genlik Modülasyonu)]** sargı Dahlander sargının özel bir türüdür. Hız oranı Dahlender sargıda 1/2 iken, PAM sargıda birbirinin katı olmayan ve ardışık hızlı, 2 hatta 3 hızlı örneğin 6/4, 8/6, 10/8 kutuplu olabilmektedir. PAM sargılı motorlarda kafes rotorlar kullanılmaktadır. Bu sargı türünde stator faz sargılarının bir yarısında akım yönleri değiştirilerek kutup sayısı değiştirilir. PAM sargı tasarımı büyük kutup sayısına göre yapılır. Ancak sargının bağlantısı değiştirilerek istenen küçük kutup sayısı da elde edilir. Tasarımı zor olmasına karşın ayrı sargılı çok devirli motorlara göre bir sargıdan daha büyük güç elde edildiğinden daha fazla tercih edilmektedir.

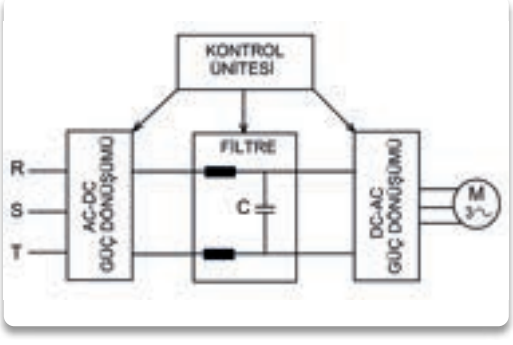
## 8.2.2. Asenkron Motorlarda Frekans Değiştirerek Devir Ayarı

Asenkron motorun bazı durumlarda geniş sınırlar içinde ve kullanıcı kontrolünde hız ayarı gerekli olabilmektedir. Asenkron motora uygulanan gerilimin frekansı değiştirilerek kafesli motorlarda hız ayarı yapılabilmektedir. Bu amaçla sadece üç fazlı asenkron motorlarda kullanılan frekans çeviriciler (hız kontrol cihazları) geliştirilmiştir. Bir fazlı kondansatörlü asenkron motorlarda, frekans değiştirerek hız ayarı yapılamaz. Bunun sebebi frekans değişimi, kondansatör devresinin reaktansını değiştireceğinden yardımcı sargı devresinin de özelliği değişecektir. Devir sayısı formülünde $ns = \frac{120 \times f}{2p}$ d/dk. frekansın artmasıyla motorun hızının da arttığı görülmektedir.

#### a) İnvertör (Evirici) Tanımı ve Yapısı

Doğru gerilimi (DC) alternatif gerilim (AC) dalga biçimine dönüştürebilen, frekansı ve gerilimi birbirinden bağımsız olarak ayarlayabilen cihazlara **invertör** denir. İnvertörler ile 0,5-2000 Hz arasında frekans değişimi yapılarak kafesli rotora sahip asenkron motorlarda hız ayarı yapılabilmektedir. Şekil 8.7'de frekans çevirici ile yol verme prensip şeması görülmektedir. İnvertörlerde öncelikle alternatif şebeke gerilimi doğrultulur. Doğrultulan bu gerilim ara devre bobinleri ve kondansatörle filtrelenir. Filtrelenerek doğrultulan gerilim, AC dönüştürücünün evirici bölümünde, kontrol ünitesinde üretilen sinyaller ile ayarlanabilen gerilim ve frekans üretilir. Üretilen bu gerilim ve frekans ile asenkron motorların geniş hız sınırları içerisinde verimli olarak çalışması sağlanır.

Uygulamada invertör ile yol verme yöntemi genellikle taşıyıcı bantlar, fan ve pompa uygulamalarında kullanılmaktadır. Güç elektroniğindeki gelişmelerle birlikte artan verimlilik ve azalan maliyet, bu cihazların hem yol vermede hem de hız kontrolünde kullanımını artırmaktadır. Bu yöntem, motora yol vermede ve durdurmada başarıyla uygulanabilir ancak normal çalışma süresince yükün farklı hızlarda çalışmasına gerek duyulmuyorsa bu yöntemin uygulanması ekonomik olamayacaktır. Bu yöntemin çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.




Şekil 8.7: Frekans çevirici ile yol verme prensip şeması

### Frekans Değiştirici İle Yol Vermenin Avantajları

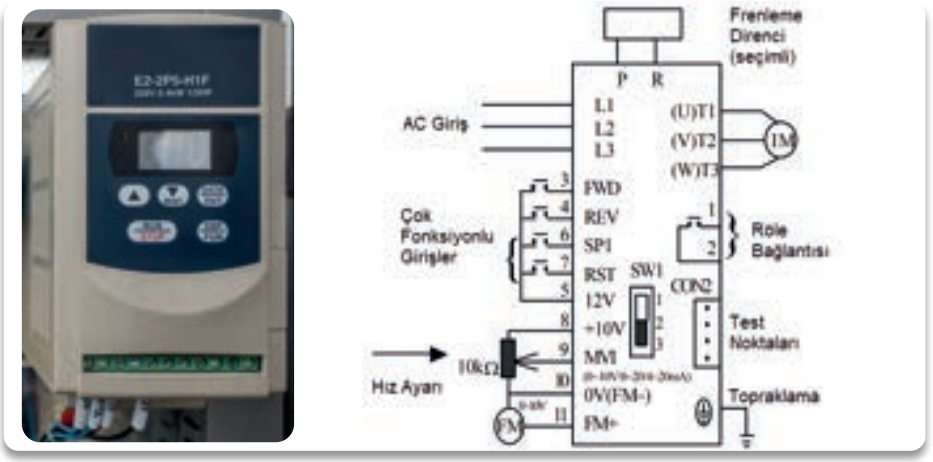
- Geniş aralıklarda hız kontrolünü sağlanır.
- Bakım giderlerini azaltır.
- Enerji tasarrufu sağlanır.
- Birden fazla motor aynı anda kontrol edilebilir.

### Frekans Değiştirici İle Yol Vermenin Dezavantajları

- İlk kurulum maliyeti yüksektir.
- Sürekli hatta olduğundan %5 kayıpları vardır.
- Düşük hızlarda motorlarda ısı artışı oluşur.
- Harmonik (sinüsoidal dalga şeklini bozan, istenmeyen, frekansı değişmiş dalga şekli) üretmeleridir.

### b) Frekans İnvertörü Bağlantı Şekli

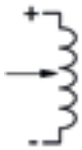
Görsel 8.5'te bir frekans invertörü ve bu cihaza ait bağlantı şeması verilmiştir. Bu frekans invertöründe ara kumanda elemanlarına ihtiyaç yoktur. Cihaz üzerinde motor parametrelerinin girildiği ekran ve tuşları ile motorla ilgili çeşitli ayarlamaların yapıldığı potansiyometreler mevcuttur.




Görsel 8.5: AC motor hız kontrol cihazı ve bağlantı şeması

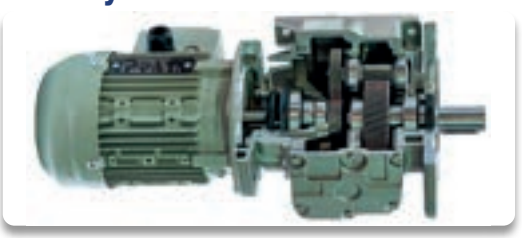
Tablo 8.4'te, Görsel 8.5'te görülen frekans invertörünün bağlantı terminal isimleri ve işlevleri gösterilmiştir. Bu tabloya göre giriş ve çıkış bağlantıları yapılarak motor hız kontrolü gerçekleştirilir. Şebeke giriş gerilimi ve motor bağlantı kablolarının nasıl bağlanacağı cihaz üzerindeki klemens üzerinde ayrıca gösterilmiştir.

Tablo 8.4: Frekans İnvertörü Bağlantı Terminal ve İşlevleri

| TERMİNAL İSMİ | | İŞLEVİ | |
|---|---|---|---|
| 1 | TRIP | Arıza rölesi çıkış terminali &Çok fonksiyonlu çıkış terminali | |
| 2 | RELAY | Bağlantı noktası nominal kapasitesi 250 V AC/1 A (30 V DC / 1 A) | |
| 3 | FWD (FW) | Operasyon kontrol terminalleri | |
| 4 | REV (RE) | | |
| 5 | + 12 V (12) | 3 / 4 / 6 / 7 terminallerinin ortak noktası | |
| 6 | SP1 (SP) | Çok işlevli giriş terminalleri | |
| 7 | RESET (RS) | | |
| 8 |  | +10 V | Potansiyometre için güç terminali (Pin 3) |
| 9 | | Analog giriş kablosu Silecek | Analog frekans sinyali giriş terminali (Pin 2) potansiyometre veya 0~10 V / 4~20 mA / pozitif terminali 0~20 mA) |
| 10 | 0 V (FM -) | Analog ortak nokta | Analog sinyal ortak noktası (potansiyometrenin Pin 1'i veya 0~10 V / 4~20 mA / 0~20 mA negatif terminali) |
| 11 | FM+ | Analog çıkış pozitif bağlantı noktası | Analog frekans sinyali çıkış terminali<br>Çıkış terminal sinyali 0 ~ 10VDC/Fn6 |

## 8.2.3. Dişli Sistem (Redüktör) Kullanarak Devir Ayarı

Redüktör, bir dönme hareketinin devir-tork oranını dişliler yardımıyla değiştiren dişli sistemidir. Asenkron motor miline bağlanan dişli sistemler ile motorun devri istenen sayıya indirilebilmektedir (Görsel 8.6). Devir sayısı düştükçe motorun momenti artmaktadır.

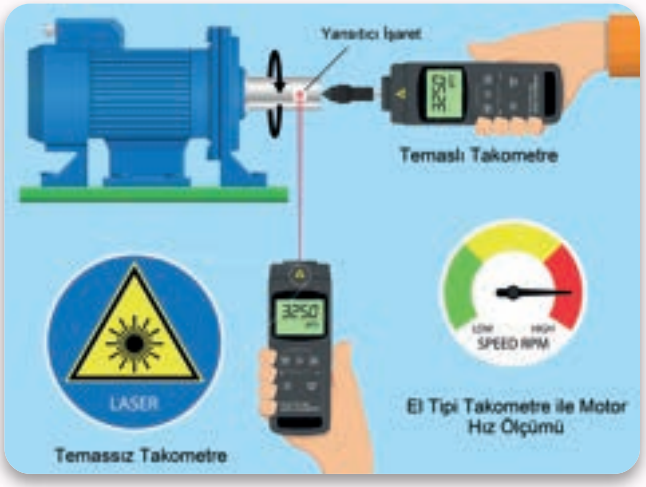


Görsel 8.6: Redüktörlü asenkron motor

**Amaç**: Asenkron motor devir sayısını takometre kullanarak ölçmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Asenkron motor | Üç faz veya bir faz asenkron motor | 1 adet |
| Takometre | Temaslı ya da temassız | 1 adet |




Görsel 8.7: Takometre ile devir sayısı ölçümü

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Motor, kablo yardımı ile şebekeye bağlanır ve çalıştırılır.
3. Takometre ile motorun devir sayısı ölçülür (Görsel 8.7).
4. Fazlardan ikisinin yeri değiştirilerek devir yönündeki farklılıklar gözlemlenir.
5. Alınan değerler ve sonuç Tablo 8.5'e kaydedilir.

Tablo 8.5: Okunan, Anlaşılan ve Hesaplanan Değerler Tablosu

| KRİTERLER | OKUNAN DEĞERLER |
|---|---|
| Motorun rotor devir sayısı | |
| **KRİTERLER** | **ANLAŞILAN VE HESAPLANAN DEĞERLER** |
| Motorun kutup sayısı | |
| Stator devri | |
| Hesaplanan kayma | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Takometre ile motorun devir sayısının doğru ölçülmesi | 40 | |
| 3 | Tablo 8.5'teki değerlerin doğru kaydedilmesi | 50 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç**: Üç fazlı asenkron motorun frekans invertörü ile devir ayarını yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Frekans invertörü | OMRON (CIMR-J7AZB1P5) | 1 adet |
| Üç fazlı asenkron motor | 2 kutuplu | 1 adet |
| Takometre | Dijital | 1 adet |
| İletken kablo | 3 x 1,5 $mm^2$ | 2 metre |

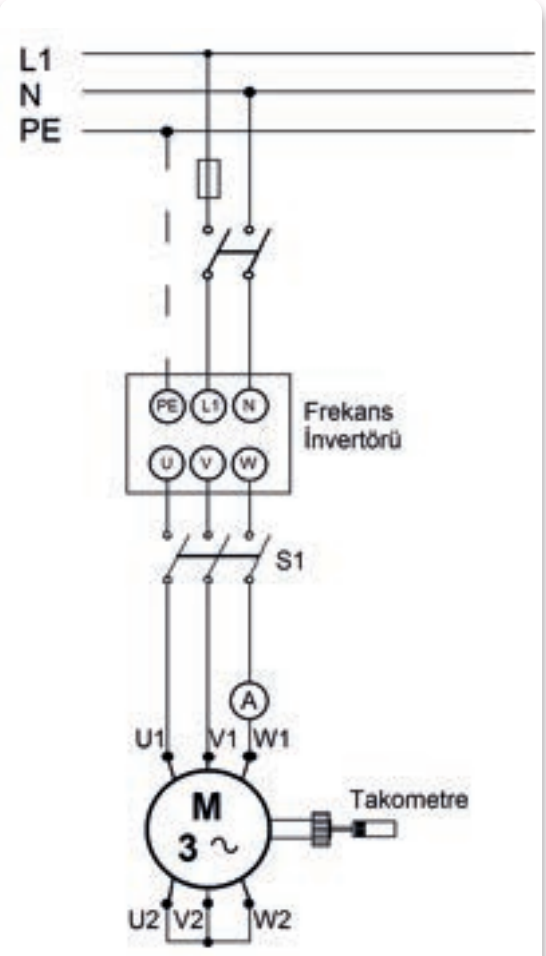
Motorların sargı yalıtım ve mekanik düzenleri, anma gerilimi ve diğer anma değerlerine göre tasarlanarak yapılmaktadır. Uygulamada motor, anma gerilim değerinin üzerinde çalıştırılmamalıdır. Eğer anma frekansının üzerinde bir frekans değerinde çalıştırılmaya devam edilirse manyetik akı ve döndürme momenti giderek azalacak, buna karşın hız arttığından güç sabit kalacaktır.

Artan frekans değerlerinde, anma hızının üzerindeki hızlarda motor, anma momenti ile yüklenemez. Artan frekanslarda devir (sürtünme ve rüzgâr) kayıpları artar. Kayıpların artmasıyla motor verimi de düşmektedir.

Netice olarak frekans invertörleriyle anma frekansının üzerindeki frekanslardaki çalışmalarda, motor veriminin ve momentinin düşeceği göz önünde bulundurularak motor gücü, belirlenen gücün bir üst değerinde seçilmelidir. Çok yüksek frekanslardaki çalışmalarda 50 Hz veya 60 Hz frekansa göre tasarlanmış standart motorlarda bazı olumsuzluklarla karşılaşılabilir.

Farklı firmalara ait birçok frekans invertör cihazı bulunmaktadır. Bu cihazlar ile uygulama yapılacağında öncelikle bu cihazların kullanım kılavuzlarında belirtilen özelliklere uygun olarak bağlantı ve ayarları yapılmalıdır. Bu kılavuzlarda cihazın işlevsel ve yapısal özellikleri, montaj ve bağlantı şemaları, cihazla ilgili ayarlar ve giriş parametrelerinin listesi, kurulumunda ve çalıştırılmasında dikkat edilecek hususlar gibi birçok konuda bilgi bulunmaktadır.

Yapılacak uygulamalarda öncelikle motor etiketine uygun invertör seçilerek cihazla motor arasındaki iletkenler bağlanır. Daha sonra da invertör faz giriş uçlarından şebeke gerilimi uygulanır. Çalışma şekline uygun olarak motorla ilgili parametreler, cihaza sırayla girilir. Şekil 8.8'de asenkron motorun invertörlerle hız kontrol uygulama şeması verilmiştir.

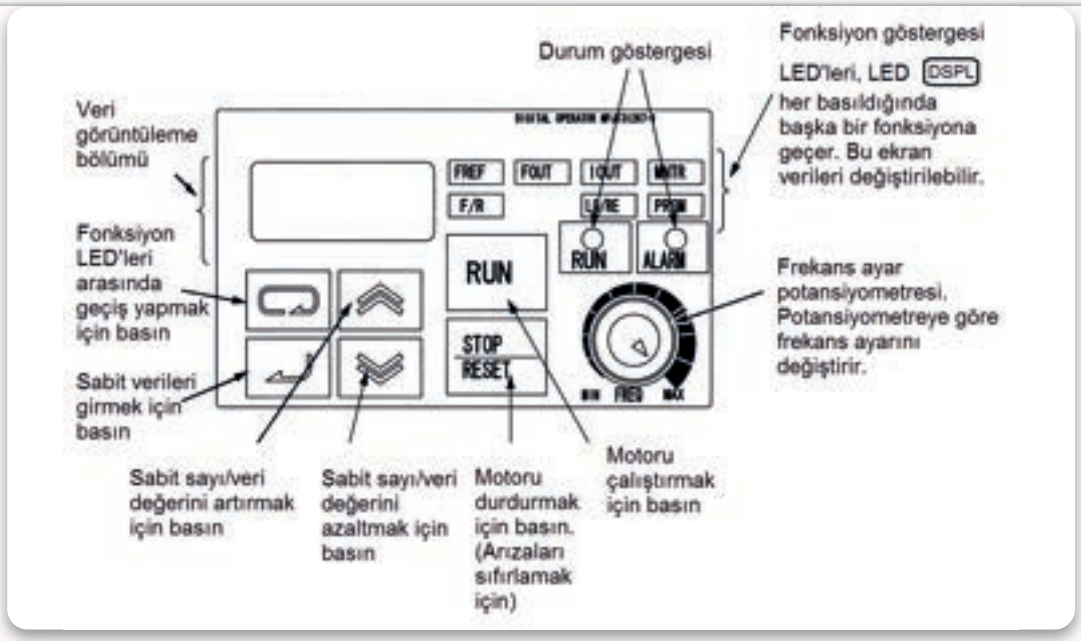



Şekil 8.8: Frekans İnvertörü Bağlantı Şeması

Bu uygulamada kullanılan Omron (CIMR-J7AZB1P5 Model) (Şekil 8.9) frekans dönüştürücünün 79 adet parametresi bulunmaktadır. Bu parametrelerin tamamı ancak profesyonel bir fabrika otomasyonunda kullanılabilir. Yapacağımız uygulamada motor frekans ayarı için kullanılacak parametreler Tablo 8.6'da verilmiştir.

Tablo 8.6: Omron (CIMR-J7AZB1P5 Model) Frekans Dönüştürücü Parametreleri

| PARAMETRE NO. | AÇIKLAMALAR | SEÇENEKLER | SEÇİLEN |
|---|---|---|---|
| n01 | Parametre Erişimi<br>0: Sınırlı Parametre Erişimi<br>1: Tam Parametre Erişimi<br>8: Fabrika Parametreleri | 0 – 9 | **1** |
| n02 | Çalıştırma Komutu Seçimi<br>0: Dijital Operatör<br>1: Kontrol Devreleri Terminali<br>2: Haberleşme (Opsiyon) | 0 – 2 | **0** |
| n03 | Frekans Referans Seçimi<br>0: Dijital Operatörü (Potansiyometre)<br>1: Frekans Referansı 1 (n21)<br>2: Kontrol Devreleri Terminali (0 to 10 V)<br>3: Kontrol Devreleri Terminali (4 to 20 mA)<br>4: Kontrol Devreleri Terminali (0 to 20 mA)<br>6: Haberleşme (Opsiyon) | 0 – 4, 6 | **0** |
| n09 | Maksimum Çıkış Frekansı | 50 – 400 Hz | **100** |
| n10 | Maksimum Çıkış Voltajı | 1- 255 V (200 V sınıf)<br>1- 510 V (400 V sınıf) | **200** |
| n11 | Maksimum Çıkış Voltajı frekansı | 50 – 400 Hz | **50** |
| n16 | Hızlanma Süresi 1 | 0.0 – 999 sec | **5 sec** |
| n17 | Yavaşlama Süresi 2 | 0.0 – 999 sec | **10 sec** |
| n21 | Frekans Referansı 1 | 0.0 – 400 Hz | **6 Hz** |
| n22 – n28 | Frekans Referansı g2–8 | 0.0 – 400 Hz | **0 Hz** |
| n32 | Motor Akımı | Modele Bağlı | **6.2** |
| n36 – n39 | Çok Fonksiyonlu Giriş (S2 - S5) | 0 – 35 | **…** |
| n40 | Çok Fonksiyonlu Çıkış (MA-MB-MC) | 0 – 18 | **1** |
| n44 | Çok Fonksiyonlu Analog Çıkış (AM-AC)<br>0: Çıkış Frekansı (10 V/Max, Fre.)<br>1: Çıkış Akımı (10 V/İnvertörden Seçilen Akımı) | 0.1 | **0** |
| n46 | Taşıyıcı Frekansı | 1 – 4 (2.5 – 10 kHz) | **3** |
| n52 | DC Akım Freni Ayarı | 0 – 100% | **50** |
| n53 | DC Durdurma Freni Ayarı | 0 – 100% | **0.5** |
| n54 | DC Başlatma Freni Ayarı | 0 – 100% | **0** |
| n55 | Motor Yavaşlatarak Durdurma<br>0: Etkin<br>1: Devre Dışı | 0.1 | **0** |
| n64 | Motor Nominal Kayma | 0.0 – 20.0 | **2.6** |
| n65 | Motorda Akım ve Yük Yok İken | 0 – 99 | **45** |
| n79 | Yazılım Numarası | … | **020** |




Şekil 8.9: Frekans invertörü tuş takımı ve işlevleri

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Gerekli araç gereç ve malzemeler hazırlanır.
3. Şekil 8.8'deki bağlantı yapılır.
4. Frekans invertörü üzerindeki tuş takımları kullanılarak Tablo 8.6'da bulunan parametrelerin seçilen değerleri frekans invertörüne kaydedilir.
5. Frekans invertörü üzerindeki **RUN** tuşuna basılır. Cihaz üzerinde bulunan potansiyometre ile asenkron motorun frekansı kademe kademe artırılarak motora yol verilir.
6. Asenkron, motoru belirli frekanslarda çalıştırarak bu frekans değerlerinde motorun devri, akımı ve $ns = \frac{120 \times f}{2p}$ d/dk formülü ile hesaplanacak döner alan devir değerleri Tablo 8.7'ye kaydedilir.
7. Asenkron motorun her frekans için kayma değeri hesaplanarak Tablo 8.7'ye kaydedilir.
8. Deney sonunda **STOP/RESET** düğmesine basılarak motor durdurulur.
9. Şalter açılarak uygulama sonlandırılır.

Tablo 8.7: Asenkron Motorun Farklı Frekans Değerlerinde Ölçülen Değerleri

| f (Hz) | I (A) | nr (d/dk.) | ns (d/dk.) | %S (d/dk.) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Şekil 8.7'deki bağlantı şeklinin doğru yapılması | 30 | |
| 3 | Frekans invertörüne seçilen parametrelerin doğru kaydedilmesi | 20 | |
| 4 | Tablo 8.7'deki ölçüm ve hesaplamanın doğru yapılması | 40 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

## 8.3. ASENKRON MOTORLARDA FRENLEME

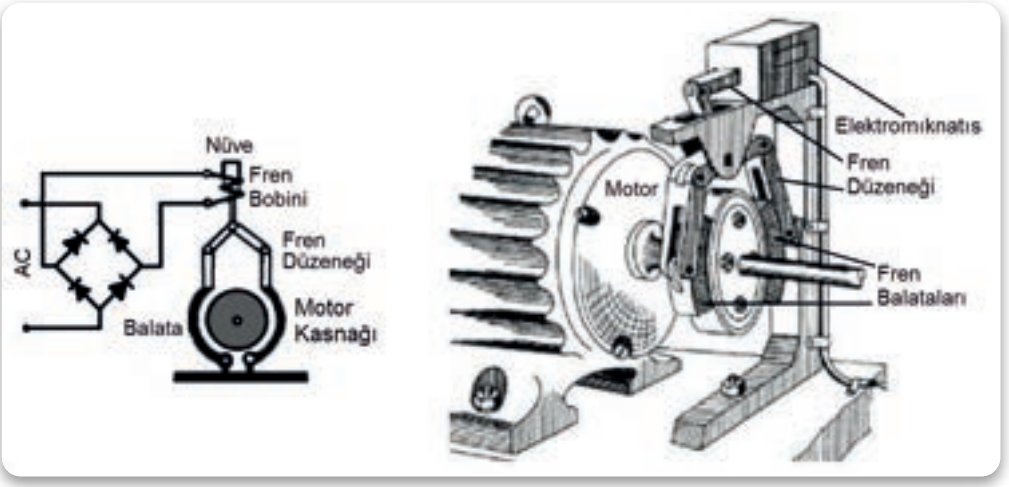
Asenkron motorlarda enerji kesildikten sonra rotor kendi ataletinden dolayı bir süre daha dönüşünü sürdürmeye devam eder ve belirli bir süre sonra durur. Özellikle yüksek güçlü asenkron motorların ebatları da büyük olduğundan, durma süreleri daha uzundur. Endüstride seri imalatta kullanılan motorların durma süresi zaman kaybı ve iş kazalarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle asenkron motorların durdurma butonuna basıldığında en kısa sürede durması için yapılan uygulamaya **frenleme** denir ve **üç çeşit** frenleme kullanılmaktadır.

- Balatalı frenleme
- Dinamik frenleme
- Ani frenleme

### 8.3.1. Asenkron Motorlarda Balatalı (Elektromanyetik) Frenleme

İki adet balata ile motorun rotor miline bağlı kasnağın sıkıştırılarak durdurulmasına **balatalı frenleme** denir. Özel olarak üretilen motorlara uygulanan bu yöntem genellikle vinç ve asansörlerde sıklıkla tercih edilmektedir.

Bu yöntemde gerilim uygulanmadığı zamanlarda motor kasnağı bir yay aracılığıyla iki balata tarafından sıkılır ve motor mili hareket edemez (Şekil 8.10). Motora gerilim uygulanmaya başladığında fren düzeneğinde bulunan elektromıknatısa da gerilim uygulanır ve balatalar açılarak motor kasnağı serbest kalır. Bu anda motor da yol alarak normal çalışmasına başlar. Motor durdurulmak istendiğinde bağlı olan gerilim kesilir. Bu durumda fren bobininin de enerjisi kesilmiş olduğundan balataları tutan yayın etkisiyle balatalar motor kasnağını sıkıştırarak motorun kısa zamanda durmasını sağlar.




Şekil 8.10: Balatalı (Elektromanyetik) frenleme

Fren sisteminde elektromıknatısa uygulanan akım ayarlanarak baskı balatasının ve fren diskinin birbirine karşı uyguladıkları kuvvet ve dolayısıyla fren momenti de ayarlanabilmektedir. Fren bobini genellikle doğru akımla beslenmektedir. Alternatif akımdaki alternans geçişlerindeki akım sıfırlaması momentin de o anlarda sıfır olmasına sebep olmaktadır. Bu durum istenen ayarlarda fren momentinin de darbeli ve vuruntulu çalışmasına neden olur. Bazı uygulamalarda fren momentinin ayarlanmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu durumlarda sadece açma kapama yaptırılacağı için elektromıknatıs bobine alternatif akım uygulanabilir. Ancak yine de açma kapama yaptırılacak olsa dahi elektriksel olarak iyi bir frenleme alternatif akımla yapılamaz. Zira alternatif akımda açma kapama süresi doğru akıma göre yaklaşık üç kat daha fazladır. Frenleme momenti akımsız durumda ve yay kuvvetiyle sağlandığından tepsi fren aynı zamanda bir güvenlik frenidir. Zira motor çalışırken şebekeden elektrik enerjisi kesilse bile fren kendi kedini kilitler ve düzenek durur. Fren momenti motor momentinin yaklaşık iki katıdır.

## 8.3.2. Asenkron Motorlarda Dinamik Frenleme

Asenkron motorları durdurmak için şebeke enerjisi kesildikten sonra stator sargılarına doğru gerilim uygulanarak yapılan frenleme şekline **dinamik frenleme** veya **elektriksel frenleme** denir.

Asenkron motor kumanda devresinde durdurma butonuna basıldığında stator sargılarından alternatif gerilim kesilir ve doğru gerilim uygulanır. Değişken döner manyetik alanın meydana geldiği stator sargılarında bu kez düzgün ve sabit bir manyetik alan oluşur. Sincap kafesli rotor sabit manyetik alan içinde kendi ataleti ile dönmeye devam ettiğinden rotor çubuklarında bir elektromotor kuvveti oluşur. Böylelikle rotor ve stator kutuplarının birbirini etkilemesi sonucunda rotor kısa sürede durur.

Frenleme bobinine (stator sargılarına) uygulanacak doğru gerilimin değeri, motorun gücüne ve stator sargılarından geçecek akıma göre değişmektedir. Büyük güçlerdeki motorlarda rotorun ataletinden dolayı durma süresi daha uzundur. Küçük güçlü motorların kendiliğinden durması daha kısa sürer. Bu nedenle frenleme bobinine büyük güçlü motorlarda daha fazla, küçük güçlü motorlarda daha az gerilim uygulanır.

Frenleme sırasında stator sargıları, geçen doğru akıma yalnızca omik direnç etkisi göstereceğinden sargılardan geçen akımın, motorun normal çalışma akımını geçmemesine dikkat edilmelidir. Aksi hâlde stator sargıları yanabilir. Sargılara uygulanan doğru gerilim değeri arttıkça frenleme süresi kısalacak, gerilim değeri azaldıkça frenleme süresi uzayacaktır. Dinamik frenlemede stator sargılarına uygulanması gereken gerilim şu şekilde hesaplanır:

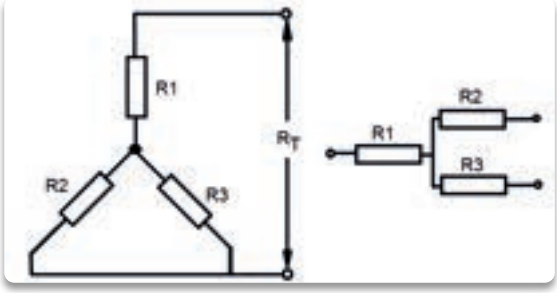
- **Motor yıldız bağlı ise**

$$R_T = R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_1 = R_2 = R_3$$

$$R_T = R_1 + \frac{R_1}{2}$$

$$R_T = 1{,}5 \times R_1$$




Şekil 8.11: Yıldız bağlı asenkron motorda stator sargıları eşdeğer direnci hesaplanması

Şekil 8.11'de yıldız bağlı asenkron motorun stator sargı bağlantısı görülmektedir. Yıldız bağlı stator sargılarının omik dirençleri birbirine eşit olduğundan eşdeğer direnç ($R_T$), bir sargı omik değerinin 1,5 katı olarak bulunacaktır.

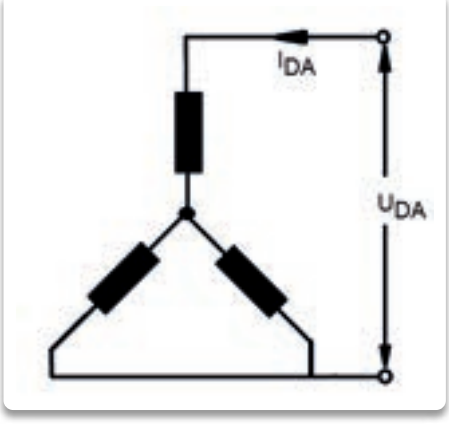
Şekil 8.12'deki yıldız bağlı asenkron motorda stator sargılarından geçecek akım değerini, stator uçlarına uygulanacak doğru gerilim değerini ve doğru akım kaynağının güç değerini hesaplayalım. Burada direnci bir faz direnci olarak kabul edilirse

$R_T = 1{,}5 \times R_f$ formülü elde edilir.

$U_{DA} = I_{DA} \times R_T$

$U_{DA} = I_{DA} \times 1{,}5 \times R_f$

Doğru akım kaynağının gücü; $P_{DA} = U_{DA} \times I_{DA}$




Şekil 8.12: Yıldız bağlı asenkron motorda stator sargı akım ve gerilimlerinin hesaplanması

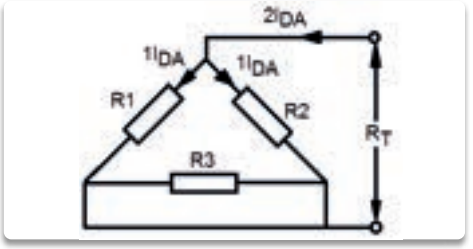
$R_f$ = Motorun bir faz sargısı omik direnci (Ω)
$R_T$ = Motor üç faz sargısının toplam (eş değer) direnci (Ω)
U = Motora uygulanacak doğru gerilimin değeri (V)
I = Motor sargılarından geçecek doğru akım değeri (A)
P = Doğru akım kaynağının gücü (W)

- **Motor üçgen bağlı ise**

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$R_1 = R_2 = R_3$ olduğundan

$$R_T = \frac{R_1}{2} \text{ olur.}$$




Şekil 8.13: Üçgen bağlı asenkron motorda stator sargıları eşdeğer direnci hesaplanması

$R_1$ direnci faz direnci (Rf)olduğundan $R_T = \frac{R_f}{2}$ şeklinde yazılır.

Burada R3 direnci, kısa devre olduğu için hesaplamaya katılmamıştır (Şekil 8.13).

Stator sargılarına uygulanacak doğru gerilimin değeri

$U_{DA} = 2 \times I_{DA} \times R_T$ $U_{DA} = 2 \times I_{DA} \times \frac{R_f}{2}$ $U_{DA} = I_{DA} \times R_f$ olur.

Doğru akım kaynağının gücü ise $P_{DA} = U_{DA} \times 2 \times I_{DA}$

**1. Örnek:** Etiket değerleri 3,3 kW, Δ380 V, 7,5 A, cosϕ= 0,83, 2850 d/dk., 50 Hz olan üç fazlı asenkron motorun bir faz sargısı omik direnci 3,9 Ω olarak ölçülmüştür. Motora uygulanacak doğru gerilimin değerini ve doğru akım kaynağının gücünü bulunuz.

**Çözüm:**

$I_f = I/\sqrt{3} = 7,5/1,73 = 4,3$ A

Motor yıldız bağlandığında

$U_{DA} = I_{DA} \times 1,5 \times R_f = 4,3 \times 1,5 \times 3,9 = 25,15$ V

$P_{DA} = U_{DA} \times I_{DA} = 25,15 \times 4,3 = 108,14$ W

Motor üçgen bağlandığında

$U_{DA} = I_{DA} \times R_f = 4,3 \times 3,9 = 16,77$ V

$P_{DA} = U_{DA} \times 2 \times I_{DA} = 16,77 \times 2 \times 4,3 = 144,22$ W

**2. Örnek:** Etiketinde 380 V, 7A, cosϕ = 0.85, 3,5 kW, 2850 d/dk., 50 Hz yazılı motorun U-X uçlarında 4 Ω ölçülmüştür. Motora frenleme için uygulanacak doğru gerilimin değerini ve kaynağın gücünü bulunuz.

**Çözüm:**

$I_f = I/\sqrt{3} = 7/1,73 = 4,04$ A

Motor yıldız bağlandığında

$U_{DA} = I_{DA} \times 1,5 \times R_f = 4,04 \times 1,5 \times 4 = 24,24$ V

$P_{DA} = U_{DA} \times I_{DA} = 24,24 \times 4,04 = 90,92$ W

Motor üçgen bağlandığında

$U_{DA} = I_{DA} \times R_f = 4,04 \times 4 = 16,16$ V

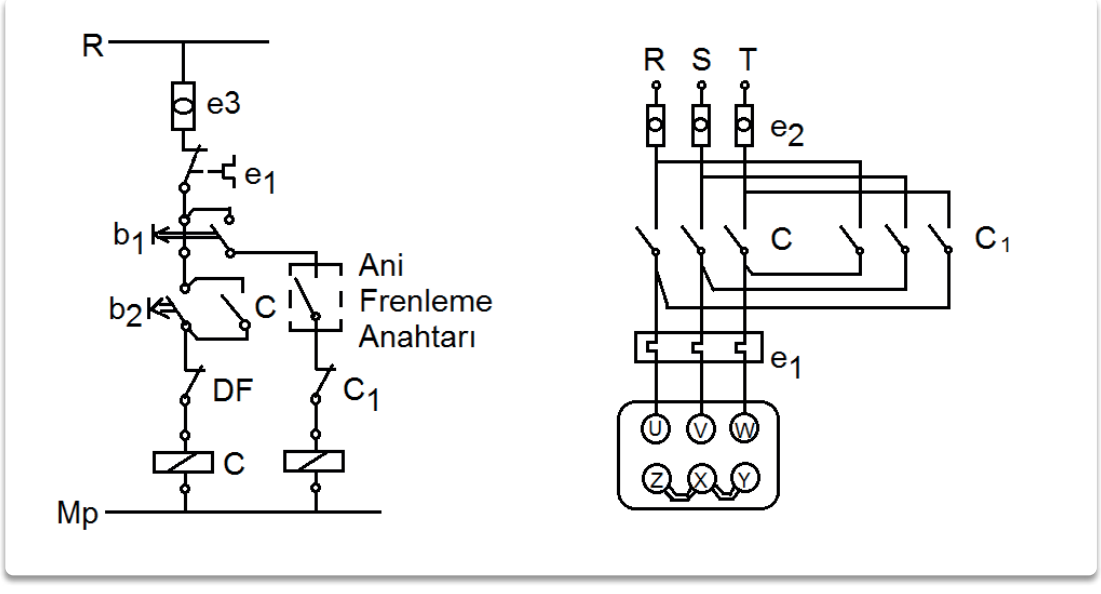
$P_{DA} = U_{DA} \times 2 \times I_{DA} = 16,16 \times 2 \times 4,04 = 130,57$ W

## 8.3.3. Asenkron Motorlarda Ani Frenleme

Ani frenlemede, motorun var olan döndürme momentini ters yönde çevirerek motorun miline ters döndürme momenti uygulanmaktadır. Frenleme zamanının en kısa olduğu yöntem ani frenleme yöntemidir. Bu frenleme yöntemi sistemi güçlükle yol alan motorlarda ve büyük güçteki motorlarda uygulanmaz. Uygulandığı takdirde motor şebekeden aşırı akım çeker ve döndürdüğü yükte mekanik problemler oluşabilir. Mekanik problemler oluşturmasının yanında milin veya bu mile bağlı diğer hareketli parçaların ani fren karşısında güçlü bir mukavemetle karşı karşıya kalacaktır. Eğer motor bulunduğu yere sağlam şekilde tespit edilmemiş ise sabitlemek için kullanılan cıvataların kopması sonucunda statorun dönmesi bile söz konusu olabilecektir. Bir diğer mekanik sorun ise motorun bağlı olduğu sistem, ani frenlemeye uygun olmalıdır. Örneğin bir bant sisteminde kullanılan bir motor ise ani frenleme sonucunda bant üzerindeki malzeme bant üzerinden atılarak iş kazaları veya ekonomik zararlara neden olacaktır. Bu nedenle bu tip sistemlerde ani frenleme yapılmaz.

Bunlara ek olarak alınması gereken diğer bir önlem ise elektriksel önlemlerdir. Frenleme için motora ters döndürme momenti uygulandığından motor durma anından sonra ters yönde dönmek isteyecektir. Eğer herhangi bir elektriksel veya fiziksel müdahalede bulunulmazsa motor durduktan sonra ters yönde dönmeye başlayacaktır. Durma anı bazı algılayıcılarla tespit edilerek motorun enerjisi anında kesilmelidir ve eğer gerekiyorsa durma anında mekanik bir kilitleme sistemiyle milin dönmesi engellenmelidir.

Ani frenleme yapılacak motor ilk önce şebeke geriliminden ayrılır. Daha sonra ters yönde dönecek şekilde tekrar şebeke gerilimine bağlanır. Bu durumda motorda ters yönde bir döndürme momenti meydana gelir. Devir sayısı süratle düşer ve belirli bir zaman sonra da motor tamamen durur. Motorun tamamen durması ile ters yönde dönmesini önlemek için motor devreden çıkartılır.



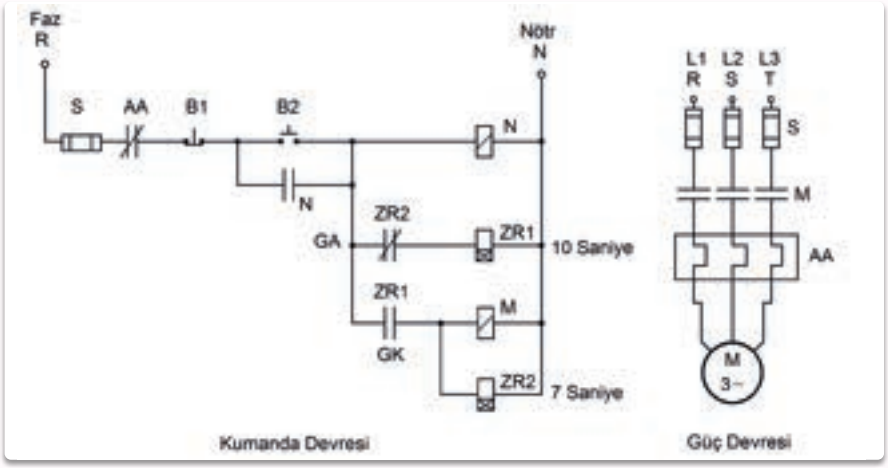

Şekil 8.14: Ani frenleme kumanda ve güç devresi bağlantı şeması

Şekil 8.14'te üç fazlı bir asenkron motorun çalıştırılması ve ani frenleme devre şeması gösterilmiştir. Motor çalışır durumda iken durdurma butonuna basıldığında iki fazın yerleri değiştirilerek tekrar şebekeye bağlanmaktadır. Bu durumda oluşturulan ters döndürme momenti ile rotorun devir sayısı kısa sürede düşürülür. Devir sayısı sıfır olduğunda ani frenleme anahtarı açılır ve motorun bağlantısı şebekeden tamamen ayrılmış olur. Böylece motor ters dönmeye başlamadan ani olarak durdurulmuş olur.

**Amaç:** Üç fazlı asenkron motoru periyodik olarak on saniye süre ile duran ve yedi saniye süresince çalıştıran kumanda ve güç sistemini kurmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Asenkron motor | Üç fazlı | 1 adet |
| Kontaktör | Üç ana normalde açık kontaklı | 1 adet |
| Yardımcı kontaktör | Bir normalde açık yardımcı kontaklı | 1 adet |
| Düz zaman rölesi | Gecikmeli açılan ve kapanan kontaklı | 2 adet |
| Durdurma butonu | 220 V | 1 adet |
| Başlatma butonu | 220 V | 1 adet |
| Aşırı akım rölesi | Kullanılan motora uygun | 1 adet |
| Sigorta | Bir fazlı ve üç fazlı | 2 adet |




Şekil 8.15: Uygulama şeması

**İşlem Basamakları**

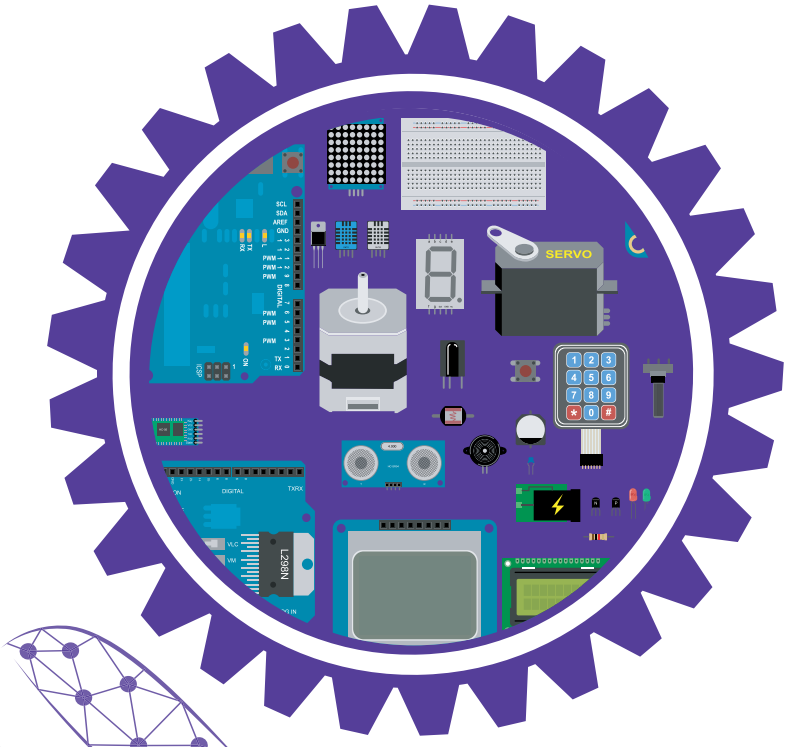
1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Kumanda panosunda Şekil 8.15'teki şemaya göre kumanda ve güç devresi bağlantıları yapılır.
3. Çalıştırma ve durdurma süreleri zaman rölelerinde ayarlanır.
4. Öğretmen kontrolünde devreye enerji verilir.
5. Başlat butonuna basılarak motorun 7 saniye çalıştıktan sonra 10 saniye durması gözlemlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Şekil 8.15'teki kumanda ve güç devresinin yapılması | 40 | |
| 3 | Montajı yapılan sistemin doğru çalışması | 40 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 9. ÖĞRENME BİRİMİ

## KONTROL KARTI DEVRELERİ




## KONULAR

9.1. KONTROL KARTI PROGRAMLAMA
9.2. KONTROL KARTI İLE DC MOTOR SÜRMEK
9.3. KONTROL KARTI İLE LCD KONTROL ETMEK
9.4. KONTROL KARTI İLE SENSÖRLERİ KULLANMAK

## 9.1. KONTROL KARTI PROGRAMLAMA

Kontrol kartları çeşitli elektromekanik işlemlerin otomatik olarak çalıştırılmasında, kontrol edilmesinde önemli bir role sahiptir. Günümüzde otomasyonlu deniz araçlarında çeşitli sistemlerin kontrol ve denetimlerinin yapılmasında kullanılmaktadır. Bir bilgisayar ile programlanarak üzerindeki giriş çıkış birimleri, haberleşme birimleri ile çevre birimlerle kolayca iletişim kurarak yüksek hız, hassasiyet ve güvenlikte gerekli işlemleri yapabilmektedir.

### 9.1.1. Mikrodenetleyiciler

Birçok alanda insan hayatını ve çeşitli sistemlerin çalışmasını kolaylaştırmak için mekanik ve elektronik cihazlar kullanılmaktadır. Bu elektronik cihazların daha işlevsel çalışabilmesi ve aynı anda birçok veriyi işleyerek sistemin kusursuz çalışmasını sağlamak amacıyla mikrodenetleyiciler tercih edilmektedir. Mikrodenetleyiciler, hafızasına yüklenen programı derleyerek elektronik sistem veya cihazın amacına göre sonuçlar elde eden küçük bilgisayarlardır. Bir mikrodenetleyicinin yapısında aşağıdaki birimler bulunmaktadır.

*Merkezi İşlem Birimi (CPU-Central Prosses Unit):* Geçici bellekte (RAM-Random Access Memory) sistemin çalışması için kaydedilmiş olan program verilerini işler ve diğer birimlerle iletişimi sağlar.

*Sadece Okunabilir Bellek (ROM-Read Only Memory):* Sistemin çalışması için gerekli olan program verilerinin kalıcı kayıt edilmesini sağlar.

*Rastgele Erişimli Bellek (RAM-Random Access Memory):* CPU tarafından işlenecek verilerin geçici olarak kaydedilmesini sağlar.

*Giriş / Çıkış (In / Out) Portları:* Mikrodenetleyiciye dış ortamdan gelen veya dış ortama gönderilen dijital veya analog sinyallerin aktarılmasını sağlar.

*Seri / Paralel iletişim portları:* Bir bilgisayar veya farklı bir elektronik sistem ile veri iletişiminin yapılmasını sağlar.

*Analog / Dijital Dönüştürücü:* Dış ortamlardan alınan analog sinyallerin mikrodenetleyici tarafından işlenebilmesi için dijital işarete dönüştürülmesini sağlar.

*Dijital / Analog Dönüştürücü:* Mikrodenetleyici tarafından işlenen dijital verinin, dış ortamda ihtiyaç duyulan birimlerin çalıştırılabilmesi için gerekli olan analog sinyallerin dönüştürülmesini sağlar.

*Saat (Osilatör): S*istemin bütün birimlerinin uyumlu çalışabilmesi için gerekli olan dijital işaretin (saat sinyali) üretilmesini sağlar.

Kontrol kartları, mikrodenetleyici ile birlikte yapılacak olan işin kolaylaştırılması için birçok birimi yapısında bulundurmaktadır. Günümüzde elektronik projelerin gerçekleştirilmesi için üretilmiş farklı özelliklere sahip birçok marka ve model kontrol kartı bulunmaktadır. Bu nedenle yapılacak olan işe göre uygun olan kontrol kartı seçimi, hem sistem performansının iyi olmasını hem de projenin ekonomik olarak gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Görsel 9.1'de açık kaynak kontrol kartı görülmektedir.




Görsel 9.1: Kontrol kartı ve yapısı

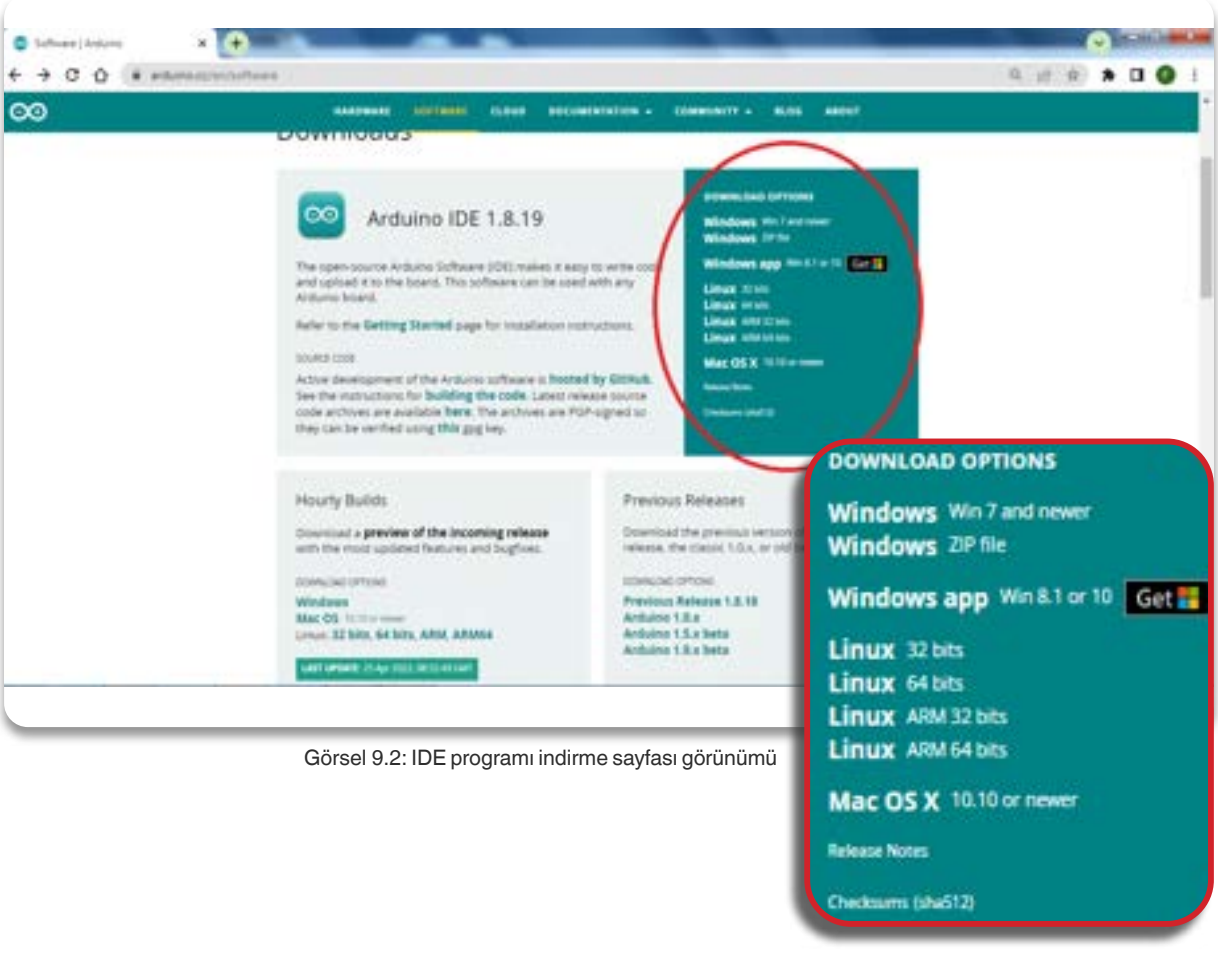
Görsel 9.1'de görülen açık kaynak uygulama kartının en temel özellikleri şu şekildedir:

- USB üzerinden programlama
- Voltaj regülatörü ve güç bağlantısı
- Tanımlanmış Giriş / Çıkış bağlantıları
- Debug (Hata ayıklama)
- Güç ve Rx / Tx (Gönderilen / Alınan veri) LED'ler
- Reset (Yeniden başlatma) butonu
- ICSP (In-Circuit Serial Programmer-Dâhilî seri programlayıcı) bağlantıları

## 9.1.2. IDE (Tümleşik Geliştirme Ortamı) Programının Bilgisayara Kurulumu ve Çalıştırılması

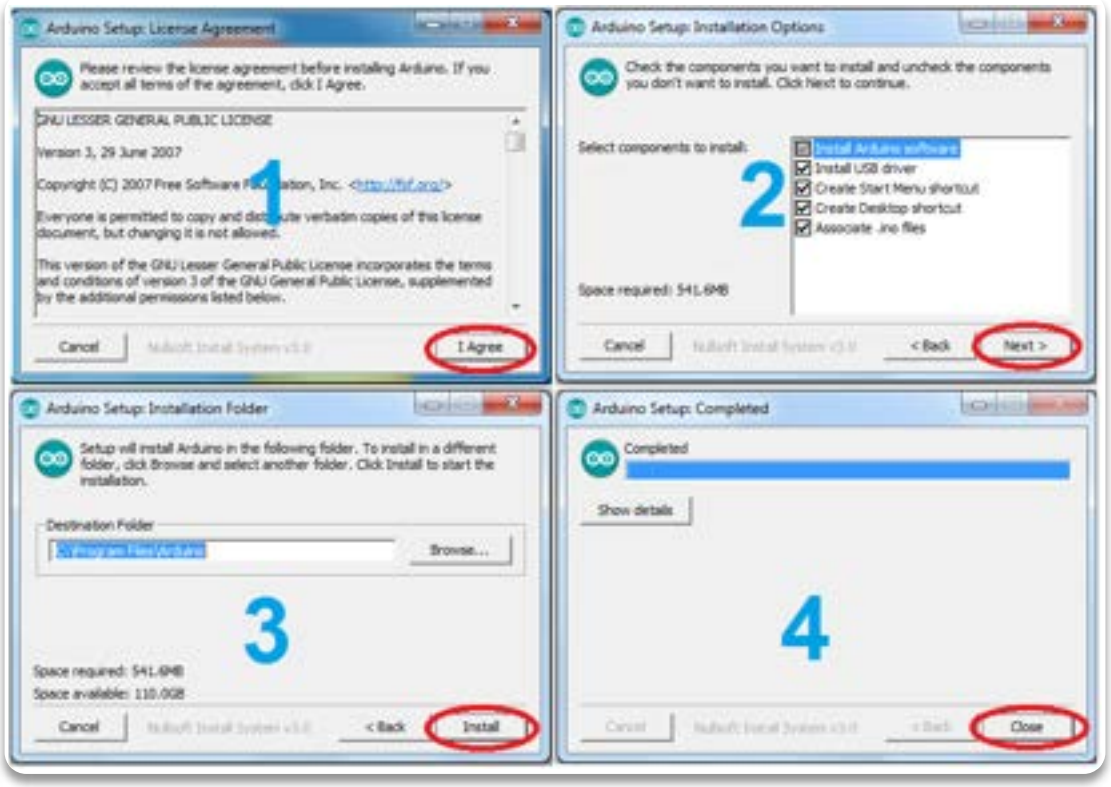
Tümleşik Geliştirme Ortamı (IDE-Integrated Development Environment) gerçekleştirilmek istenen projeye ait program kodlarının derlenerek mikrodenetleyiciye yüklenebilmesi için gerekli olan bilgisayar programıdır. USB (Universal Serial Bus-Evrensel seri veriyolu) bağlantısı ile mikrodenetleyici ve bilgisayar arasında iletişim kurularak bilgisayar ortamında hazırlanan programlar mikrodenetleyiciye aktarılır. IDE programının kullanılacağı kontrol kartı, üreticisinin web sayfasından bilgisayara indirilerek kurulum işlemi yapılacaktır.

**1. Adım:** Bilgisayarınızda internet tarayıcısının adres satırına https://www.arduino.cc/en/software yazarak açılan sayfada bilgisayarınızda yüklü olan işletim sistemine uygun olan IDE versiyonunu indirilir (Görsel 9.2).




Görsel 9.2: IDE programı indirme sayfası görünümü

**2. Adım:** İndirme işlemi tamamlandığında kurulum dosyası çalıştırılır. Kurulum işlemi Görsel 9.3'te işaretlenmiş olan sıralamaya uygun olarak tamamlanır.




Görsel 9.3: IDE programı kurulum aşamaları

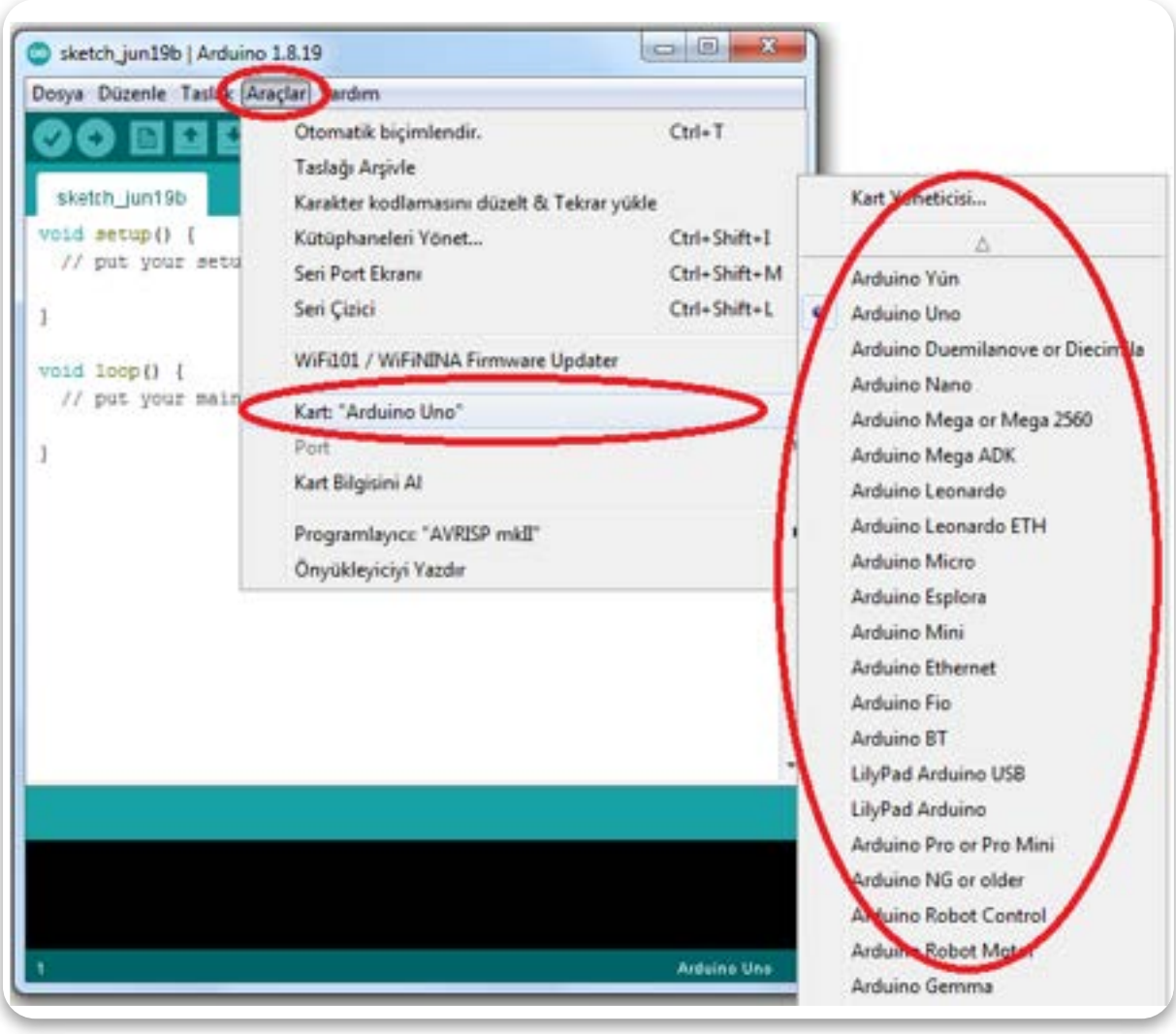
**3. Adım:** Kurulum işlemi tamamlandıktan sonra masaüstünde  ikonundan IDE programı çalıştırılır. Program çalıştırıldığında Görsel 9.4'teki pencere açılacaktır. Bu pencerede imlecin bulunduğu alanda program komutları yazılarak kontrol kartına program yüklemesi yapılabilir. İstenildiği takdirde üst menü seçeneklerinden hazır örnek programlarda kontrol kartına yüklenebilir.




Görsel 9.4: IDE programı ana penceresi

**4. Adım:** Örnek program seçildikten veya hazırlanan kod yazıldıktan sonra USB kablosu ile bilgisayara bağlanan kontrol kartına pencere üst tarafındaki  ikonu ile yükleme yapılır.

**5. Adım:** Programların kontrol kartına yüklenebilmesi için doğru kart modelinin programda seçilmesi gerekir. Bunun için Araçlar menüsünden USB ile bağlanan kart bulunarak seçili duruma getirilmelidir (Görsel 9.5). Eğer kartı tanıtmakta sorun yaşanırsa kartı bağladıktan sonra Araçlar menüsünden Kart Bilgisi Al seçeneği ile kontrol kartı hakkında bilgi alınabilir.



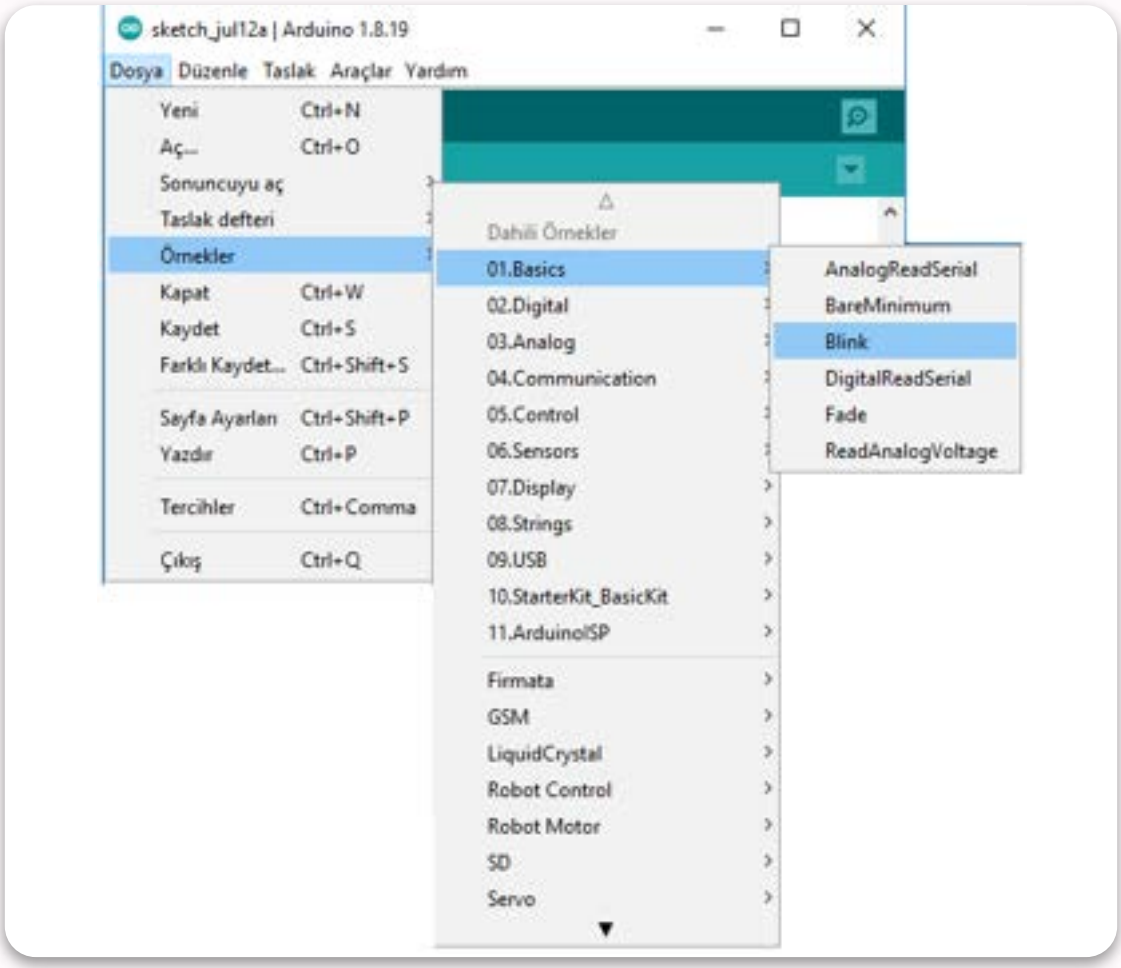

Görsel 9.5: IDE'de kart seçimi

**Amaç:** Kontrol kartına örnek program yüklemesi yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Bilgisayar | | 1 Adet |
| İletken kablo | | 10 Adet |

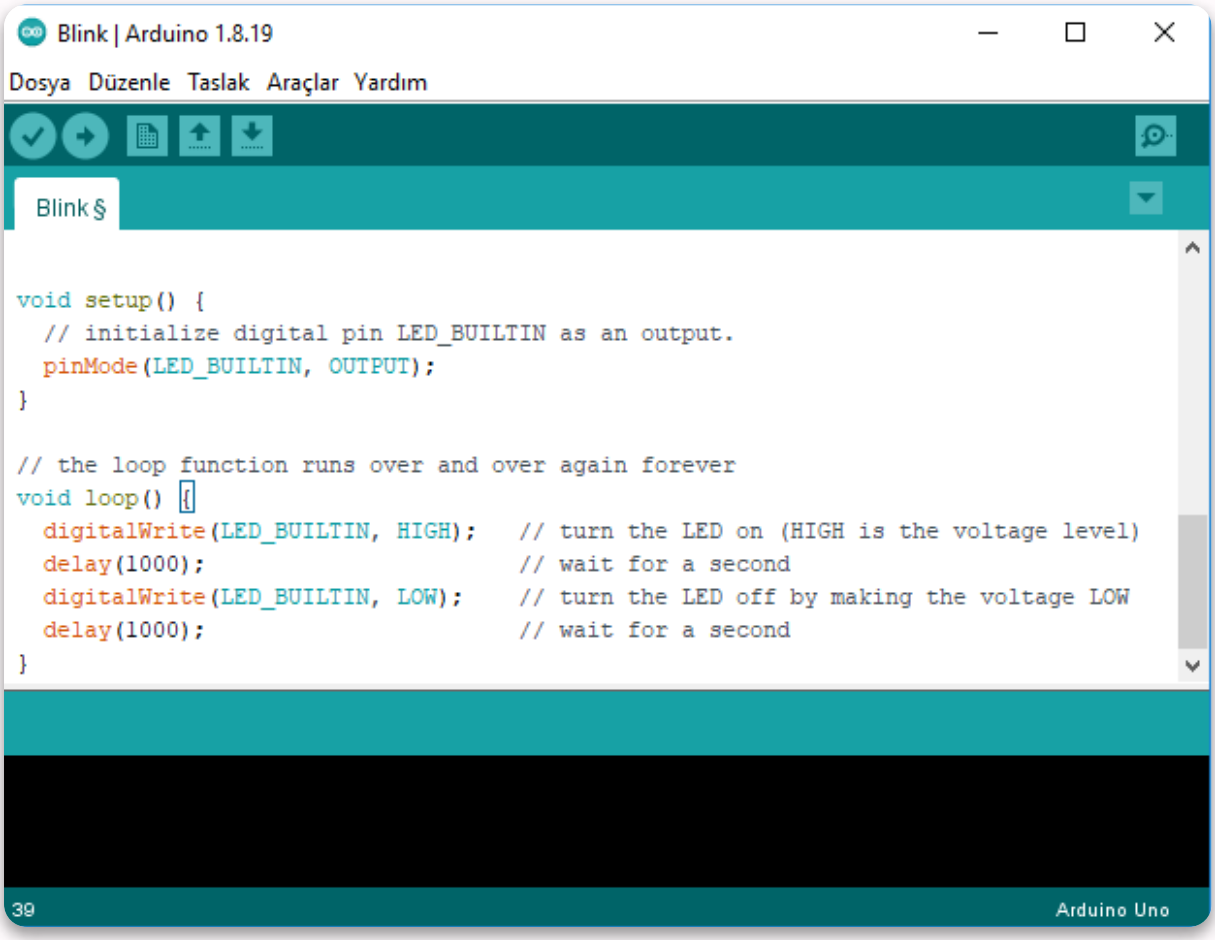
IDE programının kurulumu tamamlandıktan sonra kontrol kartının çalışır durumda olduğunu test etmek amacıyla program içerisinde kodları hazır olarak bulanan örnek programlardan Blink (göz kırpma) programı kullanılacaktır (Görsel 9.6). Blink programı için kontrol kartına herhangi bir devre elemanı bağlanması gerekmemektedir. Bu program kontrol kartı üzerinde bulunan 13 numaralı giriş çıkış portuna bağlı LED'in 1 saniye aralıkla yanıp sönmesini sağlamaktadır.




Görsel 9.6: Kontrol kartına örnek program yüklenmesi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. USB ara bağlantısı ile bilgisayar bağlantısı yapılır.
3. IDE programında uygun olan kart modeli seçilir.
4. Dosya menüsünden Örnekler**/01.Basics** alt menülerinden **Blink** programı seçilir (Görsel 9.6).




Görsel 9.7: Blink programı kodları

5.  ikonuna tıklanarak program derlemesi yapılır (Görsel 9.7).
6.  ikonuna tıklanarak kontrol kartına blink programının yüklemesi yapılır.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Bilgisayar bağlantısının yapılması | 20 | |
| 3 | Uygun kart modelinin seçilmesi | 20 | |
| 4 | Blink programının seçilerek derlenmesi | 20 | |
| 5 | Blink programının kontrol kartına yüklenmesi | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

## 9.2. KONTROL KARTI İLE DC MOTOR SÜRMEK



Bu öğrenme biriminde kontrol kartı kullanılarak bir DC motorunun sürücü devresi ile birlikte nasıl çalıştırılacağı öğrenilecektir. Bu amaçla öncelikle DC motorların yapıları ve çalışma prensipleri öğrenilmelidir.

### 9.2.1. DC Motorlar

Görsel 9.8: DC motorlar

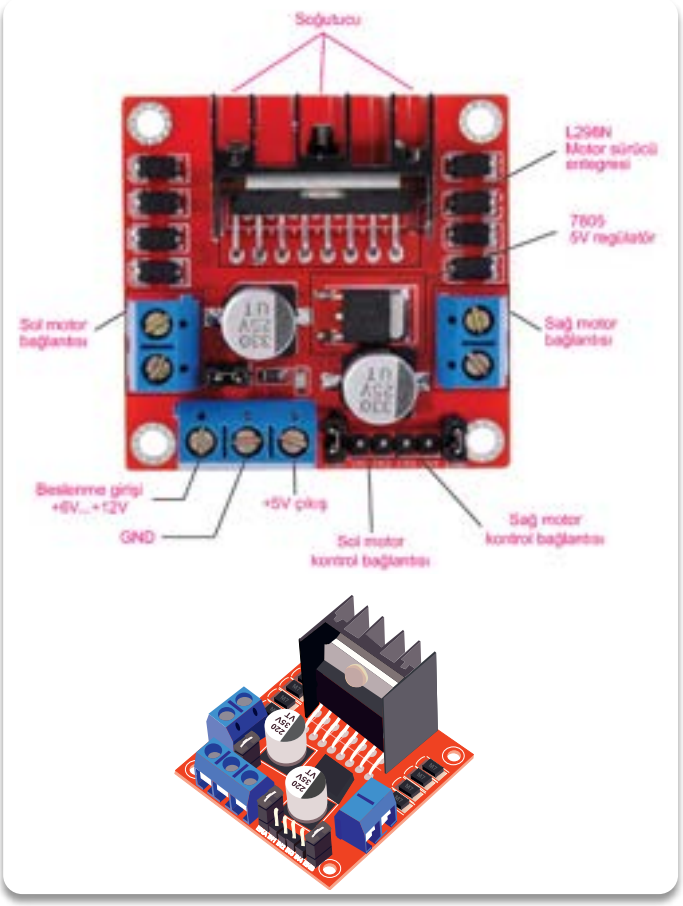
Doğru akımla çalışan ve elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştüren cihazlardır (Görsel 9.8).

Kullanım alanlarına göre farklı boyutlarda, farklı hızlarda ve farklı torka sahip DC motorlar üretilmektedir. Yapı olarak genellikle sabit bir mıknatıs ile oluşturulan manyetik alan içerisindeki iletken sargılara uygulanan doğru akım ile milin hareket etmesi prensibine dayanmaktadır. DC motorlar ile ilgili kullanılan terimler şu şekilde sıralanabilir:

- **Rotor:** DC motorun hareket eden orta kısmındaki sargılı bölümdür.
- **Stator:** DC motorun iç gövdesine sabitlenmiş mıknatıstan oluşan bölümüdür.
- **Fırça:** DC motorun rotor sargılarına elektrik akımının iletilebilmesi için bağlantı uçlarına temas eden parçalardır.
- **Redüktör:** DC motorun hızını belirli bir oranlarda azaltarak torkunun artmasını sağlayan dişli mekanizmadır.
- **Enkoder:** DC motorun devir sayısını ölçmek için kullanılan elektronik devrelerdir.
- **RPM:** (Revolutions Per Minute-Dakikadaki devir sayısı) DC motor rotorunun bir dakikadaki devir sayısıdır.
- **Tork:** DC motorun miline iletilen itme kuvveti ya da dönme momentidir.

### 9.2.2. DC Motor Sürücü Devresi

DC motor sürücü devresi, kontrol kartından gelen kontrol sinyallerini motora ileten elektronik devredir. Kontrol kartlarının çıkış akım değerleri motorları çalıştıracak seviyede olmadığından kontrol kartının zarar görmesini engellemek amacıyla sürücü devreleri tasarlanmaktadır. Görsel 9.9'da L298N entegresi ile yapılmış motor sürücü devresi ve ilgili bağlantıları görülmektedir. Bu sürücü devresi ile iki adet DC motor kontrolü yapılabilmektedir. Kartın sağ ve sol taraflarında bulunan OUT1-OUT2'ye birinci motor, OUT3-OUT4'e ise ikinci motor bağlantısı yapılır. ENA birinci motorun etkinleştirildiği, ENB ise ikinci motorun etkinleştirildiği pindir. Motor hızları yine bu pinler aracılığı ile PWM (Puls Width Modulation-Pals Genişlik Modülasyonu) kullanılarak yapılmaktadır. IN1, IN2, IN3 ve IN4 pinleri giriş pinleri olup kontrol kartına bağlanacaktır. Motorların çalışma hız, süre ve yönleri bu giriş pinlerine gelen kontrol sinyalleri ile belirlenmektedir.



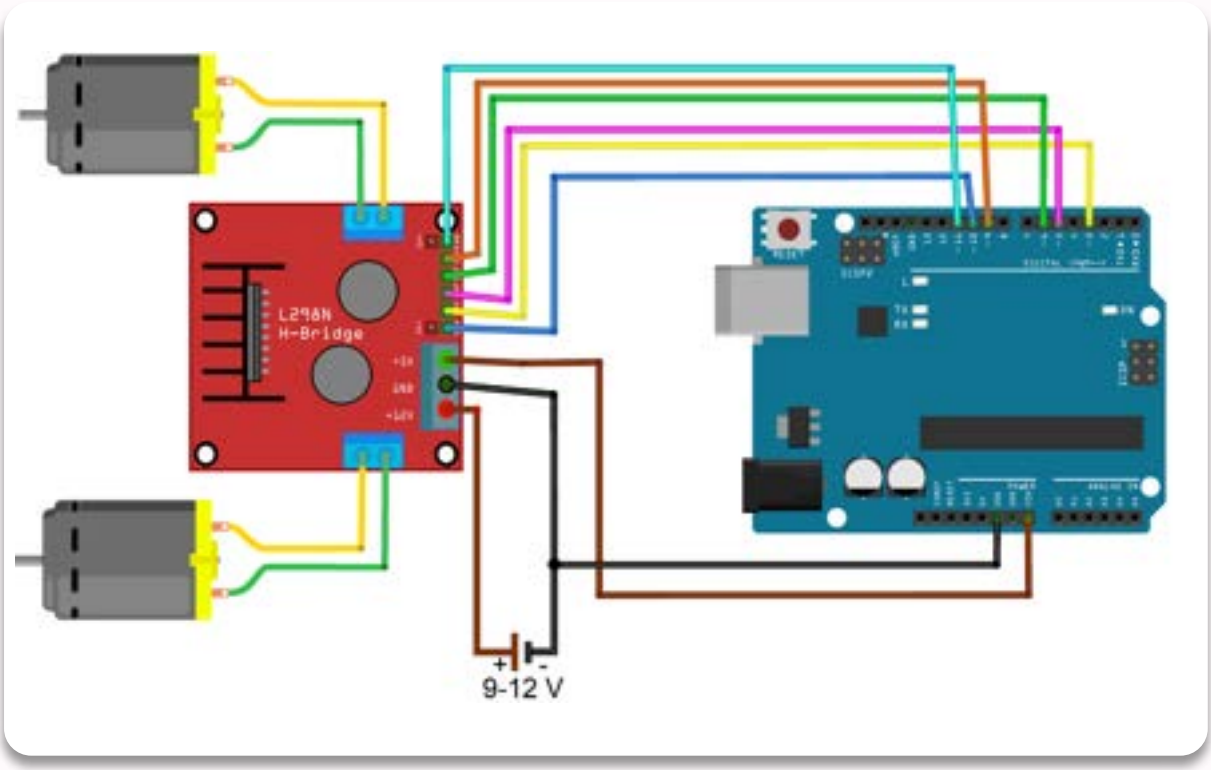

Görsel 9.9: L298N çift motor sürücü devre kartı

**Amaç:** L298N motor sürücü devresi ve kontrol kartı ile DC motor sürmek.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Motor sürücü devresi | L298N entegreli | 1 Adet |
| DC motor | 12 Volt DC | 2 Adet |
| Bağlantı kabloları | Çeşitli renklerde | 20 Adet |

Görsel 9.10'daki devrede L298N entegreli sürücü devresine bağlı olan DC motorları 3 saniye saat yönünde döndürüldükten sonra 2 saniye durduracak, ardından motorları saat yönünün tersinde 3 saniye döndürecek program yazılarak kontrol kartına yükleyiniz. Uygulamanın sorunsuz çalışması için aşağıdaki işlem basamakları sırayla gerçekleştiriniz.




Görsel 9.10: L298N sürücü devresi ve kontrol kartı ile DC motor kontrolü

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Görsel 9.10'daki devre kurulur.
3. Kontrol kartı ve bilgisayar bağlantısı yapılır.
4. Bilgisayarda IDE programı açılarak kod giriş ekranına aşağıdaki komut satırları yazılır.
5. Yazılan kodlar derlenerek kontrol kartına yüklenir.
6. Uygulamanın yukarıda yazılan kodlara uygun olarak çalıştığı gözlenir.

```
const int Enable_A = 10;
const int Enable_B = 11;
const int inputA1 = 3;
const int inputA2 = 5;
const int inputB1 = 6;
const int inputB2 = 9;
void setup()
{
pinMode(Enable_A, OUTPUT);
pinMode(Enable_B, OUTPUT);
pinMode(inputA1, OUTPUT);
pinMode(inputA2, OUTPUT);
pinMode(inputB1, OUTPUT);
pinMode(inputB2, OUTPUT);
}
void loop()
{
digitalWrite(Enable_A, HIGH);
digitalWrite(Enable_B, HIGH);
digitalWrite(inputA1, HIGH);
digitalWrite(inputA2, LOW);
digitalWrite(inputB1, HIGH);
digitalWrite(inputB2, LOW);
delay(3000);
digitalWrite(Enable_A, LOW);
digitalWrite(Enable_B, LOW);
delay(2000);
digitalWrite(Enable_A, HIGH);
digitalWrite(Enable_B, HIGH);

digitalWrite(inputA1, LOW);
digitalWrite(inputA2, HIGH);

digitalWrite(inputB1, LOW);
digitalWrite(inputB2, HIGH);
delay(3000);
digitalWrite(Enable_A, LOW);
digitalWrite(Enable_B, LOW);
delay(2000);
}
```

Pin girişlerinin tanımlaması yapılır.

Pin girişlerine atama yapılır.

Döngü içerisinde tanımlanış pin girişlerine durumlar yazdırılır ve 3 saniye beklenir.

10 ve 11. pin girişleri kapatılır ve 2 saniye beklenir.

3. pin kapatılır 5. pin açılır.

6. pin kapatılır 9. pin açılır ve 3 saniye beklenir.

10 ve 11. pin girişleri açılır ve 2 saniye beklenir.

10. ve 13. pin kapatılır ve 2 saniye beklenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Görsel 9.10'daki devrenin kurulması | 30 | |
| 3 | 4. işlem basamağında belirtilen kodların IDE programında yazılarak kontrol kartına yüklenmesi | 30 | |
| 4 | Uygulamanın doğru şekilde çalıştırılması | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

## 9.3. KONTROL KARTI İLE LCD KONTROL ETMEK

LCD [Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)] çalışması, elektrik akımı ile polarize olan sıvının ışığı tek yönlü geçirerek ekranda görüntü elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Birçok çeşidi bulunmakla beraber Görsel 9.11'de 1602 model LCD ekran görülmektedir. Bu model LCD'de 2 satır ve her satırda 16 karakterin görüntülenebildiği toplam 32 karakter bulunur. Karakterler bağlantı pinleri aracılığı ile kontrol kartından ekrana gönderilen sinyaller ile ekranda görüntülenebilmektedir. Pin numara ve görevleri Tablo 9.1'de listelenmiştir.



Görsel 9.11: 1602 LCD ekran

Tablo 9.1: 1602 LCD Ekran Bağlantı Pinleri Açıklaması

| PİN NO. | KODU | KONTROL KARTI BAĞLANTISI | AÇIKLAMA |
|---|---|---|---|
| 1 | GND | GND | LCD ekran GND besleme pini |
| 2 | Vcc | 5 V | LCD ekran +5 Volt besleme pini |
| 3 | V0 | 10 KΩ Pot | LCD ekranda karakterlerin görünürlük ayarı için kullanılır. |
| 4 | RS | D12 | RS (Register Select) pini 0 ise komut, 1 ise veri gönderilir. |
| 5 | RW | GND | RW (Read/Write) pini 0 ise ekrana yazma, 1 ise ekrandan okuma. |
| 6 | E | D11 | E (Enable) pini kontrol kartından gelen sinyaller için kullanılır. |
| 7 | DB0 | Kullanılmıyor | Veri giriş pini |
| 8 | DB1 | Kullanılmıyor | Veri giriş pini |
| 9 | DB2 | Kullanılmıyor | Veri giriş pini |
| 10 | DB3 | Kullanılmıyor | Veri giriş pini |
| 11 | DB4 | D5 | Veri giriş pini |
| 12 | DB5 | D4 | Veri giriş pini |
| 13 | DB6 | D3 | Veri giriş pini |
| 14 | DB7 | D2 | Veri giriş pini |
| 15 | LED+ | 5 V | LCD arka aydınlatma LED'i için anot ucu |
| 16 | LED- | GND | LCD arka aydınlatma LED'i için katot ucu |

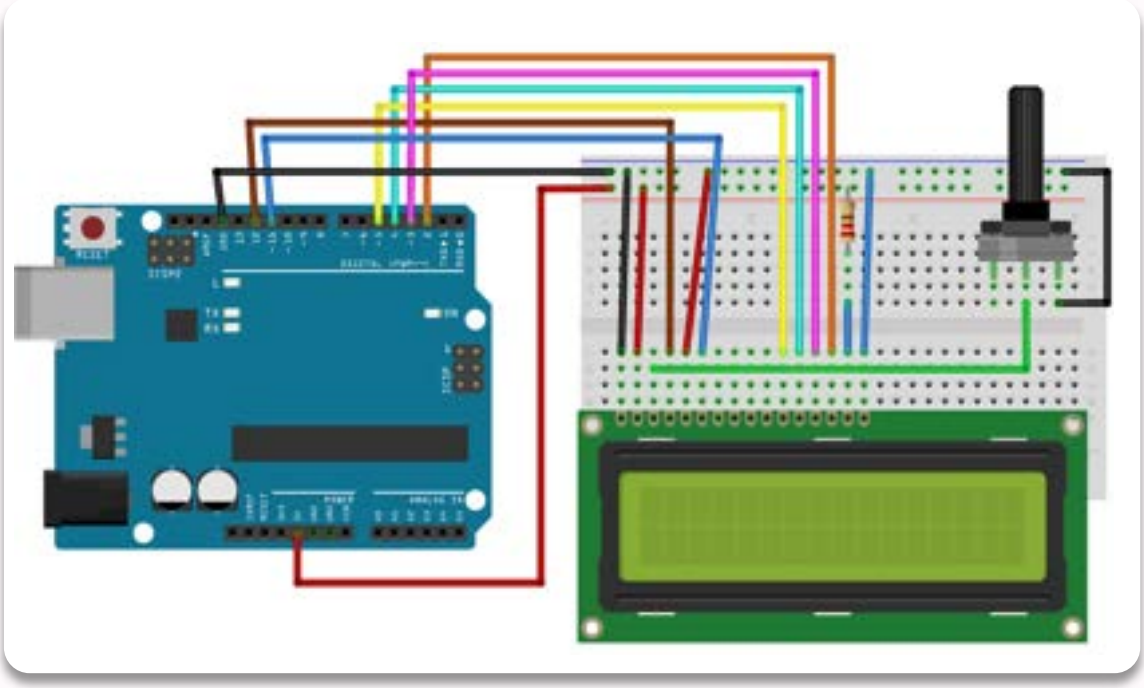
**Amaç:** Kontrol kartı ile LCD ekranda "Hello World" uygulaması yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Breadboard | | 1 Adet |
| LCD display | 16x2 | 1 Adet |
| Direnç | 220 Ω | 1 Adet |
| Potansiyometre | 10 KΩ | 1 Adet |
| Bağlantı kabloları | Çeşitli renklerde | 20 Adet |

Bu uygulamada kullanılan program kodlarına ait açıklama şu şekildedir:

- **const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;** komutunda LCD pinlerinin kontrol kartına bağlanan portları için değişkenler tanımlanmıştır.
- **LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);** komutunda bu bağlantı pinlerini kullanan "lcd" adında "LiquidCrystal" nesnesi tanımlanmıştır.
- **void setup() fonksiyonu içinde lcd.begin(16, 2);** komutunda 2 satır 16 karakterden oluşan "LCD" nesnesi kullanıma açılmıştır.
- **lcd.print("hello, world!");** komutu ekrana yazı yazdırma komutudur.
- **void loop() fonksiyonu içinde lcd.setCursor(0, 1);** komutuyla LCD ekran imleci 0. sütun 1. satır konumuna getirilmiştir.
- LCD ekranda yazılacak karakterler ilk satır için (0,0), (1,0), (2,0), (3,0)… (15,0) şeklinde gider.
- LCD ekranda yazılacak karakterler ikinci satır için ise (0,1), (1,1), (2,1), (3,1)… (15,1) şeklinde gider.



Görsel 9.12: Kontrol kartı ve LCD ekran ile "Hello World" uygulama devre bağlantısı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Görsel 9.12'deki devre breadboard üzerinde kurulur.
3. Kontrol kartı ve bilgisayar bağlantısı yapılır.
4. Bilgisayarda IDE programı açılarak Dosya menüsünden "Örnekler / LiquidCristal / HelloWorld" alt menü seçeneği seçilir.
5. IDE program ekranında aşağıdaki komut satırları görülerek derleme yapılır.

```
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
```
LCD pinlerinin kontrol kartına bağlanan portları için değişkenler tanımlanır.

```
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
```
LCD pinlerinin kontrol kartına bağlanan portları için değişkenler tanımlanır.

```
void setup() {
lcd.begin(16, 2);
```
2 satır 16 karakterden oluşan "LCD" nesnesi kullanıma açılır.

```
lcd.print("hello, world!");
}
```
2 satır 16 karakterden oluşan "LCD" nesnesi kullanıma açılır.

```
void loop() {
```
"hello, world!" yazısı ekrana yazdırılır.

```
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(millis() / 1000);
}
```
LCD ekran imleci 0. sütun 1. satır konumuna getirilir ve ikinci yazdırma için 1 saniye beklenir.

6. Derlemesi yapılan kodlar kontrol kartına yüklenir.
7. LCD ekranda "Hello World" yazısı gözlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Görsel 9.12'deki devrenin kurulması | 30 | |
| 3 | 4 ve 5. işlem basamaklarında belirtilen kodların IDE programında yazılarak kontrol kartına yüklenmesi | 30 | |
| 4 | Uygulamanın doğru şekilde çalıştırılması | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

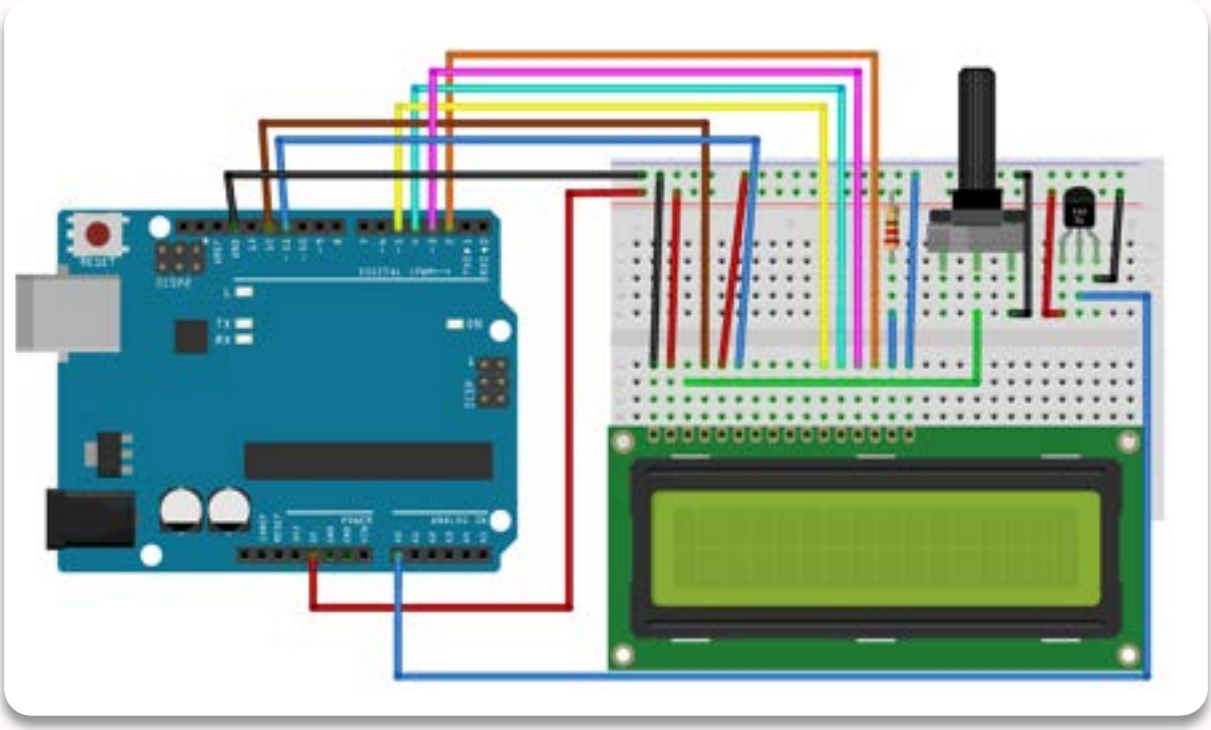
## 9.4. KONTROL KARTI İLE SENSÖRLERİ KULLANMAK

**Amaç:** Kontrol kartı ile TMP36 sensörünü kullanarak sıcaklık ölçümü yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Breadboard | | 1 Adet |
| LCD display | 16x2 | 1 Adet |
| Direnç | 220 Ω ve 10 KΩ | 2 Adet |
| Potansiyometre | 10 KΩ | 1 Adet |
| Sıcaklık sensörü | TMP36 | 1 Adet |
| Bağlantı kabloları | Çeşitli renklerde | 20 Adet |

TMP36 sıcaklık sensörü başta dijital termometreler olmak üzere sıcaklığın sayısal değer olarak ifade edilmesi istenen birçok elektronik devrede kullanılmaktadır. Katalog değerlerine göre -40 ile +125 derece arasında ölçüm yapabilmektedir. Bu uygulamada TMP36 sensörü ile ölçülen sıcaklık değerini bir kontrol kartı kullanarak LCD ekranda görülmesi için gerekli devre bağlantısı ve program kodları öğrenilecektir.



Görsel 9.13: Kontrol kartı ve TMP36 sensörü ile sıcaklık ölçümü devre bağlantısı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Görsel 9.13'teki devre breadboard üzerinde kurulur.
3. Kontrol kartı ve bilgisayar bağlantısı yapılır.
4. Bilgisayarda IDE programı açılarak aşağıdaki komut satırları yazılarak derleme yapılır.

```
#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;

LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
lcd.begin(16, 2);
lcd.print("SICAKLIK");
}
void loop() {
int sensor = analogRead(A0);
float analog = sensor * 5.0;
analog = analog /1024.0;
float c = (analog - 0.5) * 100 ;

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(c);
lcd.setCursor(5, 1);
lcd.print("C");
}
```

LCD pinlerinin kontrol kartına bağlanan portları için değişkenler tanımlanır.

Bağlantı pinlerini kullanan "lcd" adında "LiquidCrystal" nesnesi tanımlanır.

2 satır 16 karakterden oluşan "LCD" nesnesi kullanıma açılır ve ekrana "SICAKLIK" kelimesi yazdırılır.

A0 pinindeki sensör değeri okunur.

Santigrad değerini bulmak için gerekli hesaplamalar yapılır.

İmleç 1. satır 0. karaktere getirilir ve sıcaklık değeri ekrana yazdırılır.

İmleç 1. satır 5. karaktere getirilir ve "C" harfi ekrana yazdırılır.

**5.** Derlemesi yapılan kodlar kontrol kartına yüklenir.

**6.** TMP36 sensör ısısı değiştirilerek LCD ekranda sıcaklık değerinin değiştiği gözlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

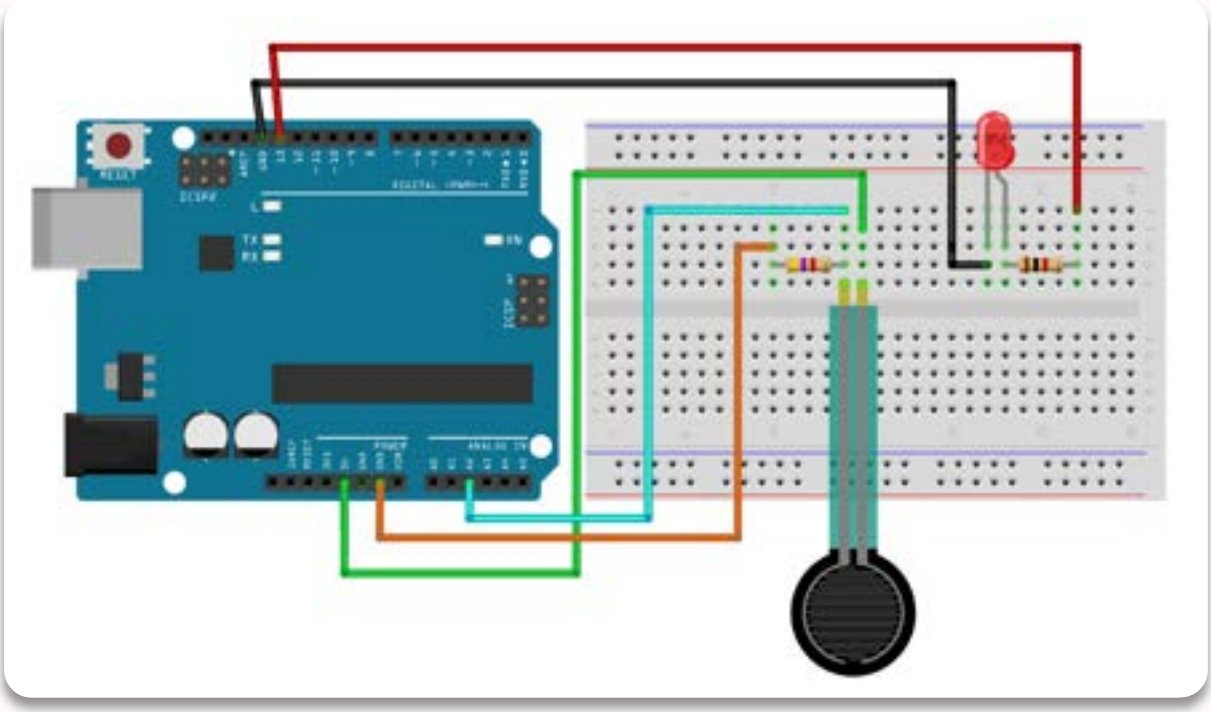
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Görsel 9.13'teki devrenin kurulması | 30 | |
| 3 | 4. işlem basamağında belirtilen kodların IDE programında yazılarak kontrol kartına yüklenmesi | 30 | |
| 4 | Uygulamanın doğru şekilde çalıştırılması | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Kontrol kartı ve basınç sensörü kullanarak LED yakmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Breadboard | | 1 Adet |
| Direnç | 4,7 KΩ, 1 KΩ | 2 Adet |
| LED | Kırmızı | 1 Adet |
| Dairesel Sensör | Kuvvete Duyarlı | 1 Adet |
| Bağlantı kabloları | Çeşitli renklerde | 5 Adet |

Bu uygulamada kuvvete duyarlı sensör ve kontrol kartı kullanılarak düşük ışık seviyesinde yanan LED'in sensöre bir basınç uygulandığında kısa aralıklarla yanıp sönmesini sağlayan devre yapımı gösterilecektir. Gecikme süresi "delay" (val) olarak tanımlanarak sensörden alınan verinin de val değişkenine bağlandığı için kuvveti arttırdıkça val değişkeni artacak ve LED'in yanıp sönme aralığı da buna bağlı artacaktır. Basıncın çok azaldığı durumda ise LED çok kısa süreli aralıklarla yanıp sönecek ve sürekli yanıyormuş gibi görünecektir. Basınç sensörü Görsel 9.14'te görüldüğü gibi kontrol kartının 5 V, GND ve A2 bağlantı noktalarına bağlanır. LED ise 1 KΩ'luk seri direnç ile GND ve 13. pine bağlanır.



Görsel 9.14: Kontrol kartı ile basınç sensörü kullanımı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Görsel 9.14'teki devre breadboard üzerinde kurulur.
3. Kontrol kartı ve bilgisayar bağlantısı yapılır.
4. Bilgisayarda IDE programı açılarak aşağıdaki komut satırları yazılarak derleme yapılır.

```
int fsrPin = A2;
int ledPin = 13;
int val = 0;
void setup()
{
pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
void loop()
{
  val = analogRead(fsrPin);
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(val);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(val);
}
```

Pin girişlerinin tanımlaması yapılır.

13. pin çıkış pini olarak tanımlanır.

Sensörden alınan veri "val" değişkenine bağlanır. Değer arttıkça LED'in yanıp sönme aralığı artar.

**5.** Derlemesi yapılan kodlar kontrol kartına yüklenir.

**6.** Basınç sensörüne farklı basınç kuvveti uygulanarak LED'in yanıp sönme süresi gözlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| **1** | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| **2** | Görsel 9.14'teki devrenin kurulması | 30 | |
| **3** | 4. işlem basamağında belirtilen kodların IDE programında yazılarak kontrol kartına yüklenmesi | 30 | |
| **4** | Uygulamanın doğru şekilde çalıştırılması | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

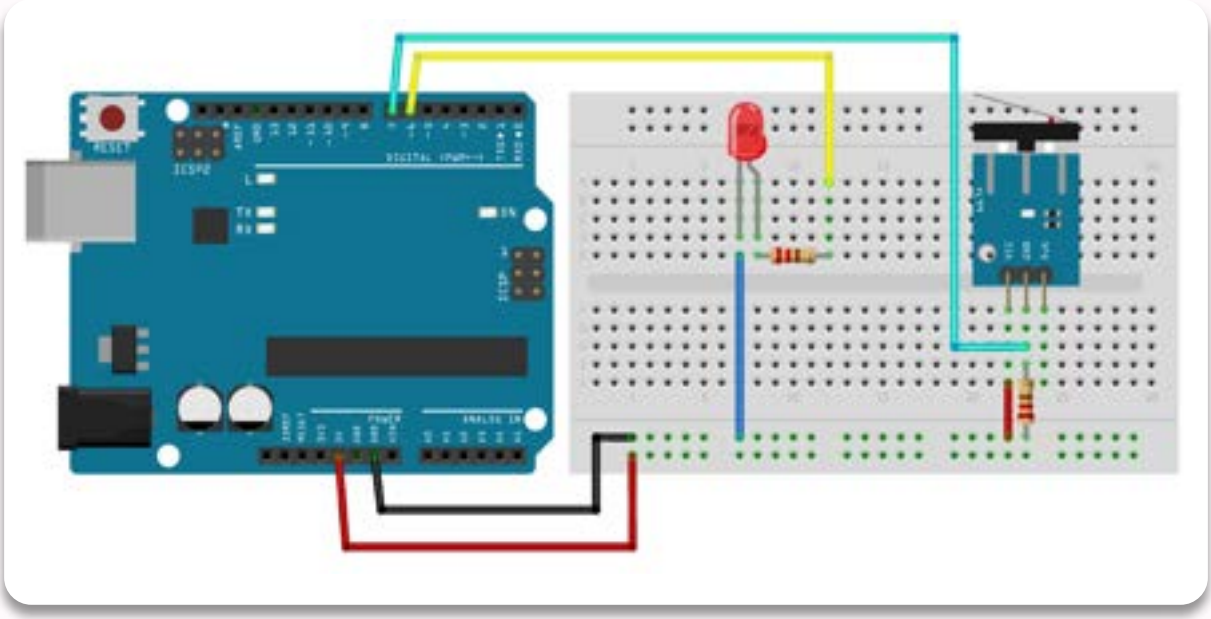
**Amaç:** Kontrol kartı ve limit anahtarı kullanarak LED yakmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Breadboard | | 1 Adet |
| Direnç | 220 Ω | 2 Adet |
| LED | Kırmızı | 1 Adet |
| Limit Anahtarı | | 1 Adet |
| Bağlantı kabloları | Çeşitli renklerde | 10 Adet |

Limit anahtarı mekanik sistemlerde bir hareket alanının sınırlandırılması istenen durumlarda kullanılmaktadır. Örneğin bir su deposunda suyun yükselmesi istenen en son seviyenin belirlenmesinde veya bir kayar kapının açılacağı son noktanın belirlenmesinde ve buna benzer birçok yerde tercih edilir. Limit anahtarı bir nevi devre (akım) kesici olarak çalışmakta ve sistemde çalışan elemanın çalışmasını durdurmak için kullanılmaktadır.

Görsel 9.15'te bir limit anahtarı ile bir LED'in kontrolünün yapıldığı devre bağlantısı görülmektedir. Devrede bir adet limit anahtarı ile bir LED'in kontrolü yapılmaktadır. Uygulamayı gerçekleştirmek için aşağıda belirtilmiş olan işlem basamaklarını sıra ile yerine getiriniz.



Görsel 9.15: Kontrol kartı ile limit anahtarı kullanımı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Görsel 9.15'teki devre breadboard üzerinde kurulur.
3. Kontrol kartı ve bilgisayar bağlantısı yapılır.
4. Bilgisayarda IDE programı açılıp aşağıdaki komut satırları yazılarak derleme yapılır.

```
int anahtar = 7;
int anahtardurum = 0;
int led = 6;
void setup() {
  pinMode(anahtar,INPUT);
  pinMode(led,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
   anahtardurum = digitalRead(anahtar);
   Serial.println(anahtardurum);
   if (anahtardurum = 1){
   Serial.println("Led acik");
   digitalWrite(led,HIGH);
   }
   else {
   Serial.println("Led kapali");
   digitalWrite(led,LOW);
   }
}
```

Anahtar ve LED pinlerinin ataması yapılır.

Giriş-çıkış pin atamaları yapılır.
Seri port iletimi başlatılır.

Anahtar giriş durumu okunur.

Anahtar durumunun 1 olması durumunda LED yakılır.

Anahtar durumu ekrana yazılarak durumun 0 olması durumunda LED söndürülür.

**5.** Derlemesi yapılan kodlar kontrol kartına yüklenir.

**6.** Limit anahtarının durumu değiştirilerek LED'in yanıp sönmesi gözlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| **1** | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| **2** | Görsel 9.15'teki devrenin kurulması | 30 | |
| **3** | 4. işlem basamağında belirtilen kodların IDE programında yazılarak kontrol kartına yüklenmesi | 30 | |
| **4** | Uygulamanın doğru şekilde çalıştırılması | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Kontrol kartı ve gaz sensörü ile gaz ve duman algılayıcı devre kurmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Breadboard | | 1 Adet |
| Gaz sensörü | MQ-2 | 1 Adet |
| Bağlantı kabloları | Çeşitli renklerde | 5 Adet |

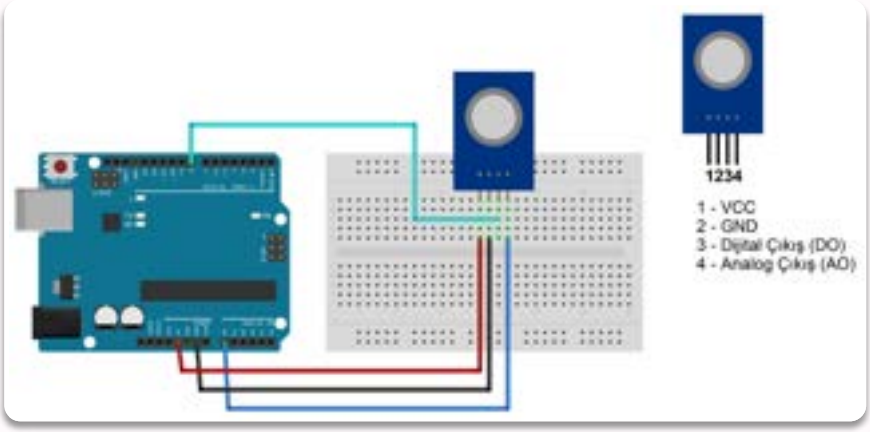
İç yapılarında çeşitli gazları algılayabilen bir tel, ısıtıcı eleman ve bir yük direnci bulunan gaz sensörlerinin çalışma prensibi genellikle birbirlerine çok benzemektedir (Görsel 9.16). Isıtıcı elemanın etkisiyle ısınan gaz algılayıcı telin direncinde bir değişim meydana getirir. Bir yük direnci ile bu direnç değişimi 0 ile 5 Volt arasında eşdeğer bir gerilime çevrilir. Yük direnci pini ise kontrol kartının analog giriş pinlerinden birine bağlanarak bilgi aktarımı sağlanır. Fiyatlarının uygunluğu ve kullanışlı olmalarından dolayı MQ serisi gaz sensörleri kontrol kartları ile birlikte sıklıkla kullanılmaktadır (Tablo 9.2). MQ serisi gaz sensörlerinde analog çıkış (Analog Out-AO) ile birlikte dijital bir çıkış da (Digital Out-DO) bulunmaktadır. Analog çıkış geriliminde belli bir seviyenin üzerine ulaşıldığında dijital çıkış aktif konuma gelmektedir. Bu seviye sensör modülünde bulunan bir trimpot elemanı ile ayarlanabilmektedir.



Görsel 9.16: Kontrol kartı ile kullanılan MQ-2 gaz sensörü

Tablo 9.2: MQ Serisi Gaz Sensörleri ve Özellikleri

| SERİ ADI | ALGILANAN GAZ TÜRÜ |
|---|---|
| MQ2 | Metan, Bütan, LPG ve Sigara Dumanı |
| MQ3 | Alkol |
| MQ4 | Metan ve CNG gazı |
| MQ5 | Doğalgaz ve LPG |
| MQ6 | LPG ve Bütan gazı |
| MQ7 | Karbonmonoksit gazı |
| MQ8 | Hidrojen gazı |
| MQ9 | Karbonmonoksit ve yanıcı gazlar |
| MQ135 | Hava kalitesi (NH3, Alkol buharı, Duman ve $CO_2$) |
| MQ137 | Amonyak ($NH_3$) |




Görsel 9.17: Kontrol kartı ile MQ-2 gaz sensörü kullanımı

Görsel 9.17'de uygulaması yapılacak devre ile MQ-2 sensörünün analog çıkış (A0) pinindeki analog gerilim değeri okunarak belirlenen değerin üzerinde bir değerde gaz veya duman algılandığında ekran üzerinde kodlanan mesaj gösterilmektedir.

.....►

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Görsel 9.17'deki devre breadboard üzerinde kurulur.
3. Kontrol kartı ve bilgisayar bağlantısı yapılır.
4. Bilgisayarda IDE programı açılarak aşağıdaki komut satırları yazılıp derleme yapılır.

```
#define MQ2pin (0)
float sensorValue;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Algılayıcı hazırlanıyor!");
  delay(20000);
}
void loop()
{
  sensorValue = analogRead(MQ2pin);
    Serial.print("Sensor Value: ");
  Serial.print(sensorValue);
    if(sensorValue > 300)
  {
    Serial.print(" | Duman Algılandı!");
  }
    Serial.println("");
  delay(2000);
}
```

MQ2 analog pini kontrol kartı analog pinine tanımlanır. Sensör değerini kaydetmek için sensor Value adlı bir değişken tanımlanır.

Bilgisayar ile kontrol kartı arasında seri haberleşme başlatılır ve sensörün ısınarak hazır olabilmesi için 20 saniye beklenir.

Sensör değeri analogRead() işleviyle okunarak ekranda görüntülenir.

Algılanan gaz seviyesi 300'den büyük bir değer olduğunda ekranda "Duman Algılandı!" mesajı görüntülenir.

Sensörün tekrar hazırlanması için 2 saniye beklenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 20 | |
| 2 | Görsel 9.17'deki devrenin kurulması | 20 | |
| 3 | 4. işlem basamağında belirtilen kodların IDE programında yazılarak kontrol kartına yüklenmesi | 30 | |
| 4 | Uygulamanın doğru şekilde çalıştırılması | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** Python ile kontrol kartlarının kontrolünü yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| Kontrol kartı | Temel özelliklere sahip | 1 Adet |
| Breadboard | | 1 Adet |
| Direnç | 220 Ω | 1 Adet |
| LED | Kırmızı | 1 Adet |
| Bağlantı kabloları | Çeşitli renklerde | 5 Adet |

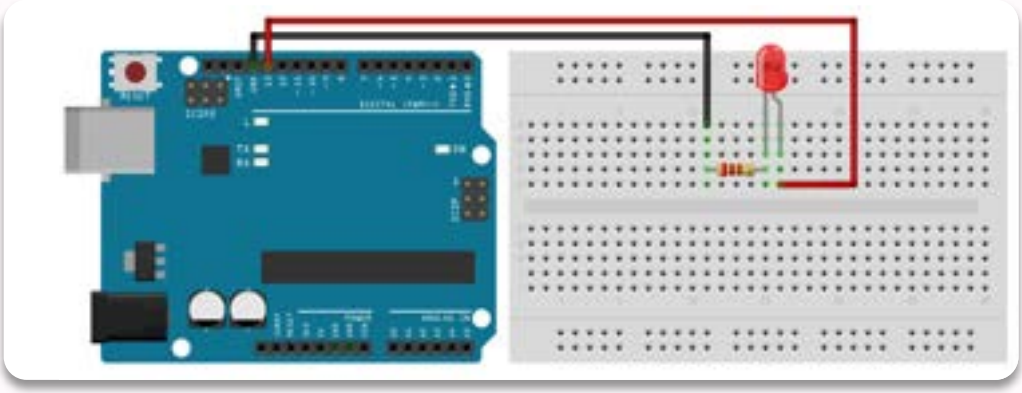
Tercih edilen en popüler programlama dillerinin başında Python programlama dili gelmektedir. Bu dil ile matematiksel veya istatistiki işlemler, yapay zekâ çalışmaları, görüntü işleme teknolojileri, büyük verilerin işlenmesi ve görüntülenmesi gibi birçok alanda hazırlanmış kütüphane ve kaynak bulunmaktadır. Hazır kaynaklardan yararlanarak veya kendiniz bu programlama dilini öğrenip geliştirerek birçok projeyi gerçekleştirebilirsiniz. Ayrıca yine bu dil ile hazırladığınız programları kullanarak kontrol kartlarıyla hazırladığınız birçok projeyi birlikte çalıştırabilirsiniz. Bunları yapabilmeniz için gerekli olan Python kurulum dosyalarını https://www.python.org adresinden indirerek bilgisayarınıza kurmanız gerekmektedir. Bilgisayarınıza yüklü olan işletim sistemine uygun olan Python kurulumunu tamamladıktan sonra kontrol kartınızı Python dilinde yazdığınız programlar ile kontrol edebilirsiniz.

Python programı ile kontrol kartı arasındaki iletişim iki şekilde yapılmaktadır.

Birinci yöntem; Firmata eklentisinin kontrol kartına yüklenmesidir. Firmata protokolü bilgisayarınızda bulunan herhangi bir yazılımın Firmata kurulu bir kontrol kartı ile haberleşmesini sağlar. Bunun için "**Dosya/Örnekler/Firmata/StandartFirmata"** sekmesinden yükleme yapılmalıdır. Python editöründe ise pyFirmata kütüphanesinin yüklenmesi ile Python ve kontrol kartı arasındaki iletişim sağlanmış olur. Bu kütüphaneyi "**pip install pyfirmata**" komutu ile yükleyebilirsiniz.

İkinci yöntem; seri portun diğer yazılımlar ile veri iletişimi için açılmasıdır. Bunun için "serial" modülünün kontrol kartına yüklenmesi gerekir. Yüklemeyi yapmak için "**Dosya/Örnekler/04.Comminication/ PhysicalPixel"** sekmesinden yükleme yapılmalıdır. Python editöründe ise pySerial kütüphanesinin yüklenmesi ile Python ve kontrol kartı arasındaki iletişim sağlanmış olur. Bu kütüphaneyi "**pip install pyserial**" komutu ile yükleyebilirsiniz.

Bu uygulamada Pythonda yazılmış program ile kontrol kartına bağlı bir LED kontrol edilecektir. Bunun için Görsel 9.18'deki devreyi kurarak işlem basamaklarında belirtilen işlemleri sıra ile gerçekleştiriniz.



Görsel 9.18: Pyhton programlama dili ile kontrol kartı uygulama devresi

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Görsel 9.18'deki devre breadboard üzerinde kurulur.
3. Kontrol kartı ve bilgisayar bağlantısı yapılır.
4. Bilgisayarda IDE programı açılarak aşağıdaki komut satırları yazıldıktan sonra derleme yapılarak kontrol kartına yüklenir (Not: Kontrol kartına yüklenecek örnek kod "**Dosya/Örnekler/04. Comminication/PhysicalPixel**" menü seçeneğinden seçilebilir.).

```
const int ledPin = 13;
int incomingByte;
void setup() {
  // initialize serial communication:
  Serial.begin(9600);

  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
void loop() {
    if (Serial.available() > 0) {
    incomingByte = Serial.read();
     if (incomingByte == 'H') {
      digitalWrite(ledPin, HIGH);
    }
    if (incomingByte == 'L') {
      digitalWrite(ledPin, LOW);
    }
  }
}
```

Seri iletişimi başlatılır. LED pini çıkış olarak atanır.

Gelen seri veri kontrolü yapılır. Seri arabellekteki en eski baytı okunur.

Okunan veri "H" ise LED yakılır, "L" ise söndürülür.

5. Python editöründe aşağıdaki komut satırları yazılır [Kontrol kartının bilgisayara bağlandığı port (burada COM4 olarak seçili) numarasını kontrol ederek programa doğru şekilde giriniz.].

```
>>> import serial
>>> import time

>>> ser = serial.Serial('COM4', 9600)  # open serial port
>>> time.sleep(2)                      # wait 2 seconds
>>> ser.name()
'COM4'
>>> ser.write(b'H')
# LED turns on
>>> ser.write(b'L')
# LED turns off
>>> ser.write(b'H')
# LED turns on
>>> ser.write(b'L')
# LED turns off

>>> ser.close()
>>> exit()
```

Seri port ve zaman modülü yüklenir.

Seri port başlatılır ve 2 saniye bekleme yapılır.

Kontrol kartına "H" verisi iletilir ve LED yanar.

Kontrol kartına "L" verisi iletilir ve LED söner.

Kontrol kartına "H" verisi iletilir ve LED yanar.

Kontrol kartına "L" verisi iletilir ve LED söner.

Seri port kapatılır ve çıkış yapılır.

6. Yazılan program çalıştırılarak LED'in yanıp sönmesi gözlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Görsel 9.18'deki devrenin kurulması | 20 | |
| 3 | 4. işlem basamağında belirtilen kodların IDE programında yazılarak kontrol kartına yüklenmesi | 35 | |
| 4 | 5. işlem basamağında belirtilen kodların Python programında yazılarak LED'in doğru şekilde kontrol edilmesi | 35 | |
| TOPLAM | | 100 | |

# 10. ÖĞRENME BİRİMİ

## TELSİZ ALICI-VERİCİ SİSTEMLERİ



## KONULAR

10.1. SAYISAL SEÇMELİ ÇAĞRI (DSC) HABERLEŞMESİ
10.2. DAR BANT DOĞRUDAN YAZMALI (NBDP) TELGRAF/TELEKS SİSTEMİ
10.3. ANTENLER

## 10.1. SAYISAL SEÇMELİ ÇAĞRI (DSC) HABERLEŞMESİ

DSC [Digital Selective Calling (Sayısal Seçmeli Çağrı)], MF/HF ve VHF bantlarını kullanarak gemiden gemiye, gemiden karaya ve karadan gemiye öncelikli veya normal çağrı gönderilmesi amacıyla oluşturulmuş bir yöntemdir.

| | |
|---|---|
| *Orta Frekans Bandı [MF (Medium Frequency)]* | *1605 – 4000 kHz* |
| *Yüksek Frekans Bandı [HF (High Frequency)]* | *4000 – 27500 kHz* |
| Çok Yüksek Frekans Bandı *[VHF (Very High Frequency)]* | *156 – 174 MHz* |

Küresel Denizde Tehlike ve Emniyet Sistemi [**GMDSS (Global Maritime Distress Safety System)**] içerisinde bu yöntem, tehlike ve güvenlik amaçlı sayısal seçmeli çağrıların yapılarak iki istasyon arasında rutin haberleşme isteğini belirten ilk bağlantının kurulmasında kullanılmaktadır. DSC tekniğinin diğer karasal haberleşme alt sistemlerine göre en önemli üstünlüğü, gemilerden ya da gemilere yapılan çağrıların duyulabilir bir alarm uyarısı ile birlikte görsel olarak istenilen tarafa en hızlı şekilde ulaştırılabilmesidir.




Görsel 10.1: VHF DSC cihazı

DSC tekniği ile gönderilen bilgiler kısıtlı bilgiler içeren uyarı sinyalleri olup ileri haberleşme aşamasının tamamını kapsamaz. İleri haberleşme, DSC uyarı sinyalleri gönderildiği frekansa uygun bir telsiz-telefon ya da telsiz-teleks cihazı kullanılarak yapılır (Görsel 10.1). Bununla birlikte DSC çağrıları aşağıda açıklanan kısıtlı bilgileri içermektedir.

**a)** DSC uyarıları, çağrılan istasyonun MMSI [Maritime Mobile Service Identity (Deniz Seyyar Servis Tanıtım Numarası)] numarasını, çağrıya ait öncelik tanımlamasını, geminin konumunu ve zamanı belirten bilgileri içermek zorundadır.

**b)** DSC uyarıları ayrıca, tehlike ya da güvenlik mesajının içeriği ile ilgili kısa tanımlamaları yapılacak ileri haberleşmenin özelliklerini (telsiz-telefon / teleks, simpleks dubleks vb.) belirten bilgileri, ulusal telefon ağına bağlı bir telefon abonesinin bilgilerini vb. kısıtlı olarak içerebilir.

Bir DSC çağrısında bulunan bilgiler özel bir gemiye, bir kıyı istasyonuna veya bir coğrafi alan içindeki tüm alıcılara seçilerek gönderilebilir. Tablo 10.1'de ülkemizde DSC yayınlarını alan kıyı istasyonları ve bu istasyonların servis kimlik numaraları verilmiştir.

Tablo 10.1: Ülkemizde DSC Mesajlarını Alabilen Kıyı İstasyonları

| KIYI İSTASYONU | SERVİS KİMLİK NUMARASI (MMSI) |
|---|---|
| İstanbul Radyo | 002711000 |
| Samsun Radyo | 002712000 |
| Antalya Radyo | 002713000 |
| Çanakkale Radyo | 002714000 |
| İskenderun Radyo | 002715000 |
| İzmir Radyo | 002716000 |
| Mersin Radyo | 002717000 |
| Trabzon Radyo | 002718000 |
| Zonguldak Radyo | 002719000 |

## 10.1.1. DSC İle Genel Amaçlı (Rutin) Haberleşme

Genel amaçlı DSC haberleşmesi ile ilgili uyarılar gemiden gemiye, gemiden karaya ve karadan gemiye gönderilebilir ve alınabilir. Gemilerden sahildeki istasyonlara DSC tekniği kullanılarak gönderilen normal haberleşme uyarısı genellikle o sahil istasyonu aracılığı ile uluslararası telefon ya da teleks ağına bağlanması amacıyla gerçekleştirilir. Bu tür DSC haberleşmesi MF (1605 kHz - 4000 kHz) ve HF(4000 kHZ - 27500 kHz) bantlarının kendilerine tahsis edilmiş frekansların belirli sürelerde otomatik dinleme yapan ve uluslararası haberleşme hizmeti veren kıyı istasyonlarına yapılır. Kıyıdaki bu istasyonlara ait çalışma frekansları ve çalışma zamanları **Uluslararası Telekomünikasyon Birliğinin** [**ITU (International Telecommunication Union)]** kıyı istasyonları kitabında **(ITU List of Coast Station)** bulunmaktadır. VHF bandında yapılan her türlü sayısal seçmeli çağrı, 156,525 MHz (**VHF kanal 70**) üzerinden gönderilir ve alınır. Gemiden kıyıdaki bir istasyona yapılacak bir DSC uyarısının uygulama yöntemi üç ayrı aşamada gerçekleştirilir.

**1. aşama;** gemiden kıyıdaki istasyona otomatik dinleme yapılan frekanstan kıyı istasyonun MMSI numarası ile önceliksiz bir sayısal çağrı gönderilmesidir.

**2. aşama;** kıyı istasyonunun yapılan çağrıyı aldığını, onayladığını ve devamındaki iletişimin yapılacağı frekansı belirten bir sayısal seçmeli çağrı gönderilmesidir.

**3. aşama;** gemi istasyonunun kıyı istasyonu tarafından belirtilen frekansa geçerek ileri haberleşmeyi telsiz–telefon/teleks kullanarak başlatmasıdır.

Yukarıda belirtilen işlemler VHF bandında yapılacaksa kıyı istasyonu operatör yardımı olmaksızın bu basamakları otomatik olarak uygulayabilir.

Gemilerden kıyı istasyonlarına yapılacak genel amaçlı çağrılar öncelikle sahil istasyonu tarafından belirlenmiş otomatik dinleme frekanslarında ya da bunun bilinmediği durumlarda aşağıdaki frekanslardan yapılabilir.

Bir gemi istasyonundan kıyı istasyonlarına yapılacak genel çağrılarda seçilecek frekanslar şunlardır:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4219,5 kHz | 6331,0 kHz | 8436,5 kHz | 12657,0 kHz |
| 16903,0 kHz | 19703,0 kHz | 22444,0 kHz | 26121,0 kHz |

Genel haberleşme amacıyla gemiden gemiye gönderilecek olan sayısal seçmeli çağrılar MF 2177,0 kHz frekansından yapılır.

Gemiden gemiye yapılacak bir DSC uyarısı yine üç ayrı aşamada gerçekleştirilir.

**1. aşama;** bir geminin 2177, 0 kHz gemiler arası çağrı frekansında veya önceden belirlenmiş ve dinlemesi yapılmış başka bir DSC frekansında ulaşılmak istenen diğer geminin MMSI numarasını kullanarak önceliksiz bir sayısal çağrı göndermesidir (*Bu* çağrıda *sonraki iletişimin yöntemini ve frekansını bildiren kısıtlı bilgiler de bulunmalıdır.*).

**2. aşama;** çağrı yapılan geminin kendisine gönderilen uyarıyı aldığını onaylayan sayısal karşı çağrıyı yapmasıdır.

**3. aşama;** her iki gemi istasyonunun ilk çağrıda belirtilen çalışma frekans ve yöntemini kullanarak telsiz-telefon/teleks cihazları ile ileri haberleşmeye geçmesidir.

## 10.1.2. DSC İle Tehlike Haberleşmesi

### 10.1.2.1. DSC Tehlike Uyarısının Gönderilmesi

DSC tehlike uyarıları kaptanın kararı ve izni ile gönderilebilir. Bu uyarılar ile kıyı istasyonlarının tehlikeli durumdan ve yardım isteğinden en kısa sürede haberdar olmaları sağlanır. Bir DSC tehlike uyarısının en yalın hâliyle ait olduğu geminin MMSI numarası ve geminin tehlikeye maruz kaldığı mevkii koordinatlarına ait bilgileri taşıması gerekir. Eğer uyarıyı gönderen tarafından ekleme olanağı bulunmuş ise tehlikenin türü ve sonraki haberleşmenin şeklini belirten bilgileri de içermelidir. Eğer VHF veya MF/HF DSC cihazına bir **GPS** [Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)] cihazı veya diğer mevki bulucular bağlı ise tehlike uyarısının içerdiği **UTC** [Universal Time Coordinate - Evrensel Zaman Dilimi)] zamanı ve geminin konum bilgileri otomatik olarak bu cihazlardan alınır. Eğer bu cihazlar ile bir bağlantı yok ise UTC zaman ve koordinat bilgileri kullanıcı tarafından dört saati geçmeyen periyotlarda güncelleştirilerek girilmelidir.

DSC aygıtı ile bir tehlike uyarısı genel olarak aşağıdaki şekilde gönderilir.

1. Gönderici cihaz DSC tehlike kanalına ayarlanır. Cihaz üzerinde tehlike uyarısı için ayrılmış özel düğmeye basıldığında bu kanal kendiliğinden seçilir. MF/HF DSC cihazı ile toplam altı farklı frekans üzerinden tehlike uyarısını göndermek mümkündür.
2. Eğer tehlike anında yeterli vakit varsa DSC cihazında önceden tanımlanmış ve girilmiş bazı bilgiler seçilerek tehlike uyarısına eklenir· Bu bilgiler; içerisinde tehlikenin türü, sonraki haberleşmenin nasıl yapılması gerektiğini belirten ve talep eden Tablo 10.2'deki ek bilgilerden oluşur.

Tablo 10.2: Tehlikenin Türünü Gösteren Ek Bilgiler

| SEMBOL NO. | TEHLİKENİN TÜRÜ |
|---|---|
| 100 | Yangın (fire), patlama (explosion) |
| 101 | Su alma (Flooding) |
| 102 | Çarpışma (Collision) |
| 103 | Karaya oturma (Grounding) |
| 104 | Geminin yan yatması (listing), alabora tehlikesi (in danger of capsizing) |
| 105 | Batma (Sinking) |
| 106 | Manevradan aciz olma ve sürüklenme (Disabled and adriit) |
| 107 | İsimlendirilmemiş tehlike (Undesignated distress) |
| 108 | Gemiyi terk etmek (Abandoning ship) |
| 112 | EPIRB yayını (EPIRB emission) *Sadece VHF-DSC EPIRB'leri için kullanılır· |

3. Oluşturulan DSC uyarısı, gönderme tuşuna basılarak cihaz sinyalinin ulaşabildiği tüm çevreye yayınlanır. Üç dakika içerisinde çevre istasyonlarca DSC tehlike uyarısının alındığına ilişkin herhangi bir karşı DSC uyarısı (acknowledgement) alınmaz ise uyarı tekrarlanır.

#### a) VHF / MF DSC ile Tehlike Uyarısının Gönderilmesi

Bu uyarı A1 bölgesinde VHF DSC, A2 bölgesinde ise MF DSC cihazı ile yapılmalıdır. Bu yayında geminin bilinen en son konumu ve zaman bilgisi (UTC olarak) bulunmalıdır. Konum ve zaman bilgisi ya doğrudan GPS türü elektronik seyir aygıtlarından DSC cihazına kaydedilir ya da kullanıcı tarafından cihaza kaydedilir. VHF / MF DSC tehlike alarm sinyalinin gönderilmesinde aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

- Cihaz uygun bir tehlike çağrı kanalına (frekansına) alınır (VHF'de kanal 70, MF'de 2187,5 kHz).
- DSC cihazına tehlikenin türü, geminin bilinen en son konumu ve zaman bilgisi, yapılacak haberleşme türü bilgileri girilir.
- Kullanım talimatına uygun olarak tehlike sinyali gönderilir.

- Tehlike uyarısı gönderildikten sonra, haberleşme cihazları uygun tehlike trafiği kanalına (frekansına) ayarlanarak dinlemeye geçilir. Örneğin yayın 2187,5 kHz'den yapılmışsa ve tehlike haberleşmesinde telefon haberleşmesi seçilmişse görüşme frekansı olarak 2182 kHz, eğer VHF DSC tehlike çağrısı yapılmış ise VHF 16. kanal kullanılır.

**b) HF DSC İle Tehlike Uyarısının Gönderilmesi**

Aşağıda belirtilen ekler haricinde HF DSC işletimi ile MF / VHF DSC işletimi aynıdır. DSC tehlike uyarıları örneğin A3 ve A4 bölgelerinde kıyı istasyonlarına HF bandından ve çevredeki gemilere ise MF veya VHF bandından gönderilmelidir. DSC uyarısı en azından geminin bilinen en son konumu ile bu konuma ait zamanı (UTC) içermelidir.

1. **İşlem (HF Bandının Seçimi):** DSC tehlike çağrı kanalı (frekansı) seçilirken coğrafi ve meteorolojik durumun radyo dalgalarının yayınımı üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır. Genellikle 8 MHz deniz bandı (8414,5 kHz) ilk seçenek olmalıdır. DSC uyarısının birden fazla HF bandında yayınlanması iki şekilde yapılabilir.
   **a)** DSC uyarısı yayınlandıktan sonra sahil istasyonundan 3 ila 5 dakika içerisinde bir alındı onayı alınmazsa işlemin uygun olan diğer bir HF tehlike çağrı kanalında tekrarlanması veya
   **b)** DSC uyarısının birden fazla HF tehlike frekansında tekrarlanması.

2. **İşlem (HF DSC uyarısının gönderilmesi):** HF DSC cihazı gönderme (Transmitting-Tx) frekansına (4207,5 kHz, 6312 kHz, 8414,5 kHz, 12577 kHz veya 16804,5 kHz) ayarlanır. Cihaz menü seçeneklerinden tehlikenin türü, geminin bilinen en son konumu, bu konuma ait zaman ve takip edilecek tehlike haberleşmesinin türü seçilir.

3. **İşlem (Tehlike haberleşmesine hazırlık):** DSC tehlike uyarısı gönderildikten sonra, haberleşme cihazları uygun haberleşme kanallarına ayarlanır. DSC çağrısında 1. işlemdeki "b" metodu (aynı anda birden fazla tehlike frekansında çağrı) kullanılmış ise kıyı istasyonlarının hangi HF band(lar)ında alındı gönderdiği dikkate alınır veya birden fazla bantta alındı gönderilmiş ise tehlike trafiği bu bantlardan birinde başlatılır. Kıyı istasyonundan bu bantta cevap alınamazsa diğer bantlar denenir.

Yukarıda açıklanan işlemler gemiden kıyı istasyonu yönünde tehlike uyarısı gönderilmesine aittir. Eğer gemiden gemiye tehlike uyarısı yapılacaksa normal olarak MF ve/veya VHF kullanılarak yapılmalıdır. Bununla birlikte HF-DSC tehlike uyarılarının tropikal bölgeler gibi bazı özel alanlarda hem gemiden kıyı istasyonuna hem de gemiden gemiye yapılan çağrılarda kullanılması daha uygun olabilir.

## 10.1.2.2. DSC Tehlike Uyarılarının Alınması / Onaylanması

DSC tehlike uyarısı gönderildiğinde sinyalin ulaşabildiği menzil içerisinde bulunan bütün (gemi ve kıyı) istasyonların alıcı ekranlarında uyarıcı bir ses ile görüntülenir. GMDSS'nin öncelikli amaçlarından biri, tehlike uyarılarının doğrudan kıyı istasyonlarına ulaştırılmasıdır. Ancak, tehlike uyarısının erişebildiği menzil içerisinde bir kıyı istasyonu bulunmaması veya uyarıya kıyı istasyonu tarafından bir alındı onayı verilmemesi durumlarında, gemi istasyonları devreye girerek alındı onayı gönderir.

Alındı onayı, hemen her zaman DSC tehlike uyarısının gönderildiği frekanstan yapılır. DSC güvenlik ve ivedilik çağrılarına alındı onayı verilmez, telsiz-telefon / telekste uygun frekansa geçilerek iletişim sürdürülür. DSC tehlike uyarısının kıyı istasyonları tarafından onaylanmasında genel olarak aşağıdaki yöntemler izlenir.

- Kıyı istasyonu aldığı DSC tehlike uyarısını, aynı kanaldan ve tüm gemilere yönelik olarak onaylar. Onaylama işlemi yapıldıktan sonra tehlike uyarısı gönderen gemi istasyonunun ve çevredeki gemilerin DSC ekranlarında "alındı" (**acknowledge**) yazısı görülür. Ayrıca DSC alındı onayı, tehlikedeki istasyonunun MMSI numarasını, konumunu, tehlike türünü ve onayı veren kıyı istasyonun MMSI numarasını gösterir.

- Kıyı istasyonu alındı onayını verirken kullandığı DSC frekansına paralel olan, telsiz-telefon / teleks frekansına geçerek haberleşmeyi devam ettirir.
- VHF ve MF bantlarında DSC tehlike uyarısına kıyı istasyonlarınca alındı onayı verilmemesi durumunda uyarıyı alan gemi istasyonları tarafından "alındı" onayı verilebilir. Ancak HF bandında gemi istasyonları "alındı" onayı veremez.
- Çevredeki gemi istasyonları aldıkları DSC tehlike uyarısını hemen onaylamaz. En az üç dakika kadar uyarının bir kıyı istasyonu tarafından alınmasını beklemedirler. Eğer DSC tehlike uyarısı bir kıyı istasyonu tarafından alınmışsa gönderilmiş olan uyarı kesilir ve onayı veren kıyı istasyonunun tanıtım numarası gemilerin DSC ekranında görülür. Böylece çevredeki gemi istasyonları da uyarının kıyı istasyonuna ulaştığından emin olur. Bu durumda diğer gemi istasyonları tehlike haberleşmesinin devam edeceği frekansa geçer.

### a) VHF / MF DSC İle Tehlike Alarmı Alındı Bilgisinin Verilmesi

Bir gemi istasyonundan yayınlanan tehlike uyarısına, öncelikle bu yayını alan kıyı istasyonunca yanıt verilmelidir. Bu nedenle sahil istasyonunca tehlike uyarısı alındıktan sonra bu istasyon tarafından uyarıyı gönderen gemiye ve bölgedeki tüm gemi istasyonlarına aynı frekanstan geri yayın yapılması zorunludur. Kıyı istasyonu tarafından yayınlanan "alındı" mesajını duyan diğer gemilerin tekrar DSC alındı bilgisi vermemeleri gerekir. Ancak diğer gemiler DSC cihazlarından tehlike alarmının gönderildiği frekansı (*VHF ch70 veya MF 2187,5 kHz*) kontrol eder. Aynı anda telsiz cihazlarını, DSC tehlike uyarısının yapıldığı banttaki tehlike frekansına ayarlayarak (tehlikedeki geminin isteğine bağlı olarak telsiz telefon 2182 kHz veya telsiz teleks 2174,5 kHz uygun frekansa geçilerek) alındı mesajı vermeleri gerekmektedir.
Diğer gemiler tarafından verilmesi gereken "alındı" mesajı aşağıda belirtildiği gibi olmalıdır.

**MAYDAY (MEYDEY)-MAYDAY-MAYDAY**

Çağrı yapan istasyonun MMSI numarası, çağrı işareti veya ismi

**THIS IS (DİS İS)**

Kendi gemisinin MMSI numarası, çağrı işareti veya ismi

**RECEIVED MAYDAY (RISİVD MEYDEY)**

Tehlikedeki gemi istasyonu tarafından yapılan DSC uyarısına bir kıyı istasyonundan üç dakika içerisinde alındı cevabı gelmediği ve gemi kıyı istasyonu arasında bir tehlike haberleşmesi yapılmadığı görülürse bu yayını duyan başka bir gemi tarafından DSC'de aynı frekans üzerinden (VHF'te 10. Kanal "ch10", MF'te ise 2187,5 kHz) *Tehlike Aktarımı* (**Distress Relay Alert**) işlemi başlatılır.

### b) HF DSC İle Tehlike Alarmı Alındı Bilgisinin Verilmesi

Kıyı istasyonları, aldıkları bir HF DSC tehlike uyarısına VHF/MF sistemlerinde olduğu gibi alındı bilgisi gönderir. HF DSC uyarısını alan gemiler ise alındı bilgisi vermez, ancak aşağıdaki işlemleri uygulamaları gerekir.

1. **İşlem:** Bir kıyı istasyonunun DSC alındısı vermesini takip ederek ileri tehlike haberleşmesini yapabilmek için HF aygıtını, aldığı DSC uyarısında belirtilen tehlike frekansına aşağıdaki üç koşulu gözeterek ayarlar.
   **a)** DSC uyarısında radyo telefon belirtilmişse HF haberleşme cihazı HF bandındaki radyo/telefon tehlike kanalına ayarlanır.

**b)** DSC uyarısında radyo telekse belirtilmişse HF haberleşme cihazı HF bandındaki radyo/teleks tehlike kanalına ayarlanır.

**c)** DSC uyarısı birden fazla HF kanalına alınmış ise HF haberleşme aygıtı HF bandının en uygun olanına ayarlanır (DSC uyarısı 8 Mhz'den de duyulmuş ise bu bant ilk tercih edilen olmalıdır.).

2. **İşlem:** 1-2 dakika içerisinde herhangi bir tehlike haberleşmesi yapılmazsa cihaz uygun olan diğer HF bandındaki tehlike frekansına ayarlanır.

3. **İşlem:** Bir kıyı istasyonundan üç dakika içinde alındı mesajı gönderilmezse ve tehlikedeki gemi ile bir kıyı istasyonu arasında tehlike haberleşmesi başlatılamamış ise gemi DSC tehlike aktarımını (Distress Relay Alert) başlatır ve bir Kurtarma ve Koordinasyon Merkezini [Rescue Coordination Center (RCC)] uygun haberleşme kanalından arayarak bilgilendirir.

### 10.1.2.3. DSC Tehlike ve Güvenlik Uyarılarının Aktarılması

Gemi istasyonun yaptığı DSC tehlike uyarısı kıyı istasyonuna ulaşmamış veya gönderen istasyon tehlike uyarısı gönderemeyecek durumda ise çevredeki gemi istasyonları aldıkları bu çağrıyı kıyı istasyonuna uygun olan bir tehlike frekansı üzerinden aktarır (**Distress Relay Alert** yayınlar). Kıyı istasyonları ise aldıkları DSC uyarısına dayanarak belirli bir bölgedeki tehlikeli durumu gemilere bildirmek için aynı işlemi uygular. Bir gemi veya kıyı istasyonu aldığı öncelikli DSC uyarısını, aşağıdaki şekilde aktarır.

1. **İşlem:** Uygun bir DSC tehlike ve emniyet haberleşme frekansı seçilir. DSC uyarısının alındığı frekans ile çağrının aktarılmasında kullanılan frekans her zaman aynı olmayabilir. Örneğin kıyıya çok uzak bir bölgede alınan bir VHF DSC tehlike uyarısı, uyarıyı alan gemi tarafından kıyı istasyonlarına ancak HF bandından aktarılabilir.

2. **İşlem:** DSC alıcılarına gelen tehlike ve emniyet uyarıları cihaz hafızasına kaydedilir. Aktarma yapacak istasyon DSC cihazı menü seçeneklerinden, "Çağrı Aktarma" seçeneğini kullanarak kayıtlı olan uyarıyı seçer.

3. **İşlem:** Seçilen DSC uyarısı bütün gemi istasyonlarına, belirli bir coğrafi alandaki gemi istasyonlarına veya bir MMSI numarası girilerek kıyı istasyonuna yönlendirilir. "Gönder" (**Send**) düğmesine basıldığında, aktaran veya tekrarlayan istasyonun kimlik bilgisi ve konumu da mesaja eklenerek gönderilir.

DSC ivedilik ve güvenlik uyarıları tüm gemi istasyonlarına yapılabileceği gibi belirli bir istasyona da yapılabilir. Bütün gemilere yapılmış olan bir DSC ivedilik veya emniyet uyarısına gemi istasyonları tarafından "alındı" onayı verilmez. Bu durumdaki bir gemi istasyonu, DSC uyarısını aldığı frekansın paralelindeki telsiz/telefon tehlike ve güvenlik frekansına geçerek devamındaki haberleşmeyi izler.

## 10.1.3. DSC İle İvedilik Haberleşmesi

**a) İvedilik Mesajlarının Gönderilmesi:** İvedilik uyarısının yapılması ve ivedilik mesajının yayınlanması olmak üzere iki aşamada yapılmalıdır.

İvedilik uyarısı, DSC cihazında "**URGENCY CALL**" kullanılarak tehlike/güvenlik frekansları (VHF'te kanal 70, MF'te 2187,5 kHz) üzerinden yapılır. İvedilik mesajının yayını ise uygun tehlike/güvenlik haberleşme bandında (örneğin 2182 kHz) yapılır. DSC ivedilik uyarıları tüm istasyonlara veya özellikle bir istasyona yapılabilir. DSC sistemi kullanılarak yapılacak ivedilik uyarısının, ivedilik mesajının hangi frekanstan yayınlanacağını da içermesi gerekir. DSC sistemi üzerinden ivedilik uyarısının yapılmasında aşağıdaki sıra izlenir.

1. **İşlem (İvedilik mesajı uyarısı):** Verici (Tx), uygun bir DSC tehlike çağrısı frekansına ayarlanır. DSC cihazındaki aşağıdaki fonksiyonlar seçilir.

**BÜTÜN GEMİLERE** (**ALL SHIPS**) veya özel bir istasyonun dokuz haneli numarası

Çağrı Kategorisi **ACİLİYET** (**URGENCY**)

İvedilik mesajının yayınlanacağı frekans veya kanal

İvedilik mesajının yayınlanacağı haberleşme türü (Radyo telefon/teleks)

Cihazın kullanım talimatlarına uygun olarak ivedilik uyarısı gönderilir.

2. **İşlem (İvedilik mesajını gönderme):** VHF'de kanal 16, MF telefonda 2182 kHz, MF telekste 2174,5 kHz kullanılarak aşağıdaki şekilde yapılır.

**PAN PAN (PEN PEN)-PAN PAN-PAN PAN**

**ALL STATIONS (OL SITEYŞIN)-ALL STATIONS-ALL STATIONS**

veya Çağrılan istasyon (3 tekrar)

**THIS İS**

Yayını yapan geminin MMSI numarası veya çağrı işareti (3 tekrar)

İvedilik mesajını içeren metin

**b) İvedilik Mesajının Alınması:** Tüm gemilere doğru yapılmış ivedilik anonsunu alan bir gemi, hemen alındı mesajı vermemeli, alıcı cihazını çağrıda belirtilen frekansa veya kanala ayarlayarak ivedilik içeren mesajı almak üzere hazırlanmalıdır.

## 10.1.4. DSC İle Güvenlik Haberleşmesi

**a) Güvenlik Uyarısının Yayınlanması**

Bir güvenlik mesajı, güvenlik uyarısının gönderimi ve güvenlik mesajının yayınlanması olarak iki adımda gerçekleştirilir.

Uyarı DSC güvenlik çağrısı önceliği kullanılarak DSC tehlike frekansından (VHF'te kanal 70, HF'te 2187,5 kHz veya uygun olan bir HF frekansı) yapılacaktır. Güvenlik mesajı, çağrının gönderildiği tehlike trafiği kanalında yayınlanmalıdır· DSC güvenlik çağrısı, bütün istasyonlara, bir coğrafi alan içerisindeki istasyonlara veya belirlenmiş bir istasyona yapılabilir. DSC güvenlik çağrısı, mesajın yayınlanacağı frekansı içermelidir. Güvenlik mesajının yayınlanmasında şu işlemler takip edilir:

1. **İşlem (Güvenlik Çağrısı):** Cihaz DSC tehlike çağrı kanalına ayarlanır (VHF'te kanal 70, MF'te 2187,5 kHz veya uygun olan bir HF frekansı). DSC cihazı üreticisinin talimatlarına uygun olarak, DSC cihazı menü seçenekleri kullanılarak uyarı yandaki şekilde hazırlanır.

**BÜTÜN GEMİLERE** (**ALL SHIPS**) veya özel bir istasyonun MMSI numarası

Çağrının kategorisi "**SAFETY**"

Güvenlik mesajının yayınlanacağı frekans veya kanal

Güvenlik mesajının yayınlanacağı haberleşme türü (Telsiz telefon/teleks)

DSC güvenlik çağrısı gönderilir.

2. **İşlem (Tehlike Mesajının Yayınlanması):** Cihaz DSC tehlike çağrısında gösterilen frekansa ayarlanır. Mesaj aşağıdaki formda gönderilir.

**SECURITE** (3 tekrar)

**ALL STATIONS** veya Çağrılan istasyon (3 tekrar)

**THIS İS**

Yayını yapan geminin MMSI numarası veya çağrı işareti (3 tekrar)

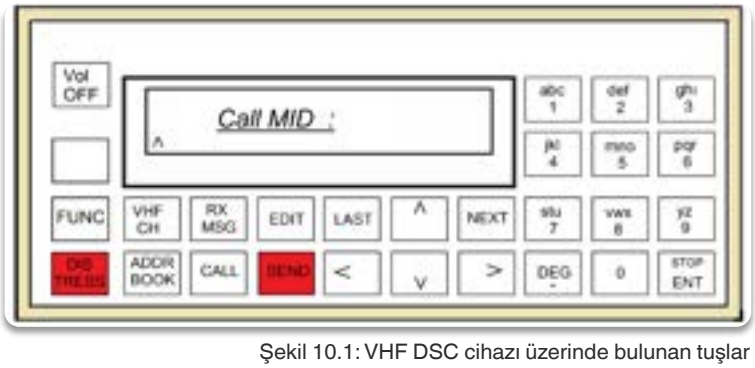
Güvenlik mesajını içeren metin

**b) Güvenlik Mesajının Alınması**

Yayınlanmış olan bir DSC güvenlik uyarısını alan gemi istasyonları, DSC uyarısına "alındı" bilgisi vermeyecektir. Ancak radyo telefon veya radyo teleks alıcı cihazlarını, uyarıda belirtilen frekansa ayarlayarak güvenlik mesajını alacak ve kaydedecektir.

## 10.1.5. DSC Cihazların Kullanımı

DSC özelliğe sahip cihazların gemilerdeki kullanım amacı, farklı türdeki yayınların en hızlı ve güvenilir bir şekilde karşı tarafa gönderimi olduğundan bu cihazların tasarımında kullanımının en basit şekilde olması amaçlanmıştır. Bu sebeple farklı markalara ait cihazların ortak özelliği, kullanımlarının kolay olması ve veri işlemlerinin benzer olmasıdır. Diğer önemli bir özellik ise beraber kullanıldıkları VHF veya MF-HF cihazları ile seri olarak bağlanma zorunluluğudur.




Şekil 10.1: VHF DSC cihazı üzerinde bulunan tuşlar

VHF DSC cihazları üzerindeki tuşlar kullanım şekli bakımından iki guruba ayrılır (Şekil 10.1).

- *Rakam ve harfleri yazmak için kullanılan tuşlar:* Rakamlar daha belirgindir, harfler ise rakamların üzerine ikincil kullanıma yönelik olarak bulunmaktadır.
- *Cihaz fonksiyonlarının kullanımına yönelik tuşlar:* İşlevsel kullanım anahtarı Tablo 10.3'te sıralanmış olup her birinin uluslararası tanımı ve kullanım amacı açıklanmıştır.

Tablo 10.3: VHF DSC Cihazları Üzerinde Bulunan Tuşlar ve Görevleri

| FONKSİYON TUŞU | KULLANIM AMACI |
|---|---|
| **VOL-ON/OFF** | Cihazı açıp-kapatma ve ses ayarını yapar. |
| **FUNC** | Menü seçeneklerinin ekranda görülmesi için kullanılır. |
| **VHF CH** | İrtibatlanan VHF cihazının remote kontrolünü sağlar. |
| **DISTRESS** | Tehlike mesajlarının yayını için kullanılır. |
| **ADDR BOOK** | Gemi ve kıyı istasyonlarının isim ve MMSI numaralarını okumak için kullanılır. |
| **RX MSG** | DSC cihazı ile yapılan karşılıklı haberleşmelere ilişkin bilgilerin kontrolünü sağlar. |
| **EDIT** | Gemi ve kıyı istasyonlarının isim ve MMSI numaralarının kaydı için kullanılır. |
| **CALL** | Gemiden kıyı istasyonuna veya diğer gemi istasyonuna yapılacak çağrılar için kullanılır. |
| **SEND** | DSC çağrılarının gönderiminin başlatılması için kullanılır. |
| **LAST** | Menüde bir önceki bilgiye dönülmesinde kullanılır. |
| **NEXT** | Menüde bir sonraki işlem veya girilen bilginin DSC' ye yüklenmesi için kullanılır. |

Farklı marklara ait VHF DSC cihazların kullanım menülerinde farklılık olabilmektedir. Ancak genellikle "FUNC" tuşuna basıldığında aşağıdaki alt menülere ulaşım sağlanır.

**Display:** Cihaz ekranının netliğini ve ışık seviyesini ayarlamakta kullanılır.

**Position:** Bu seçenekte eğer VHF cihazı bir konum belirleme (GPS) cihazına bağlı ise gemiye ait mevcut konum bilgileri bulunur. Eğer herhangi bir konum bilgisi için başka bir cihaza bağlantı bulunmuyorsa kullanıcı tarafından konum bilgisinin kaydedilmesinde kullanılır.

**Station:** Yeni kaydedilecek çağrı istasyonlarının isim ve MMSI numarası girişinin yapıldığı fonksiyondur.

**Time:** Cihaz normal konumda iken ekranda kanal 70 ve mevcut zaman bilgileri bulunur. Eğer zaman bilgilerinde değişiklik yapılacaksa bu fonksiyon kullanılır. "Time" alt fonksiyonu seçildiğinde "sağ-sol" yön tuşları ile "Edit Time Zone" seçeneği ile geminin son durumuna ait zaman dilimi seçilir. "NEXT" tuşu ile bir sonraki seçenekte "EDIT UTC TIME & DATA" UTC zaman bilgisi görülür. Eğer değişiklik yapılacaksa "sağ-sol" ve "aşağı-yukarı" yön tuşları ile gerekli düzenleme yapılabilir.

**Test:** Bu seçenek ile cihazın çalışır durumda olup olmadığı cihaz tarafından otomatik olarak kontrol edilir ve ekranda bu duruma ait bir bilgi, kısa süreli olarak gösterilir· Test işlemi yaptırılırken ekranda "LOOK-BACK TEST IN PROGRESS" yazısı görülür. Eğer test başarılı ise (CALL TRANSMITTED AND RECEIVED CORRECTED) yazısı, eğer başarısız ise "TEST FAILED !!!!!!! Unit Needs Service" uyarısı görülür.

**Print:** Cihaza bir yazıcı bağlandığı takdirde bu fonksiyon ile cihaza gelen normal veya tehlike mesajların çıktısı alınabilmektedir.

**Options:** Bu fonksiyonda kullanıcı tarafından değiştirilmesi mümkün olmayan cihaz MMSI numarası ve VHF ile DSC aygıtının bağlantı şekli görülmektedir.

# 10.1. UYGULAMA

## VHF DSC CİHAZI İLE TEHLİKE ÇAĞRISI

**Amaç:** VHF DSC cihazı ile tehlike çağrısı yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

VHF DSC Cihazı

Tehlike yayınlarının DSC sistemi ile gönderilmesinde iki tür işlem vardır. Birincisi tehlike durumu ile ilgili herhangi bir bilginin bulunmadığı sadece geminin MMSI numarasının ve varsa konum bilgisinin (GPS'den gelen veya kullanıcı tarafından girilen) bulunduğu yayınlardır. Bunun için "**DISTRESS**" ve "**SEND**" tuşlarına beş saniye basılı tutulmalıdır. Diğer işlem ise tehlike durumu ile daha ayrıntılı bilginin cihaza kaydedilerek paylaşıldığı çağrı şeklidir. Yapacağımız uygulamada aşağıda belirtilen işlem basamaklarını takip ederek bahsedilen ikinci yayın şeklini gerçekleştireceğiz. Bunun için öncelikle geminizin yapacağı tehlike çağrısına uygun bir senaryo oluşturmalısınız. Öncelikle oluşturacağınız senaryoda tehlikenin türü, geminin konumu, zaman bilgisi ve takip edilecek tehlike haberleşmesinin nasıl yapılacağı ile ilgili bilgilerin belirlenmesi gerekmektedir.

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Bulunduğunuz gemiye ait tehlike türü, konum, zaman ve ileri haberleşmenin yapılacağı seçeneğe ait bilgilerin bulunduğu bir senaryo oluşturulur.
3. Cihaz açma düğmesinden çalıştırılarak ekranda hazır olduğu görülür.
4. "**DISTRESS**" tuşuna basılır.
5. Ekranda beliren tehlike durumu türlerinden oluşturacağınız senaryoya uygun olan seçenek seçilir.
6. "**NEXT**" tuşuna basılır.
7. Ekranda görülen konum bilgileri kontrol edilir, eğer düzeltme yapılacaksa gerekli düzeltme yapılır.
8. Zaman bilgisinde düzeltme yapılacaksa gerekli düzeltme yapılır.
9. "**DISTRESS**" ve "**SEND**" tuşlarına aynı anda basılarak gönderme işlemi tamamlanır.
10. Tehlike yayını yapıldığında ekranda "**DISTRESS CALL IN PROGRESS**" ve "**WAITING FOR DISTRESS ACKNOWLEDGEMENT**" yazılarının görünmesi beklenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Senaryoya uygun tehlike türünün seçilmesi | 20 | |
| 3 | Senaryoya uygun konum bilgisinin kaydedilmesi | 20 | |
| 4 | Senaryoya uygun zaman bilgisinin kaydedilmesi | 20 | |
| 5 | Tehlike uyarısının gönderilmesi | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

**Amaç:** VHF DSC cihazı ile gemiden gemiye rutin haberleşme yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

VHF DSC cihazı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. Çağrı yapılacak gemiye ait MMSI numarası, konum bilgisi ve ileri haberleşmenin yapılacağı kanal numarasına ait bilgilerin bulunduğu bir senaryo oluşturulur.
3. Cihaz açma düğmesinden çalıştırılarak ekranda hazır olduğu görülür.
4. "MENU" tuşuna basılır.
5. "TXCALL" seçeneğine basılır.
6. "Selecter" seçeneğine ile çağrı gönderilmek istenen gemiye ait MMSI numarası rakam tuşları kullanılarak girilir.
7. Eğer yazılı bir MMSI numarası varsa "CANCEL tuşuna basılarak yazan numara silinir ve yeni MMSI numarası girilir.
8. "ENTER" tuşuna basılır.
9. Yapılmak istenen haberleşme türü "ROUTIN" olarak seçilir.
10. "Position" ile konum bilgisi girilir.
11. "Working Channel" ile ileri haberleşme yapılacak kanal numarası "24" olarak seçilir.
12. "ENTER" tuşuna basılır.
13. "SEND" tuşuna basılır.
14. "CALL" tuşuna basılır.
15. Çağrı yapılan geminin onaylaması beklenir ve cihazın otomatik olarak 24. kanala geçmesi gözlenir.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Senaryoya uygun tehlike türünün seçilmesi | 20 | |
| 3 | Senaryoya uygun konum bilgisinin kaydedilmesi | 20 | |
| 4 | Senaryoya uygun zaman bilgisinin kaydedilmesi | 20 | |
| 5 | Tehlike uyarısının gönderilmesi | 30 | |
| TOPLAM | | 100 | |

## 10.2. DAR BANT DOĞRUDAN YAZMALI (NBDP) TELGRAF/TELEKS SİSTEMİ

Bant genişliği, bir iletim ortamı veya haberleşme kanalında taşınabilecek en fazla frekansa sahip sinyal değeridir. Kullanılan bant genişliği ne kadar fazla ise taşınabilecek verinin kapasitesi de o kadar fazla olacaktır. Dar bant ise radyo, sinyal frekansını sadece verinin geçebileceği kadar ve mümkün olduğunca dar tutar. Geniş bant ise çok büyük verileri kısa sürede karşı tarafa aktarabilir ancak bunu gerçekleştirebilmesi için daha fazla güce ihtiyaç duyar. Kısıtlı bilgilerin aktarımı için dar bant tercih edilirken veri, video akışı gibi daha fazla bilginin aktarılmasında geniş banda ihtiyaç duyulmaktadır.

Denizcilikte dar bant tekniğini kullanan sistem **NAVTEX** (**NAVigational TEleX**) sistemidir. Denizcilik Güvenlik Bilgilerinin [Maritime Safety Information (MSI)] deniz araçlarına en hızlı ve etkin olarak ulaştırılabilmesi için geliştirilmiş olan bu sistem, Dar Bant Doğrudan Yazmalı [Narrow Band Direct Printing (NBDP)] telgraf/telex tekniğini kullanmaktadır.




Görsel 10.2: Dünya üzerindeki NAVAREA bölgeleri

Yeryüzü Seyir Uyarıları Servisi [World Wide Navigational Warning Service (WWNWS)] sisteminde, dünya denizleri toplam on altı adet coğrafi deniz sahasına bölünmüştür (Görsel 10.2). Her bir Seyir Sahası'nda (NAVAREA) denizcilik güvenlik bilgilerinin bütün sahayı kapsayacak şekilde toplama ve yayma görevi verilen idareye **Seyir Sahası Koordinatörü** (NAVAREA Coordinator) denir. Bu on altı seyir sahası bölge koordinatör ülkeleri Tablo 10.4'te sıralanmıştır. Türkiye, on altı NAVAREA içerisinde 3. bölgede olup bölge koordinatör ülkesi İspanya'dır.

Tablo 10.4: Seyir Sahası (NAVAREA) Koordinatör Ülkeleri

| SEYİR SAHASI (NAVAREA) | SEYİR SAHASI (NAVAREA) KOORDİNATÖRÜ |
|---|---|
| I | İngiltere |
| II | Fransa |
| III | İspanya |
| IV | ABD |
| V | Brezilya |
| VI | Arjantin |
| VII | Güney Afrika |
| VIII | Hindistan |
| IX | Pakistan |
| X | Avustralya |
| XI | Japonya |
| XII | ABD |
| XIII | Rusya |
| XIV | Yeni Zelanda |
| XV | Şili |
| XVI | Peru |

Bu on altı bölge içerisinde çıkış güçleri 200-1000 watt arasında olan kıyı istasyonları, 518 Khz ortak frekansını "zaman paylaşımı" esasına göre denizcilik güvenlik bilgilerini NBDP tekniği ile yayınlamaktadır. Her bir NAVAREA bölgesinde dört NAVTEX istasyon grubu ve her bir grup içerisinde ise altı adet NAVTEX kıyı istasyonu bulunur. Her bir kıyı istasyonu yayını, dörder saatlik zaman aralıkları ile onar dakikalık süreçlerde gerçekleştirilir. NAVTEX yayınları uluslararası dilde (İngilizce) başlar. Eğer tahsis edilen on dakikalık yayın süresinde zaman kalırsa yayın, kıyı istasyonunun bulunduğu ülkenin ulusal dilinde de tekrarlanabilir.

Kıyı istasyonları tarafından gönderilen NAVTEX yayınları, yayın yapılan istasyondan 50-200 deniz mili mesafe uzaklıkta olan NAVTEX alıcı tarafından alınabilmektedir. Bazı güçlü kıyı istasyonlarının yayınları 400 deniz mili mesafeye kadar erişebilmektedir.

Ülkemizde İstanbul, İzmir, Samsun ve Antalya kıyı istasyonları Tablo 10.5'te belirtilen saat ve frekanslarda NAVTEX yayınları yapmaktadır.

Tablo 10.5: Ülkemizde NAVTEX Yayını Yapan Kıyı İstasyonları ve Yayın Saatleri

| İSTASYON ADI | YAYIN KODU | YAYIN ZAMANI (UTC) |
|---|---|---|
| 490 KHz İÇİN NAVTEKS İSTASYONLARININ YAYIN KODU VE YAYIN ZAMANI (TÜRKÇE YAYIN) | | |
| SAMSUN | A | 00.00/04.00/08.00/12.00/16.00/20.00 |
| İSTANBUL | B | 00.10/04.10/08.10/12.10/16.10/20.10 |
| İZMİR | C | 00.20/04.20/08.20/12.20/16.20/20.20 |
| ANTALYA | D | 00.30/04.30/08.30/12.30/16.30/20.30 |
| 4209.5 KHz İÇİN RADYO TELEKS'TEN YAPILAN TÜRKÇE NAVTEKS YAYINLARI | | |
| İSTANBUL | M | 02.00/06.00/10.00/14.00/18.00/22.00 |
| 518 KHz İÇİN NAVTEKS İSTASYONLARININ YAYIN KODU VE YAYIN ZAMANI (İNGİLİZCE YAYIN) | | |
| İSTANBUL | D | 00.30/04.30/08.30/12.30/16.30/20.30 |
| SAMSUN | E | 00.40/04.40/08.40/12.40/16.40/20.40 |
| ANTALYA | F | 00.50/04.50/08.50/12.50/16.50/20.50 |
| İZMİR | I | 01.20/05.20/09.20/13.20/17.20/21.20 |

Tablo 10.5'te görüldüğü üzere NAVTEX yayınları 518 kHz frekansa ilaveten 490 kHz frekansı da aynı amaçla Türkçe yayın yapabilmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca yine NAVTEX yayınları 4 MHz bandında 4209,5 kHz frekansı da Telex cihazları için kullanılmaktadır.

Gemilerde bulunan NAVTEX alıcı cihazları (Görsel 10.3) yayının yapıldığı sabit frekansa (Uluslararası 518 kHz, ulusal yayınlar için 490 kHz) ayarlanmış alıcılardır. Cihaz tarafından alınan mesajlar ekranda gösterilerek cihaz hafızasında kayıt altına alınmakta, istenildiği takdirde kâğıt üzerine çıktısı alınabilmektedir. Alıcı cihaz gemi seyir hâlindeyken sürekli çalışır durumda olmalıdır. Ayrıca cihaz sadece istenilen istasyonun ve/veya

istenilen tip mesajların alınabilmesi için programlanabilme özelliğine de sahiptir. Böylece istenilen yayınlar veya mesajlar cihazda otomatik olarak kaydedilir ve bütün mesajların kâğıda çıktısı alınmamış olur.




Görsel 10.3: Gemi NAVTEX alıcısı

## 10.2.1. NAVTEX Mesaj Yayın Formatı ve Mesaj Türleri

NAVTEX mesajlarında her bir satırın uzunluğu 40 karakteri geçmez. Bazı mesajların sonundaki CER (Character Error Rate) mesajın kaç hata ile alındığını gösterir. ZCZC belirtecinden önce bir satır olarak gösterilir (Örneğin HATA ORANI=%3). Eğer hata oranı %0 ise belirtilmez. Bunun anlamı alınan mesajda hata olmadığıdır.

NAVTEX mesajları, alıcı ekranında aşağıdaki şekilde görüntülenir ve istenildiğinde yazdırılır (Tablo 10.6 ve 10.7).

Tablo 10.6: NAVTEX Mesajı Yayın Formatı

| MESAJ KODU | AÇIKLAMASI |
|---|---|
| **ZCZC** | Mesaj başlangıcını belirtir. |
| **B1 karakteri** | Yayını yapan istasyonun tanıtım kodu. |
| **B2 karakteri** | Tablo 10.5'te açıklandığı gibi mesaj tipini belirleyen harf kodudur. |
| **B3 ve B4 karakterleri** | Mesajın seri numarasını belirten 01'den 99'a kadar sayılardan oluşan iki haneli koddur. 00 en yüksek öncelikli "Tehlike Aktarım" (Distress Relay) mesaj kodu olup daima yazdırılır. |
| **hhmm UTC** | Mesajın yayın saati (hh: saat, mm: dakika) (UTC: yerel saat olarak) |
| **ODR nn** | Yayınlanmış mesaj sıra numarası |
| **0000**<br>**mmm**<br>**yy** | UTC olarak mesajın orijinal yayın saati<br>Mesajın yayınlandığı ay<br>Mesajın yayınlandığı yıl |
| **Mesaj Metni** | NAVTEX CRS verici adıyla ve yayın saati ile başlar. |
| **NNNN** | Mesaj sonunu belirtir. |

Tablo 10.7: NAVTEX Mesaj Tür Kodları ve Açıklaması

| B2 MESAJ TÜRÜ KODU | MESAJ TÜRÜ AÇIKLAMASI |
|---|---|
| **A** | Seyir Uyarıları (**Navigational Warnings**)-Reddedilemeyen mesaj türü |
| **B** | Meteorolojik Uyarılar (**Meteorological Warnings**)-Reddedilemeyen mesaj türü |
| **C** | Buz raporları (**Ice Report**) |
| **D** | SAR (**Search And Rescue**)-Arama Kurtarma bilgileri ve Korsan Saldırısı Uyarıları (**Pirate Attack Warnings**)-Reddedilemeyen mesaj türü |
| **E** | Meteorolojik uyarılar (**Meteorological forecasts**) |
| **F** | Kılavuzluk hizmeti mesajları (**Pilot service messages**) |
| **G** | AIS (**Automatic Identification System**)-Otomatik Tanıma Sistemi mesajları |
| **H** | LORAN (**LOng RAnge Navigation system**) mesajları |
| **I** | Gerekli olduğunda kullanılabilir. |
| **J** | SATNAV (**Satellite Navigation System**) Sistemlerinin-Örneğin ABD'nin GPS (Global Positioning System), Rusya'nın GLONASS, AB'nin GALILEO sistemi mesajları |
| **K** | Diğer Elektronik Seyir Yardımcısı Mesajları (Radyo Navigasyon Hizmetleriyle ilgili mesajlar) |
| **L** | Seyir Uyarıları (Navigational warnings)-Mesaj türü belirteci A'ya ek olarak-Reddedilemeyen mesaj türü |
| **V** | Özel Hizmetler/Servisler |
| **W** | Özel Hizmetler/Servisler |
| **X** | Özel Hizmetler/Servisler |
| **Y** | Özel Hizmetler/Servisler |
| **Z** | Mesaj yok |

## NAVTEX Mesaj Yayın Örnekleri

### A Tipi Mesaj

A Tipi NAVTEX mesajları; yeni meydana gelmiş deniz kazaları, gemi enkazları, yüzen cisimler, sürüklenen ya da söndürülmüş şamandıralar gibi denizdeki seyir emniyetini tehdit eden olayların duyurulması için yapılan yayınlarda kullanılır.

Mesaj Örneği

ZCZC İA05 1220 ODR 18

0920 UTC MAR 22

İZMİR RADIO

Navigational Warning NR.55/88

1) Practise Between 26 and 28

April 2022 From 0700 to 1400 UTC

In the Area Bounded By:

Mediterrean Sea-Gulf Of Mersin

A

36 40 00 N 34 25 45 E

36 30 00 N 34 30 00 E

36 43 00 N 34 53 30 E

Mariners Should Be Careful

Mentioned Areas

2) Cancel This Notice On 281500

UTC APRIL 1992

NNNN

### B Tipi Mesaj

B Tipi mesajlar fırtına gibi tehlikeli meteorolojik uyarılarda kullanılmaktadır. Bu tip mesajlar alınır alınmaz derhâl yayınlanmalıdır.

Mesaj Örneği

ZCZC İB14 1220 ODR
0920 UTC JAN 22
İZMİR RADIO
Gale Warning
Valid From 231720 To 241720 UTC
Low 1000 MB Over Jason, Associated
With Cold Front Extended To Matruh
And Bomba Easterley And N.Easterley
Winds Near Gale. To Gale 8 Beaufort
State of Sea Very Rough To High
NNNN

### D Tipi Mesaj

Alarm niteliği taşıyan D tipi mesajlar, arama ve kurtarma faaliyetleri (Search And Rescue-SAR) için yapılan yayınlardır. Acil durum ilk uyarı olarak NAVTEX aracılığı ile yayınlanır. Tehlike haberleşmesi trafiğinin daha geniş kapsamlı safhaları için daha önceki konularda anlatılmış olan frekans ve cihazlar kullanılır.

Mesaj Örneği

ZCZC LD00
062210 UTC JUN 21
İSTANBUL RADYO SARWARN 0007/22
YARI BATIK TEKNE
DENİZDE 3 KİŞİ
MEVKİ 41 25,4 N 029 15,2 E
CİVARDAKİ GEMİLERİN ARAMA ÇALIŞMALARINARINA KATILMALARI RİCA OLUNUR.
NNNN

### E Tipi Mesaj

E Tipi mesajlar, normal hava tahmin raporlarının yayınlanması için kullanılır.

Mesaj Örneği

ZCZC İE 18 1220 ODR 17
0920 UTC JAN 92
İZMİR RADIO
Weather Forecast
Part 1: No Gale
Part 2: Synopsis Of Surface
Weather Chart 210600 UTC.
Low 1020 MB Over Georgia Associated
With Cold Front Extending To North
Anotolia And Marmara
Part 3: Forecast For Next 24 Hours
For The Aegean And West Marmara
Mostly Cloudy, Aegean Locally Rainly
All Other Areas In The Morning Mıstly
Locally Foggy
North And Northeasterly Later West
Aegean South And S.Easterley 3 To 5
In Rain And Mıst 2 To 5 In Fog 1 KM
Or Less
NNNN

**F Tipi Mesaj**

F Tipi mesajlar, pilot servisinin çalışmaları ile ilgili uyarıları içerir. Genelde bu tip NAVTEX mesajlarına, Kuzey Avrupa ülkelerinde sık sık rastlanılmaktadır. Aşağıda Oostendo Radyo tarafından yayınlanan bir pilot mesajına ait örnek görülmektedir.

Mesaj Örneği

ZCZC TF47 1200 ODR 56

0900 UTC NOV 22

Oostendo Radio Pilot Message No 147/87

Schalidt Pilotage Wıelingen Resumed For

Big Ships…

NNNN

## 10.2.2. NAVTEX Alıcı Cihazında Bulunan Kontrol Düğmeleri ve Göstergeler

### Kontrol Düğmeleri

- **POWER (ON/OFF):** ON konumunda cihazı çalıştırmak, OFF konumunda kapatmak amacıyla kullanılır.
- **MENÜ:** Menü seçeneklerini görmek için kullanılır.
- **SELECT:** Mesaj tipini ve istasyonunu seçmek için kullanılır.
- **EXCLUDE:** İptal edilen mesaj veya istasyonların seçimi için kullanılır.
- **LINE FEET:** Kâğıt ilerletmek için kullanılır.
- **ALARM STOP:** Alarmı durdurmak için kullanılır.
- **MONİTOR:** İstasyon ve mesaj tanıtım numaralarını A'dan Z'ye seçer ve sinyal monitörü için kullanılır·
- **DIMMER:** Ekran parlaklığını ayarlamak için kullanılır.

### Göstergeler

- **ALARM:** Arama ve kurtarma bilgisinin alındığını gösterir.
- **PAPER:** Kâğıdın bittiğini veya yazım hatasını gösterir.
- **LOCK:** NAVTEX mesajı ile senkronizasyonu gösterir.
- **EXTRX:** AF NAVTEX sinyalini almak için mesajın programlandığını gösterir.

### Menü Fonksiyonları

Menü düğmesine basılarak aşağıda bulunan fonksiyonlar seçilir.

I. NAVTEX istasyon seçimi
II. Mesaj tipi seçimi
III. Kontrol edilmiş durum yazım biçimi
IV. Kredi teşhis seçimi
V. Ton alarm seçimi
VI. AF alıcı ünitesi seçimi
VII. Hafıza temizleme seçimi

**Amaç:** NAVTEX alıcısı ile haberleşme yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

NAVTEX cihazı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. NAVTEX cihazı açma düğmesinden çalıştırılarak ekranda hazır olduğu görülür.
3. "Test" düğmesine basılarak cihazın kendisini test etmesi beklenir.
4. Ekranda testin tamamlandığı ve hazır olduğu görülür.
5. "MENU" tuşuna basılarak açılan seçeneklerden sadece meteorolojik uyarıların alınabilmesi için gerekli alt menü seçenekleri seçilir.
6. Yayın saatleri kontrol edilerek bulunulan bölgeye ait uluslararası ve yerel yayın saatleri belirlenir.
7. Yayın saatlerine uygun olarak alınan mesaj, yazıcıdan çıktı olarak alınır.
8. Mesajın İngilizce ve Türkçe olarak çıktısı alınıp öğretmene mesajın açıklaması yapılır.
9. Eğer mesajda konum bilgisi verilmişse harita üzerinde belirtilen konum işaretlenir.
10. "MENU" seçenekleri kullanılarak tüm mesaj türlerinin alınmasına izin verilir.
11. Cihaz kapama düğmesinden kapatılır.

**Uygulama Değerlendirme**

| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | Cihazın testinin yaptırılması | 20 | |
| 3 | Mesaj türünün seçilmesi | 20 | |
| 4 | Alınan mesajların çıktısının alınması | 20 | |
| 5 | Mesajların açıklanması ve doğru yorumlanması | 30 | |
| TOPLAM | | 100 | |

## 10.3. ANTENLER

Gemi elektroniğinde antenler gerek seyir cihazları gerekse haberleşme cihazlarının kusursuz çalışması için büyük önem arz etmektedir (Görsel 10.4). Antenler, elektrik sinyallerini elektromanyetik dalgalara dönüştürerek sinyallerin hava veya uzay boşluğunda yayılmasını (verici anten) sağlayan; atmosfer veya uzaydan gelen elektromanyetik dalgaları alarak elektriksel sinyallere dönüştüren (alıcı anten) cihazlardır. Prensip olarak bir anten hem alıcı hem de verici olarak aynı fiziksel özelliklere sahiptir ve her iki biçimde de kullanılabilmektedir.



Görsel 10.4: Gemide seyir ve haberleşme cihazlarında kullanılan antenler

Anten, elektronik özellikleri açısından bir seri rezonans devresine eşdeğerdedir. Bilindiği üzere seri rezonans devresinde en fazla akım, rezonans frekansı sırasında geçer. Bu akımın fazla olması, antende oluşan elektromanyetik alanın fazla olması anlamına gelmektedir. Elektromanyetik dalgaların yayılma hızının ışık hızı ile aynı olduğu kabul edildiğinden frekans ve dalga boyu arasında şu bağıntı yazılabilir:

Burada;

λ (Lamda): Boşlukta yayılan elektromanyetik dalganın dalga boyu (metre).

C: Işık hızı ($3.10^8$ m/s).

f: Elektriksel sinyalin frekans değeri (Hertz).

Anten boyu dalga boyuna eşit olduğu durumda en fazla elektromanyetik enerji yayılımı gerçekleşir. Alçak frekanslarda kullanılan antenler daha basit yapıda olmalarına karşın boyları oldukça büyüktür. Frekans değeri arttıkça anten boyutları da küçülmektedir.

Gemi elektroniğinde gerek seyir cihazları (Radar, GPS vb.) gerekse haberleşme cihazları (VHF DSC, MF/HF DSC, NAVTEX vb.) çalıştıkları frekans ve elektriksel sinyallere göre farklı türde antenler kullanmaktadır. Bu antenler geminin en üst bölümünde özel bir alanda yer alır (Görsel 10.4). Bu anten türlerine; 154 MHz-162 MHz frekans aralığına sahip deniz VHF bandının dalga boyu (λ) yaklaşık 2 metre olduğundan ¼ (çeyrek) veya ½ (yarım) dalga boyuna sahip antenlerin kullanılması örnek verilebilir. En temel anten türü ½ dalga boyuna sahip iki kutuplu (dipol) antendir. İki kutuplu VHF antenlerinin, gemide oldukça yüksek bir bölgeye ve engellemelerden uzak bir şekilde yerleştirilmeleri çok önemlidir.

MF/HF bandında dalga boyu, 12 metreden 180 metreye kadar değişiklik göstermektedir. Bu nedenle ¼ veya ½ dalga boylu antenlerin kullanılması uygun değildir. Sorun ya her biri bir tek bant veya dengeli birkaç mantığı içeren farklı antenlerin kullanılmasıyla giderilebilir. Prensip olarak anten boyunu uzatmak için antene seri bobin, anten boyunu kısaltmak için ise seri kondansatör bağlanır. Bu devre elemanları ayarlı yapılarak anten uzunluğu hassas olarak ayarlanabilir. Antenlerde ayar genellikle verici randımanının arttırılması amacıyla yapılmaktadır. Bununla birlikte yayınlanmak istenen elektriksel sinyalin antene aktarım kalitesini artırmak için anten ve verici arasındaki bağlantının mümkün olduğunca kısa tutulması gereklidir. Gemilerde yer yetersizliğinden dolayı GMDSS cihazları gibi MF/HF alıcıları için de dikey kamçı antenler kullanılmaktadır. Örneğin ana HF cihazı için sekiz metrelik kamçı, nöbetçi 2182 KHz için dört metrelik kamçı ve NAVTEX alıcısı için bir metrelik kamçı antenler kullanılır. Genelde MF/HF DSC alıcıları için altı metrelik ayrı bir alıcı kamçı anten tercih edilmektedir.

Radar cihazlarında ise anten ve transmisyon (iletim) hatları, çalışma frekanslarına göre belirlenir. Örneğin VHF radarlarda çubuk anten, daha yüksek frekanslara sahip X ve S bant radarlarda ise reflektörlü anten kullanılır. Transmisyon hattı ise VHF radarlarda iki paralel tel, VHF üst frekanslarında çalışan radarlarda koaksiyel hat, daha yüksek frekanslarda ise dalga kılavuzu kullanılır. Her radarın frekansı, kullanım maksatlarına göre seçilir. Daha yüksek mesafe ve kerteriz hassasiyeti istenen yerlerde yüksek frekanslı radarlar kullanılır.

Ticaret gemilerinde kullanılan radar antenleri 100-200 MHz frekansları arasında çalışır. Bu tip antenler belirli bir hız ve 360 derecelik bir açı ile döner. Hızları dakikada 10-30 tur arasında değişir. Tarama açıları ise 3 derecelik yatay ve 40 derecelik dikey pozisyonludur.

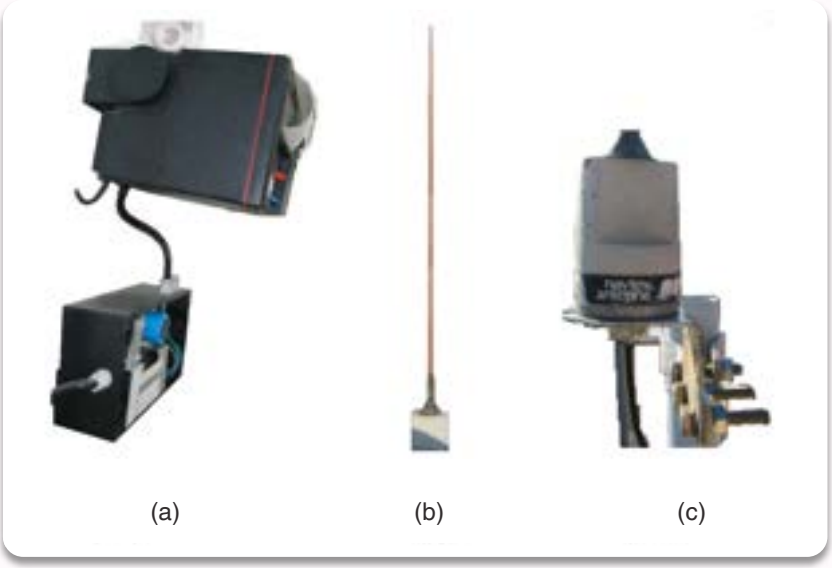
## Anten Bağlantısı ve Bakımında Dikkat Edilecek Hususlar

İlk kurulumda anten bağlantıları yapılırken ilgili cihazın üretici talimatlarına uygun olarak yapılmalı, kurulum kılavuzunda belirtilen parçalar haricinde malzeme kullanılmamalıdır· Üreticinin belirlemiş olduğu cihaz ve anten arasındaki mesafe kesinlikle aşılmamalıdır· Antenler gemi üzerinde birbirine yakın olarak montajlandığı için kesinlikle her bir anten ayrı olarak topraklanmalı ve birbirlerine engelleme (enterferans) yapmayacak şekilde montaj yeri belirlenmelidir. Örneğin S ve X bant radar anteni farklı yüksekliklerde kurulmalıdır. Bütün antenler temiz tutulmalıdır. Tuz kalıntıları temizlenmeli, besleme üniteleri ve ayraçlar düzenli olarak kontrol edilmelidir. Su ve korozyon gibi dış etkilere karşı kullanılan çeşitli yalıtım malzemeleri düzenli olarak kontrol edilmeli ve işlevlerini yerine getirir durumda tutulmalıdır. Antenler bölgesinde gevşek, sallanan ve tehlike oluşturabilecek anten veya topraklama kablosu bulunmamalı, bütün kablolar düzenli ve kontrol altında olmalıdır.

**Amaç**: NAVTEX cihazı anten bağlantısı yapmak.

**Kullanılacak Malzeme, Araç Gereç**

| ADI | ÖZELLİĞİ | MİKTARI |
|---|---|---|
| NAVTEX cihazı | Alıcı ve anten ünitesi | 1 adet |
| Anten kablosu | Koaksiyel | 10 metre |
| Sıkma ve kesme aletleri | Keski, Pense, Tornavida takımı vb. | Birer takım |
| Yalıtım malzemesi | Silikon | 1 tüp |



(a) (b) (c)

Görsel 10.5: a) NAVTEX cihaz bağlantısı b) Anten c) Topraklama ve anten bağlantısı

**İşlem Basamakları**

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınır.
2. NAVTEX cihazı ve anten arasındaki kablo geçiş yerleri belirlenir.
3. Cihaz kapalı duruma alınır ve cihazın enerji bağlantısı kesilir.
4. Anten kablosu cihaz kablosuna uygun konnektör bağlanarak cihaz girişine bağlanır (Görsel 10.5 a).
5. Kablo belirlenen yerlerden geçirilerek anten bağlantısı yapılır.
6. Topraklama kablosu toprak hattı ve anten üzerindeki terminal ucuna bağlanır (Görsel 10.5 b).
7. Bağlantılar yapıldıktan sonra yalıtım malzemesi ile ek ve bağlantı yüzeyleri kapatılır.

**Uygulama Değerlendirme**

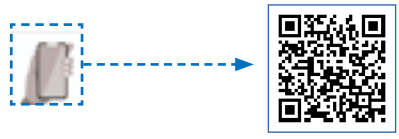
| SIRA NO. | DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTÜ | PUAN | ALINAN PUAN |
|---|---|---|---|
| 1 | İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyulması | 10 | |
| 2 | NAVTEX cihaz bağlantısının yapılması | 30 | |
| 3 | Anten bağlantısının yapılması | 30 | |
| 4 | Yalıtım malzemesinin doğru uygulanması | 30 | |
| **TOPLAM** | | **100** | |

- Acarer, Tayfun - Poyraz, Özkan ve Ekinalan, Tayyip. Gmdss El Kitabı. İstanbul: İTÜ Denizcilik Fakültesi, 2009.
- BARTEE Thomas C., Sayısal Bilgisayar Temelleri, MEB yayınları, Eskişehir, 1994.
- ÇOLPAN Alpgün, VURAL Haluk, BÖLÜK Nusret ve ÖZCAN Necati, Temel Elektronik, Ankara, 1996.
- ÇOLPAN Alpgün, VURAL Haluk, ODABAŞI Kenan, Endüstriyel Kontrol, Ankara, 1995.
- NOLTİNK B.E., Cihaz Teknolojisi 2 "Sıcaklık ve Kimyasal Birleşimin Ölçümü", MEB Yayınları, Ankara, 1994.
- ÖZKAN Turhan, Meslek Bilgisi II-Eloktronik, İstanbul, 1995.
- PARR E.A., Endüstriyel Kontrol El Kitabı Cilt 1-2, Ankara, 1994.
- RADNAİ Rudolf, KİNGHAM Edward G., Cihaz Teknolojisi 5 "Otomatik Cihazlar ve Ölçme Sistemleri", MEB Yayınları, Eskişehir, 1994.


## GENEL AĞ KAYNAKÇASI


- https://sozluk.gov.tr/
- https://www.tdk.gov.tr/?option=com_bilimsanat&view=bilimsanat
- https://www.tdk.gov.tr/tdk/kurumsal/yazim-kilavuzu/
- http://www.arduino.cc (Erişim Tarihi: 03.06.2022 saat 20.37)
- https://www.electronics-tutorials.ws/oscillator/oscillators.html (Erişim Tarihi: 29.01.2022 saat 14.30)
- https://www.mekinfo.net/python-ile-arduino-kodlama-1-digital-giris-cikislar/ (Erişim Tarihi: 19.06.2022 saat 19.30)
- https://www.electronics-tutorials.ws/ (Erişim Tarihi: 12.05.2022 saat 13.30)


## GÖRSEL KAYNAKÇASI



http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2707

* Bu ders materyalinde kaynakça, Chicago kaynak gösterme yöntemine göre oluşturulmuştur.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME: 4.1

### A CEVAP ANAHTARI

**1.** $18_{10}$ = **$(10010)_2$**

**2.** $143_{10}$ = **$(10001111)_2$**

**3.** $78_{10}$ = **$(1001110)_2$**

**4.** $(11001101)_2$ = **$(205)_{10}$**

**5.** $(10011001)_2$ = **$(169)_{10}$**

**6.** $(00101110)_2$ = **$(46)_{10}$**

**7.** $(127)_{16}$ = **$(293)_{10}$**

**8.** $(1453)_{16}$ = **$(5203)_{10}$**

**9.** $(245)_{10}$ = **$(F5)_{16}$**

**10.** $(98)_{10}$ = **$(62)_{16}$**

### B CEVAP ANAHTARI

**1.** $17_{10} = 00010001_2$ $23_{10} = 00010111_2$ **$00010001_2 + 00010111_2 = 00101000_2$**

**2.** $87_{10} = 01010111_2$ $28_{10} = 00011100_{10}$ **$01010111_2 + 00011100_2 = 01110011_2$**

**3.** $13_{10} = 00001101_2$ $5_{10} = 00000101_2$ **$00001101_2 - 00000101_2 = 00001000_2$**

**4.** $34_{10} = 00100010_2$ $16_{10} = 00010000_2$ **$00100010_2 - 00010000_2 = 000100010_2$**

**5.** $431_0 = 00101011_2$ $18_{10} = 00010010_2$ $11101101_2$ (18'in birler tümleyeni)

$11101101_2 + 1 = 11101110_2$ (18'in ikiler tümleyeni )

$00101011_2 + 11101110_2 = 100011001_2$ En soldaki kırmızı ile gösterilen bit soncun pozitif olduğunu gösterir ve bu bit atılır **Sonuç $00011001_2 = 25_{10}$**

**6.** $143_{10} = 10001111_2$ $67_{10} = 01000011_2$ $10111100_2$ (67'nin birler tümleyeni)

$10111100_2 + 1 = 10111101_2$ (67'in ikiler tümleyeni )

$10001111_2 + 10111101_2 = 101001100_2$ En soldaki kırmızı ile gösterilen bit soncun pozitif olduğunu gösterir ve bu bit atılır **Sonuç $01001100_2 = 76_{10}$**

### C CEVAP ANAHTARI

| | |
|---|---|
| **1** | **D** |
| **2** | **C** |
| **3** | **A** |
| **4** | **B** |
| **5** | **D** |
| **6** | **C** |
| **7** | **E** |