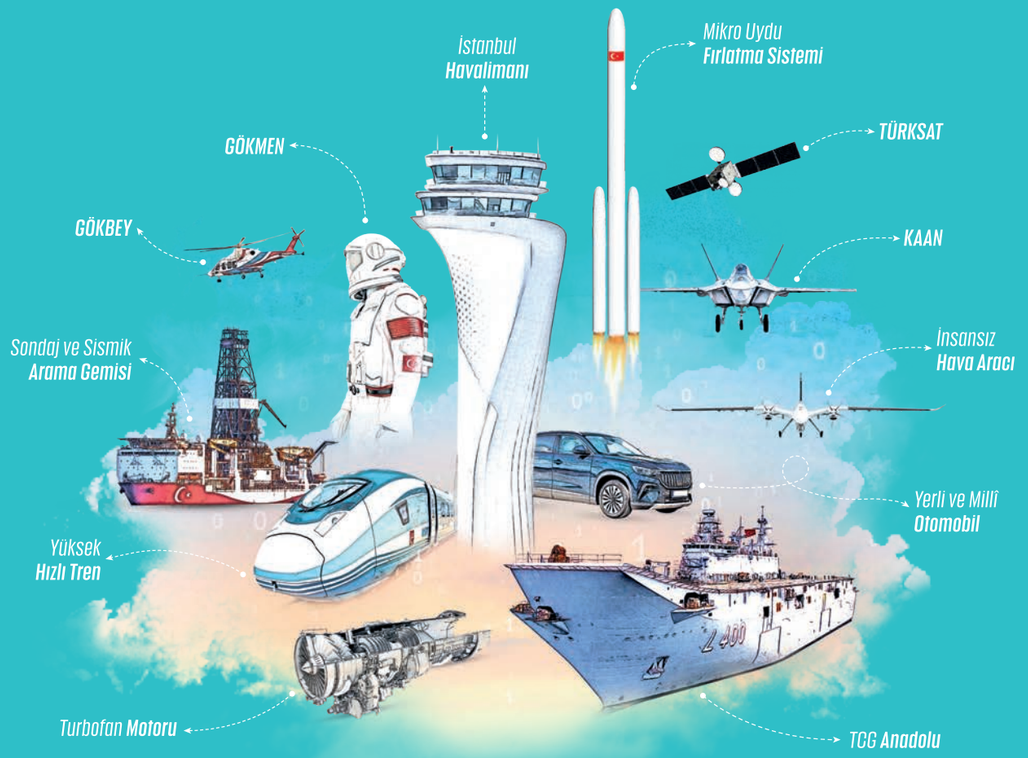
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

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: 978-625-5498-45-8

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

UÇAK BAKIM ALANI — ELEKTRİK DEVRE ANALİZİ 9 — DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

UÇAK BAKIM ALANI

ELEKTRİK DEVRE ANALİZİ



9 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

UÇAK BAKIM ALANI

ELEKTRİK DEVRE ANALİZİ

9

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Garip ÖZAT
Gökhan BOZTARLA
Nazım YILDIZ
Yalçın TIRAŞ

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI…….....10883
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ…….....3802

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

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı	Seda Seyhan AYDEMİR
Program Geliştirme Uzmanı	Ali DOĞAN
Rehberlik Uzmanı	Yeliz GENÇTAV
Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı	Filiz İSNAÇ
Grafik Tasarım Uzmanı	Aylin YILDIZ

ISBN: 978-625-5498-45-8

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

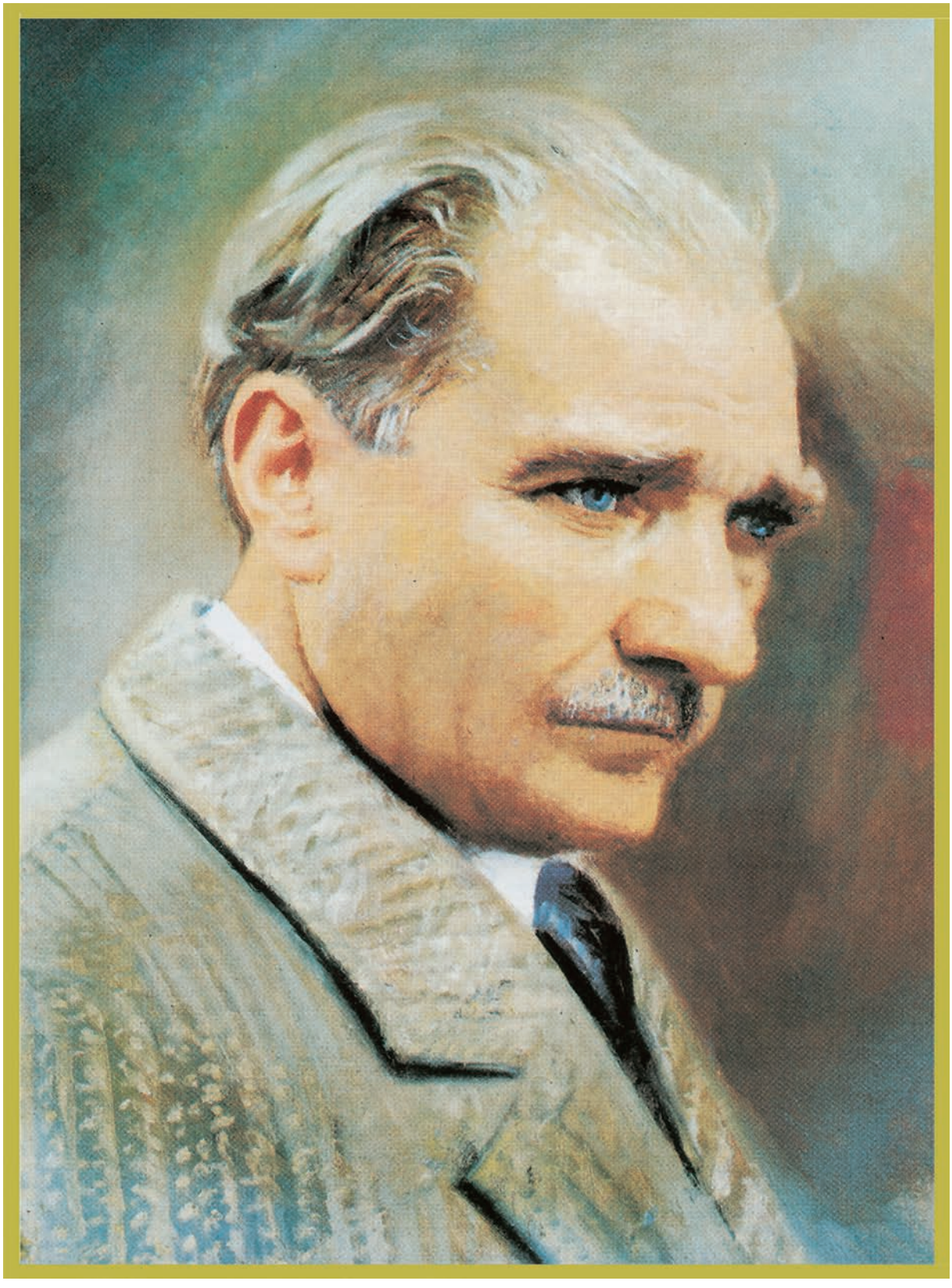
GENÇLİĞE HİTABE

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





Ders materyalinin dijital kopyalarında "İçindekiler" sayfasında başlıklar üzerine tıklayarak ilgili sayfalara, iç sayfalarda öğrenme birimi isimleri veya numaralarının üzerine tıklayarak "İçindekiler" sayfasına ulaşabilirsiniz.

İÇİNDEKİLER

Ders Materyalinin Tanıtımı 14

1. ÖĞRENME BİRİMİ: FARKLI YÖNTEMLERLE ELEKTRİK ÜRETİMİ 18

1.1. EMNİYET TEDBİRLERİNİ ALMA 20
1.1.1. Elektrik Atölyesinde Emniyet Tedbirleri 20
1.1.2. Elektrik Akımının İnsana Etkisi 20
1.1.3. Elektrikle Çalışılırken Uyulması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Kuralları 21
1.1.4. Yangın Türleri 22
1.1.5. Elektrik Atölyesinde Çıkması Muhtemel Yangın Türleri 23
1.1.6. Elektrik Atölyesinde Yangına Müdahale ve İlk Yardım 24
1.1.7. Elektrik Kazaları 24
1.1.8. Elektrik Kazalarında İlk Yardım 25
1.2. ELEKTRON DAĞILIMLARINI HESAPLAMA 25
1.2.1. Atomun Yapısı 25
1.2.2. Elektron Yörünge Dağılımı 26
1.2.3. İletkenler 26
1.2.4. Yalıtkanlar 27
1.2.5. Yarı İletkenler 28
1.3. STATİK YÜK HESABI YAPMA 29
1.3.1. Statik Elektrik Kavramı 29
1.3.2. Statik Elektrik Yüklerinin Ölçülmesi 30
1.3.3. Elektrik İletimi 32
1.4. ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE ELEKTRİK ELDE ETME 33
1.4.1. Elektrik Üretiminin Gelişim Evreleri 33
1.4.2. Elektrik Elde Etme Yöntemleri 34
1.5. PİL BAĞLANTILARINI YAPMA 36
1.5.1. Yapılarına Göre Pil Çeşitleri 37
1.5.2. Pillerin İç Direnci 38
1.5.3. Pillerin Bağlantıları 39
1. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 43
1. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 54

2. ÖĞRENME BİRİMİ: ELEKTRİKSEL BÜYÜKLÜKLER 56

2.1. AVOMETRE İLE AKIM ÖLÇME 58
2.1.1. Elektrik Akımı 58
2.1.2. Akım Şiddeti, Birimleri ve Dönüşümleri 59
2.1.3. Elektrik Akımı Çeşitleri 62
2.1.4. Avometrelerde Akım Kademesi 64
2.1.5. Akım Ölçme 65
2.2. AVOMETRE İLE GERİLİM ÖLÇME 66
2.2.1. Temel Kavramlar 66
2.2.2. Gerilim Birimleri ve Dönüşümleri 68
2.2.3. Avometrelerde Gerilim Ölçüm Kademesi 69
2.2.4. Gerilim ve EMK Ölçme 69
2.3. AVOMETRE İLE DİRENÇ ÖLÇME 71
2.3.1. Direnç 71
2.3.2. Direnç Birimleri ve Dönüşümleri 71
2.3.3. Avometrelerde Direnç Ölçüm Kademesi 73
2.3.4. Direnç Ölçme 73



2.4. AVOMETREYLE AKIM-GERİLİM-DİRENÇ ÖLÇME 74
2.4.1. Avometre Çeşitleri 75
2.5. GÜÇ VE İŞ ÖLÇÜMLERİNİ YAPMA 79
2.5.1. Elektriksel İş ve Enerji 79
2.5.2. Elektriksel Güç 80
2.5.3. İş, Güç ve Enerji Hesaplamaları 82
2.5.4. İş ve Güç Ölçme 85
2. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 90
2. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 100

3. ÖĞRENME BİRİMİ: DİRENÇLİ DEVRELERDE ELEKTRİK KANUNLARI 102

3.1. DİRENÇ RENK KODLARIYLA DİRENÇ DEĞERİ OKUMA..... 104
3.1.1. Direnç ve Öz Direnç Kavramı..... 104
3.1.2. Direnç Çeşitleri..... 105
3.1.3. Direnç Renk Kodları 109
3.2. DİRENÇLERİ BAĞLAMA..... 112
3.2.1. Seri Bağlantı..... 112
3.2.2. Paralel Bağlantı 113
3.2.3. Karışık Bağlantı 114
3.2.4. Breadboard ve Yapısı 114
3.3. POTANSİYOMETRE VE REOSTA BAĞLANTILARINI YAPMA..... 115
3.3.2. Potansiyometre Devre Bağlantıları..... 116
3.3.1. Potansiyometre İçyapısı ve Çeşitleri 116
3.3.3. Reosta İçyapısı ve Çeşitleri..... 117
3.3.4. Reosta Devre Bağlantıları 117
3.4. WHEATSTONE KÖPRÜSÜ BAĞLANTISINI YAPMA. 119
3.4.1. Wheatstone Köprüsü..... 119
3.5. OHM KANUNU HESAPLAMALARINI YAPMA..... 120
3.5.1. Ohm Kanunu 120
3.6. KIRCHHOFF KANUNLARI HESAPLAMALARINI YAPMA 122
3.6.1. Kirchhoff Akım Kanunu 122
3.6.2. Kirchhoff Gerilim Kanunu..... 123
3. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 125
3. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 144

4. ÖĞRENME BİRİMİ: KONDANSATÖRLER 146

4.1. KONDANSATÖRÜN YAPISI VE KAPASİTESİ..... 148
4.1.1. Kondansatörün Yapısı ve Sembolü 148
4.1.2. Kondansatörün Kapasite Birimleri 149
4.1.3. Kondansatör Çeşitleri 151
4.2. KONDANSATÖR SEÇME 157
4.3. KONDANSATÖR RENK VE RAKAM KODLARI..... 159
4.3.1. Kondansatör Renk Kodları 160
4.3.2. Kondansatör Harf ve Rakam Kodları..... 166
4.4. KONDANSATÖR BAĞLANTILARI 170
4.4.1. Kondansatörlerin Seri Bağlantısı..... 170
4.4.2. Kondansatörlerin Paralel Bağlantısı 171
4.4.3. Kondansatörlerin Karışık (Seri-Paralel) Bağlantısı..... 172
4.5. KONDANSATÖRÜN ŞARJ VE DEŞARJ SÜRELERİ..... 174



4.6. KONDANSATÖR TESTİ 176
4.6.1. Kondansatörün Özellikleri ve Sağlamlık Testi... 176
4.6.2. Kondansatörlerin Kısa ve Açık Devre Özellikleri 178
4.6.3. Kondansatörlerdeki Sızıntı Akımı 178
4. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 180
4. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 198

5. ÖĞRENME BİRİMİ: KABLO VE KONNEKTÖRLER 200

5.1. ELEKTRİK KABLOLARI VE KABLO DEĞERLERİ..... 202
5.1.1. Elektrik Kablo Çeşitleri 202
5.1.2. Elektrik Kablo Değerleri 205
5.2. KABLO SIYIRMA VE SIKIŞTIRMA..... 208
5.2.1. Kablo Kesmede Kullanılan Teçhizat ve Teçhizatın Özellikleri 209
5.2.2. Kablo Sıyırmada Kullanılan Teçhizat ve Teçhizatın Özellikleri 210
5.2.3. Sıkıştırmalı Kablo Terminalleri 210
5.2.4. Kablo Sıkıştırma İşleminde Kullanılan Teçhizat ve Teçhizatın Özellikleri 211
5.2.5. Kablo Sıyırma 212
5.2.6. Kablo Sıkıştırma 214
5.3. KABLO DEMETLEME 221
5.3.1. Kablo Bağı Bağlama İşlemi 221
5.3.2. Kablo Demeti Oluşturma İşlemi 223
5.4. SIKIŞTIRILMIŞ, BÜKÜLMÜŞ VE DEMETLENMİŞ KABLO TESTİ 224
5.4.1. Kablo Çekme Testi..... 224
5.4.2. Kablo Demetleme 225
5.4.3. Kablo Demeti Test Etme 226
5.5. KONNEKTÖRLERE PİN SÖKME VE TAKMA 226
5.5.1. Konnektöre Pin Takma 227
5.5.2. Konnektörden Pin Sökme..... 228
5.6. SÜREKLİLİK, YALITIM VE BAĞLAMA TEKNİKLERİYLE KABLO TESTİ..... 229
5.6.1. Süreklilik Testi..... 230
5.6.2. Yalıtım Testi 231
5.6.3. Bağlama Testi 232
5.6.4. Uçak Elektrik Hatlarında Oluşabilecek Hasarlar ve Toleransları..... 234
5.7. ELEKTRİK HATLARINDA KORUMA TEKNİKLERİ 235
5.7.1. Elektriksel Kabloların Bağlantı Sistemi (EWIS) 236
5.7.2. Uçağı Statik Elektrikten Koruma Yöntemleri..... 236
5. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 238
5. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 248

6. ÖĞRENME BİRİMİ: AYDINLATMA BAĞLANTILARI 250

6.1. ELEKTRİKLE ÇALIŞAN ÜNİTE SEMBOLLERİ..... 252
6.1.1. Besleme ve Güç Devre Elemanları Sembolleri 252
6.1.2. Anahtar Sembolleri 253
6.1.3. Bağlantı Sembolleri 254
6.1.4. Konnektör Sembolleri 255
6.1.5. Bobin ve Transformatör Sembolleri 255
6.1.6. Işık, Ses ve Ölçme Devre Elemanları Sembolleri..... 256



6.2. ELEKTRİK DİYAGRAMLARI 257
6.2.1. Genel Aydınlatmada Kullanılan Elektrik Diyagramlarının Okunması 257
6.2.2. Uçak Aydınlatmasında Kullanılan Elektrik Diyagramlarının Okunması 259
6.3. ZAYIF AKIM DEVRELERİ 261
6.3.1. Zayıf Akım Devrelerini Kurma 261
6.3.2. Zayıf Akım Devreleri Yapılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler 263
6.3.3. Zayıf Akım Devre Çizimleri 264
6.4. AYDINLATMA DEVRELERİ 268
6.4.1. Aydınlatma Devrelerini Kurma 268
6.4.2. Aydınlatma Devreleri Yapılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler 269
6.4.3. Aydınlatma Devre Çizimleri 270
6.5. UÇAKTAKİ HARİCÎ VE DÂHİLÎ AYDINLATMALAR ... 273
6.5.1. Haricî Aydınlatma 273
6.5.2. Dâhilî Aydınlatma 277
6.5.3. ATA 100 Işık Bölümü 279
6.6. UÇAKTAKİ HARİCÎ VE DÂHİLÎ LAMBA BAĞLANTILARI 279
6.6.1. Uçaktaki Haricî Aydınlatma Bağlantıları 280
6.6.2. Uçaktaki Dâhilî Aydınlatma Bağlantıları 283
6.7. LAMBA FLAMENT DEĞİŞİMİ 285
6. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 288
6. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 306

7. ÖĞRENME BİRİMİ: YARI İLETKENLER 308

7.1. YARI İLETKEN DEVRE ELEMANLARI 310
7.1.1. N ve P Tipi Yarı İletken 310
7.1.2. Yarı İletkende PN Birleşimi 311
7.2. DİYOT ÇEŞİTLERİ VE KARAKTERİSTİKLERİ 312
7.2.1. Diyodun Yapısı 312
7.2.2. Diyotların Çeşitleri 314
7.3. DİYOTLARIN SAĞLAMLIK KONTROLÜ 320
7.3.1. Kristal Diyotun Sağlamlık Testinin Yapılması 320
7.3.2. Zener Diyodun Sağlamlık Testinin Yapılması ... 321
7.3.3. LED Diyodun Sağlamlık Testinin Yapılması 323
7.4. DİYOTLARIN DEVREYE SERİ VE PARALEL BAĞLANTISI 324
7.4.1. Diyotların Seri Devre Bağlantıları 324
7.4.2. Diyotların Paralel Devre Bağlantıları 326
7.5. TRANSİSTÖRLERİN SAĞLAMLIK KONTROLÜ 327
7.5.1. Transistörlerin Yapısı, Çeşitleri ve Sembolleri 328
7.5.2. Transistörlerin Çalışması 329
7.5.3. BJT Transistörlerin Bacak Bağlantılarının Bulunması ve Sağlamlık Testi 332
7.6. TRANSİSTÖRLERİ DEVREYE BAĞLAMA 333
7.6.1. BJT Transistörlerin Anahtar Olarak Kullanılması 334
7.6.2. BJT Transistörlerin Yükselteç Olarak Kullanılması 335
7.7. ENTEGRE DEVRELER 335
7.7.1. Entegrelerin Yapısı 336



7.7.2. Entegre Devre Çeşitleri, Sembolleri ve Çalışmaları 337
7.7.3. Entegrelerin Sağlamlık ve Bağlantı Terminal Tespit İşlemleri 340
7. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 342
7. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 358

8. ÖĞRENME BİRİMİ: NİTELİKLİ BASKI DEVRE 360

8.1. LEHİM TELİ SEÇİMİ 362
8.1.1. Lehimleme İçin Kullanılan Sarf Malzemeleri 363
8.1.2. Lehimleme İçin Gerekli Sarf Malzemelerinin Seçilmesi 364
8.2. HAVYA ÇEŞİTLERİ VE HAVYA UÇLARI 365
8.2.1. Havya Çeşitleri 365
8.2.2. Havya Ucu Çeşitleri 367
8.2.3. İş Özelliğine ve Kalite Unsurlarına Göre Lehimleme Seçimi 368
8.2.4. Havya Uçlarının Kullanım Yerlerine Göre Seçilmesi 369
8.2.5. Havya Ucunun Bakım ve Değişimi 369
8.3. LEHİMLEME İŞLEMİ 370
8.3.1. Lehimleme Yöntem, Teknik ve Evreleri 370
8.3.2. Çeşitli Komponentlerin Lehimleme İşlemleri 371
8.3.3. Lehim Sökme Gereçleri 379
8.3.4. Lehim Sökme Yöntemleri 380
8.3.5. Lehim Sökme İşlemleri 380
8.4. BASKI DEVRE ÇIKARMA 384
8.4.1. Baskı Devre Kartlarının Yapısı, Kullanımı ve Çeşitleri 384
8.4.2. Baskı Devre Çıkarma Yöntem ve Evreleri 386
8.4.3. Baskı Devre Kartını Eritme İşlemi 389
8.4.4. Baskı Devre Kartını Delme 392
8.4.5. Baskı Devre Kartına Elektronik Devre Elemanı Montajı 392
8. ÖĞRENME BİRİMİ UYGULAMALAR 394
8. ÖĞRENME BİRİMİ ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 415

KAYNAKÇA 417
CEVAP ANAHTARLARI KAREKODU 417
GENEL AĞ VE GÖRSEL KAYNAKÇASI KAREKODU 417

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme birimi numarasını gösterir.

Öğrenme birimi adını gösterir.

Öğrenme birimi konu başlıklarını gösterir.



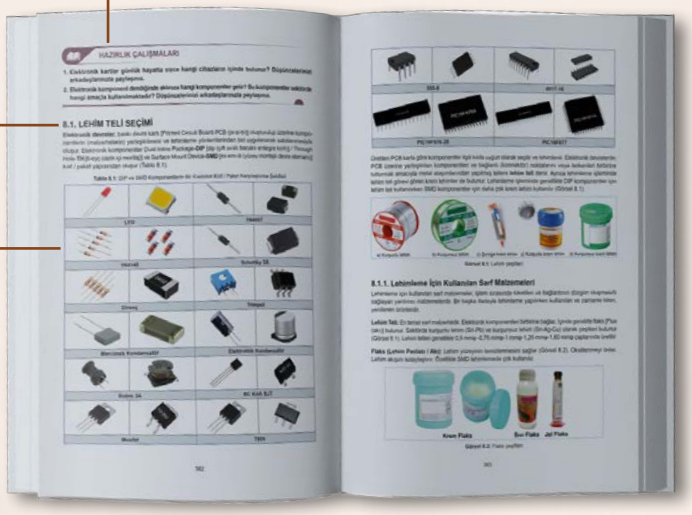
Öğrenme birimine ait karekodu gösterir.

Öğrenme birimindeki anahtar kavramları gösterir.

Öğrenme biriminin kapak görselini gösterir.

Öğrenme biriminin sonunda öğrencilerden beklenen bilgi ve becerileri gösterir.

Öğrenme birimine başlarken öğrencilerden beklenen çalışmaları gösterir.



Öğrenme birimine ait konu başlığını gösterir.

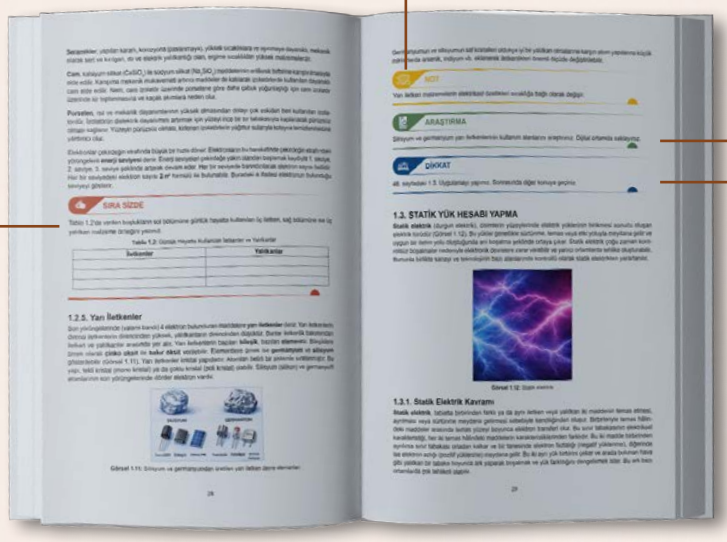
Öğrenme birimine ait tabloyu gösterir.

Öğrenme birimine ait “Not” bölümünü gösterir.

Öğrenme birimine ait “Araştırma” bölümünü gösterir.

Öğrenme birimine ait “Sıra Sizde” bölümünü gösterir.

Öğrenme birimine ait “Dikkat” bölümünü gösterir.

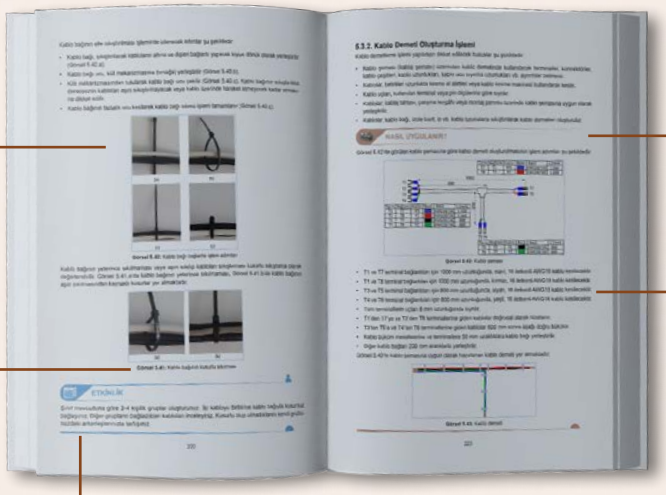


Konu anlatımlarındaki hesaplamalarda kullanılan formülleri gösterir.

Öğrenme birimine ait örnekleri gösterir.

Öğrenme birimine ait örneklerin çözümlerini gösterir.





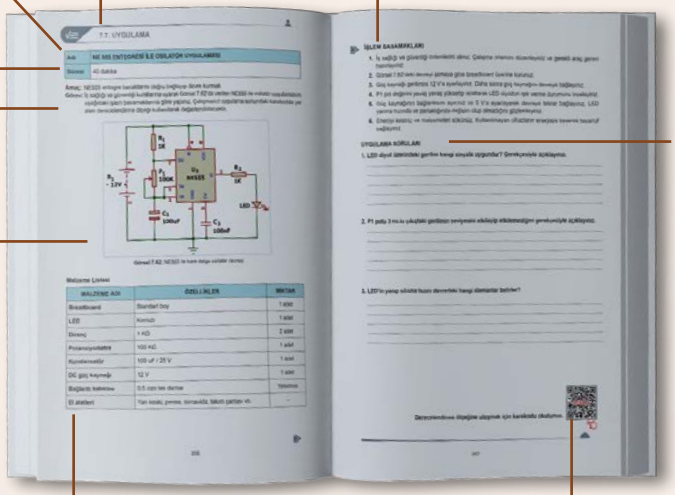
Öğrenme birimine ait görselleri gösterir.

Öğrenme birimine ait görsel numarasını gösterir.

Öğrenme birimine ait "Etkinlik" bölümünü gösterir.

Öğrenme birimine ait "Nasıl Uygulanır?" bölümünü gösterir.

"Nasıl Uygulanır?" bölümünün işlem adımlarını gösterir.



Uygulama numarasını gösterir.

Uygulama adını gösterir.

Uygulamanın işlem basamaklarını gösterir.

Uygulamanın süresini gösterir.

Uygulamanın amaç ve görev bölümünü gösterir.

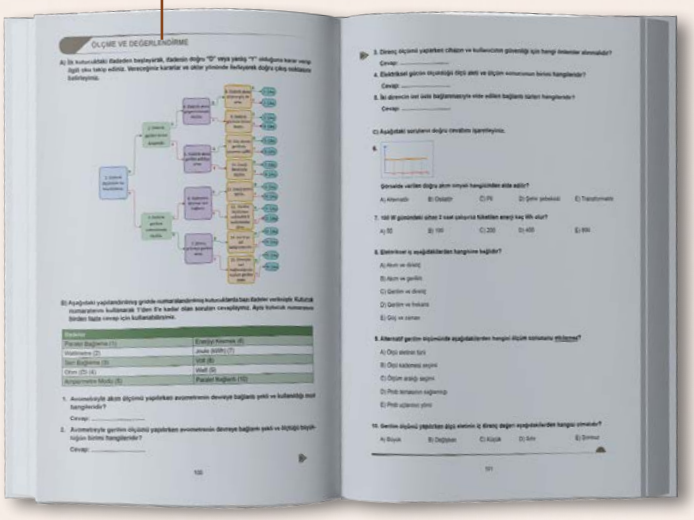
Uygulamaya ait görsel ve görsel numarasını gösterir.

Uygulama sorularını gösterir.

Uygulamada kullanılacak malzemelerin listesini gösterir.

Uygulamaya ait derecelendirme ölçeğine ulaşılabilecek karekodu gösterir.

Öğrenme birimine ait ölçme ve değerlendirme sorularını gösterir.

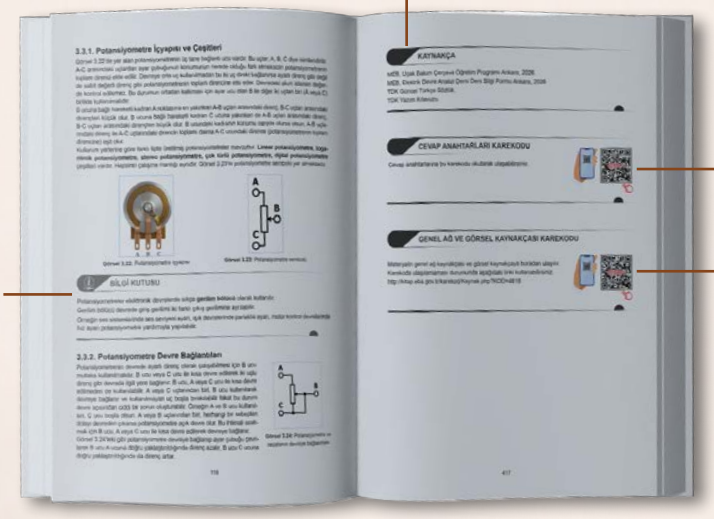


Kaynakçayı gösterir.

Etkinlik, ölçme ve değerlendirme sorularının cevap anahtarlarına ulaşmak için gerekli olan karekodu gösterir.

“Bilgi Kutusu” kısmını gösterir.

Genel ağ ve görsel kaynakçasına ulaşmak için gerekli olan karekodu gösterir.



1. ÖĞRENME BİRİMİ

FARKLI YÖNTEMLERLE ELEKTRİK ÜRETİMİ



KONULAR

1.1. EMNİYET TEDBİRLERİNİ ALMA

1.2. ELEKTRON DAĞILIMLARINI HESAPLAMA

1.3. STATİK YÜK HESABI YAPMA

1.4. ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE ELEKTRİK ELDE ETME

1.5. PİL BAĞLANTILARI YAPMA

ANAHTAR KAVRAMLAR

- atölyedeki tedbirler
- bobin
- Coulomb (Kulon) Kanunu
- elektrik kaynaklı yangınlar
- elektron
- elektrostatik
- fotosel
- iletken
- ilk yardım
- manyetik etki
- piller
- pil iç direnci
- statik elektrik
- termokupl
- yalıtkan
- yarı iletken

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- elektrik atölyesinde alınması gereken emniyet tedbirlerini almanız
- elektrik atölyesinde olası kaza durumlarında uygulanacak eylemleri öğrenmeniz
- elementlerdeki elektron ve elektronların yörüngedeki durumlarına göre alacağı iletkenlik sınıf tanımlamalarını bilmeniz
- statik elektrik kavramını ve statik elektrik hesaplamalarını yapmanız
- ısı, ışık, sürtme ve basınç gibi fiziksel olaylardan faydalanılarak nasıl elektrik elde edildiğini anlamanız
- kimyasal bir elektrik kaynağı olan pilleri öğrenmeniz

beklenmektedir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

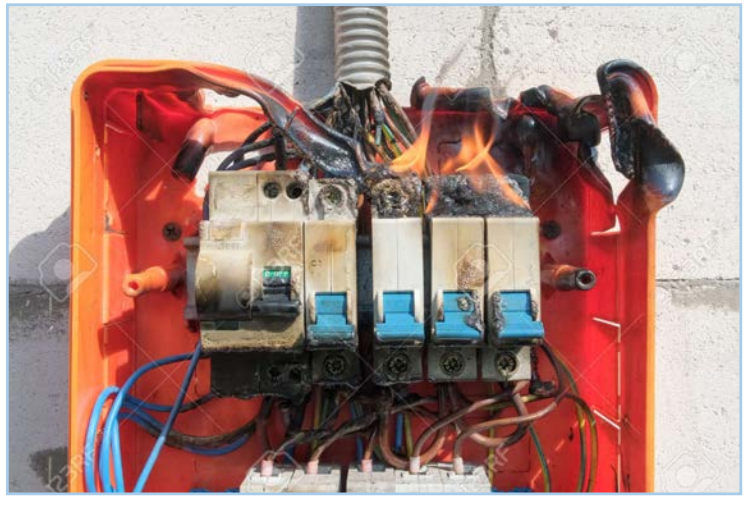
1. **Elektrik hattı kaynaklı yangın haberleri duyduğunuzda sizce yangına sebep olacak etkenler nelerdir? Düşüncelerinizi paylaşınız.**
2. **İlk yardım denince aklınıza neler gelmektedir? Arkadaşlarınızla paylaşınız.**
3. **Elektrik iletiminde metal tel kullanılmasının sebebi ne olabilir? Tartışınız.**
4. **Pillerin artı ve eksi uçlarına lamba bağlandığında ışık vermesinin sebebi ne olabilir? Düşüncelerinizi paylaşınız.**

1.1. EMNİYET TEDBİRLERİNİ ALMA

İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri, atölyelerde ve çalışma ortamlarında can güvenliğinin sağlanması açısından çok önemlidir. Bu tedbirleri uygulamak için öncelikle iş sağlığı ve güvenliği ilkeleri, elektrik atölyesinde alınması gereken emniyet önlemleri, elektrikten kaynaklanan yangınla mücadele ve ilk yardım ilkeleri, elektrik kazalarında kazazedeye yardım ve müdahale konuları bilinmelidir.

1.1.1. Elektrik Atölyesinde Emniyet Tedbirleri

Elektrik dağıtım sektörü, iş sağlığı ve güvenliği açısından ciddi riskler taşır (Görsel 1.1). Bu sektörde elektrik kazasına maruz kalan çalışanlar, yaralanabilir hatta hayatlarını kaybedebilir.



Görsel 1.1: Arıza yapmış sigorta kutusu

Çalışma hayatında uygulanmakta olan mevzuat hükümleri gibi elektrik atölyelerinde de uygulanması gereken birtakım kurallar vardır. Bu kurallara uyulması hâlinde iş kazaları riski azalır ve iş verimi artar.

Elektrik işlerinde iş sağlığı ve güvenliği tüm dünyada oldukça önemli bir konudur. Bu konu ile ilgili yönerge ve mevzuatlar vardır. “Elektrik ile İlgili Fen Adamlarının Yetki ve Sorumlulukları Hakkında Kanun” bunlardan biridir. Bunun gibi birçok mevzuatla bu alanda uyulması gereken kurallar belirlenmiştir.

1.1.2. Elektrik Akımının İnsana Etkisi

Elektrik akımının insan vücudu üzerindeki etkisi, akımın değeri ve vücudun akıma maruz kalma süresine göre değişkenlik gösterir. Elektrik akımı hayati organlarda büyük tahribata yol açar. Bu tahribat kalp veya beyin gibi organlarda yaşanırsa kalıcı sağlık sorunlarına hatta can kaybına neden olabilir.

Tablo 1.1'de elektrik akımına maruz kalma değerleri ve elektrik akımına maruz kalmanın olası sonuçları verilmiştir.

Tablo 1.1: Elektrik Akımının İnsan Vücuduna Etkileri

Akım Değeri (mA)	Olası Sonuçlar
1	Hafif karıncalanma hissi oluşur. Belirli koşullar altında tehlikelidir.
5	Hafif şok hissi, acı verici değil ama rahatsız edicidir. Normal bir kişi çarpılma yerinden ayrılabilir. Bununla birlikte istemsiz şoklara reaksiyon verebilir. Yaralanmalara neden olabilir.
6-16	Ağrılı şok, kaslar kontrolü kaybetmeye başlar. Donma akımı veya "bırak" aralığıdır. Bireyin çarpıldığı bölgeden ayrılabildiği son akım düzeyidir.
19-99	Şiddetli kas kasılması, solunum durması ve kalp ritim bozukluğu oluşabilir. Can kaybı riski vardır.
21-99	Solunum kaslarında felç oluşabilir.
100-200	Kalp kası normal çalışamaz. Kalp ritmi bozulur. Kişinin yaşama şansı ciddi şekilde azalır. Acil müdahale gerekir.
>2000	1 A üzerindeki akımlarda kalp durması, iç organ hasarı ve ciddi yanıklar oluşur.

1.1.3. Elektrikle Çalışılırken Uyulması Gereken İş Sağlığı ve Güvenliği Kuralları

Elektrikle çalışmada dikkat edilmesi gereken genel standartlar vardır (Görsel 1.2). Bu standartlara göre kurumlar bünyesinde kurulmuş İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) ekipleri risklerin değerlendirmesini yapar. Bu ekipler daha sonra çalışma ortamının ve çalışanların güvenliği için önleyici tedbirler alır.

Alınacak önlemlerin dayandığı genel ilkeler şunlardır:

- Risklerden kaçınmak
- Kaçınılamayan riskleri değerlendirmek
- Kaynaklardaki risklerle mücadele etmek
- Teknik ilerlemeye uyum
- Tehlikeli maddeyi tehlikesiz ya da daha az tehlikeli olanlarla değiştirmek
- Kişisel koruyucu önlemlere ve bireysel korunma önlemlerine öncelik vermek

Çalışma süresi boyunca elektrik tesisatının güvenli olmasını sağlamak için gerekli şartlar şunlardır:

- Elektrik bağlantısı tamamen kesilir.
- Yeniden bağlantıya karşı emniyete alınır.
- Kurulumda elektrik akımı olmadığı doğrulanır.
- Topraklama yapılır.
- Diğer parçalara karşı koruma sağlanır.



Görsel 1.2: Elektrikle ilgili iş güvenliği tedbirleri

NOT

Elektrik tesisatlarında çalışmaya başlamadan önce enerjinin kesilip kesilmediğinin kontrol edilmesi tek başına yeterli değildir. Kilitleme-etiketleme prosedürü uygulanmalı ve çalışma alanı güvenli hâle getirilmelidir.

Elektrik atölyelerinde çalışmaya başlamadan önce risk değerlendirmesi yapılmalıdır. Risk değerlendirmesinin ilk adımı, tehlikelerin belirlenmesidir. Elektrik işlerindeki genel tehlikeler; elektrikli bölümlerde koruma eksikliği, yaklaşma sınırının aşılması, havai elektrik hatları yalıtım sorunu, yalıtımın ve topraklamanın kusurlu olması, kablolama hataları olarak sıralanabilir.

Bütün bu tehlikelerin olması işin yapılmayacağı anlamını taşımaz. Bu tehlikeler uzmanlar tarafından analiz edilir, gerekli önlemler alınarak tehlikelerin çalışana zarar vermesinin önüne geçilebilir. Bunun için atölye sorumlusu öğretmenler tarafından belirlenen kurallara uymak, iş sağlığı ve güvenliği derslerine katılmak çok önemlidir. Kişisel koruyucu donanımların yerli yerinde kullanılması, uyarı levhalarına uyulması önemlidir. Elektrikle ilgili işlerde enerji altında çalışmamak da uyulması gereken kuralların başında gelir.

SIRA SİZDE

Atölyede güvenli çalışma için uygulanması gereken 5 temel adımı sırasıyla yazınız ve sınıf arkadaşlarınızla karşılaştırınız.

1.

2.

3.

4.

5.

1.1.4. Yangın Türleri

Yangınlar, yanıcı madde türüne göre dört sınıfa ayrılır (Görsel 1.3).



Görsel 1.3: Yangın tüpleri ve türleri

A Sınıfı-Katı Maddeler Yangını: Yanıcı maddenin basit katı maddeler olduğu yangın türüdür (odun, kömür, kâğıt, ot, kumaş vb.). Basit katı maddelerin temel özelliği, yandığında kor oluşturmasıdır. Bu tür yangınların temel söndürme prensibi **soğutma**, temel söndürme maddesi ise **su**dur.

B Sınıfı-Sıvı Maddeler Yangını: Yanıcı maddenin sıvı maddeler olduğu yangın türüdür (benzin, benzol, makine yağları, yağlı boyalar, solvent, katran vb.). Sıvı maddelerin temel özelliği, korsuz ve alevli yanmalarıdır. Bu tür yangınların temel söndürme prensibi **boğma**, temel söndürme maddesi **köpük** ve **BC tipi kuru kimyevi toz**dur.

C Sınıfı-Gaz Maddeler Yangını: Yanıcı maddenin gaz maddeler olduğu yangın türüdür (metan, propan, bütan, LPG, asetilen, hava gazı, doğal gaz ve hidrojen vb.). Gaz madde yangınlarının temel özelliği **patlama**dır. Bu yangınların temel söndürme prensibi **boğma**, temel söndürme maddesi **BC tipi kuru kimyevi toz**dur.

D Sınıfı-Hafif Metaller Yangını: Yanabilen hafif metaller yangınıdır (alüminyum, magnezyum, titanyum, zirkonyum, lityum, çinko, sodyum, potasyum ve kalsiyum vb.). Bu metallerin temel özelliği; korlu, alevsiz ve yüksek sıcaklıkta yanmasıdır. Bu yangınların temel söndürme prensibi **boğma**dır. A, B, C türü söndürücüler bu tür yangınlarda faydasızdır. Hafif metaller yangınında **su** ve **CO_2 kesinlikle kullanılmamalı**dır. Bu tür yangınlarda **özel D tipi söndürme tozları** kullanılır. D tozu bulunamadığında **kuru kum** ile örtülerek yangın söndürülür.

1.1.5. Elektrik Atölyesinde Çıkması Muhtemel Yangın Türleri

Elektrik kaynaklı yangınlar dünyada en sık görülen yangın başlama sebeplerindendir. Yangın güvenliği ve yangından korunma için öncelikle elektrik kaynaklı yangınları iyi anlamak ve öğrenmek gerekir. Yangın sonrasında da en uygun önleme ve korunma tedbirlerini almak önemlidir.

Elektrik kaynaklı yangınlar birçok sebepten oluşur. Bilinmesi gereken en önemli şey, elektrik kaynaklı yangınların çok ani bir şekilde oluştuğudur. Pano yangınları inanılmaz bir hızla gelişir ve inanılmaz bir sıcaklığa aniden ulaşabilir. Pano yangınlarına müdahale etmek diye bir şey söz konusu bile olamaz. Pano yangınları anlık çok yüksek sıcaklıklar üretir. Ortaya çıkan elektrik yangınlarını önceden kestirmek neredeyse imkânsızdır. Yangında oluşan ısı 2.000 °C'a ulaşarak kabin içindeki bakırı bile anında eritebilir. Yangını önlemek, yangını söndürmekten daha önemlidir. Dolayısıyla elektrik kaynaklı yangınların oluşmasını ve başlamasını engelleyecek tedbirleri almak ilk iş olmalıdır. Bunun için de elektrik kaynaklı yangınların ana sebepleri iyi bilinmelidir. Elektrik kaynaklı yangınların ana sebepleri şu şekilde sıralanabilir:

- Aşırı yüklenen elektrik donanımı aşırı akım çeker. Kablo, akımın karesi ile doğru orantılı şekilde aşırı ısınır. Kablo yalıtımı (izolasyon) aşırı sıcaklıktan deforme olabilir. Bu nedenle yalıtım özelliğini kaybederek kısa devreye yol açabilir. Elektrik panosu içindeki bir donanım hasara uğrayarak patlar ve yanmaya başlar. Hatta bu aşırı yüklenme, ana trafoların ve dağıtım trafolarının da yanmasına sebep olabilir.
- Yalıtım hasarı kısa devreye sebep olabilir. Bu nedenle sürekli bir ark meydana gelebilir. Elektrik arkı, sıcaklığı aşırı derecede yükseltir ve birkaç saniyede söndürülmezse etrafındaki malzemeler de yanmaya başlar. Gerek tesisatlardaki gerekse motorlardaki pano ve trafolarda yer alan kötü yalıtım yangına sebebiyet verebilir.
- Elektrik pano ve sistemlerindeki bakımsızlık ya da zamanında yenileme yapılmaması sonucu donanım kontaklarının bozulması kıvılcımlar oluşturabilir. Böyle durumlarda oluşabilecek ark neticesinde ısınan ortamda yangın başlayabilir.
- Akım taşıyan elemanların mekanik baskı ya da uzama yapması nedeniyle meydana getirdiği kırılma ya da çatlaklar ark oluşmasına sebep olur.

1.1.6. Elektrik Atölyesinde Yangına Müdahale ve İlk Yardım

Elektrik kaynaklı yangınlar; elektrikli cihaz, donanım ve tesisatlarda meydana gelen kısa devre, aşırı akım, aşırı yüklenme, yalıtım hataları, gevşek bağlantılar ve ark oluşumu gibi teknik sebepler sonucunda ortaya çıkar. Elektrik enerjisi, uygun ortam oluştuğunda yangını başlatan bir ateşleyici kaynak hâline gelir. Bu nedenle elektrik atölyelerinde yangın riskine karşı önleyici tedbirlerin alınması ve müdahale yöntemlerinin bilinmesi büyük önem taşır.

Elektrik atölyelerinde yangın güvenliği kapsamında **TS EN 54** standartlarına uygun yangın algılama ve uyarı sistemleri kurulmalı, acil durum ekipleri oluşturulmalı ve düzenli aralıklarla yangın tatbikatları yapılmalıdır. Ayrıca yangına müdahale donanımlarının çalışır durumda ve erişilebilir konumda bulundurulması gerekir.

Elektrik kaynaklı yangınlara müdahale sırasında uygulanacak işlem basamakları şunlardır:

- Yangın fark edildiğinde öncelikle çevrede bulunan kişiler uyarılır ve panik oluşması engellenir.
- Yangının büyümesini önlemek amacıyla mümkünse ana enerji kaynağı derhâl kesilir.
- Enerji kesilmeden su ve köpük tipi söndürücüler kesinlikle kullanılmaz.
- Enerji altında bulunan elektrik yangınlarında karbondioksit (CO_2) veya kuru kimyevi tozlu yangın söndürücüler tercih edilir.
- Yangının yayılma ihtimali bulunan çevredeki yanıcı malzemeler ortamdan uzaklaştırılır.
- Yangın küçük çaplı ise uygun söndürücüyle kontrollü şekilde müdahale edilir.
- Yangının kontrol altına alınamadığı durumlarda derhâl acil durum ekiplerine haber verilir.
- Yangın söndürüldükten sonra ortama yeniden enerji verilmeden önce tesisat kontrol edilir.

Yangın sonrası uygulanması gereken ilk yardım basamakları şunlardır:

- Elektrik akımına maruz kalan kişiye müdahale etmeden önce enerji mutlaka kesilir.
- Yaralıya çıplak elle temas edilmez, yalıtkan malzeme kullanılarak güvenli temas sağlanır.
- Solunum ve nabız kontrol edilir.
- Solunum yoksa temel yaşam desteğine başlanır.
- Yanık oluşmuşsa yanık bölge temiz suyla soğutulur ve üzeri steril örtüyle kapatılır.
- Yaralı kişi en kısa sürede sağlık birimlerine ulaştırılır.

Bu işlem sırası, elektrik atölyelerinde yangına güvenli ve doğru müdahale edilmesini sağlayarak can ve mal kayıplarının önlenmesine yardımcı olur.

1.1.7. Elektrik Kazaları

Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından yayımlanan güncel istatistiklere göre Türkiye'de iş kazaları hâlâ önemli bir iş sağlığı ve güvenliği sorunu olmaya devam etmektedir. 2023 yılında 589.258 iş kazası meydana gelmiş ve 1.972 çalışan hayatını kaybetmiştir. Elektrik kaynaklı kazalar ise özellikle ağır yaralanma ve ölüm riski taşıyan kazalar arasında üst sıralarda yer almaktadır. Toplam iş kazaları içinde yaklaşık %3-6 aralığında bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle elektrikle yapılan çalışmalarda risklerin belirlenmesi ve gerekli kontrol tedbirlerinin uygulanması büyük önem taşır (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: Elektrik kablosu kaynaklı yangın

ARAŞTIRMA

Elektrik yangınlarında neden su kullanılmaması gerektiğini araştırınız. Araştırma sonuçlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.1.8. Elektrik Kazalarında İlk Yardım

İlk yardım; herhangi bir kaza veya hayati tehlike oluşturan durumda, sağlık ekipleri olay yerine ulaşıncaya kadar kazazedenin hayatını kurtarmak veya durumunun kötüleşmesini önlemek amacıyla ilaç kullanılmadan yapılan müdahalelerdir. Doğru ve zamanında yapılan ilk yardım uygulamaları; kazazedenin yaşamını korur, mevcut yaralanmalarının ağırlaşmasını önler ve ağrının azaltılmasına yardımcı olur. Elektrik kazalarında ise ilk yardım uygulamalarına başlamadan önce olay yerinin güvenli hâle getirilmesi büyük önem taşır.

Elektrik kazalarında ilk yardım uygulama işlem basamakları şu şekildedir:

- Olay yerine yaklaşmadan önce elektrik enerjisinin kesildiğinden emin olunmalıdır.
- Enerji kesilemiyorsa kazazedeye doğrudan temas edilmez, yalıtkan bir cisim kullanılarak kazazede enerji kaynağından uzaklaştırılır.
- Olay yerinin güvenliği sağlandıktan sonra kazazedenin bilinci kontrol edilir.
- Kazazedenin bilinci kapalı ise derhâl 112 Acil Çağrı Merkezi aranır.
- Bilinci yerinde olan kazazedeye adı-soyadı, sağlık durumu ve kronik hastalığı olup olmadığı sorularak genel durumu değerlendirilir.
- Kazazedenin solunumu ve nabzı kontrol edilir.
- Solunum veya nabız yoksa temel yaşam desteğine başlanır.
- Yanık oluşmuşsa yanık bölgesi temiz suyla soğutulur ve üzeri steril bir örtüyle kapatılır.
- Kazazede gereksiz hareket ettirilmeden sağlık ekipleri gelinceye kadar güvenli bir pozisyonda tutulur.
- 112 Acil Çağrı Merkezine kazazedenin durumu hakkında doğru ve açık bilgiler verilerek profesyonel yardım yönlendirilmesi sağlanır.

Bu işlem basamaklarının doğru şekilde uygulanması, elektrik kazalarında hayati risklerin azaltılmasını ve kazazedenin güvenli şekilde sağlık ekiplerine teslim edilmesini sağlar.

DİKKAT

43. sayfadaki 1.1. ve 44. sayfadaki 1.2. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

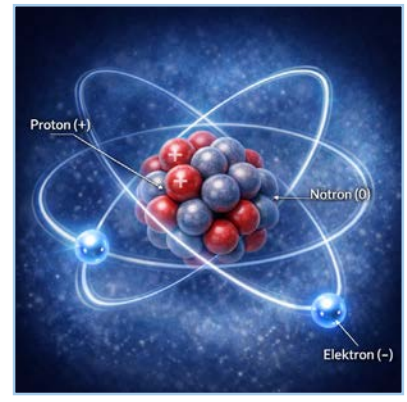
1.2. ELEKTRON DAĞILIMLARINI HESAPLAMA

Doğada bulunan elementlerin farklı özellikleri vardır. Bu özellikler zamanla keşfedilerek günümüz teknolojisinin ortaya çıkması sağlanmıştır.

1.2.1. Atomun Yapısı

Atom, bir elementin kimyasal özelliklerini taşıyan en küçük yapı taşıdır. Temel olarak bir çekirdek ve onun etrafında bulunan elektron bulutundan oluşur. Atom çekirdeği, elektrondan kütlece büyük iki temel parçacıktan (proton ve nötron) oluşur. Atomların kararlı bir yapıya sahip olması, nötronların protonlardan daha ağır olmasının sonucudur. Protonun elektrik yükü +1'dir, nötron ise yüksüz bir parçacıktır. Bu nedenle atom çekirdeği pozitif elektrik yüküne sahiptir. Elektron ise negatif elektrik yüküne sahiptir.

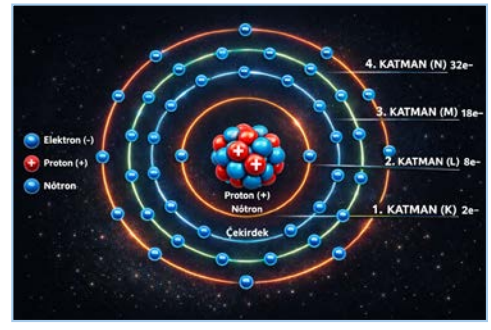
Çekirdek etrafındaki elektron sayısı, çekirdekteki proton sayısına eşitse atom yüksüzdür. Elektron sayısı proton sayısından fazla ise elektron yüküne sahip olur ve **iyon** (iyonlaşmış atom) adını alır. Proton sayısı, bir atomun kimyasal özelliklerini belirler ve bilinen elementler, proton sayılarına göre sıralanır. Proton sayıları aynı ancak nötron sayıları farklı atomlara o elementin **izotop**ları denir. İzotoplar kimyasal olarak aynı özelliklere sahiptir ancak bazı fiziksel özellikleri (örneğin kütleleri) farklıdır (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: Atomun yapısı

1.2.2. Elektron Yörünge Dağılımı

Atomun son yörüngesine **valans bandı** denir. Valans bandındaki elektronlara da **serbest elektron**, **valans elektronu** veya **değerlik elektronu** denir (Görsel 1.6). Bir atomun valans bandındaki elektronlar (serbest elektronlar) atomun diğer elektronlarına göre daha fazla enerjiye sahiptir. Bu nedenle bazı elementlerin atomlarındaki bu elektronlar, düşük seviyeli enerjilerin etkisinde kaldıklarında (enerji aldıklarında) çekirdeğin çekim kuvvetini aşacak enerjiye sahip olur ve kendi atomundan kopabilir. Kazandıkları enerjiyi kaybettiklerinde ise ya geri döner ya da başka bir atomun son yörüngesine geçebilir. Elektrik akımının iletimi, serbest elektronların bu özellikleri sayesinde gerçekleşir.



Görsel 1.6: Elektron yörünge dağılımı modellemesi

1.2.3. İletkenler

Elektrik akımını ileten maddelere **iletken maddeler** denir. Maddelerin iletkenliği atomlarının son yörüngelerinde bulunan serbest elektron miktarı ile ilgilidir. Valans bandındaki serbest elektron miktarı 1-3 arasında olan maddeler, iletken maddeler olarak tanımlanır. Atomlarının son yörüngesindeki elektron miktarı 1 olan maddeler, atomlarının son yörüngesindeki elektron miktarı 3 olan maddelere göre daha iyi iletkendir.

Gümüş elementinin son yörüngesindeki serbest elektron sayısı 1'dir, alüminyum elementinin ise 3'tür. Gümüş elementi alüminyuma göre daha iyi iletkendir.

Bazı iletkenler ve bunların kullanıldığı yerler şunlardır:

Bakır; elektrik ve ısı iletimi çok iyi, buna karşın mekanik olarak yumuşak ve gerilmeye karşı (çekme) dayanıksız bir malzeme olduğundan bara yapımında, şalter (açma-kapama yapan eleman), anahtar gibi elektrik malzemelerinin kontak elemanlarında kullanılır (Görsel 1.7). Bakır iletkenler, alüminyum iletkenlerden pahalı ve ağır olmaları nedeniyle havai iletim hatlarında kullanılmaz.



Görsel 1.7: Bakırın atom şeması

Alüminyum iletkenler 1899 yılında Amerika'da kullanılmıştır. 1956 yılında bu hattan alınan örnekler incelenmiş ve hattın teknik özelliklerini hemen hemen aynen koruduğu görülmüştür. Bunun üzerine alüminyum iletkenler başta Amerika olmak üzere diğer ülkeler tarafından da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Alüminyum iletkenler ekonomik ve hafif olması sayesinde özellikle havai hatlarda tercih edilir. 500 metre ve üzeri uzunluktaki havai hatlarda çelik özlü alüminyum iletkenler enerji iletim hatlarında kullanılır. Alüminyum, ekonomik açıdan uygun bir element olması sayesinde enerji iletimi ve dağıtımında hat, şalt tesislerinde bara, elektronik devrelerde soğutucu olarak kullanılır.

Pirinç alaşımı, bakır ile çinkonun belirli miktarlarda karıştırılmasıyla elde edilen bir karışımdır. İletkenliğinin yüksek, mekanik mukavemetinin ve dayanımının iyi olması, korozyona karşı dayanıklı oluşu ve kolay işlenebilirliği sayesinde elektrik endüstrisinde çokça kullanılır.

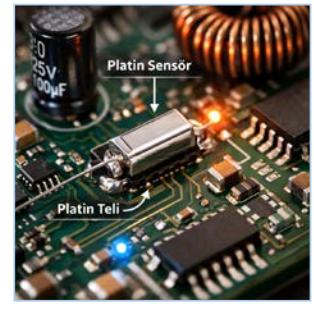


Görsel 1.8: Gümüş granülleri

Gümüş; beyaz, yumuşak, ışığı çok iyi yansıtan parlak bir metaldir (Görsel 1.8). Isı ve elektrik iletkenliği en iyi olan metaldir. Pahalı bir metal olduğu için genelde kaplama malzemesi olarak kullanılır. Bu metal elektrik endüstrisinde ölçü aletlerinin, şalterlerin, rölelerin kontaklarının kaplanmasında ve lehimlemede kullanılır.

Altın; parlak sarı renkte, yumuşak, kolay işlenebilen çok ağır ve değerli bir metaldir. Elektronik sanayisinde bağlantıların, terminallerin ve baskı devrelerin kaplanmasında kullanılır.

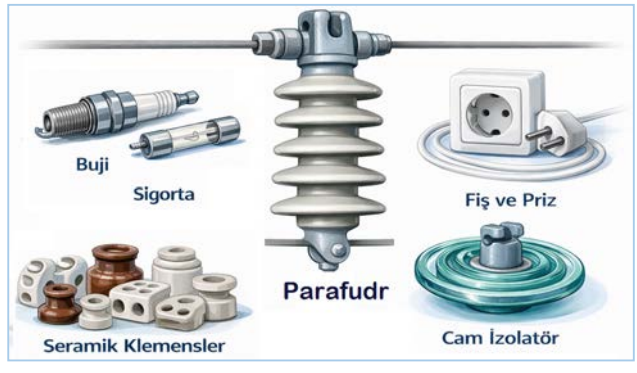
Platin; saf hâlde gümüşümsü beyaz, korozyona çok dayanıklı, ağır ve çok değerli bir metaldir. Korozyona çok dayanıklı olması sayesinde bozulmaya dayanıklı gereçlerin, laboratuvar kaplarının, tellerin, ısıl uçların, elektrolizde kullanılan elektrotların üretiminde kullanılır (Görsel 1.9). Platinden yapılmış kontak da kimyasal etkilere son derece dayanıklı olup hemen hemen hiç kavrulmadığı için kontaklarda kullanılır. Platin rezistans telleri çok yüksek sıcaklıklarda çalışan elektrik fırınlarının yapımında kullanılır.



Görsel 1.9: Platinin devrede kullanımı

1.2.4. Yalıtkanlar

Elektrik akımını iletmeyen maddelere **yalıtkan madde** denir. Maddelerin yalıtkanlık derecesi son yörüngede (valans yörüngesi) bulunan elektron sayısının fazlalığına bağlıdır. Bu maddelerin atomlarının son yörüngesinde en fazla 8 elektron bulunur. Bu tür maddelerin son yörüngesi elektron açısından doymuş hâldedir. Elektron bakımından doymuş yörüngeden elektron koparmak çok zordur. Bu durum enerji bandı yönünden ele alındığında iletim bandı ile valans bandı arasındaki yasak bölge dışarıdan uygulanacak enerji ile aşılamayacak kadar geniştir. Bundan dolayı bu tür maddeler çok yalıtkandır. Son yörüngedeki elektron sayısı azaldıkça elektron koparmak kolaylaşacağı için yalıtkanlık derecesi düşer. Hava, cam, seramik, plastik, mika ve kâğıt gibi maddeler yalıtkanlar grubuna girer (Görsel 1.10).



Görsel 1.10: Elektrik elektronikte kullanılan yalıtkan malzeme örnekleri

Seramikler; yapıları kararlı, korozyona (paslanmaya), yüksek sıcaklıklara ve aşınmaya dayanıklı, mekanik olarak sert ve kırılgan, ısı ve elektrik yalıtkanlığı olan, ergime sıcaklıkları yüksek malzemelerdir.

Cam, kalsiyum silikat ($CaSiO_3$) ile sodyum silikat (Na_2SiO_3) maddelerinin eritilerek birbirine karıştırılmasıyla elde edilir. Karışıma mekanik mukavemeti artırıcı maddeler de katılarak izolatörlerde kullanılan dayanıklı cam elde edilir. Nem, cam izolatör üzerinde porselene göre daha çabuk yoğunlaştığı için cam izolatör üzerinde kir toplanmasına ve kaçak akımlara neden olur.

Porselen, ısıl ve mekanik dayanımlarının yüksek olmasından dolayı çok eskiden beri kullanılan izolatördür. İzolatörün dielektrik dayanımını artırmak için yüzeyi ince bir sır tabakasıyla kaplanarak pürüzsüz olması sağlanır. Yüzeyin pürüzsüz olması, kirlenen izolatörlerin yağmur sularıyla kolayca temizlenmesine yardımcı olur.

Elektronlar çekirdeğin etrafında büyük bir hızla döner. Elektronların bu hareketinde çekirdeğin etrafındaki yörüngelere **enerji seviyesi** denir. Enerji seviyeleri çekirdeğe yakın olandan başlamak kaydıyla 1. seviye, 2. seviye, 3. seviye şeklinde artarak devam eder. Her bir seviyede barındırılacak elektron sayısı bellidir. Her bir seviyedeki elektron sayısı **$2.n^2$** formülü ile bulunabilir. Buradaki **n** ifadesi elektronun bulunduğu seviyeyi gösterir.

SIRA SİZDE

Tablo 1.2'de verilen boşlukların sol bölümüne günlük hayatta kullanılan üç iletken, sağ bölümüne ise üç yalıtkan malzeme örneğini yazınız.

Tablo 1.2: Günlük Hayatta Kullanılan İletkenler ve Yalıtkanlar

İletkenler	Yalıtkanlar

1.2.5. Yarı İletkenler

Son yörüngelerinde (valans bandı) 4 elektron bulunduran maddelere **yarı iletkenler** denir. Yarı iletkenlerin direnci iletkenlerin direncinden yüksek, yalıtkanların direncinden düşüktür. Bunlar iletkenlik bakımından iletken ve yalıtkanlar arasında yer alır. Yarı iletkenlerin bazıları **bileşik**, bazıları **element**tir. Bileşiklere örnek olarak **çinko oksit** ile **bakır oksit** verilebilir. Elementlere örnek ise **germanyum** ve **silisyum** gösterilebilir (Görsel 1.11). Yarı iletkenler kristal yapıdadır. Atomları belirli bir sistemle sıralanmıştır. Bu yapı, tekli kristal (mono kristal) ya da çoklu kristal (poli kristal) olabilir. Silisyum (silikon) ve germanyum atomlarının son yörüngelerinde dörder elektron vardır.



Görsel 1.11: Silisyum ve germanyumdan üretilen yarı iletken devre elemanları

Germanyumun ve silisyumun saf kristalleri oldukça iyi bir yalıtkan olmalarına karşın atom yapılarına küçük miktarlarda arsenik, indiyum vb. eklenerek iletkenlikleri önemli ölçüde değiştirilebilir.

NOT

Yarı iletken malzemelerin elektriksel özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişir.

ARAŞTIRMA

Silisyum ve germanyum yarı iletkenlerinin kullanım alanlarını araştırınız. Dijital ortamda saklayınız.

DİKKAT

46. sayfadaki 1.3. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

1.3. STATİK YÜK HESABI YAPMA

Statik elektrik (durgun elektrik), cisimlerin yüzeylerinde elektrik yüklerinin birikmesi sonucu oluşan elektrik türüdür (Görsel 1.12). Bu yükler genellikle sürtünme, temas veya etki yoluyla meydana gelir ve uygun bir iletim yolu oluştuğunda ani boşalma şeklinde ortaya çıkar. Statik elektrik çoğu zaman kontrolsüz boşalmalar nedeniyle elektronik devrelere zarar verebilir ve yanıcı ortamlarda tehlike oluşturabilir. Bununla birlikte sanayi ve teknolojinin bazı alanlarında kontrollü olarak statik elektrikten yararlanılır.



Görsel 1.12: Statik elektrik

1.3.1. Statik Elektrik Kavramı

Statik elektrik, tabiatta birbirinden farklı ya da aynı iletken veya yalıtkan iki maddenin temas etmesi, ayrılması veya sürtünme meydana getirmesi sebebiyle kendiliğinden oluşur. Birbirleriyle temas hâlindeki maddeler arasında temas yüzeyi boyunca elektron transferi olur. Bu sınır tabakasının elektriksel karakteristiği, her iki temas hâlindeki maddelerin karakteristiklerinden farklıdır. Bu iki madde birbirinden ayrılırsa sınır tabakası ortadan kalkar ve bir tanesinde elektron fazlalığı (negatif yüklenme), diğerinde ise elektron azlığı (pozitif yüklenme) meydana gelir. Bu iki ayrı yük birbirini çeker ve arada bulunan hava gibi yalıtkan bir tabaka boyunca ark yaparak boşalmak ve yük farklılığını dengelemek ister. Bu ark bazı ortamlarda çok tehlikeli olabilir.

Statik elektrik yüklerinin meydana geldiği olaylara şu örnekler verilebilir:

- Lastik tekerlekli araçlarda seyir hâlindeyken hava ile sürtünme kuvveti sebebiyle statik elektrik yükü birikir. Bu yük, metalik özellikte olmayan fiberglas gövdeli araçlarda daha fazladır. Zira bunlarda geçiş yüzeyinin direnci daha fazladır. Parlayıcı sıvı taşıyan tankerlerde hava ile sürtünmeye ilaveten tankın içindeki sıvının çalkalanması sebebiyle de fazla statik elektrik yükü birikir. Bu nedenle bu statik elektrik yükünün tehlikeli seviyeye erişmesini engellemek ve oluşacak statik elektrik yükünü sürekli olarak toprağa iletmek için bu araçlarda topraklama zincirleri kullanılması mecburidir.
- Fırtınalı havalarda atmosferdeki bulutlarda statik elektrik yükü birikir. Bu yük, hava hareketlerindeki sürtünmelerden ve yağmur damlacıklarının sürekli çatlamasından oluşur. Farklı polaritedeki bulutlar ve bulutla yer arasında bu statik elektrik yüklerinin boşalması, kendini yıldırım şeklinde gösterir.
- Saçlar çok temiz ve kuruyken ortamın havası da kuru ve elektrikli ise yalıtkan özellikte olan saçlar ile plastik tarak arasında statik elektrik yüklerinin boşalarak dengelenmesi neticesinde ortaya çıkan çıtırtılar (deşarjlar) duyulur.
- Çok yüksek hızla mesafe alan uçaklarda yüksek sürtünme kuvveti sebebiyle büyük değerde statik elektrik yükü toplanır. Bunlar, uçağın bazı yerlerinden bilhassa kanatlarındaki sivri uçlar vasıtasıyla sürekli olarak boşluğa atılır. Sivri uçlar, fazla elektrik yükünü etrafa yayar. Bu boşaltma işi, havada devamlı yapılmasaydı uçaklar yere inerken meydana gelebilecek şiddetli deşarjlar sebebiyle uçağın infilak etmesi söz konusu olabilirdi.

Yukarıdaki örneklerden de anlaşılacağı gibi maddeler farklı fiziksel durumlar altında elektrikle yüklenir. Bu fiziksel durumlar genellikle üç şekilde olur:

Sürtünmeyle Elektriklenme: Birbirine sürtünen iki madde birbirine zıt ve denk elektrikle yüklenir. Bunlardan elektron alan (-) yüklü, elektron veren ise (+) yüklüdür.

Dokunmayla Elektriklenme: Elektrik yüklü bir metal, nötr bir metale dokundurulursa yüklü olan maddeden yüksüz olan maddeye elektron akışı olur. Dokunmada veya birlikte yüklenmede cisimlerin yükleri nasıl paylaşacağı, bütünüyle cismin fiziksel ve geometrik yapısına bağlıdır. Dokundurulan cisimler özdeşse yükü aralarında denk bölüşür. Birbirine değdirilen cisimler küresel yapıdaysa başlangıçtaki net elektrik yükü, cisimlerin yarıçaplarıyla doğru orantılı bir şekilde bölüşülür. Elektrik yükleri zıt kutuplarda olan farklı küreler birbirine dokundurulursa öncelikle **nötrleşme** olayı görülür. Kalan elektrik yükü ise eşit olarak bölüşülür.

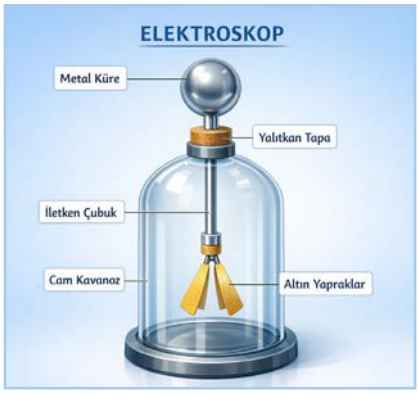
Etkiyle Elektriklenme: Elektrik yüküne sahip bir küreye yüksüz bir çubuk yaklaştırıldığında nötr çubuğun yüklü cisme bakan yüzeyi kürenin elektrik yüküne zıt kutupta, diğer yüzeyi ise küre ile aynı kutupta elektrikle yüklenir.

1.3.2. Statik Elektrik Yüklerinin Ölçülmesi

Bir cisimde elektrik yükünü ve elektrik yüklerinin cinslerini belirlemek için kullanılan alete **elektroskop** denir (Görsel 1.13).

Elektroskop yüksüzken metal yapraklar kapalıdır. Yüksüz bir elektroskoba yüklü bir cisim yaklaştırıldığında etki ile elektriklenen elektroskobun topuzu cismin yüküne zıt yüklenir. Elektroskobun yaprakları ise cismin yükü ile aynı yüklenerek açılır.

Yüksüz bir elektroskoba yüklü bir cisim dokundurulduğunda elektroskobun topuzu ve yaprakları dokundurulan cismin yüküyle yüklenir. Böylece aynı yükler birbirini iteceği için elektroskobun yaprakları açılır. Yüklü bir elektroskoba kendisiyle aynı yüklü bir cisim yaklaştırıldığında metal topuzdaki (-) yüklerin bir kısmı yapraklara iletileceği için elektroskobun yaprakları daha çok açılır.



Görsel 1.13: Elektroskop

Zıt yüklü bir cisim yaklaştırıldığında elektroskobun yaprakları biraz ya da tam kapanabilir veya açılabilir. Bu durum, yüklü cismin ve elektroskobun yüklerinin büyüklüğüne bağlıdır.

Coulomb Kanunu: Coulomb (Kulon) Kanunu, elektrik yüklü tanecikler arasındaki elektrostatiği tanımlar. Bu kanun 1785'te Fransız Fizikçi Charles Augustin de Coulomb (Çarls Agustin Dö Kolomb) tarafından yayınlanmıştır. Coulomb, elektrik yük birimidir ve simgesi C'dir.

Coulomb Yasası'na göre iki noktasal yükün arasındaki elektrostatik kuvvet yüklerin sayısal değerlerinin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Bu iki cismin yüklerinin işaretleri aynı ise (pozitif-pozitif gibi) cisimler birbirini iter, iki cismin yüklerinin işaretleri farklıysa cisimler birbirini çeker.

Formülde; $$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

F = Yükler arasındaki kuvvet (Newton-N)

q_1 , q_2 = Elektrik yükleri (Coulomb-C)

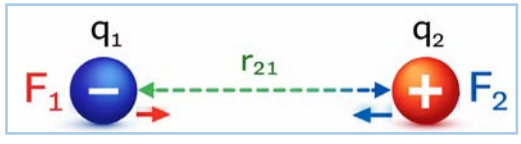
r = Yükler arası uzaklık (metre-m)

k = Kuvveti, uzaklığı ve yükleri ölçmekte kullanılan birimlere ve deney ortamına bağlı katsayıdır. Hava ve boşluk ortamında $k = 9 \cdot 10^9$ N.m^2 / C^2 dir (Sorularda k sabiti genellikle 9 N.m^2 / C^2 olarak değerlendirilir.).

1. ÖRNEK

$q_1 = -4 \cdot 10^{-6}$ C ve $q_2 = 6 \cdot 10^{-6}$ C elektrik yüklerine sahip iki yükün arasında 30 cm mesafe vardır (Görsel 1.14). Verilen bilgilere göre aralarındaki elektrostatik kuvvet kaç Newton'dır?

ÇÖZÜM



Görsel 1.14: İki yük arasındaki çekim kuvveti

Öncelikle kuvvet formülü, birimleri de göz önünde bulundurularak yazılır.

$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ formülünde de soruda istendiği gibi F kuvvet birimi Newton'dır. Formüldeki yük birimi de soruda verilen yük değerlerinde olduğu gibi Coulomb'dur. Formülde verilen **r** birimi metre, soruda verilen ise cm'dir. Dolayısıyla burada bir dönüştürme uygulanmalıdır. 30 cm = 0,3 m'dir. k sabiti de bilindiğine göre (9 N.m^2 / C^2) tüm bilinenler yerlerine yazılıp matematiksel işlemler yapılır. Dikkat edilirse q_1 yükü ile q_2 işaretleri birbirine zıttır. Bu demek oluyor ki bu iki cisim arasında çekme kuvveti vardır. Zıt kutuplar birbirine çekme, aynı kutuplar birbirine itme kuvveti uygular. Bu nedenle formül, q_2 yükündeki eksi ifade dikkate alınmadan yazılır.

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{-4 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{-6}}{0,3^2} = \frac{216 \cdot 10^{-3}}{0,09} = 2,4 \text{ N}$$

SIRA SİZDE

$q_1 = 6 \cdot 10^{-6}$ C ve $q_2 = 6 \cdot 10^{-6}$ C elektrik yüklerine sahip iki yükün arasında 40 cm mesafe vardır. Verilen bilgilere göre aralarındaki elektrostatik kuvvet kaç Newton'dır?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

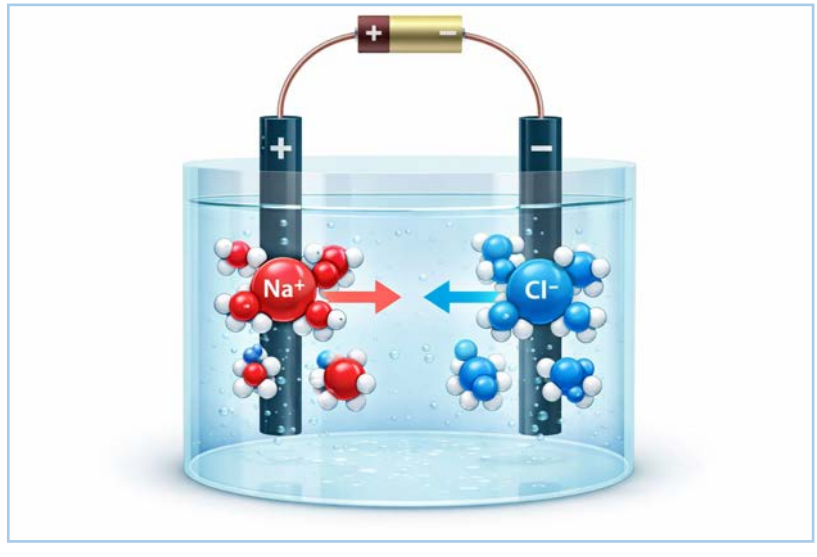
.....

.....

.....

1.3.3. Elektrik İletimi

Elektriksel iletkenlik, bir ortam içindeki elektrik yüklerinin bir noktadan diğer bir noktaya taşınması olarak tanımlanır. Taşınan elektrik yükleri, serbest elektronlar ya da çözeltideki elektriksel olarak yüklü tanecikler iyonlar olabilir. Maddeler; elektriği serbest elektronlar, iyonlar ya da her ikisi vasıtasıyla iletebilir. Elektrik akımının iyonlar tarafından taşınması olgusuna **elektrolitik iletkenlik** denir. **Elektrolitik iletkenlik**, sulu bir çözeltinin iyonlarına ayrışarak elektriği iletebilmesi olarak tanımlanır (Görsel 1.15).



Görsel 1.15: Elektrolitik iletkenlik

Çözeltiler elektriği iletebilme özelliklerine göre ikiye ayrılır:

Elektrolit Çözeltiler: Çözünen maddenin iyonlarına ayrıştığı (iyonlaştığı), elektriği iletebilen çözeltilerdir.

Elektrolit Olmayan Çözeltiler: Çözünen maddenin suda iyonlarına ayrışmadığı, elektriği iletmeyen çözeltilerdir.

Elektriği iletebilen bir çözelti (elektrolit) içindeki iyonlar hareket etmedikçe elektrolitik iletkenlik gözlenmez. Çözeltilerin elektriksel iletkenliği, elektrolit çözeltide bulunan iyon sayısı ile doğru orantılıdır. İyonlaşma ne kadar yüksekse iletkenlik o kadar fazla olur. Asitler, bazlar ve tuzlar suda iyonlarına ayrışarak çözünür. **Derişim**, belli bir hacimdeki madde miktarıdır. İyon derişimi arttıkça iletkenlik artar.

Sıcaklığın artması çoğunlukla çözünürlüğün ve dolayısıyla çözeltideki iyon derişiminin artması anlamına gelir. O hâlde çözelti ısıtılarak iletkenliği artırılabilir.

ARAŞTIRMA

Statik elektriğin elektronik devrelere zarar verme nedenlerini arkadaşlarınızla araştırınız.

DİKKAT

48. sayfadaki 1.4. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

1.4. ÇEŞİTLİ YÖNTEMLERLE ELEKTRİK ELDE ETME

Elektrik enerjisine duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Gelişmekte olan teknolojik ürünlerin sayısı arttıkça elektrik üretiminde çeşitlilik ve yenilik arayışları da artmıştır.

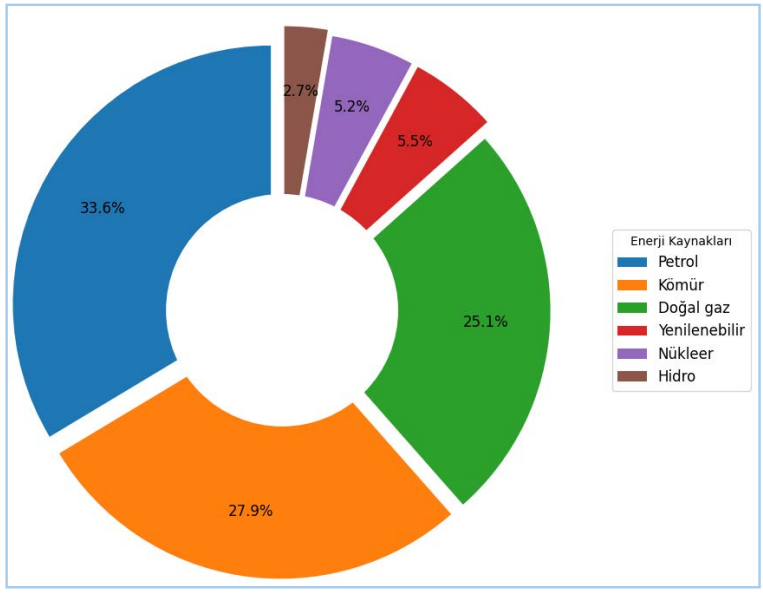
1.4.1. Elektrik Üretiminin Gelişim Evreleri

Sanayi Devrimi ile birlikte başlayan ve birbirini izleyen teknolojik değişim dalgalarının temeli enerji arzına dayanır. Tablo 1.3'te teknolojinin gelişim evreleri yer almaktadır.

Tablo 1.3: Teknolojinin Gelişim Evreleri

Birinci Dalga	Sanayi devrimi 18. ve 19. yy.
İkinci Dalga	Buharlı makinenin icadı. Kömür ve demir önemli hâle gelmiştir.
Üçüncü Dalga	Elektrik ve çelik önem kazanmıştır. Elektrikle çalışan makinelerin önemi artmıştır.
Dördüncü Dalga	Petrol önem kazanmıştır. Motorlu araçlar, radyo, televizyon, hava yolları bu dönemde gelişmiştir.
Beşinci Dalga	1990'larda başlayan mikroelektronik ve bilgisayar ağları çağı olarak tarif edilmektedir.

Tüm bu teknolojik ilerlemelerle enerji ihtiyacı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Ülkeler, artan elektrik ihtiyacını karşılamak için en çok fosil enerji kaynaklarını kullanmıştır (Görsel 1.16). Fosil enerji kaynakları, insanların sağlıklı yaşaması için gerekli olan çevresel faktörleri olumsuz etkilemiştir. Bunun yanında hızla tükenmesinden dolayı günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmekte ve bu konuda devletler yenilenebilir enerji kaynaklarına ciddi yatırımlar yapmaktadır.



Görsel 1.16: Dünya enerji tüketimi yakıt dağılımı (2024)

1.4.2. Elektrik Elde Etme Yöntemleri

Elektrik enerjisi farklı enerji türlerinin dönüşümüyle elde edilir. Günlük yaşamda kullanılan birçok cihaz, bu yöntemlerle üretilen elektrik enerjisi ile çalışır. Isı, ışık, sürtme, basınç, manyetik etki ve kimyasal yöntemle elektrik elde etme çeşitleri vardır.

1.4.2.1. Isı Etkisiyle Elektrik Elde Etme

Elektrik enerjisi ile ısı enerjisi arasındaki dönüşümler genel bir ifade ile **termoelektrik sistem** olarak adlandırılır. Termoelektrik sistemler içinde en bilindik malzeme de **termokupl**dur (Görsel 1.17). Termokupl, farklı iki metal alaşımın uçlarının birbiri ile kaynaklanması sonucu elde edilir. Bu iki nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılı olarak **termoelektrik voltaj** oluşur. Ortaya çıkan bu gerilim çok düşük seviyelerdedir. Bu gerilim günümüzde kullanılan metal alaşımların türlerine göre 1 °C başına 1 ile 70 µV (mikrovolt) düzeylerinde olmaktadır.



Görsel 1.17: Termokupl

1.4.2.2. Işık Etkisiyle Elektrik Elde Etme

Işık enerjisinden elektrik enerjisi elde edilen sistemlere **fotovoltaik sistemler** denir. Fotovoltaik cihazlar, yarı iletken malzemeler kullanarak güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Fotovoltaik cihazlar; hücresel yapıda oluşturulmuş, hücrelerde ışık etkisi ile koparılan elektronların hareket etmesiyle gerilim elde edilen cihazlardır. Bir fotovoltaik hücreden elde edilebilecek gerilim değeri çok düşüktür. Ancak çok sayıda hücrenin çeşitli yöntemlerle birleştirilmesi ile yüksek gerilim değerleri elde edilebilir. Solar paneller buna örnektir (Görsel 1.18).



Görsel 1.18: Solar panel

1.4.2.3. Sürtme Etkisiyle Elektrik Elde Etme

Cisimlerin sürtünmesi sonucunda **statik elektrik** oluşur. Bu statik elektriği kullanılabilecek hâle getirebilmek için belirli bir hıza çıkarmak gerekir. Bu cihazın adı Wimshurst (Vimshörst) elektrostatik jeneratörüdür (Görsel 1.19). Aynı mantıkla çalışan Van de Graaff (Van Dı Graaf) jeneratörü de bulunur. Bu jeneratör, içine yüklenmiş statik elektriği ışık hızının %10'u kadar hızlandırır. Günümüzdeki en büyük elektrostatik (durgun yüklü) jeneratör, Yale Üniversitesi A.W. Wright (Rite) Nükleer Yapı Laboratuvarı'nda bulunmaktadır.



Görsel 1.19: Wimshurst elektrostatik jeneratörü

1.4.2.4. Basınç Etkisiyle Elektrik Elde Etme

Piezoelektrik etki, bir maddenin elektrik alan altında genleşmesi veya daralmasıdır. Ters piezoelektrik etki ise basınç altında malzemenin elektrik potansiyel yaratmasıdır. Piezoelektrik malzemeler; elektrik enerjisini mekanik enerjiye, mekanik enerjiyi de elektrik enerjisine çevirme yeteneğine sahip malzemelerdir. Piezoelektrik malzemeler, bu özelliklerden faydalanılarak sensör ve tetikleyici olarak sıkça kullanılmaktadır. Piezoelektrik malzemeler günümüzde otomotiv teknolojisinde, biyoteknoloji, uzay teknolojisi ve savunma teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.4.2.5. Kimyasal Yöntemle Elektrik Elde Etme

Günlük hayatta sıkça kullanılan piller, kimyasal yöntemlerle elektrik üretir ve bunu bünyesinde depolar.

1.4.2.6. Manyetik Etkiyle Elektrik Elde Etme

Çevrelerinde manyetik etki oluşturan malzemelere **mıknatıs** denir. Mıknatısların bu etkisi elektrik makinelerinde kullanılır. Elektrik makineleri; elektrik enerjisini mekanik enerjiye, mekanik enerjiyi de elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Elektrik makinelerinde enerji dönüşümünü sağlayan temel mekanizma **manyetik alan**dır.

SIRA SİZDE

Mercimek tanesi büyüklüğünde küçük bir kâğıt parçasını masa üzerine bırakınız. Cam çubuk, plastik tükenmez kalem veya ebonit çubuğu kuru bir bezle birkaç kez sürtünüz. Daha sonra sürtülen çubuğu kâğıda yavaşça yaklaştırınız ve kâğıdın nasıl hareket ettiğini dikkatle gözlemleyiniz.
Elde ettiğiniz sonucu arkadaşlarınızın gözlem sonuçlarıyla karşılaştırınız. Benzerlik ve farklılıkları sınıfça tartışınız. Bu etkinlikten hareketle sürtünme ile elektriklenmenin cisimler üzerindeki etkisini açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

DİKKAT

50. sayfadaki 1.5. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

1.5. PİL BAĞLANTILARINI YAPMA

Pil, kimyasal enerjinin depolanabilmesi ve elektriksel bir forma dönüştürülebilmesi için kullanılan bir aygıttır (Görsel 1.20). Piller; bir veya daha fazla elektrokimyasal hücre, yakıt hücreleri veya akış hücreleri gibi elektrokimyasal aygıtlardan oluşur.



Görsel 1.20: Farklı voltajlarda piller

1.5.1. Yapılarına Göre Pil Çeşitleri

Birincil ve ikincil pillere ait kimyasal özellikler Tablo 1.4'te verilmiştir. Elektrolit, elektrotların batırıldığı sıvıyı gösterir. Katot, negatif elektrodu; anot ise pozitif elektrodu gösterir.

Tablo 1.4: Birincil ve İkincil Pillerin Kimyasal Bileşenleri

Pil Türü	Pil Tipleri	Katot	Anot	Elektrolit
Birincil Piller (Şarj Edilemeyen)	alkali	mangan oksit	çinko	potasyum veya sodyum hidroksit
	çinko-karbon	mangan oksit	çinko	amonyum veya çinko klorür
	civa oksit	civa oksit	çinko kadminyum	potasyum veya sodyum hidroksit
	çinko-hava	havadan oksijen	çinko	potasyum hidroksit
	gümüş oksit	gümüş oksit	lityum	potasyum veya sodyum hidroksit
	lityum	çeşitli metal oksitler	lityum	çeşitli organik veya tuz çözeltileri
İkincil Piller (Şarj Edilebilir)	nikel kadminyum	nikel oksit	kadminyum	potasyum veya sodyum hidroksit
	kurşun asit	kurşun oksit	kurşun	sülfirik asit
	nikel metalhidrit	nikel oksit	metal alaşım	potasyum hidroksit
	lityum iyon	lityum kobalt	grafit karbon	lityum tuzu

1.5.1.1. Birincil Piller

Elektronik tabanlı tüketici ürünlerindeki gelişmeler pillere olan talebi de artırmıştır. Bu da pil teknolojilerinde gelişim ihtiyacını doğurmuştur. Örneğin lityumun kimyasal özelliklerinden dolayı pillerde kullanılması sonucunda yüksek özelliğe sahip piller ortaya çıkmıştır.

Günümüzdeki tüm pillerin temelini oluşturan iki farklı metal ve bir ara maddenin birleşimi ilkesi, İtalyan bilim adamı Alessandro Volta'nın yıllar önce yaptığı araştırmalar neticesinde ortaya çıkmıştır. Volta, araştırmalarında bakır ile çinkodan, bir sıvı içinde temas etmeksizin bir potansiyel fark elde edilebileceğini keşfetmiştir.

Kuru piller, genellikle silindirik kap şeklinde olan bir çinko anodu ve merkezi çubuk şeklindeki bir karbon katodu içerir. Elektrolit, çinko anodunun yanındaki macun şeklindeki amonyum klorürdür. Elektrolit ile karbon katot arasındaki kalan boşluk, amonyum klorür ve manganez dioksitten oluşan ikinci bir macun tarafından alınır ve bu ikinci katman, bir depolarizatör olarak işlev görür. Bazı tasarımlarda amonyum klorür yerine çinko klorür kullanılır.

1.5.1.2. İkincil Piller

Şarj edilebilen piller bazen **ikincil piller** olarak da adlandırılır çünkü bu pillerin gücü ikincil bir kaynaktan gelir. Bu pillerin bir özelliği de diğer piller kadar uzun süre dayanmamasına karşın birçok kez doldurulabilme

avantajıyla toplamda daha uzun ömürlü olmasıdır. Ayrıca şarj edilebilen piller (1,2 V) geleneksel pillere (1,5 V) göre daha düşük voltaja sahiptir. Şarj edilebilen pillerin, kullanılmaya başlar başlamaz voltajları düşen geleneksel pillerin aksine, ömürleri boyunca çok daha düzenli voltajları vardır (Tablo 1.5).

a) Nikel Kadmiyum (NiCd): Adından da anlaşılacağı gibi nikel ve kadmiyumdan yapılmış pillerdir. NiCd piller hafızalı piller olarak da adlandırılır. Kısa zamanda yüksek enerji yoğunluğu sağlayan bu bataryalar, genellikle telsiz telefonları ve küçük ev aletlerini çalıştırmak amacıyla kullanılır.

b) Nikel Metalhidrit (NiMH): NiCd bataryalardan daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olan NiMH pilleri geliştirilmiştir. Her iki pilin de iç direnci vardır. Bu direnç, nikel-kadmiyum pillerde daha yüksektir. Bu piller kullanılmadığında kendi içinden bir akım akıtır ve boşalır. Bu olay, NiMH pillerde daha çabuk olur ve bu piller daha kısa sürede boşalır.

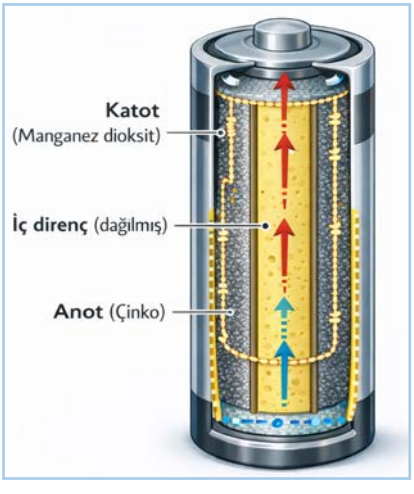
c) Lityum İyon (Li-iyon): Şarj edilebilir lityum-iyon piller, bilinen şarj edilebilir pil sistemi içinde en fazla enerji yoğunluğuna (en yüksek elektrokimyasal potansiyele) sahip pillerdir. Bu pillerde katot, lityumlu metal oksitlerden; anot ise tabaka hâlindeki grafit içeren karbonlardan meydana gelir. Elektrot ise organik karbonatlarda çözünen lityum tuzlarından oluşur. Pil şarj edilmeye başladığında katottaki lityum atomları lityum iyonlarına dönüşerek elektrolitten geçer, anottaki karbona doğru giderek elektronlarla birleşir ve karbon tabakaları arasına yerleşir. Deşarj sırasında ise bu işlemin tersi gerçekleşir.

Tablo 1.5: Pil Türlerinin Özellikleri

ÖZELLİK	SİSTEM		
	NiCd	NiMH	Li-iyon
Enerji yoğunluğu	-	+	++
Tekrar kullanılabilme performansı	++	++	++
Kendi kendine deşarj	+	+	++
Hızlı şarj edebilme	++	+	+
Yüksek akım ile deşarj edebilme	++	+	+
Güvenilirlik	+	+	-*
Fiyat	+	-	- -
Gerilim uyumluluğu	+	++	- -
Deşarjda gerilim kararlılığı	++	+	+
AÇIKLAMALAR ++ = Mükemmel , + = İyi, - = Uygulamaların çoğu için yeterli, - - = Dezavantajlı, * = Kontrol devreleri gerekli			

1.5.2. Pillerin İç Direnci

Bütün piller, elektrotlar ve elektrolitlerle oluşturulmuştur. Kullanılan bütün malzemelerin elektriksel bir direnci olduğuna göre her pilin de boyutlarına, üretiminde kullanılan malzemelerin öz dirençlerine ve üretim teknolojisine bağlı bir iç direnci vardır (Görsel 1.21). İç direnç, bütün gerilim kaynakları için kaçınılmaz bir özelliktir ve pilin içine dağılmış pek çok direncin birleşimidir. İç direnç, pil gerilimine seri bağlı bir **r** direnci ile gösterilir. Bir pil biterken iç direnci artar ve daha az gerilim üretmeye başlar. Ni-MH pilinin anodik, katodik ve elektrolit direnç değerlerinin Li-iyon pilininkinden çok daha büyük bir değere sahip olduğu belirlenmiştir.



Görsel 1.21: Pilin iç direnç gösterimi

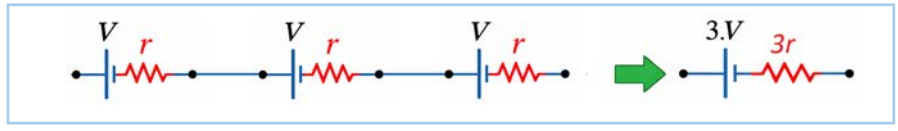
Omik direncin Ni-MH pilinde daha yüksek olması, pilin deşarj kapasitesinin ve şarj / deşarj döngü kabiliyetinin zayıf olduğunu gösterir. Enerji depolama cihazlarının iç dirençlerinin toplamı, önemli bir performans göstergesi olup düşük direnç değeri, yüksek performansı işaret eder.

1.5.3. Pillerin Bağlantıları

Değişik gerilim ve güç gereksinimleri olan uygulamalar için pillerin seri, paralel veya karışık bağlanmaları ile bataryalar elde edilir. Pillerin seri, paralel veya karışık bağlanmasındaki amaç, gerilim değerlerini ve dayanımlarını artırmaktır.

1.5.3.1. Seri Bağlantı

Pillerin gerilim değerleri 1-3 volt arasında değişir. Daha yüksek uç gerilimleri elde edebilmek için piller seri bağlanır (Görsel 1.22).



Görsel 1.22: Pillerin seri bağlanması

Pillerin seri bağlanarak gerilim değeri arttığı gibi iç direnci de artar. Toplam gerilim ve toplam iç direnç değerini bulmak için aşağıdaki formül kullanılır:

n adet pil için

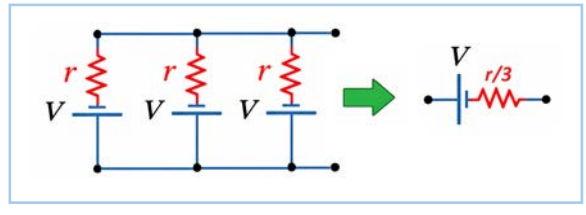
$V_T = n \cdot V$ $\quad V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$

$r_T = n \cdot r$ $\quad r_T = r_1 + r_2 + r_3 + \ldots$

Seri bağlı olan pillerden elde edilen bataryanın akım miktarı, tek bir pilin akım miktarından fazla değildir. Batarya oluşturulurken özdeş olmayan piller kullanılmışsa bataryadan çekilen akım, akım değeri en küçük olan (iç direnci en yüksek olan) pilinkini aşmamalıdır. Bu koşula dikkat edilmezse bu pilin yüksek iç direnci nedeniyle uç geriliminin yönü ters döner ve batarya gerilimini çok azaltır. Ayrıca pil içinde tüketilen güç ve dolayısıyla pilin içinde ısınma da artar.

1.5.3.2. Paralel Bağlantı

Pillerin paralel bağlanmasıyla elde edilen bataryaların avantajı, yüksek akım verebilmesi ve iç dirençlerinin düşük olmasıdır (Görsel 1.23). Paralel bağlamada kullanılacak pillerin özdeş olmaları gerekir. Pillerin özdeş olmamaları durumunda iç hava dolaşımı akımları oluşur. Bu durum ısınma ve erken tükenme sorunlarına yol açar.



Görsel 1.23: Pillerin paralel bağlanması

Pillerin paralel bağlanmasıyla elde edilen bataryalarda akım, kullanılan pil sayısı kadar artar ancak gerilim, tek bir pilin gerilimine eşit olur.

$I_T = n \cdot I$ ve $r_T = \frac{r}{n}$

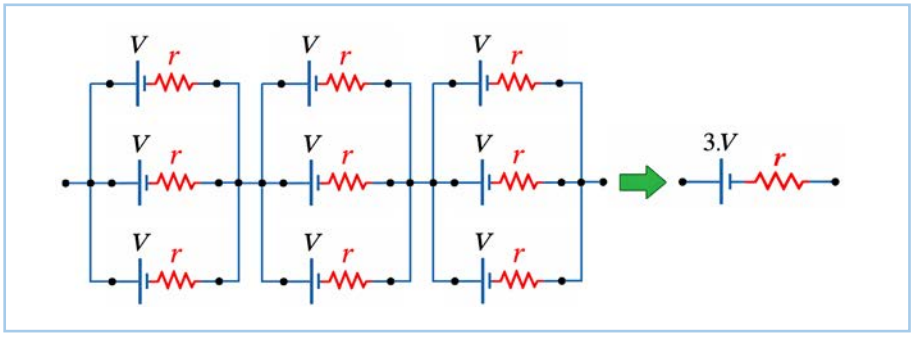
formüllerinden anlaşıldığı üzere akım artar, iç direnç azalır.

NOT

Farklı gerilim değerlerine sahip pillerin paralel bağlanması sakıncalıdır.

1.5.3.3. Karışık Bağlantı

İstenen akım ve gerilim değerlerini elde edebilmek için piller seri ve paralel bağlanarak batarya oluşturulur (Görsel 1.24). Karışık bağlantılı bataryalarda gerilim, akım ve iç direnç değerlerini bulmak için seri ve paralel devrelerdeki formüller sırasıyla kullanılır.



Görsel 1.24: Pillerin paralel bağlanması

DİKKAT

52. sayfadaki 1.6. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

BUNLARI BİLİYOR MUSUNUZ?

DİJİTAL DÖNÜŞÜM, YEŞİL DÖNÜŞÜM VE İKİZ DÖNÜŞÜM

Günümüzde enerji üretimi ve elektrik teknolojileri alanında yaşanan gelişmeler yalnızca yeni cihazların ortaya çıkmasıyla sınırlı değildir. Aynı zamanda üretim süreçlerinin daha verimli, güvenli ve çevreye duyarlı hâle getirilmesini sağlayan dijital dönüşüm, yeşil dönüşüm ve bu iki yaklaşımın birlikte ele alınmasıyla oluşan ikiz dönüşüm kavramları büyük önem kazanmıştır. Bu dönüşümler, elektrik enerjisinin farklı yöntemlerle elde edilmesi ve kullanılmasına yönelik teknolojik ilerlemelerin temelini oluşturmaktadır.

Dijital dönüşüm, elektrik üretiminde kullanılan sistemlerin sensörler, otomasyon teknolojileri, akıllı şebekeler ve veri tabanlı kontrol mekanizmaları ile daha verimli yönetilmesini sağlar. Örneğin güneş panellerinin üretim performansının bilgisayar destekli sistemlerle izlenmesi, termoelektrik ve fotovoltaik sistemlerin çalışma verilerinin analiz edilmesi ve enerji kayıplarının azaltılması dijital dönüşüm uygulamalarına örnek olarak verilebilir.

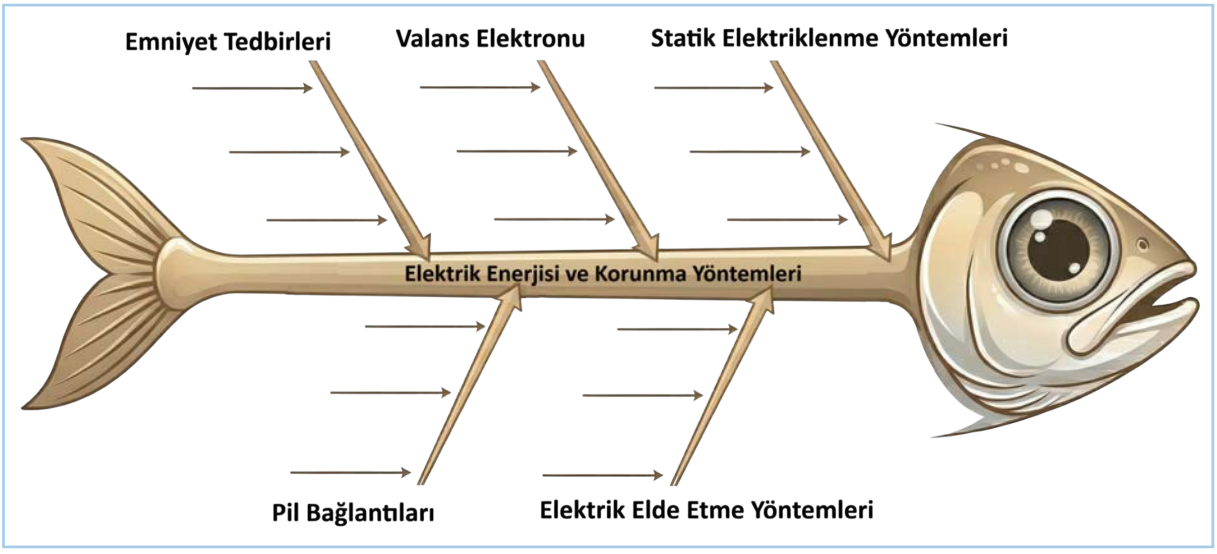
Yeşil dönüşüm ise enerji üretiminde çevreye zarar veren kaynakların yerine yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını amaçlar. Bu kapsamda güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, termoelektrik sistemler ve piezoelektrik uygulamalar gibi çevre dostu yöntemler ön plana çıkmaktadır. Böylece hem enerji ihtiyacı karşılanmakta hem de doğal kaynakların korunmasına katkı sağlanmaktadır. Bu yaklaşım, öğrenme biriminde ele alınan ışık, ısı, basınç ve manyetik etki gibi farklı yöntemlerle elektrik elde edilmesi konularının günümüzdeki uygulama alanlarını da desteklemektedir.

İkiz dönüşüm ise dijital dönüşüm ile yeşil dönüşümün birlikte uygulanmasını ifade eder. Bu yaklaşım sayesinde enerji üretim sistemleri hem çevreci hem de akıllı hâle gelmektedir. Akıllı enerji yönetim sistemleri, yenilenebilir enerji santralleri ve sensör tabanlı enerji izleme teknolojileri bu dönüşümün önemli örneklerindendir. Böylece elektrik üretimi daha güvenli, sürdürülebilir ve ekonomik bir yapıya kavuşmaktadır.

Sonuç olarak dijital, yeşil ve ikiz dönüşüm uygulamaları; elektrik enerjisinin farklı yöntemlerle elde edilmesi, depolanması ve verimli kullanılması süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu dönüşümler sayesinde geleceğin enerji sistemleri daha çevreci, daha akıllı ve daha sürdürülebilir bir yapıya doğru ilerlemektedir.

SIRA SİZDE

Bu öğrenme biriminde öğrendiklerinizden yola çıkarak elektrik enerjisi ve korunma yöntemlerine ilişkin balık kılçığı diyagramını doldurunuz (Görsel 1.25).



Görsel 1.25: Elektrik enerjisi ve korunma yöntemleri

DİKKAT

Elektrik-Elektronik Atölyesi Temel İSG Kuralları

Temel Elektriksel Güvenlik Önlemleri

Enerjiyi Kesin: Devre üzerinde herhangi bir parça değişimi veya tamirat yapmadan önce cihazın enerjisini kesiniz.

Topraklama: Çalışma masalarının ve cihazların topraklamasının düzgün yapıldığından emin olunuz.

Yıpranmış Kablolar: Yıpranmış, izolasyonu bozulmuş kabloları kesinlikle kullanmayınız.

Islak Ortam: Elektrikli cihazlarla çalışırken ellerinizin kuru olmasına dikkat ediniz ve ıslak zeminlerde çalışmayınız.

Vücut Güvenliği: Elektrik akımıyla çalışırken iletkenliği artırabilecek yüzük, saat ve künye gibi metal takıları çıkarınız.

Kişisel Koruyucu Donanım: Çalışmanın türüne göre izole paspaslar, elektrikçi ayakkabıları veya antistatik bileklikler kullanınız.

Atölye Düzeni ve Çalışma Kuralları

Tertip ve Düzen: Çalışma masanızı temiz ve düzenli tutunuz. Kullanılmayan havya, pense gibi aletleri yerlerine kaldırınız. Çalışma masası üzerinde su, içecek veya iletken metal parçaları (tel artıkları, lehim parçaları vb.) bulundurmayınız. Masa yüzeyini kuru ve yalıtkan tutunuz.

Uyarıcı Tabelalar: Atölyedeki yasaklayıcı ve uyarıcı işaretlere uyunuz.

Havalandırma: Havya dumanı gibi kimyasal dumanları solumamak için ortamın havalandırılmasını sağlayınız.

Antistatik Önlemler: Hassas elektronik komponentlerle çalışırken elektrostatik deşarjdan (ESD) korunmak için topraklanmış bileklikler kullanınız.

Ergonomi: Oturma düzeni, göz yorgunluğunu ve duruş bozukluğunu önlemek için uygun ışıklandırma ve doğru sandalye yüksekliğini ayarlayınız.

Kişisel Korunma: Atölye önlüğü giyiniz. Devre montajı veya lehimleme yapılırken koruyucu gözlük kullanınız (direnç bacaklarını keserken fırlama riskine karşı).

Ekipman ve Takım Güvenliği

Doğru Alet Kullanımı: Havya, tornavida ve ölçü aletlerini sadece kendi amaçlarına uygun kullanınız.

Havya Güvenliği: Sıcak havyayı masanın üzerine bırakmayınız, mutlaka kendi standında muhafaza ediniz.

Cihaz Kontrolü: Ölçü aletlerinin problarını ve kablolarını kullanmadan önce kontrol ediniz. Kullanılacak ölçü aleti problarının yalıtkan kısımlarının sağlam olduğu kontrol ediniz. Kablosu soyulmuş veya ucu kırık problar kullanmayınız.

Cihaz Güvenliği: Ölçü aletleriyle ölçüm yaparken akım, gerilim ve direnç kademelerini doğru seçiniz. Direnç ölçümü (ohmmetre kademesinde) yapmadan önce devrede enerji olmadığını kontrol ediniz. Enerji altındaki devrede direnç ölçmeye çalışmak ölçü aletine zarar verebilir ve güvenlik riski oluşturur.

Acil Durum Prosedürleri

Yangın Tüpü: Yangın söndürücülerin yerlerini öğreniniz.

Raporlama: Atölyede İSG kurallarına aykırı bir durumla karşılaştığınızda veya olası iş kazalarını hemen atölye öğretmenlerinize bildiriniz.

NOTLAR

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

1.1. UYGULAMA

Adı	ELEKTRİK KAZALARINDA İLK MÜDAHALE VE İLK YARDIM UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Elektrik kazalarında uygulanması gereken ilk müdahale ve temel ilk yardım adımlarını doğru sırayla uygulamak

Görev: Elektrik kazası senaryosuna uygun olarak olay yerinde güvenliği sağlayınız, kazazedeye doğru müdahale adımlarını uygulayınız ve ilk yardım sürecini doğru şekilde gerçekleştiriniz. Yapılan uygulamaları grup içinde değerlendirerek doğru müdahale sırasını açıklayınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Yalıtkan eldiven	Elektrik yalıtımı için	1 çift
Ahşap çubuk	Yalıtkan müdahale malzemesi olarak	1 adet
İlk yardım çantası	Standart içerikli	1 adet
Eğitim mankeni	Temel ilk yardım müdahalesi için	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik kazası senaryosunu öğretmen rehberliğinde inceleyiniz.
3. Kazaya neden olan enerji kaynağını kesiniz veya kesilmesini sağlayınız.
4. Enerjinin kesilemediği durumlarda kazazedeyi yalıtkan bir malzeme kullanarak güvenli bölgeye alınız.
5. Olay yerinin güvenliğini kontrol ederek ikinci bir kazayı önleyiniz.
6. Kazazedenin bilinç durumunu kontrol ediniz.
7. Solunum kontrolünü yapınız.
8. Temel yaşam desteği uygulamalarını maket üzerinde gösteriniz.
9. Yanık oluşmuşsa uygun ilk yardım müdahalesini açıklayınız.
10. Acil yardım ekiplerine haber verilmesi gereken durumları değerlendiriniz.
11. Yapılan müdahale adımlarını grup içinde sıralayarak öğretmen kontrolünde değerlendiriniz.
12. Kullanılan araç gereci toplayarak çalışma ortamını düzenleyiniz.

UYGULAMA SORULARI

1. Elektrik kazalarında yapılması gereken ilk müdahale nedir? Açıklayınız.

.....

2. Elektrik çarpmasına maruz kalan bir kişiye doğrudan temas etmek neden tehlikelidir?

.....

3. Elektrik yanıklarında uygulanması gereken temel ilk yardım adımlarını açıklayınız.

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

1.2. UYGULAMA

Adı	İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ LEVHASI OLUŞTURMA
Süresi	40 dakika

Amaç: İş sağlığı ve güvenliği kurallarını belirleyerek bu kuralları içeren bir iş güvenliği levhası oluşturmak

Görev: Güvenli çalışma için gerekli kişisel koruyucu donanımların doğru kullanımını araştırınız. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak elektrikle çalışırken uyulması gereken temel güvenlik kurallarını araştırıp görsel uyarı levhaları hazırlayınız (Görsel 1.26). Hazırlanan çalışmalar sayesinde hem bireysel hem de grup çalışması becerileri geliştiriniz. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 1.26: İş sağlığı ve güvenliği için oluşturulmuş örnek levha

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Karton kâğıt	Farklı renklerde	Yeterince
Çeşitli kırtasiye malzemeleri	Yapıştırıcı, makas vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Kendi aranızda küçük gruplar (2-3 kişilik) oluşturunuz.
3. Aşağıdaki konulardan birini seçiniz.
   a) Elektrikle çalışmada uyulması gereken emniyet tedbirleri
   b) Elektrik kazalarında iş güvenliği önlemleri
   c) Elektrik kazalarında ilk yardım uygulamaları
4. İnternet, ders kitabı ve diğer kaynaklardan yararlanarak levhalara yönelik bilgiler edininiz.

5. Seçtiğiniz başlığa uygun olarak grup içindeki arkadaşlarınızla görev paylaşımı yapınız.
6. Oluşturduğunuz yazı ve görselleri uygun şekilde kesiniz.
7. Kesilen kartonları başlıklar belirgin olacak şekilde farklı renklerde karton kâğıtlara estetik ve dikkat çekici bir biçimde yapıştırınız.
8. Levhalarda yer alan bilgilerin iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygunluğunu öğretmeninize kontrol ettiriniz, varsa gerekli düzeltmeleri yapınız.
9. Hazırladığınız levhaların sunumunu grup olarak kısa açıklamalarla yapınız.
10. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Elektrikle çalışırken dikkat edilmesi gereken konular nelerdir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Havacılıkta ve hangarlarda alınan iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri neler olabilir? Yorumlayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

1.3. UYGULAMA

Adı	MADDELERİN ATOM ŞEMASINI OLUŞTURMA
Süresi	40 dakika

Amaç: İletken, yalıtkan ve yarı iletken maddelerin atom yapılarını inceleyerek bu maddelere ait atom şemalarını oluşturmak

Görev: İletken, yalıtkan ve yarı iletken maddelere ait atom modellerini araştırınız. Elektron dizilimlerini inceleyerek bu maddelerin elektriksel özelliklerini açıklayınız. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak seçtiğiniz maddelere ait atom şemalarını uygun çizim teknikleriyle karton üzerine aktararak görsel materyal hâline getiriniz (Görsel 1.27). Hazırlanan çalışmalar sayesinde hem bireysel hem de grup çalışması becerilerinizi geliştiriniz. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 1.27: İletken, yalıtkan ve yarı iletken maddelere ait örnek atom modeli çizimleri

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Karton kâğıt	Farklı renklerde	Yeterince
Çeşitli kırtasiye malzemeleri	Yapıştırıcı, makas vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Kendi aranızda küçük gruplar (2-3 kişilik) oluşturunuz.
3. Aşağıdaki konulardan birini seçiniz.
   a) İletken maddeler (örnek: bakır, alüminyum)
   b) Yalıtkan maddeler (örnek: cam, porselen)
   c) Yarı iletken maddeler (örnek: silisyum, germanyum)
4. Seçilen maddelere ait atom yapıları hakkında ders kitabı, internet ve diğer kaynaklardan araştırma yapınız.

5. Araştırılan maddelerin elektron dizilimlerini inceleyiniz ve atom şemasını oluşturmak için gerekli bilgileri belirleyiniz.

6. Seçilen maddeye ait atom modelini uygun çizim tekniklerini kullanarak taslak hâlinde çiziniz.

7. Hazırlanan atom şemasını farklı renklerde karton kâğıtlara düzenli ve dikkat çekici olacak şekilde aktarınız.

8. Atom şemalarında gösterilen elektron dizilimlerinin doğruluğunu öğretmeninize kontrol ettiriniz, varsa gerekli düzeltmeleri yapınız.

9. Hazırladığınız atom şemalarını grup olarak kısa açıklamalarla sununuz.

10. Çalışma sonunda kullanılan malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve çalışma ortamını düzenleyiniz.

UYGULAMA SORULARI

1. İletken maddelerin atom yapısını yalıtkan maddelerden ayıran temel özellikler nelerdir?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Yarı iletken maddelerin elektronik devrelerde kullanılmasının sebepleri nelerdir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

1.4. UYGULAMA

Adı	ELEKTROSKOP KULLANARAK STATİK ELEKTRİK ÖLÇÜMÜ YAPMA
Süresi	40 dakika

Amaç: Farklı maddelerin sürtünme ile yüklenmesini elektroskopla gözlemleyerek karşılaştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak elektroskopla farklı maddelerde oluşan statik elektrik yüklerini gözlemleyiniz (Görsel 1.28). Deney sırasında yüklenme türlerini inceleyerek elektroskop yapraklarının hareketini yorumlayınız. Elde ettiğiniz gözlemleri kaydederek statik elektrik oluşumunu açıklayınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 1.28: Elektroskop ile statik elektrik ölçümüne ait örnek uygulama düzeneği

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Elektroskop	Yapraklı	1 adet
Cam çubuk	Yükleme için	1 adet
Ebonit çubuk	Yükleme için	1 adet
Yün kumaş	Sürtünme için	1 adet
İpek kumaş	Sürtünme için	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektroskobun sağlamlığını ve çalışır durumda olduğunu kontrol ediniz.

3. Elektroskobun başlangıç durumunu gözlemleyiniz ve yaprakların konumunu not ediniz.
4. Cam çubuğu ipek kumaş ile sürterek elektrikle yükleyiniz.
5. Yüklenmiş cam çubuğu elektroskoba yaklaştırarak yapraklardaki değişimi gözlemleyiniz.
6. Aynı işlemi ebonit çubuğu yün kumaş ile sürterek tekrar ediniz.
7. Elektroskop yapraklarının açılma miktarını karşılaştırınız ve gözlem sonuçlarını not ediniz.
8. Farklı yük türlerinin elektroskop üzerindeki etkilerini yorumlayınız.
9. Deney sonuçlarını öğretmen kontrolünde değerlendiriniz ve varsa gerekli düzeltmeleri yapınız.
10. Çalışma sonunda kullanılan malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve çalışma ortamını düzenleyiniz.

UYGULAMA SORULARI

1. Elektroskop ne amaçla kullanılır? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Cam çubuk ve ebonit çubuk ile yapılan deneylerde elektroskop yapraklarının farklı davranmasının sebebi nedir?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

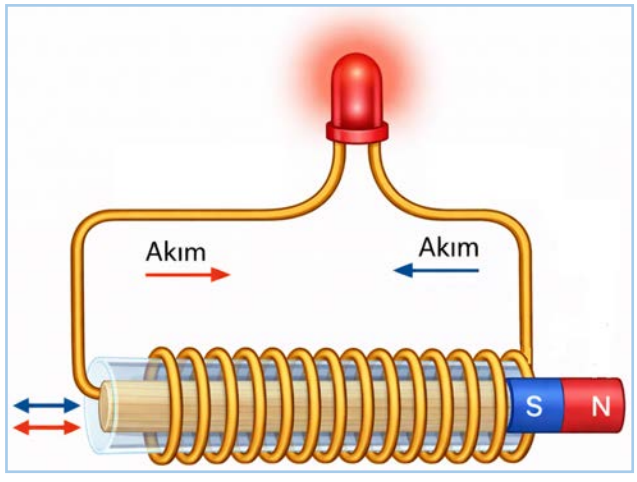
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

1.5. UYGULAMA

Adı	BOBİN KULLANARAK MANYETİK ETKİYLE ELEKTRİK ELDE ETME
Süresi	40 dakika

Amaç: Manyetik etki sonucu elektrik enerjisinin oluşum prensibini kavramak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak bobin ve mıknatıs kullanıp Görsel 1.29'da yer alan düzeneği kurunuz. Manyetik alan değişimi sonucunda elektrik enerjisinin nasıl oluştuğunu gözlemleyiniz. Deney sırasında bobin uçlarında oluşan elektriksel etkiyi inceleyerek elektromanyetik indüksiyon prensibini açıklayınız. Elde ettiğiniz gözlemleri kaydederek manyetik etki ile elektrik üretimi arasındaki ilişkiyi yorumlayınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 1.29: Bobin ve mıknatıs ile elektromanyetik indüksiyon düzeneği

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Bakır tel	Emaye kaplamalı, 0,5 mm	5 metre
Silindir mıknatıs	Neodyum	4 adet
Plastik nüve	10-20 cm uzunluk, 5 cm çap	2 adet
Tahta çubuk	Plastik nüve içerisinde hareket edecek şekilde	2 adet
LED	Renkli, 3 V	2 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Kullanılacak bobin, mıknatıs ve bağlantı kablolarını kontrol ederek malzemeleri hazırlayınız.
3. Nüve etrafına bakır emaye teli sararak sabitleyiniz.
4. Bakır telin uçlarında bulunan emayeyi 1 cm uzunluğunda kazıyarak iletken hâle getiriniz.
5. Bobin uçlarını LED'e bağlayınız.

6. Tahta çubuk üzerine neodyum mıknatısları sabitleyiniz.

7. Mıknatıslı tahta çubuğu bobin içerisine sabit şekilde yerleştirerek LED'de değişim olup olmadığını gözlemleyiniz.

8. Mıknatısı bobin içerisine ileri-geri hareket ettirerek oluşan elektriksel etkiyi gözlemleyiniz.

9. Mıknatısın hareket hızını değiştirerek oluşan etkinin nasıl değiştiğini inceleyiniz.

10. Mıknatısın kutuplarını değiştirerek oluşan elektriksel etkinin yönünü karşılaştırınız.

11. Farklı bir nüve üzerine bobin sarım sayısını sıklaştırarak aynı adımları tekrarlayınız.

12. Deney sırasında elde edilen gözlemleri not ediniz ve sonuçları kaydediniz.

13. Uygulama sonuçlarını öğretmeninizle değerlendiriniz.

14. Kullanılan araç gereci teslim ederek çalışma ortamını düzenleyiniz.

UYGULAMA SORULARI

1. Bobin içerisinde mıknatıs hareket ettirildiğinde neden elektrik oluşur? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Manyetik alan değişiminin elektrik oluşumu üzerindeki etkisini açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

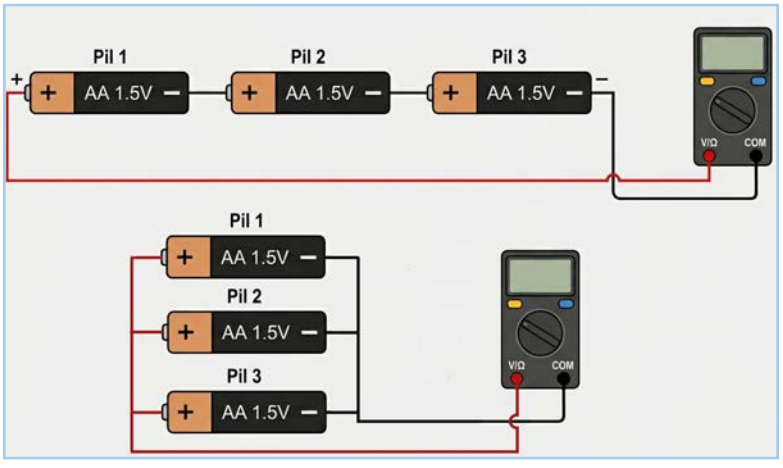
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

1.6. UYGULAMA

Adı	PİLLERİN SERİ-PARALEL BAĞLANTISI
Süresi	40 dakika

Amaç: Pillerin seri ve paralel bağlanması durumunda eş değer gerilim ve eş değer iç direnci ölçmek

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 1.30'da yer aldığı gibi farklı pilleri seri ve paralel bağlayıp devrede oluşan eş değer gerilimi ölçünüz. Ölçüm sonuçlarını karşılaştırınız. Ayrıca iç direnç değişimlerini de ölçerek kaydediniz. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 1.30: Pillerin seri ve paralel bağlanması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kalem pil	AA, 1,5 V	3 adet
Pil yatağı	AA pil uygunluğunda	3 pil için
Avometre	Dijital özellikli	1 adet
Zil teli	0,50 mm	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Özdeş olduğu bilinen pillerin gerilimini avometrenin DC gerilim kademesi ile ölçünüz ve sonuçları kaydediniz.
3. Avometreyi direnç kademesine alarak pillerin iç direncini ölçünüz ve sonuçları kaydediniz.
4. 3 adet pili, pil yatağı yardımı ile seri bağlayarak devreyi oluşturunuz.
5. Avometrenin DC gerilim kademesini kullanarak eş değer gerilimi ölçünüz ve sonuçları kaydediniz.

6. Avometrenin direnç ölçme kademesini kullanarak eş değer iç direnci ölçünüz ve sonuçları kaydediniz.

7. 3 adet pili, pil yatağı yardımı ile paralel bağlayarak devreyi oluşturunuz.

8. Avometrenin DC gerilim kademesini kullanarak paralel devrenin eş değer gerilimini ölçünüz ve sonuçları kaydediniz.

9. Avometrenin direnç ölçme kademesini kullanarak paralel pillerin eş değer iç direncini ölçünüz ve sonuçları kaydediniz.

10. Seri ve paralel devreler için gerilim ve iç direnç ölçüm sonuçlarını karşılaştırarak yorumlayınız.

11. Uygulama sonuçlarını öğretmeninizle değerlendiriniz.

12. Kullanılan araç gereci teslim ederek çalışma ortamını düzenleyiniz.

UYGULAMA SORULARI

1. Seri bağlı pillerde eş değer gerilim nasıl değişir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Paralel bağlı pillerde eş değer iç direnç neden azalır? Yorumlayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

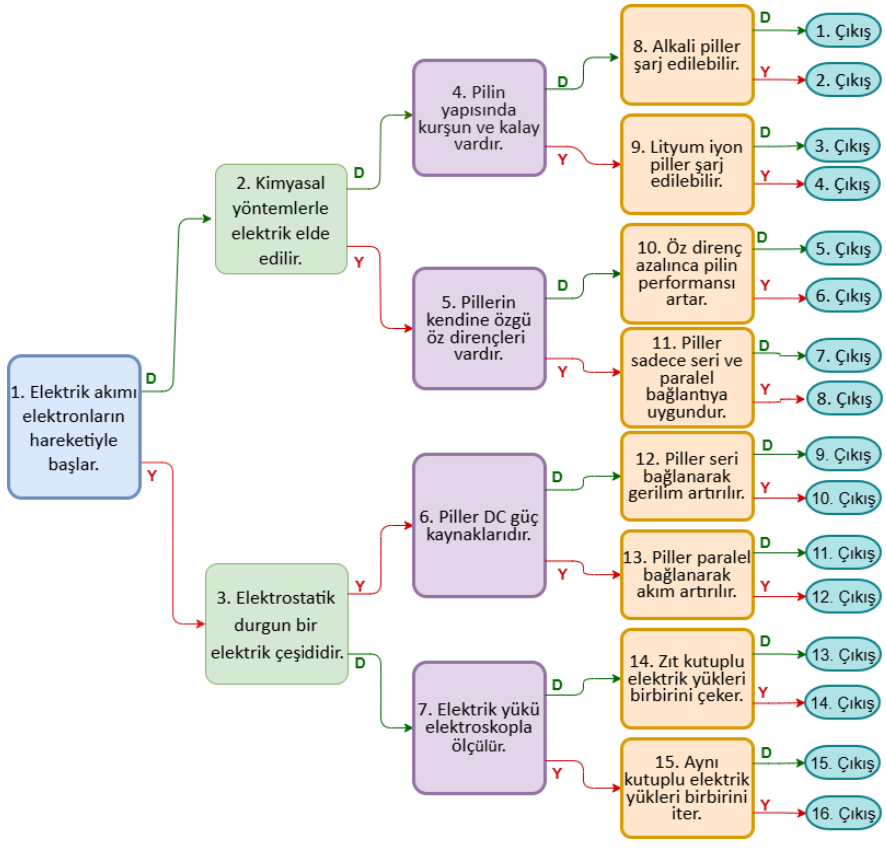
.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

İfadeler	
Coulomb Kanunu (1)	Seri bağlantı (7)
İzoleli el aletleri (2)	Ohm Kanunu (8)
Yarı iletken (3)	Piezoelektrik (9)
Pil (4)	Yalıtkan (10)
Elektrostatik (5)	Elektroskop (11)
Kontrol kalemi (6)	Paralel bağlantı (12)

1. Elektrik çarpmalarına karşı kişisel koruma sağlayan ve akımın geçişini engelleyen ekipmanlar genel olarak nasıl adlandırılır?

Cevap: .....

2. Hangisi kimyasal enerjiden elektrik üreten doğru akım kaynağıdır?

Cevap: .....

3. Elektriği iletmeyen maddeler genel olarak nasıl adlandırılır?

Cevap: .....

4. İki elektrik yüklü cisim arasındaki elektriksel kuvveti açıklayan temel fizik yasası nedir?

Cevap: .....

5. Voltajı (gerilimi) artırmak amacıyla pillerin birbirine eklenme biçimi hangisidir?

Cevap: .....

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi elektrik atölyesinde alınması gereken güvenlik önlemlerinden biri değildir?

A) Enerjiyi kesmek B) Topraklama yapmak C) Koruyucu donanım kullanmak

D) Islak elle çalışmak E) Risk değerlendirmesi yapmak

7. Aşağıdakilerden hangisi yarı iletken maddelere örnektir?

A) Bakır B) Silisyum C) Cam D) Altın E) Gümüş

8. Coulomb Kanunu'na göre iki elektrik yükü arasındaki kuvvet aşağıdakilerden hangisine bağlı değildir?

A) Yüklerin büyüklüğüne B) Yükler arası uzaklığa C) Ortam katsayısına

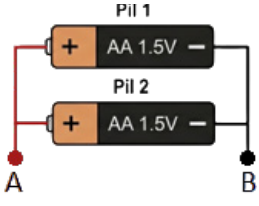
D) Yüklerin sıcaklığına E) Yüklerin işaretine

9. Aşağıdakilerden hangisi basınç etkisiyle elektrik elde edilmesini sağlar?

A) Termokupl B) Solar panel C) Piezoelektrik malzeme

D) Elektroskop E) Megger

10.



Pillerin görseldeki gibi paralel bağlanmasıyla hedeflenen amaç aşağıdakilerden hangisidir?

A) Gerilimi artırmak B) İç direnci artırmak C) Akımı sabitlemek

D) Akımı artırmak E) Gerilimi sabitlemek

2. ÖĞRENME BİRİMİ

ELEKTRİKSEL BÜYÜKLÜKLER



KONULAR

2.1. AVOMETRE İLE AKIM ÖLÇME

2.2. AVOMETRE İLE GERİLİM ÖLÇME

2.3. AVOMETRE İLE DİRENÇ ÖLÇME

2.4. AVOMETREYLE AKIM-GERİLİM-DİRENÇ ÖLÇME

2.5. GÜÇ VE İŞ ÖLÇÜMLERİNİ YAPMA

ANAHTAR KAVRAMLAR

- akım
- amper
- avometre
- direnç
- elektrik sayacı
- emk
- enerji
- gerilim
- güç
- iş
- joule
- ohm
- potansiyel fark
- volt
- watt

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- elektriksel büyüklüklerin ölçülmesiyle ilgili temel kavramları öğrenmeniz
- elektrik akımıyla ilgili temel kavramları öğrenmeniz
- avometre ile akım ölçmeyi başarmanız
- gerilim, potansiyel fark, EMK kavramlarını öğrenmeniz
- avometre ile gerilim ölçmeyi gerçekleştirmeniz
- dirençle ilgili temel kavramları öğrenmeniz ve avometre ile direnç ölçmeyi gerçekleştirmeniz
- avometre ile akım, gerilim ve direnç ölçmeyi başarmanız
- iş, güç ve enerji kavramlarını tanımlamanız
- iş, güç hesaplama ve ölçme konularını öğrenmeniz

beklenmektedir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Pille temas edildiğinde elektrik şoku yaşanmazken şehir şebeke geriliminde elektrik şoku yaşanmasının nedeni nedir? Düşüncelerinizi paylaşınız.**

2. **Atomların yapısındaki elektronlar hareket ettirildiğinde sizce nasıl bir enerji açığa çıkar? Düşüncelerinizi paylaşınız.**

2.1. AVOMETRE İLE AKIM ÖLÇME

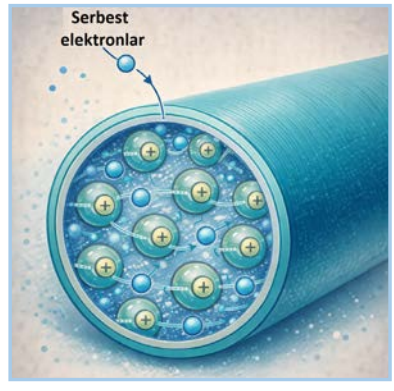
Elektrik akımı, elektrik ve elektronik biliminde var olan en temel kavramlardan biridir. Elektrik akımı, elektrik biliminin merkezinde yer alır.

2.1.1. Elektrik Akımı

Elektrik akımı, bir devredeki elektron akışı veya elektrik yükü akışıdır. Başka bir deyişle bir elektrik devresindeki belirli bir noktadan geçen yük akış hızıdır. Elektrik akımını iletkenin kesitinden bir yöne doğru geçen net yükler oluşturur. Elektrik akımını oluşturan temel etki, yüklü parçacıkların yapmış olduğu harekettir. Bu yüklü parçacıklar katı maddelerde elektronlardır. İletken katı maddelerde akımı meydana getiren temel etken, eksi (-) yüklü elektronların hareketidir.

Elektrik akımı; iletkenlere uygulanan potansiyel farkın, iletkeni meydana getiren atomların son yörüngesindeki elektronları kendi yörüngesinden koparıp bir yönde itmesi ile meydana gelir. Buna göre birim zamanda, bir yönde meydana gelen elektron hareketine **elektrik akımı** denir. Akımın ne olduğunu ve bir iletkende nasıl davrandığını daha iyi anlayabilmek için bir borudaki su akışı ile akım karşılaştırılabilir. Bu karşılaştırmanın sınırlamaları vardır ancak bu karşılaştırma, akım ve akım akışının çok temel bir gösterimidir. Akım, bir borudan akan su gibi düşünülebilir. Bir uca basınç uygulandığında suyu bir yönde hareket etmeye ve borudan akmaya zorlar. Su akış miktarı, uca yerleştirilen basınçla doğru orantılıdır. Uç üzerine yerleştirilen basınç veya kuvvet, elektro itici kuvvete benzetilebilir. Boruya basınç uygulandığında veya bir musluğun açılması nedeniyle suyun akmasına izin verildiğinde su neredeyse anında akar. Aynı şey elektrik akımı için de geçerlidir. Elektronlar, üzerlerine uygulanan bir kuvvetten dolayı akar. Bu kuvvet **EMK** (Elektro Motor Kuvveti) olarak bilinir.

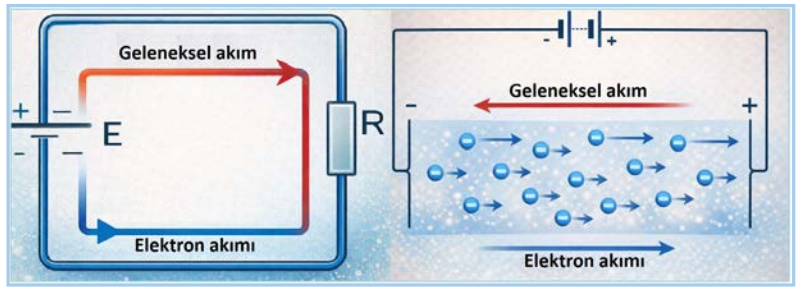
Devrelerde akım akışının yönü **I** harfi veya onunla ilişkili bir ok ve **küçük i** harfi ile gösterilir. Ancak bu yön aslında gerçek elektron akım akışından ziyade geleneksel akım akışını gösterir. Geleneksel akım akışı ve elektron akışı hakkında genellikle birçok yanlış anlama vardır. Biraz kafa karıştırıcı olabilir ancak oldukça basittir. İletkenler boyunca yük taşıyan parçacıklar serbest elektronlardır (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: İletken içerisindeki serbest elektronlar

Bir devre içindeki elektrik alan yönü, tanım gereği artı (+) yüklerin itildiği yöndür. Böylece elektronlar elektrik alanının tersi yönde hareket eder. Eksi (-) terminalden artı (+) terminale akan elektronlar, elektron akım akışı olarak ifade edilir. Artı (+) terminalden eksi (-) terminale giden elektronlar geleneksel akım akışı olarak ifade edilir. Bunun nedeni, statik ve dinamik elektrik akımlarındaki ilk araştırmaların günümüzde bilinen artı (+) yük taşıyıcılarına dayanmasıdır. O zamanki kabul bugün hâlâ kullanılmaktadır. Geleneksel akım yönü, devre şemalarında kullanılır. Ancak gerçek akım yönü, elektronların oluşturduğu akım yönüdür. Bu durum Görsel 2.2'de gösterilmiştir.

- Geleneksel akım akışı, artı (+) terminalden eksi (-) terminale doğrudur. Artı (+) yüklerin akacağı yönü gösterir.
- Elektron akışı, eksi (-) terminalden artı (+) terminale doğrudur. Elektronlar eksi (-) yüklüdür ve bu nedenle artı (+) terminale çekilir.



Görsel 2.2: İletken içerisindeki serbest elektronlar

2.1.2. Akım Şiddeti, Birimleri ve Dönüşümleri

Elektrik akımı İngilizce yoğunluk anlamına gelen intensity (intensitiy) sözcüğünün baş harfi olan **I** veya **i** harfi ile gösterilir. Yoğunluktan kastedilen şey, elektron yoğunluğudur çünkü elektron, elektrik akımını oluşturan parçacıktır ve akımın başlangıç kaynağıdır.

Akım şiddeti, SI (Uluslararası Birimler Sistemi) birimlerine göre **Amper** temel ölçü birimiyle ölçülen elektriksel bir niceliktir. Amper biriminin kısaltması **A**'dır. Amper ölçü birimi Andre Marie Ampere (Andıre Mari Amper) adından gelir. Andre Marie Ampere (1775-1836), Fransız matematikçi ve fizikçidir. Erken elektrik bilimi ile ilgili birçok deney yapmıştır. Öncü çalışmaları nedeniyle elektrodinamiğin babası olarak kabul edilir.

Birim zamanda geçen elektrik yükü miktarına **elektrik akım şiddeti** denir. Bir devreden birim zamanda (1 saniyede) $6{,}24.10^{18}$ tane elektron geçiyorsa o devrenin akımı 1 amper olarak kabul edilir. **Coulomb (Kulon) Kanunu**'na göre 1 Coulomb (**C**) $6{,}24.10^{18}$ tane elektronun yüküne eşittir. 1 Coulombluk elektrik yükü, 1 amperlik akım şiddeti demektir. Devreden geçen 1 amperlik akım şiddeti için saniyede 6,24 kentilyon (18 sıfırlı) adet elektronun akması gerekir.

Akım şiddeti aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Denklemde kullanılan

I = Elektrik akımı şiddeti (Amper-A)

Q = Elektrik yükü miktarı (Coulomb-C)

t = Zaman (Saniye-sn.) şeklinde ifade edilir.

1. ÖRNEK

Bir elektrik devresinden geçen akım 1 A ise devreden 10 saniyede geçen yük miktarını ve elektron sayısını bulunuz.

ÇÖZÜM

I = 1 A Q =?

t = 10 sn. Elektron sayısı =?

$I = \frac{Q}{t}$, $1 = \frac{Q}{10}$ buradan Q = 10 C olarak hesaplanır.

1 C = 6, 24.10^{18} elektron ise 10 C, 624.10^{17} elektrondur.

SIRA SİZDE

Bir elektrik devresinden geçen akım 0,5 A ise devreden 5 saniyede geçen yük miktarını ve elektron sayısını bulunuz.

.....

.....

2. ÖRNEK

Bir elektrik devresinden 3 saniyede 12 C elektrik yükü akmaktadır. Buna göre devreden geçen akımın şiddetini bulunuz.

ÇÖZÜM

Q = 3 C t = 10 sn. I = ?

$I = \frac{Q}{t}$, $1 = \frac{12}{3}$, I = 4 A

SIRA SİZDE

Bir elektrik devresinde 3 A'lik akım ölçülmektedir. Buna göre devreden 10 saniyede akan yük miktarını bulunuz.

.....

.....

Bir şimşek veya yıldırımdaki akımın şiddeti 100.000 A (100 kA) seviyelerine ulaşabilirken yüksek frekansla çalışan elektronik devrelerinde akım şiddeti μA düzeyindedir.

Tablo 2.1'de elektrik akımı birimleri, Tablo 2.2'de akım birimlerinin dönüşümleri verilmiştir. Birimler biner biner büyür ve küçülür.

Tablo 2.1: Elektrik Akımı Birimleri

Elektriksel Büyüklük	Üst / Alt Birim	Birim Adı	Kısaltma	Katsayı
Elektrik Akımı Sembolü I veya i	Üst Birimler	Megaamper	MA	10^{+6}
		Kiloamper	kA	10^{+3}
	Temel Birim	Amper	A	$10^{0} = 1$
	Alt Birimler	Miliamper	mA	10^{-3}
		Mikroamper	μA	10^{-6}
		Nanoamper	nA	10^{-9}

Tablo 2.2: Elektrik Akımı Birimlerinin Dönüşümleri

Megaamper (MA) > Kiloamper (kA) > Amper (A) > miliamper (mA) > mikroamper (μA) > nanoamper (nA)			
1 MA (Megaamper)	10^{+6} A	10^{+3} kA	10^{+9} mA
1 kA (Kiloamper)	10^{+3} A	10^{+6} mA	10^{+9} μA
1 mA (Miliamper)	10^{-3} A	1000 μA	1000000 nA
1 μA (Mikroamper)	10^{-6} A	1000 nA	
1 nA (Nanoamper)	10^{-9} A		

3. ÖRNEK

Verilen akım değerlerinin birimlerini dönüştürünüz.

a) 0,82 kA = ...A

b) 750 mA =.....A

c) 1,5 A = ... mA

ç) 900 A =.....kA

d) 1500 A =.....MA

e) 3,2 A =.....μA

f) 0,003 kA =.....mA

g) 0,027 MA =.....kA

ğ) 1280 mA =.....A

ÇÖZÜM

a) 0,82 kA = 0,82 · 1000 = 820 A

b) 750 mA = 750 / 1000 = 0,75 A

c) 1,5 A = 1,5 · 1000 = 1500 mA

ç) 900 A = 900 / 1000 = 0,9 kA

d) 1500 A = 1500 / 1000000 = 0,0015 MA

e) 3,2 A = 3,2 · 1000000 = 3200000 µA = 32.105 µA

f) 0,003 kA = 0,003 · 1000000 = 3000 mA

g) 0,027 MA = 0,027 · 1000 = 27 kA

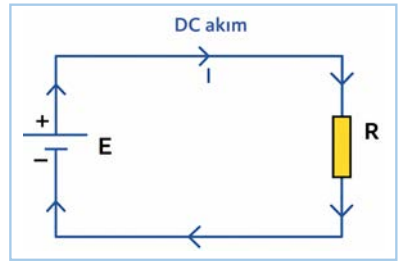
ğ) 1280 mA = 1280 / 1000 = 1,28 A

2.1.3. Elektrik Akımı Çeşitleri

Elektrik akımı, yön ve şiddetinin zamanla değişimine göre iki türde olabilir.

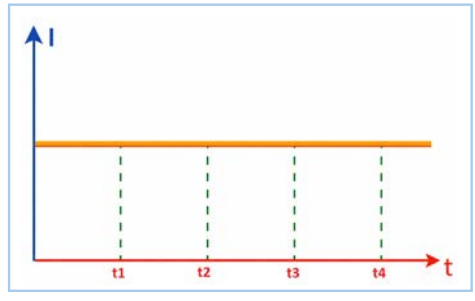
2.1.3.1. Doğru Akım

Zamana bağlı olarak yönü değişmeyen akıma **doğru akım** denir. İngilizce doğru akım anlamına gelen **Direct Current (Dayrek Körınt)** sözcüklerinin baş harfleri olan **DC** şeklinde ifade edilir. Doğru akım devresinde akım yönü Görsel 2.3'te görüldüğü gibidir. DC gerilim kaynağı bulunan devrede akım üretecin artı (+) kutbundan eksi (-) kutbuna doğru direnç üzerinden geçerek ulaşır. Akımın yönü değişmez. Doğru akımın yönü değişmese de şiddeti (değeri) değişebilir. Zamana göre şiddeti değişkenlik gösterebilir. Ancak bu değişimde kesinlikle yön değişimi olmaması gerekir. Şiddetinin değişimine göre doğru akım iki çeşittir.



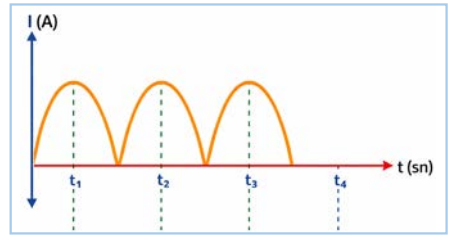
Görsel 2.3: Doğru akımda yön

a) Düzgün Doğru Akım: Zamana göre yönü ve şiddeti değişmeyen akıma **düzgün doğru akım** denir. Düzgün doğru akım; DC dinamoları, piller, aküler ve bataryalardan elde edilir. Ayrıca şebeke akımı, güç kaynağı veya adaptör denen cihazlarla düzgün doğru akıma dönüştürülür. Görsel 2.4'te düzgün doğru akımın grafiği yer almaktadır. Grafiğe göre devreden geçen akım zamana bağlı olarak değişmez. Akım şiddeti; t_1, t_2, t_3 ve t_4 gibi farklı zamanlarda hep aynı kalır. Akımın tamamının t zaman ekseninin üst tarafında olması yönünün değişmediğini gösterir.



Görsel 2.4: Düzgün doğru akım

b) Değişken Doğru Akım: Zamana göre yönü değişmeyen, ancak şiddeti değişen akıma **değişken doğru akım** denir. Periyodik değişken doğru akım, sinyal jeneratörü adı verilen cihazlarla elde edilir. Görsel 2.5'te değişken doğru akıma örnek gösterilmiştir. Grafiğe göre devreden geçen akım zamana bağlı olarak değişir. Akım şiddeti; t_1, t_2, t_3 ve t_4 gibi zamanlarda farklıdır. Akımın tamamının t zaman ekseninin üst tarafında olması yönünün değişmediğini gösterir.

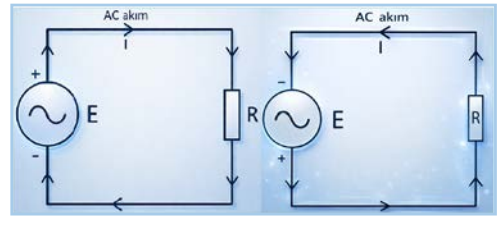


Görsel 2.5: Değişken doğru akım

2.1.3.2. Alternatif Akım

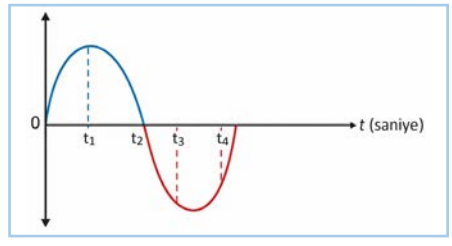
Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti (değeri) düzenli olarak değişen akıma **alternatif akım** denir. İngilizce alternatif akım anlamına gelen **Alternating Current (Alterneytin Körınt)** sözcüklerinin baş harfleri olan **AC** şeklinde ifade edilir. Yön değişimiyle kastedilen alternatif akımın zamanla hem artı (+) hem de eksi (-) değer almasıdır. Şiddetinin değişmesiyle de sıfırdan maksimum değere doğru hızlı bir değer artışı ve azalışı göstermesi ifade edilmektedir.

Alternatif akım devresinde akım yönü Görsel 2.6'da görüldüğü gibidir. AC gerilim kaynağı bulunan devrede kaynağın sürekli aynı yönde artı (+) ya da eksi (–) kutbu yoktur. Kutuplar sürekli değiştiği için her kutup değişiminde direnç üzerinden geçen akımın yönü de değişir.



Görsel 2.6: Alternatif akımda yön

Bir akımın alternatif akım olabilmesi için iki önemli faktör vardır. Birincisi, akım zamana bağlı olarak yön değiştirmelidir. Görsel 2.7'de yer alan alternatif akımın değişim eğrisine göre zaman ekseninin hem üstünde hem de altında olduğu görülmektedir. Alternatif akım hem artı hem de eksi yönde değerler almıştır. Bu durum alternatif akımın yön değiştirdiğini gösterir. Alternatif akım devreden belli bir süre (0-t_2 arası) bir yönde geçerken belli bir süre (t_2-t_4 arası) ters yönde geçer. İki yönde geçen bu elektrik yüklerinin geçiş miktarı ve süresi birbiriyle aynıdır. Zaman ekseninin alt ve üstündeki bölümler birbirinin simetrisidir. Diğer faktör ise zamana göre akımın şiddetinin (değerinin) değişmesidir. Alternatif akım sıfırdan başlayarak artar ve belli bir sürede (t_1) en üst değere çıktıktan sonra azalmaya başlar. Belli bir süre sonra (t_2) sıfır olur. Sonra aynı işlem ters yönde tekrar eder. Bu durum alternatif akımın her an şiddetinin değiştiğini gösterir.



Görsel 2.7: Alternatif akım

Alternatif akımın değeri farklı şekillerde ifade edilir. Bu değerler; ani değer, maksimum (tepe) değer, tepeden tepeye değer, ortalama değer ve etkin (efektif) değer olarak adlandırılır. Uygulamada en çok etkin değer kullanılır. Ölçü aletleri alternatif akımın etkin değerini ölçer.

Alternatif akım denince akla ilk olarak şehir şebekesinden çekilen akım gelir. Şehir şebeke akımının dalga formu sinüs (sinüsoidal) eğrisi şeklindedir. En bilinen AC dalga biçimi sinüs dalgasıdır. Farklı uygulamalarda üçgen ve kare dalga gibi değişik dalga biçimleri de kullanılır.

Üretim ve iletim avantajlarının dışında alternatif akım kullanımda bazı avantajlara sahiptir. Örneğin alternatif akım makinelerinin daha basit yapıda olması, daha az bakım gerektirmesi ve doğru akım ihtiyacı olan cihazlar için kolaylıkla doğru akıma çevrilebilmesi alternatif akımın başlıca üstünlükleridir. Doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi işlemi daha karmaşık ve pahalıdır.

Alternatif akım genellikle güç dağıtımı için kullanılır. Bu nedenle evlerdeki ve iş yerlerindeki prizler, ihtiyaç duyulan her şeye güç sağlamak için alternatif bir akım sağlar. Ancak doğru akım elektronik cihazlar, devreler, kartlar ve birçokları için daha yaygın olarak kullanılır. Hem alternatif akım hem de doğru akım kaynakları kendi yarar alanlarında elektrik ve elektronik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır.

2.1.4. Avometrelerde Akım Kademesi

Elektrik akım şiddetini ölçmek için avometre (multimetre) kullanılabilir. **Avometre**; gerilim (volt), akım (amper) ve direnç (ohm) gibi elektriksel büyüklükleri ölçebilen çok amaçlı bir ölçü aletidir. Avometrelerin üzerinde akım ölçme kademeleri A, mA veya µA şeklinde gösterilir.

Elektrik devrelerinde akım ölçümü yapılırken avometre akım ölçme konumuna alınır ve devreye seri bağlanır. Bunun nedeni, ölçülmek istenen akımın tamamının avometre üzerinden geçmesini sağlamaktır (Görsel 2.8).



a) Tek konumlu b) Çok konumlu

Görsel 2.8: Avometrede akım ölçüm kademeleri

Akımı ölçmek için avometre kullanılırken devrede akımın geçtiği iletken yol kesilerek avometre devreye dâhil edilir. Ölçüm yapmadan önce avometrenin uygun akım ölçme kademesi seçilir ve ölçüm uçları doğru girişlere bağlanır. Genellikle siyah ölçüm ucu **COM** girişine, kırmızı ölçüm ucu ise ölçülecek akım değerine göre **A** veya **mA** girişine takılır.

Akım ölçümü yapılırken avometrenin devreyi etkilememesi gerekir. Bu nedenle akım ölçme devrelerinin iç direnci oldukça küçüktür. Böylece avometre devrede önemli bir gerilim düşümüne neden olmaz ve devrenin çalışma düzeni değişmez.

Avometrenin yanlışlıkla devreye paralel bağlanması durumunda iç direncinin çok küçük olması nedeniyle üzerinden çok büyük akım geçebilir. Bu durum ölçü aletinin zarar görmesine veya sigortasının atmasına neden olabilir. Bu nedenle akım ölçümü yapılırken avometrenin seri bağlanmasına dikkat edilmelidir.

2.1.5. Akım Ölçme

Avometre ile akım ölçümü yapılmadan önce ölçülecek akımın türüne (AC veya DC) uygun ölçme konumu seçilmelidir. Avometre, ölçüm yapılacak noktaya devreden geçen akımın tamamı üzerinden geçecek şekilde seri bağlanmalıdır.

Avometre ile akım ölçümü yapılırken uygulanacak adımlar şunlardır:

- Ölçülecek akımın tipine uygun (AC veya DC) ölçme kademesi seçilmelidir.
- Ölçülecek akım değerine uygun hassasiyete sahip ölçme aralığı seçilmelidir. Örneğin µA seviyesindeki bir akım, amper seviyesinde ölçüm yapan bir kademe ile doğru şekilde ölçülemez.
- Enerji altında hiçbir şekilde bağlantı yapılmamalı ve mevcut bağlantıya müdahale edilmemelidir.
- Ölçüme başlamadan önce avometrede uygun akım ölçme kademesi seçilmelidir. Avometrenin ölçme sınırı, ölçülecek akım değerinden mutlaka büyük olmalıdır. Ölçü aleti ile ölçme sınırını aşan ölçümler yapılmamalıdır. Bu durum hem ölçü aletine hem de ölçümü yapan kişiye zarar verebilir.
- Ölçüm uçları doğru girişlere bağlanmalıdır. Genellikle siyah ölçüm ucu COM girişine, kırmızı ölçüm ucu ise ölçülecek akım değerine göre A veya mA girişine takılır.
- Doğru akım ölçümlerinde artı (+) ve eksi (-) uçlara dikkat edilmelidir. Doğru akım ölçümünde kırmızı ölçüm ucu akımın giriş tarafına, siyah ölçüm ucu ise çıkış tarafına bağlanmalıdır. Bu uçlar ters bağlanırsa analog avometrelerde ibre ters yönde sapar. Dijital avometrelerde ise herhangi bir hasar oluşmaz ancak göstergede değerin önünde eksi (-) işareti görülür (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: Doğru akım ölçümlerinde avometre bağlantısı

- Alternatif akım ölçmelerinde ölçüm uçlarının yönü önemli değildir (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Alternatif akım ölçümlerinde avometre bağlantısı

DİKKAT

90. sayfadaki 2.1. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

2.2. AVOMETRE İLE GERİLİM ÖLÇME

Bu bölümde potansiyel fark, elektromotor kuvveti, gerilim ve volt kavramları, volt dönüşümleri, avometrenin gerilim kademesi özellikleri ve çalışması, avometre ile gerilim ve elektromotor kuvveti ölçme işlemi anlatılacaktır.

2.2.1. Temel Kavramlar

Potansiyel fark, elektromotor kuvveti ve gerilim kavramları tıpkı elektrik akımı gibi elektrik ve elektronik biliminde var olan en temel kavramlardan biridir. Bu kavramlar, elektrik biliminin merkezinde yer alır.

Potansiyel Fark

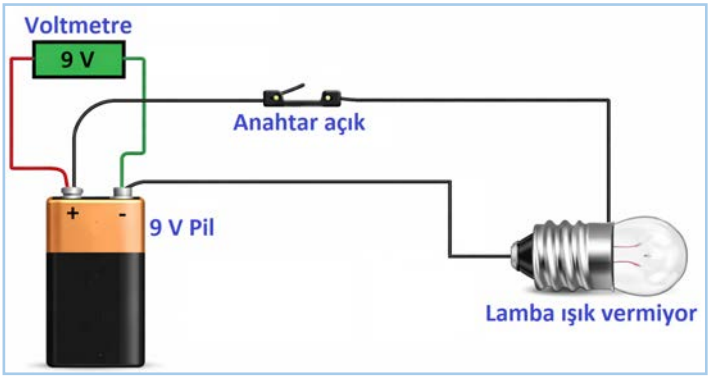
Elektronları bir noktadan başka noktaya hareket ettirmek için birim yük başına gereken enerjiye **potansiyel** denir. Elektrik alanı içinde herhangi iki noktanın potansiyelleri arasındaki farka **potansiyel fark** denir. İki nokta arasındaki elektriksel potansiyel fark, bu iki nokta arasındaki birim yükün taşınması için gerekli olan enerjidir. Potansiyel farkın ölçü birimi volttur.

Elektriksel potansiyel bir devrenin etrafındaki akımı zorlamak için mevcut olan elektrik basıncının bir ölçüsüdür. Akım tanımlanırken bahsedilen bir su sisteminin karşılaştırılmasında potansiyel, belirli bir noktada su basıncına benzetilebilir. Sistemin bir bölümündeki basınç farkı ne kadar büyük olursa akacak su miktarı da o kadar büyük olur. Benzer şekilde, bir elektrik devresinin bir bölümündeki potansiyel fark veya gerilim ne kadar büyük olursa akan akım o kadar büyük olur.

Elektromotor Kuvveti (EMK)

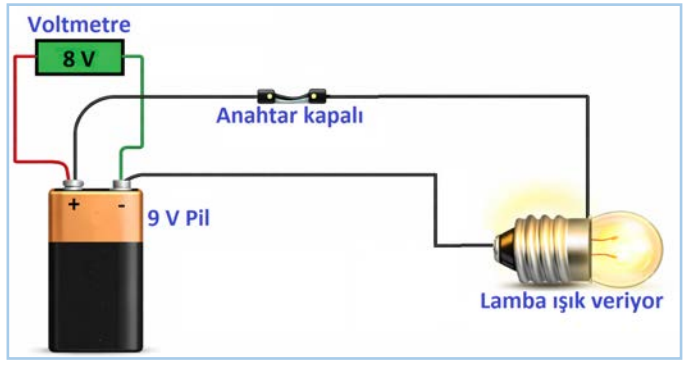
Devreden akım akması için bir enerji kaynağı gereklidir. Bu enerji kaynağı, yük taşıyıcıları etkileyerek akıma neden olur. Bu kaynaklardan bazıları pil hücreleri, jeneratörler, yakıt hücreleri ve güneş hücreleridir. Enerji kaynağı, devreden akım akmasını sağlayan elektronları harekete geçiren bir elektro itici güçtür. Başka bir deyişle bir elektrik devresinde yüklü elektronları akmaya zorlayan basınç olarak düşünülebilir.

Elektrik devrelerinde, devre açıkken kaynağın (üretecin) iki kutbu arasındaki potansiyel farka **elektromotor kuvveti** denir. Üreteç uçlarındaki potansiyel fark, elektrik yüklerini harekete geçirerek devreyi çalıştıran kuvvettir. Bir başka deyişle elektrik akımının oluşmasına neden olan kuvvettir. Elektromotor kuvveti kısaca **EMK** olarak ifade edilir. Ölçü birimi volttur. **E** harfi ile gösterilir (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: Üretecin (pilin) EMK değeri

Her pilin EMK değeri vardır. Bununla birlikte pil kullanıldıkça EMK değeri düşer. Bunun nedeni hücrenin içinde bir miktar direnç olmasıdır. Akım aktıkça iç direncin üzerinde bir gerilim düşümü olur. Böylece çıkışta görülen gerilim beklenenden daha az olur. Pilin yüksüz hâldeki gerilimi elektromotor kuvvet (EMK) olarak bilinir. EMK, her zaman alıcı uçlarında düşen gerilimden daha büyüktür. Çalışan (kaynaktan akım çekilen) bir devrede kaynağın uçlarına bağlanan bir voltmetre EMK değerini değil kaynağın gerilimini ölçebilir (Görsel 2.12).



Görsel 2.12: Devrenin EMK değeri

Kaynaktan akım çekildiği anda kaynak içinde gerilim düşer. Kaynağın EMK değeri, kaynağın içinde düşen gerilim ve alıcı uçlarında düşen gerilimin toplamına eşittir. Özetle bir kaynağın boşta ve yüklüyken gerilimleri farklıdır. Bunun nedeni, kaynak devreye akım verirken enerjinin bir kısmının kaynakta harcanmasıdır.

Gerilim (Volt-Voltaj)

Gerilim (voltaj), herhangi bir elektrik veya elektronik devreyle ilişkili en temel parametrelerden biridir. Pil; radyo, ampul ve tıraş makinelerine kadar birçok elektrikli ürünün özelliklerinde yaygın olarak görülür. Örneğin bir pilin gerilimi ile pilin iki terminali arasındaki potansiyel fark kastedilir.

Bir alıcının uçları arasında veya devrede herhangi iki nokta arasında oluşan potansiyel farka **gerilim** (voltaj) denir. Gerilim ve potansiyel fark aynıdır. Gerilim, volt cinsinden ölçülür. **U** veya **V** harfi ile gösterilir.

Bir cihazın çalışma gerilimi çok önemlidir. Elektrikli ve elektronik eşyaları doğru gerilim kaynaklarına bağlamak gerekir. 12 V'luk bir aküye 220 V'luk bir ampul bağlanırsa ampul ışık vermez. Ancak 220 V'luk bir kaynağa 5 V'luk küçük bir USB cihazı bağlanırsa cihazdan çok fazla akım akar. Cihaz onarılamaz şekilde hasar görür.

SIRA SİZDE

Potansiyel fark ile gerilim kavramları arasındaki ilişkiyi aşağıda verilen boşluğa açıklayarak yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2.2. Gerilim Birimleri ve Dönüşümleri

Gerilim İngilizce voltaj anlamına gelen **voltage (valtıj)** sözcüğünün baş harfi olan **V** veya **U** harfi ile gösterilir. **Gerilim**, SI (Uluslararası Birimler Sistemi) birimlerine göre Volt temel ölçü birimiyle ölçülen elektriksel bir niceliktir. Volt biriminin kısaltması **V**'dir. Volt ölçü birimi Alessandro Volta (Alessandıro Volta) adından gelir. Alessandro Volta (1745-1827), dinamik elektriğin öncülerinden biridir. İtalyan fizikçi elektriğin temel özelliklerini araştırarak ilk pili icat etmiş ve elektrik anlayışını geliştirmiştir.

Tablo 2.3'te elektrik gerilimi birimleri, Tablo 2.4'te gerilim birimlerinin dönüşümleri verilmiştir. Birimler, biner biner büyür ve küçülür.

Tablo 2.3: Elektrik Gerilimi Birimleri

Elektriksel Büyüklük	Üst / Alt Birim	Birim Adı	Kısaltma	Katsayı
Elektrik Gerilimi Sembolü V, U	Üst Birimler	Megavolt	MV	10^{+6}
		Kilovolt	kV	10^{+3}
	Temel Birim	Volt	V	$10^{0} = 1$
	Alt Birimler	Milivolt	mV	10^{-3}
		Mikrovolt	µV	10^{-6}

Tablo 2.4: Elektrik Gerilimi Birimlerinin Dönüşümleri

Megavolt (MV) > Kilovolt (kV) > Volt (V) > milivolt (mV) > mikrovolt (µV)			
1 MV (Megavolt)	10^{+6} V	10^{+3} kV	10^{+9} mV
1 kV (Kilovolt)	10^{+3} V	10^{+6} mV	10^{+9} µV
1 mV (Milivolt)	10^{-3} V	1000 µV	
1 µV (Mikrovolt)	10^{-6} V		

4. ÖRNEK

Verilen gerilim değerlerinin birimlerini dönüştürünüz.

a) 1,2 kV = ...V

b) 1300 mV = ...V

c) 10 V = ...mV

ç) 750 V =.....kV

d) 1500 V =.....MV

e) 1,5 V =.....µV

f) 0,05 kV =.....mV

g) 0,022 MV =.....kV

ğ) 0,01 MV =.....V

ÇÖZÜM

a) 1,2 kV = 1,2 · 1000 = 1200 V

b) 1300 mV = 1300 / 1000 = 1,3 V

c) 10 V = 10 · 1000 = 10000 mV

ç) 750 V = 750 / 1000 = 0,75 kV

d) 15000 V = 15000 / 1000000 = 0,015 MV

e) 1,5 V = 1,5 . 1000000 = 1500000 µV

f) 0,05 kV = 0,05 · 1000000 = 50000 mV

g) 0,022 MV = 0,022 · 1000 = 22 kV

ğ) 0,01 MV = 0,01 · 1000000 = 10000 V

2.2.3. Avometrelerde Gerilim Ölçüm Kademesi

Elektrik devrelerinde gerilim (voltaj) ve elektromotor kuvveti (EMK) ölçmek için avometre (multimetre) kullanılabilir. Avometre; gerilim, akım ve direnç gibi elektriksel büyüklükleri ölçebilen çok amaçlı bir ölçü aletidir. Avometrelerde gerilim ölçme kademeleri genellikle V, mV gibi sembollerle gösterilir (Görsel 2.13).



a) Tek konumlu b) Çok konumlu

Görsel 2.13: Avometrede gerilim ölçüm kademeleri

Gerilim ölçümü yapılırken avometre devreye paralel bağlanır. Bunun nedeni gerilimin iki nokta arasındaki potansiyel fark olmasıdır. Bu nedenle ölçü aleti, potansiyel fark bulunan iki nokta arasına bağlanarak ölçüm yapılır.

Avometre devreye paralel bağlandığı için devreden çok fazla akım çekmemesi gerekir. Bu nedenle gerilim ölçme devrelerinin iç direnci oldukça yüksektir. Böylece ölçüm sırasında devrenin çalışma düzeni önemli ölçüde etkilenmez.

Avometrenin yanlışlıkla devreye seri bağlanması, yüksek iç direnci nedeniyle devre direncini artırır. Bu durumda kaynak geriliminin büyük bir kısmı avometre üzerinde düşebilir ve devrede bulunan alıcı (yük) düzgün çalışmayabilir.

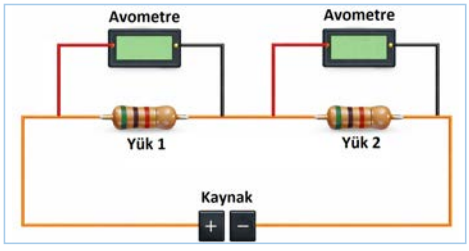
Ölçülecek akımın **DC** veya **AC** olmasına göre avometrede uygun ölçme konumu seçilmelidir.

2.2.4. Gerilim ve EMK Ölçme

Avometre ile gerilim ölçümü yapılmadan önce ölçülecek gerilimin türüne (AC veya DC) uygun ölçme konumu seçilmelidir. Ölçümün doğru yapılabilmesi ve güvenliğin sağlanabilmesi için bu seçim önemlidir. Gerilim ölçümü yapılırken avometre devreye paralel bağlanmalıdır.

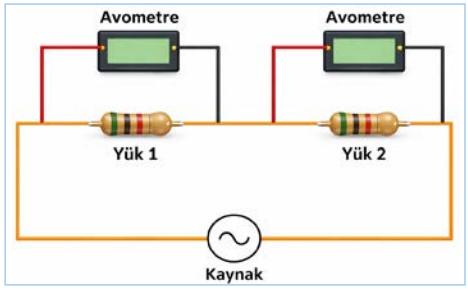
Avometre ile gerilim ölçümü yapılırken uygulanacak adımlar şunlardır:

- Ölçülecek gerilimin tipine uygun (AC veya DC) ölçme kademesi seçilmelidir.
- Ölçülecek gerilim değerine uygun ölçme aralığı seçilmelidir. Örneğin mV seviyesindeki bir gerilim, kV seviyesinde ölçüm yapan bir kademe ile doğru şekilde ölçülemez.
- Enerji altında pano tipi ölçü aletlerinin bağlantısı yapılmamalı ve mevcut bağlantıya müdahale edilmemelidir. Taşınabilir avometrelerle gerekli güvenlik önlemleri alındıktan sonra ölçüm yapılabilir.
- Ölçüme başlamadan önce avometrede uygun gerilim ölçme kademesi seçilmelidir. Avometrenin ölçme sınırı, ölçülecek gerilim değerinden mutlaka büyük olmalıdır. Ölçme sınırını aşan ölçümler yapılmamalıdır. Bu durum hem ölçü aletine hem de ölçümü yapan kişiye zarar verebilir.
- Avometre, gerilimi ölçülecek kaynağın veya yükün uçlarına bağlanmalıdır. DC gerilim ölçmelerinde artı (+) ve eksi (-) uçlara dikkat edilmelidir. Kırmızı prob devrenin artı ucuna, siyah prob ise devrenin eksi ucuna bağlanmalıdır (Görsel 2.14). Bağlantı uçları ters bağlanırsa analog avometrelerde ibre ters yönde sapar. Dijital avometrelerde ise herhangi bir hasar oluşmaz ancak göstergede değerin önünde eksi (-) işareti görülür.



Görsel 2.14: Avometrenin doğru akım devresine bağlanması

- AC gerilim ölçmelerinde ölçüm uçlarının yönü önemli değildir (Görsel 2.15).



Görsel 2.15: Avometrenin alternatif akım devresine bağlanması

Taşınabilir avometrelerde gerilim ölçümü yapılacak noktalara, ölçü aletinde uygun kademe seçildikten sonra problar dokundurularak ölçüm yapılır. Pano tipi ölçü aletlerinde ise ölçü aletinin besleme ve ölçüm klemensleri bağlanarak ölçüm gerçekleştirilir.

SIRA SİZDE

Gerilim ölçümü yapılırken avometre devreye neden paralel bağlanır? Aşağıda verilen boşluğa açıklayarak yazınız.

.....

.....

.....

DİKKAT

92. sayfadaki 2.2. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

2.3. AVOMETRE İLE DİRENÇ ÖLÇME

Bir elektrik devresine gerilim uygulandığında alıcıdan (yükten) akım geçer. Geçen akımı sınırlayan etken ise alıcının direncidir. Bu bölümde direnç ve ohm kavramları, ohm dönüşümleri, avometrenin ohm kademesi özellikleri, çalışması ve çeşitleri, avometre ile direnç ölçme işlemi anlatılacaktır.

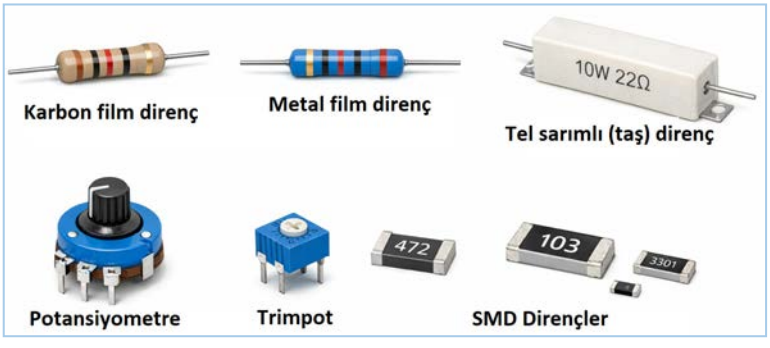
2.3.1. Direnç

Maddelerin elektronların hareketine, bir başka deyişle elektrik akımına karşı gösterdiği zorluğa **direnç** denir. Bir elektrik devresine gerilim uygulandığında alıcıdan (yükten) akım geçer. Geçen akımı sınırlayan etken ise alıcının direncidir. Elektrik devrelerinde bulunan iletkenler ve alıcılar (ısıtıcı, lamba, fırın, motor vb. yükler) elektrik yüklerinin hareketini zorlaştırır. İletkenin direnci fazla ise geçen akım miktarı az, iletkenin direnci az ise geçen akım miktarı fazladır.

Direnç aynı zamanda bir devre elemanıdır. Elektrik akımına zorluk göstermek üzere üretilen analog devre elemanlarına **direnç** denir. Neredeyse tüm elektronik devrelerde ve elektrik şebekelerinde kullanılan temel bir bileşendir. Direncin devrelerde görevleri şunlardır:

- Gerilimi bölmek (gerilim bölücü)
- Akımı sınırlandırmak (akım sınırlayıcı)

Direnç elektrik devrelerinde **R** harfi ile gösterilir. Görsel 2.16'da örnek dirençler gösterilmiştir.



Görsel 2.16: Çeşitli direnç türleri

2.3.2. Direnç Birimleri ve Dönüşümleri

Direnç İngilizce rezistans anlamına gelen **Resistor (rezistır)** sözcüğünün baş harfi **R** ile gösterilir.

Direnç, SI (Uluslararası Birimler Sistemi) birimlerine göre **Ohm (om)** temel ölçü birimiyle ölçülen elektriksel bir niceliktir. Ohm birimi **Ω** simgesi ile gösterilir. Ω simgesi Omega olarak adlandırılır. Ohm ölçü birimi Georg Simon Ohm (Corç Saymın Om) adından gelir. Alman fizikçi Georg Simon Ohm (1789-1854), Ohm Kanunu olarak bilinen teorisinde bir telden geçen akımın, geçtiği alanla doğru orantılı ve uzunluğuyla ters orantılı olduğunu tespit ederek gerilim, akım ve direnç arasındaki bağlantıyı bulmuştur.

Bir iletkenin iki ucu arasına 1 V'luk bir gerilim uygulandığında bu iletkenden 1 amperlik akım geçerse bu iletkenin direnci 1 Ω'dur.

Tablo 2.5'te elektrik direnci birimleri, Tablo 2.6'da direnç birimlerinin dönüşümleri verilmiştir. Birimler, biner biner büyür ve küçülür.

Tablo 2.5: Elektrik Direnci Birimleri

Elektriksel Büyüklük	Üst / Alt Birim	Birim Adı	Kısaltma	Katsayı
Elektrik Direnci Sembolü R	Üst Birimler	Megaohm	MΩ	10^{+6}
		Kiloohm	kΩ	10^{+3}
	Temel Birim	Ohm	Ω	$10^{0} = 1$
	Alt Birimler	Alt birimler kullanılmaz		

Tablo 2.6: Elektrik Direnci Birimlerinin Dönüşümleri

Megaohm (MΩ) > Kiloohm (kΩ) > Ohm (Ω)		
1 MΩ (Megaohm)	10^{+6} Ω	10^{+3} kΩ
1 kΩ (Kiloohm)	10^{+3} Ω	

5. ÖRNEK

Verilen direnç değerlerinin birimlerini dönüştürünüz.

a) 1,8 kΩ =……Ω

b) 1500 Ω =……kΩ

c) 10 kΩ = ……Ω

ç) 820 Ω =……kΩ

d) 15000 Ω = ……MΩ

e) 1,2 MΩ =……kΩ

f) 0,082 kΩ =……Ω

g) 0,033 MΩ =……Ω

ğ) 2,7 MΩ =……kΩ

ÇÖZÜM

a) 1,8 kΩ = 1,8 · 1000 = 1800 Ω

b) 1500 Ω = 1500 / 1000 = 1,5 kΩ

c) 10 kΩ = 10 · 1000 = 10000 Ω

ç) 820 Ω = 820 / 1000 = 0,82 kΩ

d) 15000 Ω = 15000 / 1000000 = 0,015 MΩ

e) 1,2 MΩ = 1,2 · 1000 = 1200 kΩ

f) 0,068 kΩ = 0,068 · 1000 = 68 Ω

g) 0,033 MΩ = 0,033 · 1000000 = 33000 Ω

ğ) 2,7 MΩ = 2,7 · 1000 = 2700 kΩ

2.3.3. Avometrelerde Direnç Ölçüm Kademesi

Elektrik devrelerinde direnç ölçmek için avometrenin direnç ölçme (Ω) kademesi kullanılır. Avometrelerde direnç ölçme kademesi **Ω** sembolü ile gösterilir (Görsel 2.17).



a) Tek konumlu b) Çok konumlu

Görsel 2.17: Avometrede direnç ölçüm kademeleri

Her elektrik devresinin, elektronik devrenin, devre elemanının, yükün ve iletkenin bir direnci vardır. Bu direnç değeri avometre kullanılarak ölçülebilir.

Avometre ile direnç ölçümü yapılırken ölçü aleti devreye küçük bir doğru akım (DC) gönderir ve oluşan akıma göre direnç değerini hesaplar. Bu nedenle avometre, direnç ölçümü sırasında gerekli enerjiyi kendi içindeki DC kaynaktan (genellikle pil) sağlar. Bu sebeple pili olmayan veya pili bitmiş avometrelerle direnç ölçümü yapılamaz.

Direnç ölçümü yapılırken devrenin enerjisiz olması gerekir. Enerjili bir devrede direnç ölçümü yapılması hem ölçü aletine zarar verebilir hem de yanlış ölçüm sonuçlarına neden olabilir.

Ayrıca ölçüm yapılırken avometre problarının uçlarına iki elle temas edilmemelidir. Aksi durumda vücut direnci ölçüme dâhil olacağı için ölçüm sonucu hatalı olabilir.

2.3.4. Direnç Ölçme

Dirençler, bir devrede akan akım miktarını ve devredeki farklı noktalardaki potansiyel değerlerini belirledikleri için elektrik devrelerinin ve elektronik devrelerin temel elemanlarından biridir. Bu nedenle bir devrede kullanılan direncin değerinin bilinmesi önemlidir.

Avometrenin Ω (ohm) kademesi kullanılarak değeri bilinmeyen bir direnç kolaylıkla ölçülebilir. Dirençler kutuplu elemanlar olmadığı için avometre probları direncin uçlarına her iki yönde de bağlanabilir.

Avometre ile direnç ölçümü yapılırken uygulanacak adımlar şunlardır:

- Ölçüm yapılacak devrede enerji olup olmadığı mutlaka kontrol edilmelidir. Enerji varsa devre enerjisiz hâle getirilmelidir.
- Baskı devre kartı üzerinde bulunan bir direnç ölçülecekse devre kartından çıkarılması önerilir. Devre üzerinde ölçüm yapılırsa diğer devre elemanlarının etkisi ölçüm sonucunu değiştirebilir.
- Özellikle değeri bilinmeyen dirençlerin ölçümünde probların iki ucuna aynı anda elle temas edilmemelidir. Bu durumda vücut direnci de ölçüme dâhil olur ve özellikle büyük değerli dirençlerde yanlış ölçüm yapılabilir.
- Dijital avometrelerde ölçme sınırı, ölçülecek direnç değerinden büyük olacak şekilde seçilmelidir. Ölçülecek değere en yakın ve direnç değerinden kesinlikle büyük olan kademe seçilmelidir. Ölçü aletinin ekranında direnç değeri yerine 1 ifadesinin görülmesi seçilen kademenin küçük olduğunu gösterir.

Bu durumda kademe büyütülmelidir. Ekranda 0 veya çok küçük bir değer görülmesi ise kademenin büyük olduğunu gösterir. Bu durumda kademe küçültülmelidir. Uygun kademe seçildiğinde direnç değeri ekranda sayısal olarak görülür (Görsel 2.18).



Görsel 2.18: Avometre ile direnç ölçümü

ETKİNLİK

1 adet avometre, farklı değerlerde 2 adet direnç (örneğin 220 Ω ve 1 kΩ), 1 adet DC güç kaynağı (veya pil), breadboard ve bağlantı kabloları kullanarak direnç üzerinden geçen akımın değişimini inceleyen bir ölçüm devresi kurunuz. Aşağıda verilen yönergeleri uygulayıp soruyu cevaplandırınız. Verilen süre içinde etkinliği tamamlayınız.

1. Breadboard üzerine birinci direnci kullanarak basit bir devre kurunuz.
2. Devreden geçen akım değerini avometre ile ölçünüz.
3. Aynı devrede direnci ikinci direnç ile değiştirerek ölçümü tekrar ediniz.
4. Her iki durumda ölçülen akım değerlerini karşılaştırınız.
5. Direnç değeri değiştiğinde devreden geçen akımın nasıl değiştiği hakkında çıkarım yapınız.
6. Direnç değerinin artmasının devredeki akım miktarına etkisini açıklayınız ve ölçüm sonuçlarına göre yorumlayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

DİKKAT

94. sayfadaki 2.3. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

2.4. AVOMETREYLE AKIM-GERİLİM-DİRENÇ ÖLÇME

Günümüz elektrik ve elektronik dünyasında ampermetre, voltmetre ve ohmmetreler tek bir ölçüm aracında birleştirilerek avometreler imal edilmiştir. Bu bölümde avometrenin özellikleri, çalışması ve çeşitleri, avometrenin prob bağlantı terminallerinin seçimi, avometrenin kademe ve sınıf seçici komütatörünün doğru seçimi, avometre ile ölçme işlemi anlatılacaktır.

2.4.1. Avometre Çeşitleri

Günümüz elektrik ve elektronik dünyasında ampermetre, voltmetre ve ohmmetreler tek bir ölçüm aracında birleştirilerek avometreler imal edilmiştir. Akım, gerilim ve direnç değerini ölçen aletlere **avometre** veya **multimetre** denir. Avometredeki AVO harfleri, **Amper, Volt, Ohm** ölçü birimlerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Avometre çok amaçlı kullanılan bir ölçü aleti olduğu için diğer bir adı **multimetre**dir.

Avometreler yapılarına göre analog ve dijital olmak üzere iki tipte imal edilir. Analog avometreler yapı olarak döner bobinli ölçü aletleridir. Avometrelerin özellikle son zamanda çıkan modelleri akım, gerilim, direnç yanında kapasite, endüktans, frekans ve sıcaklık değerlerini de ölçer. Ayrıca transistörlerin uç tespitlerini yapabilen avometre modelleri de mevcuttur.

2.4.1.1. Analog Avometre

Elektronik test endüstrisinin güvenilir ölçü aletlerinden biridir. Analog avometrelerin üretici firmaya göre birçok tip ve modeli vardır. Ancak hepsinde ölçme ve okuma işlemi genel olarak aynıdır. Kullanıcı, aletlerin üzerindeki işaretlere göre kullanma yöntemlerini kolayca çözebilir.



Görsel 2.19: Analog avometre

Analog avometrelerde skalası nedeniyle okuma zorluğu vardır. Görsel 2.19'da verilen analog avometrede görüldüğü gibi tek skalada birden fazla taksimatlandırma (bölümlendirme) yapılmıştır. Her taksimatın yanına hangi büyüklüğün ölçülmesinde kullanılacağı belirtilmiştir. Ölçülecek büyüklük için uygun kademe seçildikten sonra ait olduğu skala taksimatından büyüklük değeri okunmalıdır.

a) Prob Bağlantı Terminalleri: Analog avometrelerin genellikle üç prob bağlantı terminali bulunur. **COM** (ortak) terminali, tüm avometrelerde akım, gerilim ve direnç ölçümlerinde kullanılan ortak terminaldir. DC akım ve gerilim ölçmelerinde eksi (-) terminaldir. Siyah prob, COM terminaline takılır. Kırmızı prob, ölçüm çeşidine göre uygun terminale bağlanır. Akım, gerilim ve direnç ölçmelerinde kırmızı prob, + (artı) olarak işaretlenmiş terminale takılır. Ölçü aletlerinin çalışma talimatında ölçme sınırları belirtilmiştir. Bu sınırlar maksimum 1000 V AC, 1000 V DC, 250 mA DC olabilir.

Görsel 2.20'de görülen analog avometre prob bağlantı terminallerinin işlevi Tablo 2.7'de verilmiştir. Bazı analog avometrelerin üzerinde bulunan üçgen içinde ünlem işareti, prob bağlantı terminallerine ilişkin "Çalışma tertibatına dikkat ediniz." anlamındadır.

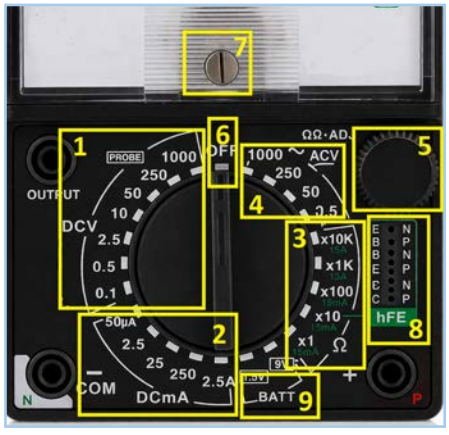


Görsel 2.20: Analog avometre prob terminalleri

Tablo 2.7: Analog Avometre Prob Bağlantı Terminallerinin İşlevi

TERMİNAL NO.	İŞLEVİ
1	Akım, gerilim ve direnç ölçümleri için kırmızı probun takılacağı terminal
2	Tüm ölçümler için siyah probun takılacağı ortak terminal (COM)
3	AC ve DC gerilim değerlerinin bileşenli olarak bulunduğu devrelerde, AC gerilim değerinin DC'den ayrıştırılarak ölçülmesi için kırmızı probun takılacağı terminal

b) Kademe ve Sınıf Seçici Komütatörü: Farklı ölçmeler yapmak için avometre üzerinde seçim yapılmasını sağlayan döner anahtar vardır. Buna **kademe anahtarı** veya **sınıf seçici komütatör** denir. Akım ve gerilim ölçerken AC-DC seçimi kademe anahtarı ile yapılır. Bu seçim çok önemlidir. Görsel 2.21'de yer alan analog avometrenin kademe konumlarının işlevi Tablo 2.8'de verilmiştir.



Görsel 2.21: Analog avometre kademeleri

Tablo 2.8: Analog Avometre Kademe Konumlarının İşlevi

TERMİNAL NO.	İŞLEVİ
1	DC gerilim ölçme (Kademe konumları 0,1 V, 0,5 V, 2,5 V, 10 V, 50 V, 250 V, 1000 V)
2	DC akım ölçme (Kademe konumları 50 µA, 2,5 mA, 25 mA, 250 mA)
3	Direnç ölçme (Kademe konumları X1, X10, X100, X1K, X10K)
4	AC gerilim ölçme (Kademe konumları 10 V, 50 V, 250 V, 1000 V)
5	Sıfır ohm ayar potansiyometresi
6	Cihaz kapalı konumu
7	İbrenin skalada birinci taksimatta durması için kullanılan sıfır noktası ayar vidası
8	Transistörün tipini belirleme ve transistörün akım kazancı (β) ölçme soketleri
9	Analog avometrenin iç besleme pilinin gerilim seviyesini kontrol etmek amacıyla kullanılan test konumu

SIRA SİZDE

Analog avometrede ölçüm uçları ters bağlandığında ölçü aletinin ibresinin hareket yönünde nasıl bir değişiklik olur? Verilen boşluğa açıklayarak yazınız.

.....

.....

.....

2.4.1.2. Dijital Avometre

Dijital avometreler son yıllarda teknolojinin hızlı gelişimi sonucu maliyetinin düşmesi ve okuma kolaylığı gibi nedenlerle oldukça yaygınlaşmıştır. Dijital avometrelerin birçok modeline rastlamak mümkündür. Okuma işlemi, LCD (sıvı kristal ekran) göstergeden doğrudan sayısal olduğu için kullanımı analog avometrelere göre çok daha kolay ve pratiktir. Göstergede görülen değer, ölçülen değerin kendisidir. Ayrıca hesaplama işlemi yapılmasını gerektirmez. Ölçme için kullanıcının yapacağı işlem, uygun kademe ve ölçülecek büyüklüğe uygun prob bağlantı terminallerinin seçimidir (Görsel 2.22).



Görsel 2.22: Dijital avometre örnekleri

a) Prob Bağlantı Terminalleri: Dijital avometrelerin genellikle 2, 3 veya 4 prob bağlantı terminali bulunur. Bağlantı terminallerinin hemen yanında önemli talimatlar bulunur. Terminal sayısı arttıkça aletin özellikleri de artar. Avometrelerin bazı yeni modellerinde bilgisayar bağlantısı için port (bağlantı noktası) bulunmaktadır. Böylece avometrede ölçülen büyüklük ve değerler bilgisayar ortamına aktarılabilir.

COM (ortak) terminali, tüm avometrelerde akım, gerilim ve direnç ölçümlerinde kullanılan ortak terminaldir. DC akım ve gerilim ölçmelerinde eksi (-) terminaldir. Siyah prob, COM terminaline takılır. Kırmızı prob, ölçüm çeşidine göre uygun terminale bağlanır. DC veya AC gerilim ile direnç ve ölçümlerinde kırmızı prob, yanında "VΩ" yazan terminale takılır. Akım ölçümü yapılacaksa kırmızı prob, yanında 10 A veya 20 A yazan akım terminaline takılır. Ölçü aletlerinin çalışma talimatında ölçme sınırları belirtilmiştir. Bu sınırlar örneğin maksimum 750 V AC, 1000 V DC, 10 A DC olabilir. Görsel 2.23'te yer alan dijital avometre prob bağlantı terminallerinin işlevi Tablo 2.9'da verilmiştir. Prob bağlantı terminallerinin altında bulunan üçgen içinde ünlem işareti, prob bağlantı terminallerine ilişkin "Çalışma tertibatına dikkat ediniz." anlamındadır.



Görsel 2.23: Dijital avometre prob bağlantı terminalleri

Tablo 2.9: Dijital Avometre Prob Bağlantı Terminallerinin İşlevi

TERMİNAL NO.	İŞLEVİ
1	20 A değerine kadar olan AC ve DC akım ölçümleri için kırmızı probun takılacağı terminal
2	Tüm ölçümler için siyah probun takılacağı ortak terminal (COM)
3	Gerilim, direnç, diyot vb. ölçümler için kırmızı probun takılacağı terminal

b) Kademe ve Sınıf Seçici Komütatörü: Farklı ölçmeler yapmak için avometre üzerinde seçim yapılmasını sağlayan döner anahtar vardır. Buna **kademe anahtarı** veya **sınıf seçici komütatör** denir. Akım ve gerilim ölçerken AC-DC seçimi kademe anahtarı ile yapılır. Bazı avometrelerde ayrı bir komütatör anahtar aracılığı ile yapılmaktadır. Bu seçim çok önemlidir. Bazı avometrelerde akım, gerilim ve direnç büyüklükleri için tek kademe vardır. Bu tip avometrelerde sadece ölçüm yapılacak büyüklüğe göre kademenin seçilmesi yeterlidir. Görsel 2.24'te görülen çok konumlu dijital avometrenin kademe konumlarının işlevi Tablo 2.10'da verilmiştir.



Görsel 2.24: Çok konumlu dijital avometre kademeleri

Tablo 2.10: Çok Konumlu Dijital Avometre Kademe Konumlarının İşlevi

TERMİNAL NO.	İŞLEVİ
1	Direnç ölçme (Kademe konumları 200 Ω, 2000 Ω, 20 kΩ, 200 kΩ, 20 MΩ, 200 MΩ)
2	DC akım ölçme (Kademe konumları 2000 µA, 20 mA, 200 mA, 10 A)
3	AC gerilim ölçme (Kademe konumları 200 V, 600 V)
4	DC gerilim ölçme (Kademe konumları 200 mV, 2000 mV, 20 V, 200 V, 600 V)

Görsel 2.25'te tek konumlu dijital avometrenin kademe konumları yer almaktadır.



Görsel 2.25: Tek konumlu dijital avometre kademeleri

Tablo 2.11'de tek konumlu dijital avometrenin kademe konumlarının işlevi verilmiştir.

Tablo 2.11: Tek Konumlu Dijital Avometre Kademe Konumlarının İşlevi

TERMİNAL NO.	İŞLEVİ
1	Cihaz kapalı konumu
2	AC gerilim ölçme (Birimler arası geçiş otomatik yapılır. Birim, ekranda değerin yanında görülür.)
3	DC gerilim ölçme (Birimler arası geçiş otomatik yapılır. Birim, ekranda değerin yanında görülür.)
4	mV seviyesinde AC gerilim ölçme
5	Direnç ölçme ve süreklilik testi (Birimler arası geçiş otomatik yapılır. Birim, ekranda değerin yanında görülür.)
6	Kondansatörlerin kapasitans ölçümü (Birimler arası geçiş otomatik yapılır. Birim, ekranda değerin yanında görülür.)
7	AC / DC akım ölçme (Birimler arası geçiş otomatik yapılır. Birim, ekranda değerin yanında görülür.)

DİKKAT

96. sayfadaki 2.4. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

2.5. GÜÇ VE İŞ ÖLÇÜMLERİNİ YAPMA

Elektriksel iş, elektrik enerjisi ve elektriksel güç birbiriyle ilişkili kavramlardır. Bu bölümde iş, güç ve enerji kavramları, ilgili hesaplamalar, birim dönüşümleri, wattmetre ve elektrik sayacı bağlantısı, iş ve güç ölçme işlemi anlatılacaktır.

2.5.1. Elektriksel İş ve Enerji

İş yapabilme yeteneğine **enerji** denir. Enerji, birim zamanda yapılan işin miktarıdır. Elektrik enerjisinin zaman içinde kullanımı işi oluşturur. Elektrik enerjisinin iş yaptırma yeteneği vardır. Elektrik devrelerinde enerji, pil ve batarya gibi enerji üreteçlerinden sağlanır. Elektrik enerjisi; ısı, ışık, ses, hareket gibi başka enerji formlarına dönüştürülebilir. Bir elektrik devresinde kaynağın (üretecin) yaptığı iş, alıcının (yükün) yaptığı işten büyüktür. Aradaki fark, üretecin içinde yapılan iştir. Üretecin ısınması şeklinde görülür. Elektrik enerjisi **W** harfi ile gösterilir. Elektrik enerjisi, SI (Uluslararası Birimler Sistemi) birimlerine göre **Joule (Jul)** ölçü birimiyle ölçülen elektriksel bir niceliktir. Joule biriminin kısaltması **J**'dir. Joule ölçü birimi, İngiliz fizikçi James Prescott Joule (Ceymis Piresgat Jul) adından gelir. James Prescott Joule (1818- 1889), bir iletkenden geçen elektrik akımının ısı yaydığını bulmuştur. Bu teori **Joule Kanunu** olarak bilinir. Birim zamanda 1 Ω'luk dirençten 1 A akım geçmesiyle yapılan iş 1 Joule'dur. 1 J, 1 Wsn.ye (Watt saniye) eşittir. Joule çok küçük birimdir. Bu nedenle elektrik enerjisinin yaptırdığı iş, **Watt saat (vat saat, Wh)** temel ölçü birimiyle ölçülür. Uygulamada üst katı olan **Kilowatt saat (kilovat saat, kWh)** kullanılır. Elektriksel iş, elektrik sayaçları ile ölçülür. Elektrik sayaçları abonenin harcadıkları elektrik enerjisini kWh cinsinden ölçer. Elektrik birim fiyatı da kWh üzerinden hesaplanır.

Tablo 2.12'de elektriksel iş birimleri, Tablo 2.13'te elektriksel iş birimlerinin dönüşümleri verilmiştir. Birimler, biner biner büyür ve küçülür.

Tablo 2.12: Elektriksel İş (Enerji) Birimleri

Elektriksel Büyüklük	Üst / Alt Birim	Birim Adı	Kısaltma	Katsayı
Elektriksel İş (Enerji) Sembolü W	Üst Birimler	Megawatt saat	MWh	10^{+6}
		Kilowatt saat	kWh	10^{+3}
	Temel Birim	Watt saat	Wh	$10^{0} = 1$
	Alt Birimler	Uygulamada alt birimler kullanılmaz.		

Tablo 2.13: Elektriksel İş (Enerji) Birimlerinin Dönüşümleri

Megawatt saat (MWh) > Kilowatt saat (KWh) > Watt saat (Wh)		
1 MWh (Megawatt Saat)	10^{+6} Wh	10^{+3} kWh
1 kWh (Kilowatt Saat)	10^{+3} Wh	

2.5.2. Elektriksel Güç

Elektrik enerjisi ile çalışan alıcıya elektrik enerjisi uygulandığında ısı, ışık, hareket vb. şekilde iş elde edilir. Elektrik enerjisi bir iş yaptırdığına göre bir güce sahiptir. Birim zamanda yapılan işe **güç** denir. Güç, bir işin ne kadar hızlı yapıldığıyla ilgilidir. Güç fazla ise aynı iş çabuk biter. Enerjinin kullanım oranıdır. Devreye uygulanan gerilim ve çekilen akımla doğru orantılıdır. Güç, İngilizce **power (pavır)** sözcüğünün baş harfi **P** ile gösterilir. Güç, SI (Uluslararası Birimler Sistemi) birimlerine göre Watt temel ölçü birimiyle ölçülen elektriksel bir niceliktir. Watt biriminin kısaltması **W**'tır. Watt ölçü birimi James Watt (Ceymis Vat) adından gelir. Modern buhar makinesinin geliştiricisi olan James Watt (1736-1819), endüstriyel devrimin oluşmasında büyük rol oynamış İskoç mucittir. Birim zamanda 1 J enerji harcandığında 1 W'lık güç kullanılmış olur. Başka bir deyişle 1 saniyede 1 J enerji harcayan bir elektrikli cihaz 1 W gücündedir.

Tablo 2.14'te elektriksel güç birimleri yer almaktadır.

Tablo 2.14: Elektriksel Güç Birimleri

Elektriksel Büyüklük	Üst / Alt Birim	Birim Adı	Kısaltma	Katsayı
Elektriksel Güç Sembolü P	Üst Birimler	Megawatt	MW	10^{+6}
		Kilowatt	kW	10^{+3}
	Temel Birim	Watt	W	$10^{0} = 1$
	Alt Birimler	Miliwatt	mW	10^{-3}
		Mikrowatt	µW	10^{-6}

Tablo 2.15'te güç birimlerinin dönüşümleri verilmiştir. Birimler, biner biner büyür ve küçülür.

Tablo 2.15: Elektriksel Güç Birimlerinin Dönüşümleri

Megawatt (MW) > Kilowatt (KW) > Watt (W) > miliwatt (mW) > mikrowatt (μW)			
1 MW (Megawatt)	10^{+6} W	10^{+3} kW	10^{+9} mW
1 kW (Kilowatt)	10^{+3} W	10^{+6} mW	10^{+9} μW
1 mW (Miliwatt)	10^{-3} W	1000 μW	
1 μW (Mikrowatt)	10^{-6} W		

6. ÖRNEK

Verilen güç birimlerinin değerlerini dönüştürünüz.

a) 1,32 kW = ...W

b) 1250 mW = ...W

c) 10 W = ...mW

ç) 800 W = ...kW

d) 18000 W = ...MW

e) 1,5 W = ...μW

f) 0,05 kW = ...mW

g) 0,044 MW = ...kW

ğ) 0,0015 MW = ...W

h) 4,8 mW = ...μW

ÇÖZÜM

a) 1,32 kW = 1,32 · 1000 = 1320 W

b) 1250 mW = 1250 / 1000 = 1,25 W

c) 10 W = 10 · 1000 = 10000 mW

ç) 800 W = 800 / 1000 = 0,8 kW

d) 18000 W = 18000 / 1000000 = 0,018 MW

e) 1,5 W = 1,5 · 1000000 = 1500000 μW

f) 0,05 kW = 0,05 · 1000000 = 50000 mW

g) 0,044 MW = 0,044 · 1000 = 44 kW

ğ) 0,0015 MW = 0,0015 · 1000000 = 1500 W

h) 4,8 mW = 4,8 · 1000 = 4800 μW

2.5.3. İş, Güç ve Enerji Hesaplamaları

Elektriksel güç, devreye uygulanan gerilim ve çekilen akımla doğru orantılıdır. Güç aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır.

1. $P = U \cdot I$
2. $P = I^2 \cdot R$
3. $P = \frac{U^2}{R}$

Denklemlerde kullanılan sembollerin açıklamaları şunlardır:

P = Elektriksel güç (Watt-W)

U = Gerilim (Volt-V)

I = Akım şiddeti (Amper-A)

R = Dirençtir (Ohm-Ω)

Elektriksel iş veya elektrik enerjisi aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır.

1. $W = P \cdot t$
2. $W = U \cdot I \cdot t$
3. $W = I^2 \cdot R \cdot t$
4. $W = \frac{U^2}{R} \cdot t$

Denklemlerde kullanılan

W = Elektrik enerjisi, yükün yaptığı iş (Joule-J)

P = Elektriksel güç (Watt-W)

U = Gerilim, yük uçlarında düşen gerilim (Volt-V)

I = Akım şiddeti, yükten geçen akım (Amper-A)

R = Direnç, yükün direnci (Ohm-Ω)

t = Zaman, yükün çalışma süresidir (Saniye-sn.)

Elektrik enerjisi hesaplamalarında yükün çalışma süresi olarak zaman, denklemde saniye cinsinden kullanılırsa enerji **Wsn** (Watt saniye) veya **J** (Joule) cinsinden hesaplanmış olur. Saat cinsinden kullanılırsa enerji **Wh** (Watt Saat) veya **kWh** (Kilowatt Saat) cinsinden hesaplanmış olur.

7. ÖRNEK

220 V AC gerilimle çalışan bir ütü 7 A akım çekmektedir. Verilen bilgilere göre ütünün gücünü hesaplayınız.

ÇÖZÜM

U = 220 V, I = 7 A, P = ?

$P = U \cdot I = 220 \cdot 7 = 1540$ W olur.

8. ÖRNEK

Bir uçağın yolcu kabinindeki bir yolcu okuma lambasının üzerinde düşen gerilim 25 V, çektiği akım 0,5 A olduğuna göre lambanın gücünü hesaplayınız.

ÇÖZÜM

U = 25 V, I = 0,5 A, P =?

P = U · I = 25 · 0,5 = 12,5 W olur.

9. ÖRNEK

Bir devrede 100 Ω'luk direnç üzerinde düşen gerilim 5 V olduğuna göre dirençte harcanan gücü bulunuz.

ÇÖZÜM

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{5^2}{100} = \frac{25}{100} = 0{,}25\ W$$

SIRA SİZDE

Bir devrede bulunan LED'lerden birinin üzerinden geçen akım 30 mA olarak ölçülmüştür. Harcadığı güç 0,12 W olarak bilindiğine göre LED'in üzerine düşen gerilim kaç V'tur?

.....

.....

10. ÖRNEK

Uçuş sırasında pilot kabini ön camında oluşan buzlanmayı önlemek amacıyla kullanılan buz önleyici sistemdeki ısıtıcı üzerinde 110 V gerilim düşümü olduğu ve ısıtıcının 3 A akım çektiği ölçülmüştür. Isıtıcının gücünü ve 30 dakika çalıştırılması durumunda yaptığı işi Wh cinsinden hesaplayınız.

ÇÖZÜM

U = 110 V, I = 3 A, t = 30 dakika = 30 / 60 = 0,5 saat (1 saat = 60 dakikadır.).

P =? W =?

P = U · I = 110 · 3 = 330 W olur. W = P · t = 330 · 0,5 = 165 Wh olur.

11. ÖRNEK

Bir hidroelektrik santralinin kurulu gücü 18000 kW'tır. Santral bir saat çalıştırılıyor. Santralin ürettiği enerjiyi MWh cinsinden hesaplayınız.

ÇÖZÜM

P = 18000 kW = 18 MW, t = 1 saat, W =?

W = P . t = 18 . 1 = 18 MWh olur.

12. ÖRNEK

Direnci 100 Ω olan bir ısıtıcıdan 5 dakika boyunca 2 A değerinde akım geçirilmiştir. Isıtıcıdan elde edilen sıcaklığın miktarını Joule cinsinden hesaplayınız.

ÇÖZÜM

R = 100 Ω, I = 2 A, t = 5 dakika = 5 · 60 = 300 sn., W =?

$W = I^2 \cdot R \cdot t = 22 \,.\, 100 \cdot 300 = 4 \cdot 100 \cdot 300 = 120000$ J olur.

SIRA SİZDE

Aşağıda verilen ipuçlarını dikkatlice okuyarak bulmacayı doldurunuz. "Soldan Sağa" ve "Yukarıdan Aşağıya" verilen tanımlara uygun elektrik terimlerini ilgili kutucuklara yerleştiriniz. Tüm kelimelerin doğru yazımına dikkat ediniz.

SOLDAN SAĞA

2) Elektrik akımına karşı gösterilen zorluk.

6) Gerilim ölçerken avometrenin bağlanma şekli.

7) Direnç birimi.

8) Akım, gerilim ve direnci ölçen cihaz.

YUKARIDAN AŞAĞIYA

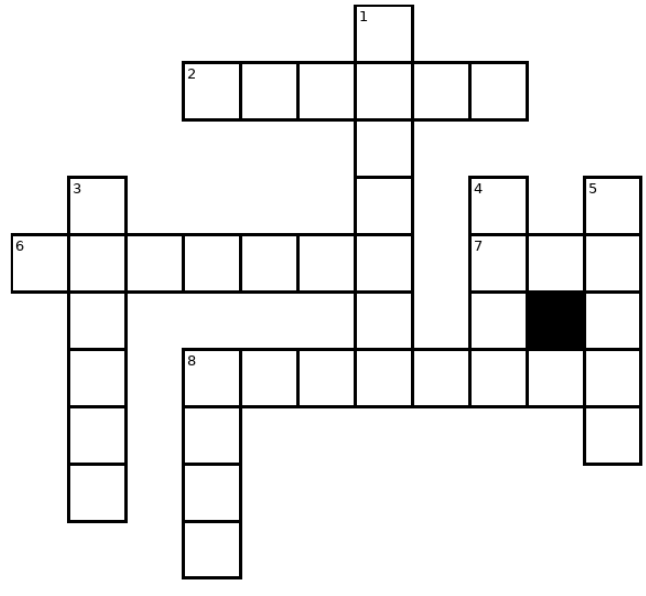
1) İki nokta arasındaki potansiyel fark.

3) Avometrede ölçüm aralığını belirleyen seçim.

4) Gerilim birimi.

5) Elektrik akımının temel birimi.

8) Devrede yüklerin hareketine verilen ad.



SIRA SİZDE

Bir akkor filamanlı lambanın iç direnci 300 Ω'dur. Lambanın 0,4 A akım çektiği bilindiğine göre lamba 10 dakika çalıştırıldığında harcadığı enerji joule cinsinden ne kadardır?

.....

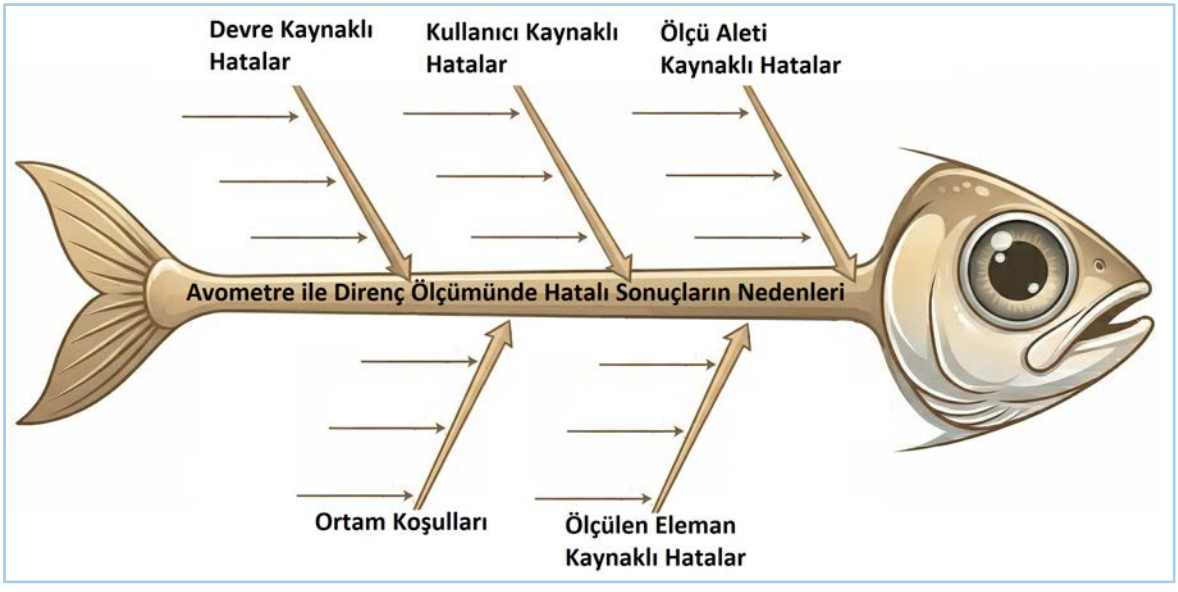
.....

.....

.....

SIRA SİZDE

Avometre ile direnç ölçümünde hatalı çıkan sonuçların sebeplerini balık kılçığı diyagramına yazınız.



Görsel 2.26: Avometre ile direnç ölçümünde hatalı sonuçların nedenleri

2.5.4. İş ve Güç Ölçme

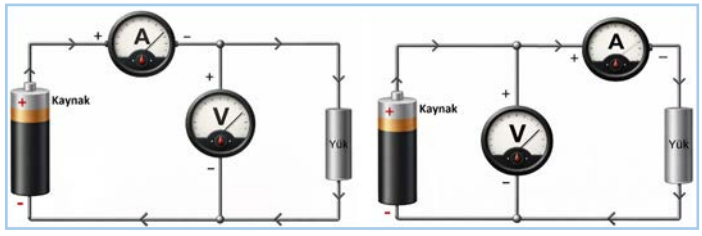
Elektriksel güç, doğrudan güç ölçen bir wattmetre, ampermetre veya voltmetre yardımı ile ölçülür. Elektriksel iş ise elektrik sayaçları ile ölçülür.

a) Ampermetre ve Voltmetre Yardımıyla Güç Ölçme

Ampermetrenin yüke seri, voltmetrenin ise paralel bağlanmasıyla yapılan güç ölçme yöntemidir. Elektrik devrelerinde akım ve gerilimin çarpımı elektriksel gücü verir. Bu yöntemle güç ölçülürken **P = U · I** formülünden yararlanılır. Elektrik devresinde harcanan gücün bulunabilmesi için akım ve gerilim değerlerinin ölçülmesi gerekir. Devreye uygun şekilde bağlanan voltmetre ve ampermetrenin gösterdikleri değerlerin çarpımları devrenin gücünü verir. Bu yöntemle DC devrelerde harcanan güç ile sadece direnç içeren AC devrelerde harcanan güç ölçülebilir. Bu, aktif güçtür. Bobin ve kondansatörlü devrelerde ise harcanan güç reaktif güçtür. Reaktif güç bu yöntemle ölçülemez.

Ampermetre ve voltmetre yardımıyla güç ölçme, ampermetrenin önce veya sonra bağlanmasına göre iki şekilde yapılır.

- **Ampermetreyi Önce Bağlama:** Akımı büyük, gerilimi küçük olan devrelerde kullanılır. Yüksek akımlı alıcıların güçlerinin (büyük güç) ölçülmesinde kullanılır (Görsel 2.27.a).
- **Ampermetreyi Sonra Bağlama:** Akımı küçük, gerilimi büyük olan devrelerde kullanılır. Küçük akımlı alıcıların güçlerinin (düşük güç) ölçülmesinde kullanılır (Görsel 2.27.b).



a) Önce bağlanması b) Sonra bağlanması

Görsel 2.27: Ampermetrenin bağlanması

b) Wattmetreler ve Güç Ölçme

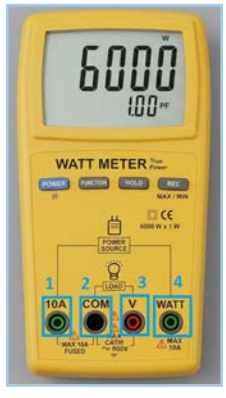
Elektrik devrelerinde herhangi bir hesaplamaya gerek kalmaksızın alıcıların aktif gücünü doğrudan ölçmek için kullanılan ölçü aletlerine **wattmetre** denir. Wattmetreler diğer ölçü aletlerinde olduğu gibi analog (Görsel 2.28.a) ve dijital (Görsel 2.28.b) olmak üzere iki tipte imal edilmiştir.



(a) (b)

Görsel 2.28: Wattmetre

Görsel 2.29'da taşınabilir tip AC dijital wattmetre ve bağlantı terminalleri, Tablo 2.16'da terminallerin işlevleri verilmiştir. Terminallerin bağlantısı üretici firma tarafından aletin üzerinde gösterilmiştir. Dijital wattmetrelerin çalışma prensibi analog wattmetreler gibidir. Akım ve gerilim değerleri sensörler (duyarga) yardımıyla ölçülerek dijital ortamda değerlendirilir ve ekrana yansıtılır.



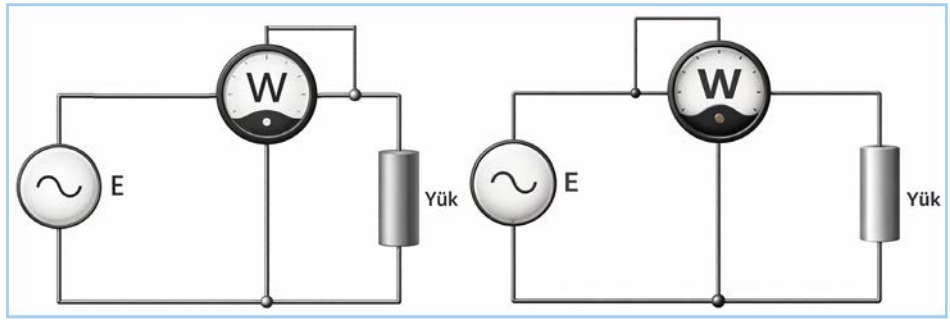
Görsel 2.29: Taşınabilir AC dijital wattmetre bağlantı terminalleri

Tablo 2.16: Taşınabilir Dijital Wattmetre Bağlantı Terminalleri

TERMİNAL NO.	İŞLEVİ
1-4	Güç kaynağı bağlantısı için terminaller (Maksimum 10 A)
2-3	Yük (alıcı) bağlantısı için terminaller (Maksimum 600 V)

Wattmetreler alıcıların aktif güçlerini ölçer. **Aktif güç**, elektrik enerjisinin gözle görünür işe dönüşen güç çeşididir. Ampermetre ve voltmetrenin özelliğini bir arada gösteren ölçü aletleridir. Biri akım bobini diğeri gerilim bobini olmak üzere wattmetrelerin iki bobini vardır. Akım bobini kalın kesitli ve az sarımlıdır. **Akım bobini** ampermetre özelliği gösterir. Bu nedenle gücü ölçülecek alıcıya seri bağlanır. Gerilim bobini ise ince kesitli iletkenden çok sarımlı olarak yapılır. **Gerilim bobini** voltmetre özelliği gösterir. Bu nedenle gücü ölçülecek alıcıya paralel bağlanır.

Wattmetrelerle güç ölçülürken büyük güçlü alıcıların gücü ölçülecekse akım bobini önce bağlanmalı (Görsel 2.30.a), küçük güçlü alıcıların gücü ölçülecekse akım bobini sonra (Şekil 2.30.b) bağlanmalıdır.



a) Akım bobini önce bağlama b) Akım bobini sonra bağlama

Görsel 2.30: Akım bobini durumuna göre wattmetre

Wattmetreler ölçebileceği akım ve gerilime göre imal edilir. Üzerinde yazılı değerden fazla gerilim uygulanırsa veya fazla akım çekilirse wattmetre bozulur.

Wattmetreler ile güç ölçümü yapılırken dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- Elektriksel güç ölçümünde ölçülecek güce uygun wattmetre kullanılmalıdır.
- AC ve DC wattmetre seçimine hem AC hem DC güç ölçebilen, wattmetrelerde ise AC-DC kademe seçimine dikkat edilmelidir.
- Ölçü aletinin akım ve gerilim sınırlarına dikkat edilmelidir. Bazı wattmetrelerde akım ve gerilim kademelerine göre bağlantı terminalleri ayrı ayrıdır. Bunlardan devreye uygun olanı tercih edilmelidir. Okuma işlemi bu kademelere uygun yapılmalıdır. Ölçülen değer, uygun güç birimi ile okunmalıdır.
- AC devrelerde güç ölçerken fazlara ait gerilimler ile akımların polariteleri doğru bağlanmalıdır. Örneğin gerilimler doğru bağlanıp akım trafolarından bir tanesinin polaritesi ters bağlanırsa wattmetre aktif güç yerine reaktif güçle orantılı hatalı bir değer gösterir. Wattmetrenin doğru değer gösterebilmesi için bağlantı şemasına uygun montaj yapılmalıdır.

c) Elektrik Sayaçları ve İş Ölçme

Elektriksel iş ölçmek için kullanılan ölçü aletlerine **elektrik sayacı** denir. Temel olarak üretilen ve tüketilen gücün zaman içindeki miktarını ölçerek çalışan bu cihazlar, zaman dilimi olarak saati kullanır. Elektrik sayaçları abonenin harcadıkları elektrik enerjisini kWh cinsinden ölçer. Elektrik birim fiyatı kWh üzerinden hesaplanır. Sayaçlar wattmetre gibi gücü ölçerken diğer taraftan zamana göre toplamını alıp bu değeri kaydeder. Bu nedenle toplayıcı tip ölçü aletleridir.

Elektrik sayacı gibi enerji sayaçları ile enerji tüketimlerini izlemek, enerji kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı büyük önem taşır. Elektrik sayacı veya diğer adıyla enerji sayacı; konutlarda, iş yerlerinde elektrikle çalışan cihazların tükettiği elektrik enerjisi miktarını ölçer. Elektrik dağıtım şirketleri, sağladıkları enerji miktarlarını faturalandırmak amacıyla alışveriş merkezi, konut gibi enerjiyi toplu olarak alan yerleşkelerde enerji bedelini adil olarak dağıtabilmek adına elektrik sayacı kullanır. Ayrıca fabrikalar da üretimde kullandıkları enerji miktarını ürün maliyetlerine yansıtarak gerçek ürün maliyetini bulmak için enerji sayacı kullanır.



Görsel 2.31: İndüksiyon tipi analog elektrik sayacı

Elektrik sayaçları çalışma mekanizmasına göre iki tiptir:

a) İndüksiyon Tipi Sayaçlar: Devrenin çektiği akım devreye seri bağlanan kalın telli ve az sarımlı akım bobininden geçirilerek bir manyetik alan oluşturma prensibine göre çalışır. Elektromanyetik indüksiyon prensibi ile çalışır. Bu sayaçların yenilerinin üretimi durmuş, mevcut olanların kullanımı devam etmekte veya değiştirilmektedir (Görsel 2.31).



Görsel 2.32: Modern elektronik tip akıllı elektrik sayacı

b) Elektronik Tipi Sayaçlar: Dijital enerji sayaçlarıdır. Bu sayaçlarda bir mikroişlemci veya dijital sinyal işlemcisi kullanılır. Performansları mikroişlemciye bağlıdır. Günümüzde elektronik elektrik sayaçları olarak isimlendirilen elektrik sayaçlarıdır. Günün farklı saatlerinde ve hafta sonları farklı ücretlendirme yapabildiklerinden kullanımı zorunlu hâle gelmiştir. Elektronik sayaçlarda ölçülen işin miktarı dijital bir ekrandan okunur. Bu sayaçlarda ölçülen değer, tarih, gerçek zaman saati dönüşümlü olarak dijital ekranda ifade edilir. Elektronik sayaçlar farklı tarifeler üzerinden ücretlendirme yapmanın yanında optik port vasıtası ile okuma kolaylığı sağlar. Analog sayaçlara göre daha az kalibrasyona ihtiyaç duyar. Görsel 2.32'de yeni nesil akıllı elektrik sayacı yer almaktadır. Bu sayaçların tek dezavantajı maliyetidir.

Elektrik sayaçları bağlantı yapısına göre iki tiptir:

a) Bir Fazlı Sayaçlar: Tek bir fazı bulunan sayaçlardır. Konut ve mesken gibi yerlerde kullanılır.

b) Üç Fazlı Sayaçlar: Üç fazı bulunan sayaçlardır. Burada amaç daha pahalıya mal olan ve motorin ile jeneratörde üretilen elektriğin yanı sıra şebeke tüketimini farklı birim fiyatlardan fatura etmektir. Alışveriş merkezi ve rezidans gibi yapılarda kullanılır.

Elektrik sayaçları yaptığı ölçüme göre iki tiptir:

a) Aktif Sayaçlar: Konut, mesken gibi yerlerde sadece aktif gücü ölçen aktif sayaçlar kullanılır.

b) Aktif / Reaktif Sayaçlar: Alışveriş merkezi, fabrika, hastane gibi yapılarda aktif / reaktif sayaçlar kullanılır.

Elektrik sayaçları zamana göre iki tiptir:

a) Tek Zamanlı Sayaçlar: Tek zamanlı aboneliklerde 7 / 24 aynı fiyatlandırma yapılır.

b) Çok Zamanlı Sayaçlar: Çok zamanlı aboneliklerde gündüz, puant ve gece olmak üzere üç farklı tarifelendirme yapılır. Bunun nedeni, abone tüketimini genel tüketimin yüksek olduğu puant tarifesinden çekip genel tüketimin daha az olduğu gece tarifesine yönlendirmektir çünkü puant tarifesi en yüksek güç çekilen zamandır (Tablo 2.17).

Tablo 2.17: Çok Zamanlı Sayaçlarda Tarifelendirme

Tarifelendirme	Saat Aralığı
Gündüz (T1)	06.00-17.00
Puant (T2)	17.00-22.00
Gece (T3)	22.00-06.00

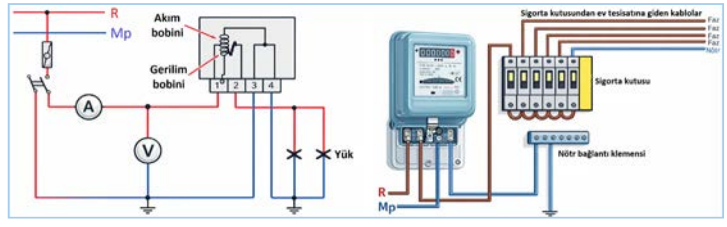
Sayaçlar devreye wattmetrelerde olduğu gibi akım bobini seri, gerilim bobini paralel olarak bağlanır. Her sayacın bağlantı şeması kendi kapağının içinde verilmiştir. Sayaçların bağlantısı üç şekilde yapılır.

- **Direkt Bağlama:** Alçak gerilim şebekelerinde alıcıların gücünün yüksek olmadığı konut, mesken gibi yerlerde elektrik sayaçları devreye doğrudan doğruya bağlanır. Doğrudan bağlanan sayaçlar bir fazlı devrelerde 220 V, üç fazlı devrelerde 380 V ile çalışır.
- **Akım Ölçü Transformatörüyle Bağlama:** Bazı fabrika ve atölyelerde alıcıların çektikleri akımın büyük olduğu yerlerde kullanılır.
- **Akım ve Gerilim Ölçü Transformatörüyle Bağlama:** Yüksek gerilimli elektrik tesislerinde kullanılır.

Elektrik sayaçları ile iş ölçümü yapılırken uygulanacak işlem adımları şunlardır:

1. Bir fazlı indüksiyon tipi aktif elektrik sayaçlarında bağlantı uçları, akım ve gerilim bobini uçlarıdır.

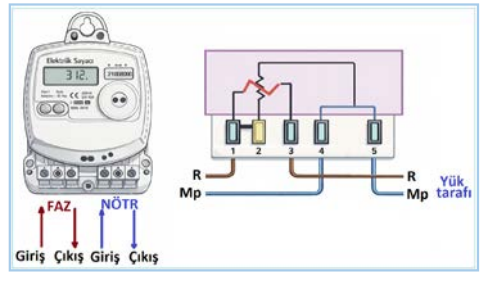
Akım bobini uçlarına faz girer. Buradan çıkarak daire panosuna gider. Nötr hattı gerilim bobinine girer. Buradan çıkarak daire kat panosuna gider ve buradan tesisata dağılır. Bir başka deyişle sayacın 1 numaralı ucuna faz girer, 2 numaralı ucundan faz çıkar. 3 numaralı ucuna nötr (yüksüz) girer. 4 numaralı ucundan nötr (yüksüz) çıkar (Görsel 2.33).



(a) (b)

Görsel 2.33: Bir fazlı indüksiyon tipi aktif elektrik sayacı devre (a) ve tesis (b) bağlantısı

2. Bir fazlı elektronik tip aktif elektrik sayaçlarının bağlantısı mekanik sayaçlarda olduğu gibi yapılır. Klemens bağlantıları mekanik sayaçlar ile aynıdır. Şebekeden gelen faz 1 numaralı klemense bağlanır. 3 numaralı klemensten çıkarak devreye gider. 1 ve 3 numaralı klemensler arasında sayacın akım bobini vardır. Böylece sayacın akım bobini devreye seri bağlanmış olur. Şebekeden gelen nötr hattı 4 numaralı klemense girer. 5 numaralı klemensten çıkarak devreye gider. 4 ve 5 numaralı klemensler sayacın içinde birbirine şöntlenmiştir. Fazın giriş yaptığı 1 numaralı klemens ile 2 numaralı klemens bir köprü bağlantı elemanı ile birbirine bağlanmıştır. Böylece şebekeden gelen faz, 2 numaralı klemense de gelmiş olur. 2 numaralı klemense sayacın gerilim bobini bağlıdır. Gerilim bobininin çıkışı ise nötr olduğu 4-5 numaralı klemense bağlıdır. Bu da sayacın gerilim bobininin devreye paralel bağlı olduğunu gösterir. Devredeki herhangi bir yükün çalışması durumunda şebekeden çektiği akımın etkisi ile sayaç iş ölçme işlemi yapar (Görsel 2.34).



Görsel 2.34: Bir fazlı elektronik tip aktif elektrik sayacı klemens bağlantısı

DİKKAT

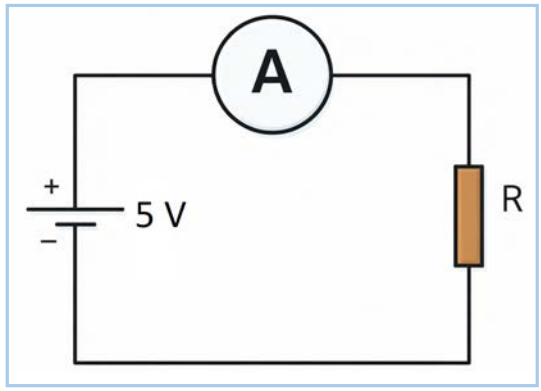
98. sayfadaki 2.5. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

2.1. UYGULAMA

Adı	AVOMETREYLE AKIM ÖLÇMEK
Süresi	40 dakika

Amaç: Avometrenin doğru bağlantı yöntemlerini kullanarak bir elektrik devresinde akım ölçümü yapmak

Görev: Basit bir doğru akım devresinde avometreyi seri bağlayarak akım ölçümü yapınız. Ölçüm sonuçlarını değerlendirerek devredeki değişkenlerin akım üzerindeki etkilerini tartışınız ve yorumlayınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 2.35: Avometrenin devreye seri bağlanması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre	Dijital özellikli	1 adet
Güç kaynağı	5 V DC	1 adet
Breadboard	Delikli	1 adet
Direnç	330 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ	Birer adet
Bağlantı kablosu	İzoleli	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Kullanılacak ölçü aletinin sağlamlığını ve kademe ayarlarını kontrol ediniz.
3. Devreyi kurmadan önce elemanları inceleyiniz.
4. Avometreyi akım ölçme kademesine getiriniz.
5. Avometre problarını doğru giriş yerlerine bağlayınız.
6. Görsel 2.35'te görüldüğü gibi avometreyi devreye 330 Ω ile birlikte seri bağlayarak ölçüm devresini oluşturunuz.
7. Devre enerjisini vererek ölçüm değerini gözlemleyiniz.

8. Ölçülen akım değerini Tablo 2.18'e kaydediniz.
9. Devrede kullanılan direnç değerini sırasıyla 1 kΩ ve 10 kΩ ile değiştirerek ölçümü tekrarlayınız.
10. Diğer ölçüm sonuçlarını da Tablo 2.18'e kaydediniz.
11. Ölçüm sonuçlarını karşılaştırarak direnç değişiminin akım üzerindeki etkisini yorumlayınız.
12. Elde edilen sonuçlardan devre davranışına yönelik çıkarım yapınız.
13. Çalışma sonunda kullanılan malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve çalışma ortamını düzenleyiniz.

Tablo 2.18: Avometreyle Akım Ölçüm Değerleri

Devredeki Direnç	Ölçülen Akım Değeri
330 Ω	
1 kΩ	
10 kΩ	

UYGULAMA SORULARI

1. Avometre akım ölçerken devreye neden seri bağlanır?

.....
.....
.....
.....

2. Direnç değeri arttığında devreden geçen akım nasıl değişir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

3. Kaynak değeri 5 V yerine 12 V olarak değişirse ölçüm sonuçlarında ne gibi farklılık oluşur?

.....
.....
.....
.....

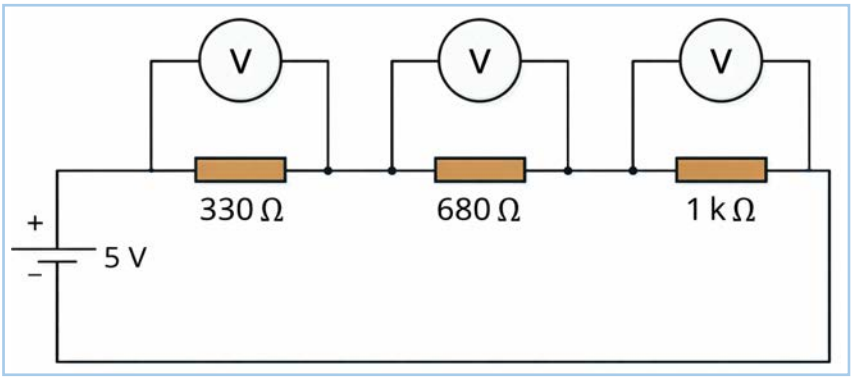
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

2.2. UYGULAMA

Adı	AVOMETREYLE GERİLİM ÖLÇMEK
Süresi	40 dakika

Amaç: Avometre ile gerilim ölçümü yapmak

Görev: Basit bir doğru akım devresinde avometreyi paralel bağlayarak gerilim ölçümü yapınız. Ölçüm sonuçlarını değerlendirerek devredeki yükler üzerindeki etkilerini tartışınız ve yorumlayınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 2.36: Avometrenin devreye paralel bağlanması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre	Dijital özellikli	1 adet
Güç kaynağı	5 V DC	1 adet
Breadboard	Delikli	1 adet
Direnç	330 Ω, 680 Ω, 1 kΩ	Birer adet
Bağlantı kablosu	İzoleli	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Kullanılacak ölçü aletinin sağlamlığını ve kademe ayarlarını kontrol ediniz.
3. Devreyi kurmadan önce elemanları inceleyiniz.
4. Avometreyi gerilim ölçme kademesine getiriniz.
5. Avometre problarını doğru giriş yerlerine bağlayınız.
6. Görsel 2.36'da görüldüğü gibi devreyi kurunuz.
7. Avometreyi 330 Ω direnç üzerine **paralel** bağlayınız.

8. Devre enerjisini vererek ölçüm değerini gözlemleyiniz.
9. Ölçülen gerilim değerini Tablo 2.19'a kaydediniz.
10. Avometre ile 680 Ω ve 1 kΩ'luk dirençleri de ölçünüz.
11. Diğer ölçüm sonuçlarını Tablo 2.19'a kaydediniz.
12. Ölçüm sonuçlarını karşılaştırarak direnç değerlerinin gerilim üzerindeki etkisini yorumlayınız.
13. Çalışma sonunda kullanılan malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve çalışma ortamını düzenleyiniz.

Tablo 2.19: Avometreyle Gerilim Ölçüm Değerleri

Devredeki Direnç	Ölçülen Gerilim Değeri
330 Ω	
680 Ω	
1 kΩ	

UYGULAMA SORULARI

1. Avometreyle gerilim ölçülürken devreye neden paralel bağlanır? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

2. Ölçülen direnç değeri arttığında gerilim değeri nasıl değişir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

3. Kaynak değeri 5 V yerine 12 V olarak değişirse ölçüm sonuçlarında ne gibi farklılık oluşur? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

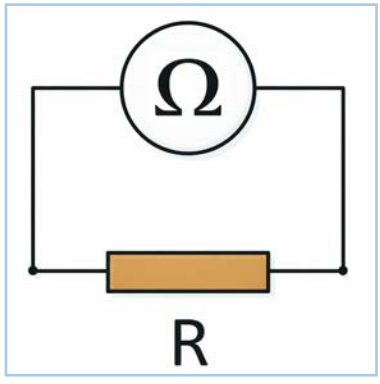
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

2.3. UYGULAMA

Adı	AVOMETREYLE DİRENÇ ÖLÇMEK
Süresi	40 dakika

Amaç: Avometre kullanarak direnç değerlerini doğru şekilde ölçmek

Görev: Farklı dirençlerin değerlerini avometre ile ölçerek sonuçları karşılaştırınız ve direnç üzerindeki renkler ile ölçülen değerler arasındaki ilişkiyi inceleyiniz. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 2.37: Avometrenin dirence bağlanması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre	Dijital özellikli	1 adet
Breadboard	Delikli	1 adet
Direnç seti	Farklı değerlerde	Birer adet
Bağlantı kablosu	İzoleli	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Ölçüm yapılacak dirençleri inceleyiniz.
3. Dirençlerin üzerindeki renk bantlarını gözlemleyiniz.
4. Avometreyi direnç ölçme kademesine getiriniz.
5. Avometre problarını doğru giriş yerlerine bağlayınız.
6. Görsel 2.37'de görüldüğü gibi direncin uçlarını avometre problarına temas ettiriniz.
7. Ölçülen direnç değerini okuyunuz.
8. Ölçülen direnç değerini Tablo 2.20'ye kaydediniz.
9. Farklı bir direncin değerini ölçünüz.
10. Ölçülen direnç değerini Tablo 2.20'ye kaydediniz.

11. Ölçülen direnç değerlerini karşılaştırınız.

12. Ölçülen değer ile renk bantları arasındaki ilişki hakkında çıkarım yapınız.

13. Çalışma sonunda kullanılan malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve çalışma ortamını düzenleyiniz.

Tablo 2.20: Avometreyle Direnç Ölçüm Değerleri

Devredeki Direnç	Ölçülen Direnç Değeri
..... Ω	
..... Ω	
..... Ω	
..... Ω	
..... Ω	

UYGULAMA SORULARI

1. Direnç ölçümü yapılırken devrenin enerjisi neden kesilmelidir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

2. Ölçüm esnasında yanlış kademe seçilirse ölçüm sonucu nasıl etkilenir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

2.4. UYGULAMA

Adı	AVOMETREYLE AKIM, GERİLİM VE DİRENÇ ÖLÇMEK (İstasyon düzeni)
Süresi	40 dakika

Amaç: Avometre kullanarak akım, gerilim ve direnç ölçümü yapmak

Görev: Üç gruba ayrılarak her istasyonda farklı bir ölçüm uygulaması yapınız ve istasyonlar arasında dönüşümlü çalışarak tüm ölçüm türlerini tamamlayınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.

İSTASYON DÜZENİ

Sınıf üç ölçüm istasyonuna ayrılır. Gruplar belirli süre sonunda saat yönünde yer değiştirir. Böylece her grup üç ölçümü de tamamlar.

1. İstasyon: Akım ölçme

2. İstasyon: Gerilim ölçme

3. İstasyon: Direnç ölçme

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre	Dijital özellikli	1 adet
Güç kaynağı	5 V DC	1 adet
Breadboard	Delikli	1 adet
Direnç	Farklı değerlerde	Üçer adet
Bağlantı kablosu	İzoleli	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Çalışma grubuna dâhil olunuz.
3. İlk ölçüm istasyonuna yerleşiniz.
4. Bulunduğunuz istasyondaki ölçüm devresini inceleyiniz.
5. Avometreyi istasyona uygun ölçüm kademesine alınız.
6. Avometreyi devreye uygun bağlantı şekline göre bağlayınız.
7. Ölçüm değerini okuyunuz.
8. Ölçülen değeri Tablo 2.21'e kaydediniz.
9. Süre sonunda bir sonraki istasyona geçiniz.
10. Yeni istasyondaki ölçüm devresini inceleyiniz.

11. Avometreyi uygun ölçüm kademesine alınız.

12. Ölçüm değerini okuyunuz.

13. Ölçülen değeri Tablo 2.21'e kaydediniz.

14. Son istasyona geçiniz.

15. Son ölçüm devresini inceleyiniz.

16. Ölçülen değeri Tablo 2.21'e kaydediniz.

17. Üç ölçüm sonucunu karşılaştırınız.

18. Öğretmeninizle ve diğer gruplarla birlikte ölçüm sonuçlarını değerlendiriniz.

19. Çalışma sonunda kullanılan malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve çalışma ortamını düzenleyiniz.

Tablo 2.21: Avometreyle Akım, Gerilim ve Direnç Ölçüm Değerleri

	1. İstasyon (A)		2. İstasyon (V)		3. İstasyon (Ω)	
Ölçülen Değerler						

UYGULAMA SORULARI

1. Farklı gruplar tarafından yapılan aynı ölçümün farklı çıkması durumunda hangi kontrol adımlarını uygulardınız? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

2. Bir ölçüm sonucunun doğru olduğuna nasıl karar verirsiniz? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

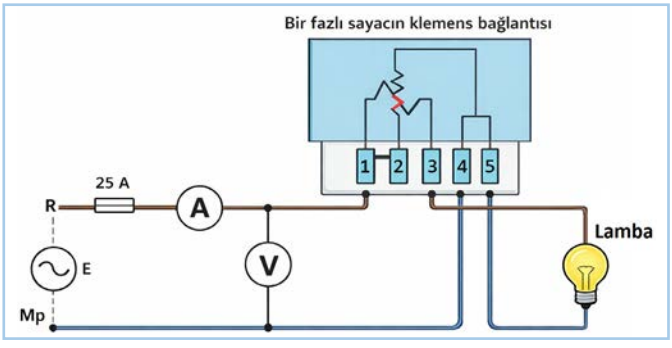
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

2.5. UYGULAMA

Adı	İŞ, GÜÇ İLE ENERJİYİ HESAPLAMA VE ÖLÇME
Süresi	40 dakika

Amaç: Elektrik sayacı ile yükün harcadığı elektrik enerjisini ölçmek

Görev: Elektrik sayacı, voltmetre ve ampermetre kullanarak yükün harcadığı enerjiyi ölçünüz ve ölçülen sonuçları hesaplanan değerlerle karşılaştırınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 2.38: Bir fazlı sayaca lamba bağlanarak ölçülmesi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Lamba	100 W, E27	1 adet
Duy	Askı tipli, E27 özellikli	1 adet
Erkek fiş	1-2 metre, 2 x 1,5 mm^2 kablolu	1 adet
Sigorta	25 A	1 adet
Avometre	Dijital özellikli	1 adet
Elektrik sayacı	Elektronik özellikli	1 adet
Bağlantı kablosu	1,5 mm^2	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak çalışma ortamını hazırlayınız.
2. Devre elemanlarını gözle kontrol ederek inceleyiniz.
3. Görsel 2.38'deki elektrik sayacı bağlantı şemasını inceleyiniz.
4. Görsel 2.38'de bulunan elektrik sayacı ve lamba bağlantılarını yapınız.
5. Avometreyi istasyona uygun ölçüm kademesine alınız.
6. Devreye öğretmen gözetiminde enerji veriniz.

7. Elektrik sayacının ilk okuma değerini Tablo 2.23'e kaydediniz.
8. Avometreden okunan akım değerini ölçünüz ve Tablo 2.22'ye kaydediniz.
9. Avometreden okunan gerilim değerini ölçünüz ve Tablo 2.22'ye kaydediniz.
10. Yükü 5 dk. çalıştırdıktan sonra lambayı sökünüz.
11. Sayacın son okuma değerini Tablo 2.23'e kaydediniz.
12. Tablo 2.23'te sayaçtan ölçülen enerji değerini hesaplayınız.
13. Tablo 2.22'de bulunan güç ve enerji değerlerini hesaplayınız.
14. Tablo 2.22 ve Tablo 2.23'teki ölçülen ve hesaplanan enerji değerlerini karşılaştırınız.
15. Sonuçlara göre ölçüm doğruluğu hakkında çıkarım yapınız.
16. Çalışma sonunda kullanılan malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve çalışma ortamını düzenleyiniz.

Tablo 2.22: Elektriksel Güç ve İş Hesaplama Tablosu

ELEKTRİKSEL GÜÇ VE İŞ HESAPLAMA					
Yükün Gücü (W)	Yükün Çalışma Süresi	Avometreden Okunan Değer (A)	Avometreden Okunan Değer (V)	Hesaplanan Güç (W)	Hesaplanan Enerji (Wh)
100 W	5 dk.				

Tablo 2.23: Elektriksel Sayacı İş Ölçüm Tablosu

ELEKTRİK SAYACI İLE İŞ ÖLÇME				
Yükün Gücü (W)	Yükün Çalışma Süresi	Elektrik Sayacı İlk Okuma Değeri	Elektrik Sayacı Son Okuma Değeri	Saatten Ölçülen Enerji (Wh)
100 W	5 dk.			

UYGULAMA SORULARI

1. Sayaçtan ölçülen enerji ile hesaplanan enerji farklı çıkabilir mi? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

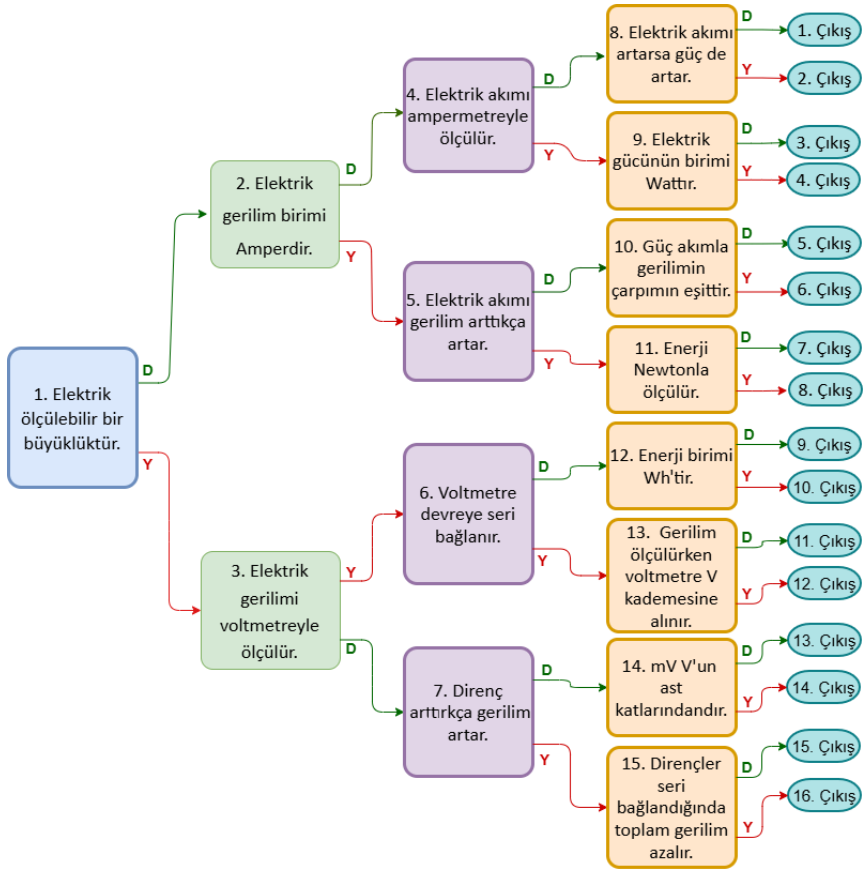
2. Ölçüm süresi arttığında sayaçtan okunan enerji nasıl değişir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

İfadeler	
Paralel Bağlama (1)	Enerjiyi Kesmek (6)
Wattmetre (2)	Joule (kWh) (7)
Seri Bağlama (3)	Volt (8)
Ohm (Ω) (4)	Watt (9)
Ampermetre Modu (5)	Paralel Bağlantı (10)

1. **Avometreyle akım ölçümü yapılırken avometrenin devreye bağlantı şekli ve kullanıldığı mod hangileridir?**

   Cevap: .....

2. **Avometreyle gerilim ölçümü yapılırken avometrenin devreye bağlantı şekli ve ölçtüğü büyüklüğün birimi hangileridir?**

   Cevap: .....

3. Direnç ölçümü yaparken cihazın ve kullanıcının güvenliği için hangi önlemler alınmalıdır?

Cevap: ……

4. Elektriksel gücün ölçüldüğü ölçü aleti ve ölçüm sonucunun birimi hangileridir?

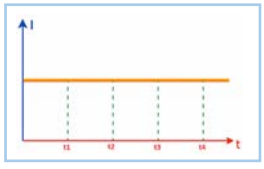
Cevap: ……

5. İki direncin üst üste bağlanmasıyla elde edilen bağlantı türleri hangileridir?

Cevap: ……

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6.



Görselde verilen doğru akım sinyali hangisinden elde edilir?

A) Alternatör B) Osilatör C) Pil D) Şehir şebekesi E) Transformatör

7. 100 W gücündeki cihaz 2 saat çalışırsa tüketilen enerji kaç Wh olur?

A) 50 B) 100 C) 200 D) 400 E) 800

8. Elektriksel iş aşağıdakilerden hangisine bağlıdır?

A) Akım ve direnç

B) Akım ve gerilim

C) Gerilim ve direnç

D) Gerilim ve frekans

E) Güç ve zaman

9. Alternatif gerilim ölçümünde aşağıdakilerden hangisi ölçüm sonucunu <u>etkilemez</u>?

A) Ölçü aletinin türü

B) Ölçü kademesi seçimi

C) Ölçüm aralığı seçimi

D) Prob temasının sağlamlığı

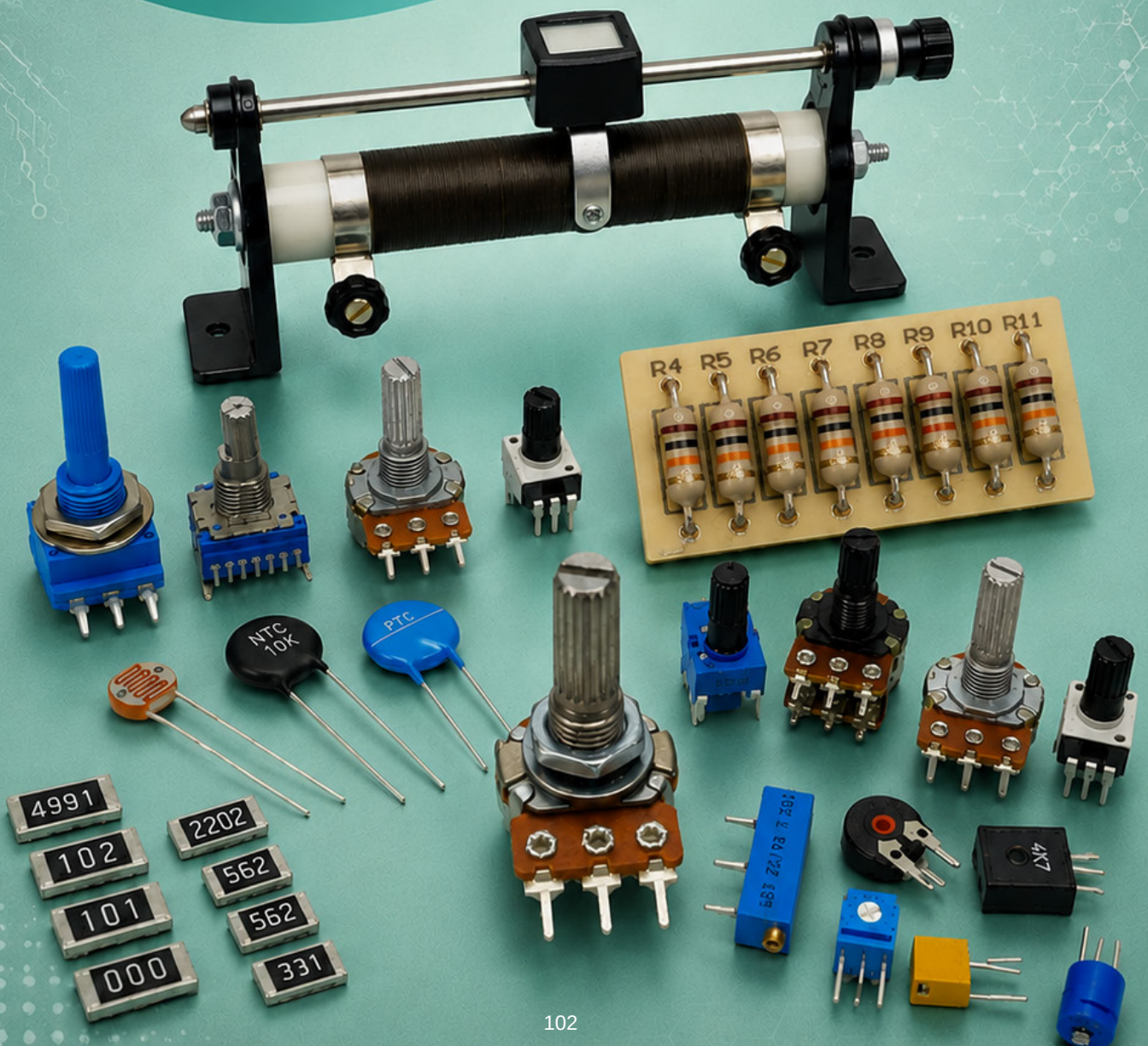
E) Prob uçlarının yönü

10. Gerilim ölçümü yapılırken ölçü aletinin iç direnç değeri aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?

A) Büyük B) Değişken C) Küçük D) Sıfır E) Sonsuz

3. ÖĞRENME BİRİMİ

DİRENÇLİ DEVRELERDE ELEKTRİK KANUNLARI



KONULAR

3.1. DİRENÇ RENK KODLARIYLA DİRENÇ DEĞERİ OKUMA
3.2. DİRENÇLERİ BAĞLAMA
3.3. POTANSİYOMETRE VE REOSTA BAĞLANTILARINI YAPMA
3.4. WHEATSTONE KÖPRÜSÜ BAĞLANTISINI YAPMA
3.5. OHM KANUNU HESAPLAMALARINI YAPMA
3.6. KIRCHHOFF KANUNLARI HESAPLAMALARINI YAPMA

ANAHTAR KAVRAMLAR

- ayarlı dirençler
- direnç
- dirençlerin bağlanması
- direnç renk kodu
- kirchhoff kanunları
- ohm kanunu
- öz direnç
- reosta
- potansiyometre
- wheatstone köprüsü

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- direncin özelliklerini ve direnç değerine etki eden faktörleri öğrenmeniz
- direnç değerini okumanız, tespit etmeniz ve değeri bilinmeyen direnç değerini belirlemeniz
- direncin devrelerde akıma karşı davranışlarını ve akım kontrol durumlarını değerlendirmeniz
- direnç renk tablosunu öğrenmeniz
- ohm kanunu ile direnç, akım ve gerilim hesaplamalarını yapmanız
- kirchhoff kanunu ile direnç üzerinden geçen akım, direnç üzerine düşen gerilim hesaplamalarını ve uygulamalarını yapmanız

beklenmektedir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

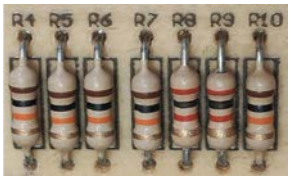
Aşağıdaki tabloda yer alan anahtar kelimeyi okuduğunuzda zihninizde canlanan ilgili kavramları yanındaki kutucuklara yazınız. Ardından yazdığınız kelime ile direnç kelimesini içeren anlamlı birer cümle yazınız.

Anahtar Kelime	İlişkili Kavramlar	İlgili Cümleler
DİRENÇ	1.	1. .....
DİRENÇ	2.	.....
DİRENÇ	3.	2. .....
DİRENÇ	4.	.....

3.1. DİRENÇ RENK KODLARIYLA DİRENÇ DEĞERİ OKUMA

Kelime anlamı itibari ile direnme anlamına gelen direnç, elektrikli devrelerde ise elektrik akımına karşı direnen, zorluk çıkaran devre elemanı olarak kullanılmaktadır.

3.1.1. Direnç ve Öz Direnç Kavramı



Görsel 3.1: Direnç

Dirençler, elektrik akımına karşı zorluk gösteren devre elemanlarıdır. Dirençlerin bu özelliklerinden yararlanılıp elektronik devreler üzerinde elektrik akımı belirli değerlerde tutularak kontrol edilebilir. Elektrik akımını istenen değerlerde kontrol edebilmek için farklı değerlikte dirençler üretilmektedir. Üretilen bu dirençlerin değerini, üretimi esnasında kullanılan maddelerin miktarı ve özellikleri belirlemektedir (Görsel 3.1).

Her maddenin bir direnç katsayısı vardır. Birim uzunluk ve kesitteki bu katsayıya **öz direnç** denir.

- **Direnç:** Dirençler **R** harfi ile gösterilir. Birimi ohm **(Ω)**'dur. İletkenlerin direncine etki eden bazı faktörler şunladır:
- İletkenin öz direnci
- İletkenin kesiti
- İletkenin boyu

$$R = \frac{\rho . L}{A}$$

Bu formüldeki sembollerin karşılıkları şunlardır:
R= direnç (Ω)
L = iletkenin boyu (m)
ρ= öz direnç (Ω.mm²/m)
A= iletkenin kesiti (mm²)

Formülden de anlaşıldığı gibi iletkenin boyu uzadıkça direnci de artar. İletkenin boyu kısaldıkça direnci azalır. Buna karşın iletkenin kesiti artıkça direnci azalır, iletkenin kesiti azaldıkça direnci artar.

• **Öz Direnç:** Birim uzunluk (1 metre) ve birim kesitteki (1mm²) iletkenin direncine **öz direnç (ρ)** denir. Öz direnç maddenin cinsine bağlı bir katsayıdır. İyi bir iletkende öz direnç sıfıra yakındır. Tablo 3.1'de bazı iletkenlerin öz direnç değerleri yer almaktadır.

Tablo 3.1: İletken Maddelerin Öz Dirençleri

İLETKENİN CİNSİ	İLETKENİN ÖZ DİRENCİ
Gümüş	0,016 Ω.mm²/m
Bakır	0,0178 Ω.mm²/m
Altın	0,023 Ω.mm²/m
Alüminyum	0,0285 Ω.mm²/m

1. ÖRNEK

Bakır bir iletkenin boyu 20 m, kesit alanı 2 mm²dir. Bu iletkenin direncini hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Direnç hesabında şu formül kullanılır: $R = \frac{\rho.L}{A}$

Verilenler: L = 20 m

ρ = 0,0178 Ω.mm²/m

A = 2 mm²

Verilenler formülde yerine yazılırsa:

R = 0,0178 · 20 / 2 R = 0,0178·10 R = 0,178 Ω

Sonuç: İletkenin direnci **0,178 Ω**'dur.

SIRA SİZDE

Öz direnci ρ = 0,0285 Ω·mm²/m olan alüminyum bir iletkenin boyu 12 m, kesit alanı 1,5 mm²dir. Bu iletkenin direncini hesaplayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

3.1.2. Direnç Çeşitleri

Dirençler genel olarak **sabit değerli dirençler**, **değişken değerli dirençler** ve **ortam etkili dirençler** olarak üç gruba ayrılabilir. Dışarıdan bir etki ile değeri değişmeyen dirençler sabit değerli dirençler, ayar mekanizmasından değişen dirençler değişken değerli dirençler ve ortamın etkisiyle değeri değişen dirençlerde ortam etkili dirençler olarak isimlendirilebilir.

3.1.2.1. Sabit Değerli Dirençler

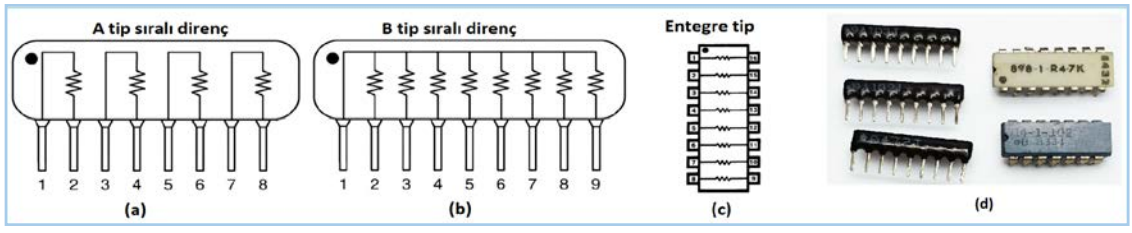
Sabit değerli dirençler direnç değeri değişmeyen dirençlerdir. Çeşitleri arasında **karbon dirençler**, **entegre dirençler** ve **SMD [Surface Mount Device (sorfeys mant divays)-(yüzeye monte edilebilen eleman)]** bulunur.

Karbon Dirençler: En çok kullanılan direnç tipidir. Toz hâlindeki karbon ve reçine eritilerek elde edilen dirençtir. Karbon dirençler genellikle **sabit değerli dirençler** olup düşük maliyetli olmaları ve yaygın bulunabilmeleri nedeniyle tercih edilir. Üzerlerinde bulunan **renk kodları** sayesinde direnç değerleri belirlenir (Görsel 3.2). Ancak bu dirençlerin toleransları genellikle daha geniştir (±%5, ±%10) ve sıcaklık değişimlerinden etkilenme oranları diğer direnç türlerine göre daha fazladır. Bu nedenle hassas ölçüm gerektiren devrelerde metal film dirençler daha çok tercih edilir. Ayrıca dirençlerin **fiziksel boyutları ile güç dayanımları arasında doğru orantı vardır**. Direnç büyüdükçe üzerinden geçebilecek güç miktarı da artar.



Görsel 3.2: Karbon direnç

Entegre Direnç: Tek bir kılıf içinde birden çok direnç konularak oluşturulmuş dirençlerdir. İçindeki dirençlerin değerleri birbirine eşittir. Bu tip dirençlerde birden çok bağlantı ucu vardır. Kullanmadan önce mutlaka ürün bilgi sayfaları incelenmelidir. Tek sıra olan modellerde A ve B tip olarak iki tür yaygın olarak kullanılmaktadır. A tipinde dirençler bağımsızdır. B tipinde ise içindeki tüm dirençlerin bir ucu birleşiktir ve en soldaki pine bağlıdır. Diğer pinlerin her biri dirençlerden birine bağlıdır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Entegre dirençler ve iç yapıları

SMD Direnç: Elektronik devrelerde özellikle az yer kapladığı için karbon dirençlerin yerini almaya başlamıştır. Adından da anlaşıldığı gibi devre kartının yüzeyine monte edilir. Karbon dirençler ise devre kartının üzerinde bulunan deliklerden geçirilerek monte edilebilir. Bu da özellikle günümüz elektronik kart teknolojisinde istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle SMD dirençler daha çok tercih edilir. SMD dirençler farklı boyut ve kılıf (package) tiplerinde üretilir. En yaygın kullanılan kılıf tipleri **0402**, **0603**, **0805** ve **1206** olup bu kodlar direncin fiziksel boyutlarını ifade eder. Boyut büyüdükçe direncin güç dayanımı da artar. Bunun yanı sıra SMD dirençler yalnızca tekli olarak değil birden fazla direncin tek bir kılıf içinde bulunduğu **çoklu** yapılar hâlinde de üretilebilmektedir (Görsel 3.4).



Görsel 3.4: SMD direnç

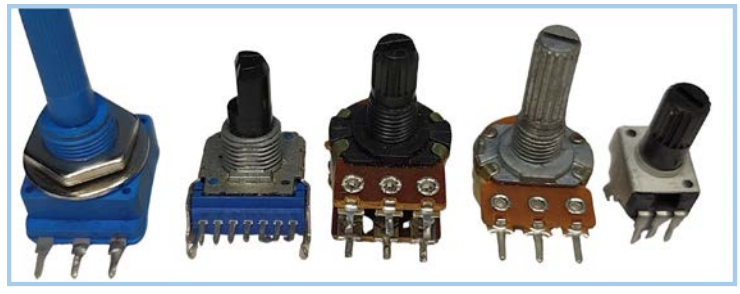
NOT

Elektrik devrelerinde kullanılan direnç değerleri, enerji tüketimini doğrudan etkiler. Uygun direnç seçimi sayesinde gereksiz enerji kayıpları azaltılarak daha verimli ve sürdürülebilir sistemler tasarlanabilir.

3.1.2.2. Değişken Değerli Dirençler

Üzerindeki ayar düğmesi ile istenen değere ayarlanabilen dirençler ve ortamdaki ışık ve ısı ile direnci değişen dirençler olmak üzere iki başlık altında incelenebilir.

Potansiyometre: Elektronik devrelerde direnç değerinin sık sık değiştirilmesi gerektiği durumlarda kullanılan ayarlı direnç türüdür. Genellikle karbon veya karbon içerikli maddelerden üretilir. Farklı tiplerde üretilse de çalışma mantıkları aynıdır. Genellikle üç tane ucu olur. Üzerindeki kol döndürülerek direnç değeri azaltılır ya da artırılır (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Çeşitli potansiyometreler

Trimpot: Trimpotlar, devrelerde hassas direnç ayarı yapmak amacıyla kullanılan ve genellikle montaj aşamasında bir kez ayarlanıp bırakılan **minyatür ayarlanabilir dirençlerdir.** Standart potansiyometrelerden farkı, el ile değil ince uçlu bir tornavida yardımıyla kontrol edilmeleri ve sürekli değişim yerine **kalibrasyon** odaklı olmalarıdır. Yapısal olarak **tek turlu** ve **çok turlu** olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Çok turlu modeller daha hassas ayarlamalar gerektiren devrelerde tercih edilir (Görsel 3.6).



Görsel 3.6: Çeşitli trimpotlar

Reosta: Üzerinden yüksek akım geçmesine izin veren, direnç değeri bir sürgü (fırça) yardımıyla değiştirilebilen **yüksek güçlü ayarlı dirençtir.** Yapısal olarak ısıya dayanıklı seramik bir gövde üzerine sarılmış yüksek dirençli (genellikle krom-nikel) tellerden oluşur. Potansiyometre ve trimpotlar düşük akımlı elektronik sinyalleri kontrol ederken; reostalar, doğrudan devre akımını sınırlayarak motor hızı kontrolü, lamba parlaklığı (dimmer) veya laboratuvar deneylerinde yük simülasyonu gibi **yüksek güç gerektiren** alanlarda kullanılır. Fiziksel olarak büyük ve ağırdır (Görsel 3.7).



Görsel 3.7: Reosta

MERAKLISINA

Dijital Potansiyometre (Dijipod) Nedir?

Klasik potansiyometreler, direnç değerinin bir düğme yardımıyla manuel olarak ayarlanmasını sağlar. Günümüzde ise birçok elektronik sistemde bu ayarlama işlemi otomatik olarak yapılır.

Bu amaçla kullanılan elemanlara **dijital potansiyometre (dijipot)** denir.

Çalışma Prensibi

Dijital potansiyometreler, iç yapılarındaki direnç ağı sayesinde direnç değerini mekanik hareket olmadan değiştirebilir. Bu değişim; mikrodenetleyici (arduino vb.), butonlar ve dijital sinyaller yardımıyla gerçekleştirilir.

Avantajları

- Fiziksel aşınma yoktur.
- Uzaktan kontrol edilebilir.
- Hassas ve tekrarlanabilir ayar yapılır.
- Otomatik sistemlere kolayca entegre edilir.

Kullanım Alanları

- Ses sistemlerinde otomatik ses ayarı işlerinde kullanılır.
- Akıllı aydınlatma sistemlerinde kullanılır.
- Sıcaklık kontrollü cihazlarda kullanılır.
- Endüstriyel otomasyon sistemlerinde kullanılır.

3.1.2.3. Ortam Etkili Dirençler

Bulundukları ortamın fiziksel koşullarındaki değişimlere bağlı olarak direnç değerleri değişkenlik gösteren devre elemanlarına **ortam etkili dirençler** denir. Bu elemanlar; ışık şiddeti, sıcaklık veya basınç gibi fiziksel değişkenleri algılayarak elektriksel niceliklere dönüştürür.

- **Işık Etkili Direnç [LDR Light Dependent Resistor (Layt Dıpendınt Rezıstır)]:** Foto direnç olarak da ifade edilebilir. LDR, üzerine düşen ışık şiddeti arttıkça direnç değeri azalan bir devre elemanıdır. Genellikle kadmiyum sülfürden (CdS) üretilir. Karanlıkta direnci megaohm seviyelerine çıkarken parlak ışıkta birkaç yüz ohma kadar düşer. Bu özelliği sayesinde sokak lambalarının otomatik yanması, gece lambaları ve ışığa duyarlı alarm sistemlerinde ışık sensörü görevinde yaygın olarak kullanılır (Görsel 3.8).



Görsel 3.8: LDR

- **Isı Etkili Dirençler:** Bu dirençlere termistör de denir. Üzerlerine uygulanan sıcaklığa göre direnç değerleri değişir. Isı etkili dirençlerin NTC ve PTC olmak üzere iki tipi vardır.

NTC [Negative Temperature Coefficient (Negatif Tempriçır Kofişın)-Negatif Isı Katsayılı Termistör]: Bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça direnci azalır. Sıcaklığı azaldıkça direnci artar. Bu nedenle **ters ısı etkili direnç** olarak ifade edilir. Cihazlarda sıcaklık ölçüm ve kontrol uygulamalarında yaygın olarak kullanılır (Görsel 3.9).



Görsel 3.9: NTC

Pozitif Isı Katsayılı Termistör-PTC: Bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça direnci artar. Sıcaklığı azaldıkça direnci azalır. Bu nedenle **doğrusal ısı etkili direnç** olarak ifade edilir. Bu karakteristik yapısı nedeniyle sıcaklık kontrol uygulamaları haricînde devrelerde koruma amaçlı kullanımı da yaygındır (Görsel 3.10).



Görsel 3.10: PTC

MERAKLISINA

Özel Direnç Türleri

Dirençler sadece akım sınırlamak amacıyla kullanılmaz. Endüstriyel kartlarda ve koruma devrelerinde karşımıza çıkan, özel görevleri olan direnç çeşitleri de bulunur.

- **VDR (Varistör-Gerilim Etkili Direnç):** Üzerine uygulanan gerilim miktarı arttıkça direnci azalan elemandır. Devre girişlerine paralel bağlanarak cihazı yüksek gerilim (dalgalanma, yıldırım vb.) risklerine karşı korur.
- **Metal Film Dirençler:** Karbon dirençlere göre çok daha düşük tolerans (hata payı) değerine sahiptir (genellikle ±%1). Hassas ölçüm cihazlarında ve yüksek kaliteli ses devrelerinde kararlı çalışmaları nedeniyle tercih edilir. Gövdeleri genellikle mavidir.
- **Taş Dirençler:** Yüksek güçlerde (5 W, 10 W ve üzeri) ısıya dayanıklı olması için dış kılıfı seramik veya porselenden üretilen dirençlerdir. Güç kaynakları ve motor sürücü devrelerinde yüksek akımı taşımak için kullanılır.
- **Sigorta Dirençler:** Belirlenen akım sınırı aşıldığında bir sigorta gibi açık devre hâline gelerek devreden geçen akımı kesen dirençlerdir. Özellikle besleme katlarında hem direnç hem de koruma elemanı görevini üstlenir.

NOT

Günümüzde LDR, NTC ve PTC gibi sensör özellikli dirençler, mikrodenetleyici tabanlı sistemlerle birlikte kullanılır. Bu sayede otomatik kontrol sistemleri oluşturulur.

Bu sistemlerdeki başlıca işlevleri şunlardır:

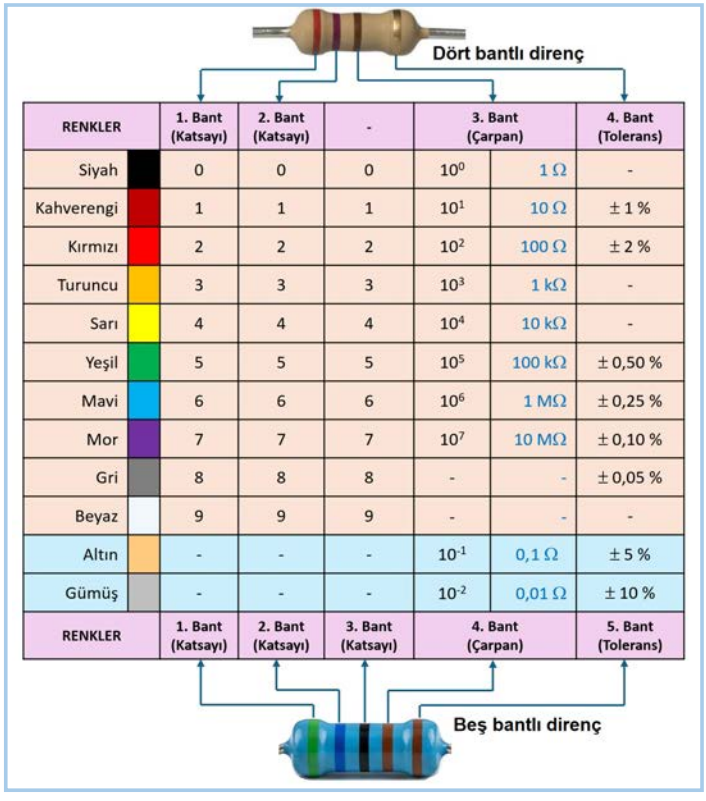
- Sensörler ortamdan veri toplar (ışık, sıcaklık vb.).
- Mikrodenetleyici bu verileri işler.
- Devre elemanlarını otomatik olarak kontrol eder.

Bu sayede sistemler; daha verimli, daha güvenli, daha az enerji tüketen yapılar hâline gelir.

Bu yaklaşım **dijital dönüşümün temelini** oluşturur.

3.1.3. Direnç Renk Kodları

Dirençler belirli değerlerde ve üzerlerinde bu değeri yansıtan renk kodları ile üretilir. Görsel 3.11'deki görselde yer alan renkler ve karşılığında yazılı olan sayı değerleri belirli kurallara göre hesaplanarak direncin değeri bulunur. Görselle ilgili bilinmesi gereken şey, renk kodlarına hangi sayının karşılık geldiğidir. Ayrıca renk kodunun kaçıncı bant seviyesinde olduğu da önemlidir. Örneğin siyah renkli bant değerinin 0 (sıfır) olduğu ve 1. bantta olamayacağı, çarpan kısmında ise çarpım değerinin 1 olacağı bilinmelidir. 4 bantlı dirençler ile 5 bantlı dirençlerde tek fark, hesaplamaya 3. bandın eklenmesidir.



RENKLER	1. Bant (Katsayı)	2. Bant (Katsayı)	-	3. Bant (Çarpan)		4. Bant (Tolerans)
Siyah	0	0	0	10^0	1 Ω	-
Kahverengi	1	1	1	10^1	10 Ω	± 1 %
Kırmızı	2	2	2	10^2	100 Ω	± 2 %
Turuncu	3	3	3	10^3	1 kΩ	-
Sarı	4	4	4	10^4	10 kΩ	-
Yeşil	5	5	5	10^5	100 kΩ	± 0,50 %
Mavi	6	6	6	10^6	1 MΩ	± 0,25 %
Mor	7	7	7	10^7	10 MΩ	± 0,10 %
Gri	8	8	8	-	-	± 0,05 %
Beyaz	9	9	9	-	-	-
Altın	-	-	-	10^{-1}	0,1 Ω	± 5 %
Gümüş	-	-	-	10^{-2}	0,01 Ω	± 10 %

RENKLER	1. Bant (Katsayı)	2. Bant (Katsayı)	3. Bant (Katsayı)	4. Bant (Çarpan)	5. Bant (Tolerans)

Görsel 3.11: Direnç renk kodları tablosu üzerinde 4 bantlı ve 5 bantlı dirençlerin gösterilmesi

BİLGİ KUTUSU — Renk Kodları İçin Pratik Yöntem

SoKaKTa SaYaMaM GiBi cümlesinde sesli harfleri dikkate almadan sessiz harflerin üzerine sıfırdan başlayarak rakamları yazdığınızda renklerin rakamsal karşılığını bulabilirsiniz (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: Renklerin rakamsal karşılığı

2. ÖRNEK



Görsel 3.13: Hesaplanacak direnç

Görsel 3.13'te görülen direncin renk koduna göre değerini ve toleransını okuyunuz.

ÇÖZÜM

4 bantlı bir direnç olduğu için ilk 2 bant sayı değerini, 3. bant çarpan değerini, 4. bant da toleransı gösterir.
1. bant yeşil olduğu için sayı değeri olarak 5 gelir.
2. bant kahverengi olduğu için sayı değeri olarak 1 gelir.
3. bant çarpan kısmı siyah bir başka deyişle 1'dir.
4. bant altın bir başka deyişle tolerans değeri ±%5 olur.
51 x 1 = 51 Ω

3. ÖRNEK

347 KΩ değerindeki 5 bantlı direncin renk kodlarını yazınız. Direncin tolerans değeri ±10'dur.

ÇÖZÜM

Direnç 5 bantlı olduğu için ilk 3 bant sayı değerini, 4. bant çarpanı, 5. bant da toleransı gösterir.
1. bant sayı değeri olan 3'e karşılık gelen renk turuncu,
2. bant sayı değeri olan 4'e karşılık gelen renk sarı,
3. bant sayı değerine karşılık gelen renk mor,
4. bantta çarpan olarak KΩ olduğu için 1000 değeri vardır, bunun da renk karşılığı turuncudur.
5. bant tolerans değeri gümüş renge karşılık gelmektedir.
Oluşan renkler, turuncu-sarı-mor-turuncu-gümüş şeklindedir.

SIRA SİZDE

1. 390 Ω değerinde ve toleransı ±5 olan direncin renk kodlarını aşağıya yazınız (4 bant).

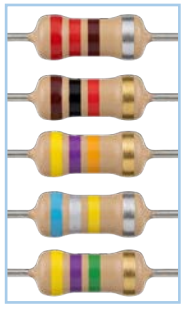
1. Renk: ..... 2. Renk: ..... 3. Renk: ..... 4.Tolerans rengi: .....

2. 56 KΩ değerinde ve toleransı ±10 olan direncin renk kodlarını aşağıya yazınız (4 bant).

1. Renk: ..... 2. Renk: ..... 3. Renk: ..... 4.Tolerans rengi: .....

3. Tablo 3.2'de görülen dirençlerin değerlerini tabloya yazınız.

Tablo 3.2: Çeşitli 4 Bantlı Dirençler

Direnç	1. Bant Değeri	2. Bant Değeri	3. Bant Çarpan Değeri	Tolerans	Okunan Değer
					

BİLGİ KUTUSU

SMD Dirençlerde Değer Kodlaması
SMD dirençler çok küçük yapıda oldukları için klasik renk bantları yerine genellikle **sayısal kodlarla** işaretlenir. Bu kodlar direnç değerini hızlı okumayı sağlar.

3 Haneli Kodlama
İlk iki rakam **anlamlı sayı**, son rakam ise **çarpan basamağıdır**.

Örnekler
- **103** → $10 \times 10^3 = 10000\ \Omega = 10\ k\Omega$
- **221** → $22 \times 10^1 = 220\ \Omega$
- **472** → $47 \times 10^2 = 4700\ \Omega = 4{,}7\ k\Omega$

4 Haneli Kodlama
İlk üç rakam **anlamlı sayı**, son rakam **çarpan basamağıdır**.

Örnekler
- **1001** → $100 \times 10^1 = 1000\ \Omega = 1\ k\Omega$
- **702** → $470 \times 10^2 = 47000\ \Omega = 47\ k\Omega$

R Harfli Gösterim
Bazı SMD dirençlerde ondalık ifade için **R** harfi kullanılır.

Örnekler
- **4R7** → 4,7 Ω
- **0R22** → 0,22 Ω
- **R10** → 0,10 Ω

DİKKAT

125. sayfadaki 3.1. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

3.2. DİRENÇLERİ BAĞLAMA

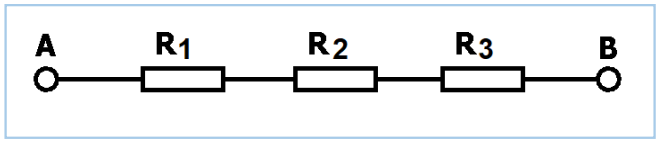
Elektrik ve elektronik devrelerde istenen akım ve gerilim değerlerini elde edebilmek için birden fazla direnç birlikte kullanılabilir. Bu durumda dirençlerin devreye bağlanma şekli, devrenin toplam direncini ve devredeki akım ile gerilim dağılımını doğrudan etkiler. Dirençlerin farklı şekillerde bağlanması sayesinde devrelerde akım kontrolü sağlanabilir, gerilim bölme işlemleri yapılabilir ve istenilen eş değer direnç değerleri elde edilebilir.

Elektronik devrelerde dirençler genellikle **seri, paralel** veya **karışık bağlantı** şeklinde bağlanır. Seri bağlantıda dirençler uç uca bağlanırken paralel bağlantıda dirençlerin uçları ortak noktalar üzerinden bağlanır. Bazı devrelerde ise hem seri hem de paralel bağlantının birlikte kullanıldığı karışık devreler bulunur. Bu bağlantı türleri sayesinde devrelerin çalışma özellikleri istenen şekilde düzenlenebilir.

3.2.1. Seri Bağlantı

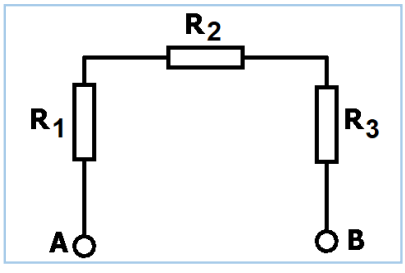
Dirençler birbiri ardınca bağlanarak **seri devre** elde edilir. Dirençlerin seri bağlanması sonucu toplam dirençleri artar. Bu toplam dirence **eş değer direnç ($R_{eş}$)** ya da **toplam direnç (R_T)** adı verilir.

Görsel 3.14'te A ve B noktaları arasına üç tane direnç seri bağlanmıştır.



Görsel 3.14: Seri bağlı dirençler

A ve B noktaları arasındaki eş değer direnci bulmak için $R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3$ formülü kullanılır.



Görsel 3.15: Seri bağlı dirençler

Görsel 3.14'teki seri bağlı üç direnç ile Görsel 3.15'teki seri bağlı üç direnç arasında hiçbir fark yoktur. Dirençlerin bağlantı uçlarının uzun olması ya da dönerek çizilmiş olması eş değer direnç değerini değiştirmez. Dikkat edilecek en önemli husus, direncin bir ucunun diğer direncin bir ucuna bağlı olması ve iki direncin de diğer uçlarının birbirleri ile temas etmemesidir.

4. ÖRNEK

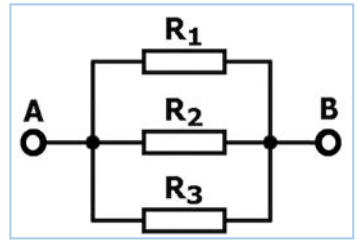
R_1 = 330 Ω, R_2 = 470 Ω ve R_3 = 1 KΩ değerlerinde üç direnç seri bağlanmıştır. Eş değer direnci hesaplayınız.

ÇÖZÜM

1 KΩ = 1000 Ω'dur. $R_{eş}$ = 330 + 470 + 1000 = 1800 Ω'dur.

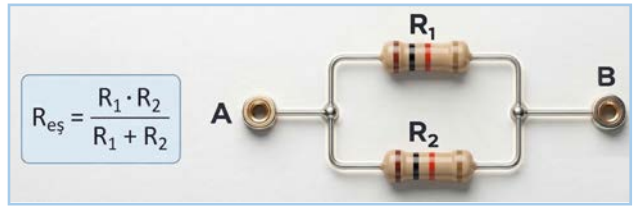
3.2.2. Paralel Bağlantı

Dirençlerin iki ucu ortak olacak şekilde bağlanarak **paralel devre** elde edilir. Dirençlerin paralel bağlanması sonucu toplam dirençleri azalır. Bu toplam dirence **eş değer direnç ($R_{eş}$)** ya da **toplam direnç (R_T)** adı verilir. Görsel 3.16'da A ve B noktaları arasına üç tane direnç paralel bağlanmıştır.



Görsel 3.16: Paralel bağlı dirençler

Görsel 3.16'daki A ve B noktaları arasındaki eş değer direnci bulmak için $\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ formülü kullanılır.
Görsel 3.17'deki gibi iki dirençli bir paralellik söz konusu ise aşağıdaki formül de kullanılabilir.



Görsel 3.17: Paralel bağlı iki direnç

5. ÖRNEK

300 Ω değerinde üç direnç paralel olarak bağlanmıştır. Oluşan devrede eş değer direnci hesaplayınız.

ÇÖZÜM

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \qquad \frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{300} + \frac{1}{300} + \frac{1}{300} \qquad R_{eş} = \frac{300}{3} = 100\ \Omega$$

6. ÖRNEK

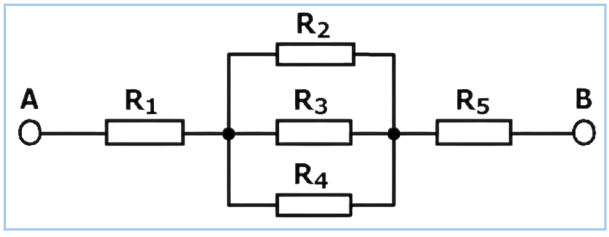
200 Ω değerinde iki direnç paralel bağlanmıştır. Oluşan devrenin eş değer direncini bulunuz.

ÇÖZÜM

$$R_{eş} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \qquad R_{eş} = \frac{200 \cdot 200}{200 + 200} = \frac{40000}{400} \qquad R_{eş} = 100\ \Omega$$

3.2.3. Karışık Bağlantı

Dirençler aynı devrede seri ve paralel olarak bağlandığında bu devrelere **karışık bağlantılı devreler** denir. Karışık devrelerde dikkat edilmesi gereken en önemli faktör, dirençlerin birbirine olan bağlantı şeklinin seri mi yoksa paralel mi olduğunu tespit etmektir. İki ya da daha fazla direncin birbirine bağlantısının nasıl olduğu tespit edilince ilgili formül de kullanılarak devre daha sade bir şekle getirilir. Sade şekle getirilmiş devre tekrar çizilerek eş değer direnç bulunana kadar çözümlemeye devam edilir. Görsel 3.18'de A ve B noktaları arasına beş tane direnç karışık bir şekilde bağlanmıştır.

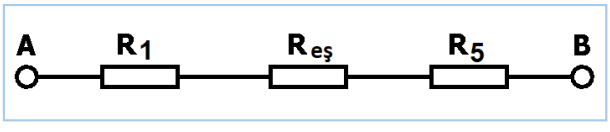


Görsel 3.18: Karışık bağlı dirençler

A ve B noktaları arasındaki dirençlerin birbirleri ile olan bağlantıları incelendiğinde R_2, R_3, R_4 dirençlerinin paralel olduğu görülür. Öncelikle bu paralel dirençlerin hesaplaması yapılır.

Bu hesaplama için $\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$ formülü kullanılır.

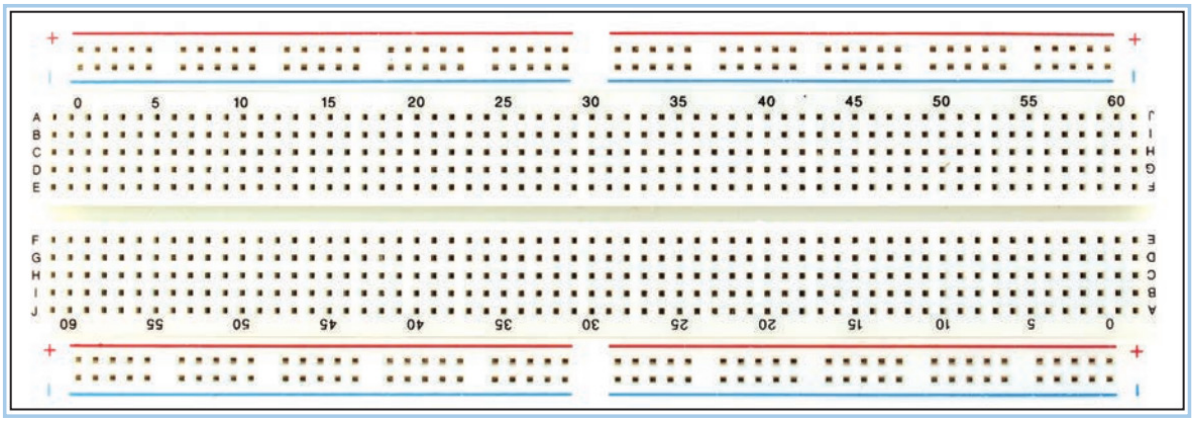
Görsel 3.19'da oluşan yeni devrede üç direncin birbirine seri bağlı olduğu görülmektedir. Seri bağlı dirençlerde kullanılan formül ile devrenin toplam direnci bulunur. $\mathbf{R_T = R_1 + R_{eş} + R_5}$



Görsel 3.19: Yeni oluşan devre

3.2.4. Breadboard ve Yapısı

Breadboard (biredbord); lehimleme yapmadan, hızlı ve güvenli bir şekilde elektronik devrelerin kurulmasına imkân tanıyan delikli bir platformdur. Plastik bir gövdeden oluşan bu yapının altında, belirli bir düzene göre birbirine bağlı iletken raylar bulunur (Görsel 3.20).



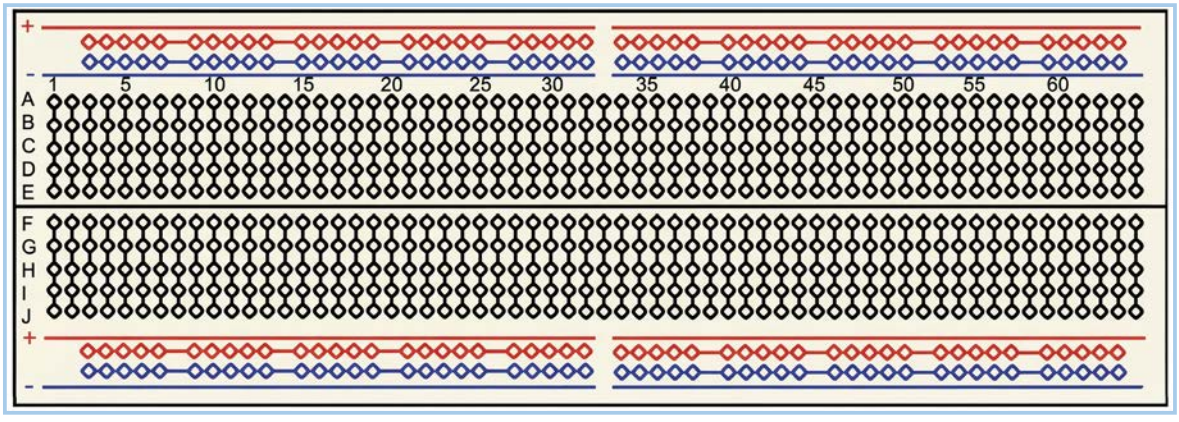
Görsel 3.20: Breadboard

Breadboardun yapısı genel olarak şöyledir:

Enerji Hatları (Yatay Bağlantılar): Genellikle kenarlarda bulunan kırmızı (+) ve mavi (-) şeritlerdir. Bu delikler kimi bordlarda boydan boya **satır** şeklinde birbirine bağlıdır kimilerinde ise ortada çizgilerin kesildiği noktalarda birbirinden ayrıdır. Devrenin besleme hattını buraya bağlamak kullanım açısından kolaylık sağlar (Görsel 3.21).

Eleman Bağlantı Bölgesi (Dikey Bağlantılar): Orta kısımda yer alan harfli (A-J) ve numaralı bölgedir. Bu delikler kendi içlerinde **sütun** şeklinde birbirine bağlıdır. Devre elemanları bu dikey yollar sayesinde birbirleriyle temas kurar.

Yalıtkan Kanal: Orta kısımdaki yatay boşluk, üst ve alt blokların elektriksel bağını keser. Bu bölge, özellikle entegre devrelerin (IC) yerleştirilmesi için tasarlanmıştır.



Görsel 3.21: Breadboard iç yapısı

Kurulan devrelerin sağlıklı çalışması ve hataların önlenmesi için breadboard kullanımında dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

1. **Kısa Devre Kontrolü:** Elemanların bacakları aynı dikey sütuna takılmamalıdır (aralarında bağlantı istenmiyorsa). Aksi takdirde eleman kendi üzerinden kısa devre olur.
2. **Entegre Yerleşimi:** Entegreler (mikroçipler), mutlaka orta kısımdaki yalıtkan kanalın üzerine, bacaklar sağ ve sol bloklara gelecek şekilde yerleştirilmelidir.
3. **Kablo Düzeni:** Karmaşayı önlemek için çok uzun kablolardan kaçınılmalı ve mümkünse standart renk kodları (güç için kırmızı, şasi için siyah/mavi) kullanılmalıdır.
4. **Temas Güvenliği:** Eleman bacaklarının deliklere tam oturduğundan ve gevşek kalmadığından emin olunmalıdır. Ark oluşumu devrenin kararsız çalışmasına neden olabilir.
5. **Güç Girişi:** Devreye enerji vermeden önce bağlantılar son kez kontrol edilmeli, ters kutuplama yapılmadığından emin olunmalıdır.

DİKKAT

127. sayfadaki 3.2., 129. sayfadaki 3.3. ve 131. sayfadaki 3.4. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

3.3. POTANSİYOMETRE VE REOSTA BAĞLANTILARINI YAPMA

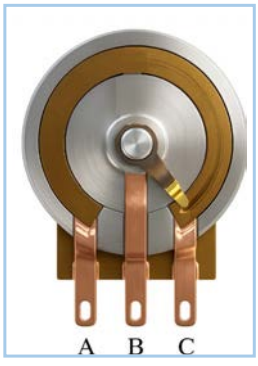
Elektronik devrelerde anlık akım değişimleri önemli bir yer tutar. Elektronik devrelerde akım değişimleri dirençlerle sağlanır. Akım değişiminin sürekli olduğu devrelerde ayarlı direnç olarak potansiyometre, akım değerlerinin daha yüksek olduğu devrelerde ise reosta kullanılır. Reosta ve potansiyometre, elektrik veya elektronik devrelerde gerilim bölücü olarak da kullanılır.

3.3.1. Potansiyometre İçyapısı ve Çeşitleri

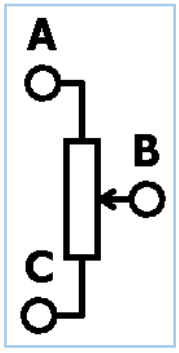
Görsel 3.22'de yer alan potansiyometrenin üç tane bağlantı ucu vardır. Bu uçlar; A, B, C diye isimlendirilir. A-C arasındaki uçlardan ayar çubuğunun konumunun nerede olduğu fark etmeksizin potansiyometrenin toplam direnci elde edilir. Devreye orta uç kullanılmadan bu iki uç direkt bağlanırsa ayarlı direnç gibi değil de sabit değerli direnç gibi potansiyometrenin toplam direncine etki eder. Devredeki akım istenen değerde kontrol edilemez. Bu durumun ortadan kalkması için ayar ucu olan B ile diğer iki uçtan biri (A veya C) birlikte kullanılmalıdır.

B ucuna bağlı hareketli kadran A noktasına en yakınken A-B uçları arasındaki direnç, B-C uçları arasındaki dirençten küçük olur. B ucuna bağlı hareketli kadran C ucuna yakınken de A-B uçları arasındaki direnç, B-C uçları arasındaki dirençten büyük olur. B ucundaki kadranın konumu nerede olursa olsun, A-B uçlarındaki direnç ile A-C uçlarındaki direncin toplamı daima A-C ucundaki dirence (potansiyometrenin toplam direncine) eşit olur.

Kullanım yerlerine göre farklı tipte üretilmiş potansiyometreler mevcuttur. **Lineer potansiyometre, logaritmik potansiyometre, stereo potansiyometre, çok türlü potansiyometre, dijital potansiyometre** çeşitleri vardır. Hepsinin çalışma mantığı aynıdır. Görsel 3.23'te potansiyometre sembolü yer almaktadır.



Görsel 3.22: Potansiyometre içyapısı



Görsel 3.23: Potansiyometre sembolü

BİLGİ KUTUSU

Potansiyometreler elektronik devrelerde sıkça **gerilim bölücü** olarak kullanılır.

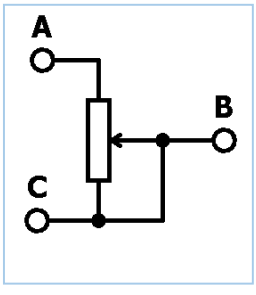
Gerilim bölücü devrede giriş gerilimi iki farklı çıkış gerilimine ayrılabilir.

Örneğin ses sistemlerinde ses seviyesi ayarı, ışık devrelerinde parlaklık ayarı, motor kontrol devrelerinde hız ayarı potansiyometre yardımıyla yapılabilir.

3.3.2. Potansiyometre Devre Bağlantıları

Potansiyometrenin devrede ayarlı direnç olarak çalışabilmesi için B ucu mutlaka kullanılmalıdır. B ucu veya C ucu ile kısa devre edilerek iki uçlu direnç gibi devrede ilgili yere bağlanır. B ucu, A veya C ucu ile kısa devre edilmeden de kullanılabilir. A veya C uçlarından biri, B ucu kullanılarak devreye bağlanır ve kullanılmayan uç boşta bırakılabilir fakat bu durum devre açısından ciddi bir sorun oluşturabilir. Örneğin A ve B ucu kullanılsın, C ucu boşta olsun. A veya B uçlarından biri, herhangi bir sebepten dolayı devreden çıkarsa potansiyometre açık devre olur. Bu ihtimali azaltmak için B ucu, A veya C ucu ile kısa devre edilerek devreye bağlanır.

Görsel 3.24'teki gibi potansiyometre devreye bağlanıp ayar çubuğu çevrilerek B ucu A ucuna doğru yaklaştırıldığında direnç azalır, B ucu C ucuna doğru yaklaştırıldığında da direnç artar.



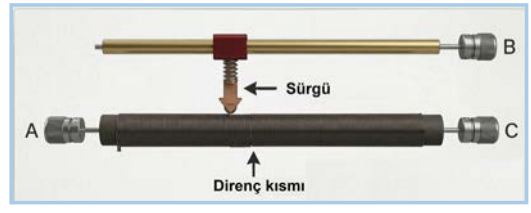
Görsel 3.24: Potansiyometre ve reostanın devreye bağlanması

DİKKAT

Potansiyometre devreye bağlanırken orta uç (B ucu) kullanılmazsa ayar yapılamaz.
Bu durumda potansiyometre ayarlı direnç gibi değil sabit direnç gibi davranır.
Bu nedenle devre bağlantısı yapılırken uçların doğru seçilmesi önemlidir.

3.3.3. Reosta İçyapısı ve Çeşitleri

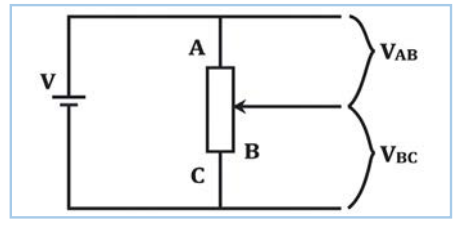
Görsel 3.25'te içyapısı yer alan reostanın çalışma mantığı da potansiyometreye benzer. A ve C uçları arasında reostanın toplam direnci elde edilir. İstenen değere ayarlama ise sürgü sayesinde olur. B ucuna bağlı olan sürgü A ucuna yakın ise A ve B arasındaki direnç, B ve C arasındaki dirençten küçük olur. Sürgü C ucuna yakın ise A ve B arasındaki direnç, B ve C arasındaki dirençten büyük olur. Reostalar yüksek akımlı devrelerde kullanılır. Bu nedenle potansiyometrelere göre daha sağlam yapıdadır ve akıma karşı dayanımı yüksek malzemelerden üretilmiştir. Çevirmeli ve sürgülü tipleri piyasada yaygın olarak bulunur.



Görsel 3.25: Reosta içyapısı

3.3.4. Reosta Devre Bağlantıları

Reostalar da tıpkı potansiyometrelerde olduğu gibi devredeki akım veya gerilim kontrolünü sağlamak için kullanılır. Görsel 3.24'teki potansiyometre bağlantısının aynısı reostalar için de geçerlidir. Ayrıca reosta ve potansiyometre Görsel 3.26'da görüldüğü gibi gerilim kontrolü sağlamak için de devrelerde kullanılabilir. Giriş gerilimi olarak verilen V (Volt) gerilimi çıkışta reosta veya potansiyometrenin A ve B uçları arasında V_{AB}, B ve C uçları arasında ise V_{BC} gerilimi olarak elde edilir. V_{AB} ile V_{BC} toplamı giriş gerilimi volta eşit olur.



Görsel 3.26: Reosta ve potansiyometrenin gerilim bölücü olarak devreye bağlanması

NOT

Potansiyometre ve reostanın ikisi de ayarlı direnç türüdür. Ancak kullanım amaçları farklıdır.

- **Potansiyometre:** Daha çok **gerilim ayarlamak** için kullanılır.
- **Reosta:** Daha çok **akım ayarlamak** için kullanılır.

Potansiyometreler genellikle **düşük akımlı elektronik devrelerde**, reostalar ise **yüksek akımlı devrelerde** tercih edilir.

SIRA SİZDE

1. Günlük yaşamda ses seviyesi, ışık parlaklığı veya motor hızı gibi ayarların yapılabildiği bir cihaz örneği veriniz. Bu cihazda potansiyometrenin nasıl bir görev üstlenebileceğini yorumlayınız.

.....

.....

2. Bir öğrenci projesinde, yüksek akımla çalışan güçlü bir elektrik motorunun hızını kontrol etmek istemektedir. Bu amaçla elindeki küçük boyutlu bir elektronik potansiyometreyi doğrudan motorun besleme hattına seri olarak bağlamıştır. Devreye enerji verildiğinde kısa bir süre sonra potansiyometreden dumanlar çıktığı ve elemanın yandığı gözlemlenmiştir. Potansiyometre ve reostanın yapısal farklarını, güç dayanımlarını ve akım taşıma kapasitelerini göz önünde bulundurarak hatayı analiz ediniz.

.....

.....

ETKİNLİK: LED Parlaklığını Ayarlama — Süre: 20 dk.

Görev: 1 adet LED, 1 adet potansiyometre, 1 adet 330 Ω direnç, breadboard, 9 V pil ve bağlantı kabloları kullanarak basit bir **LED parlaklık ayar devresi** kurulacaktır. Aşağı verilen yönergeleri uygulayıp soruyu cevaplandırınız. Çalışmanızı planlarken derecelendirme ölçeğinde verilen ölçütleri dikkate alınız.

1. Devreyi breadboard üzerinde kurunuz.
2. Potansiyometre ile LED parlaklığını değiştiriniz.
3. LED'in farklı parlaklık seviyelerinde akım değerlerini ölçünüz.
4. Devrenin hangi durumda daha az enerji tükettiğini belirleyiniz.
5. LED'in en az enerji harcayarak ışık yaydığı noktayı belirleyiniz.

Soru: LED yüksek parlaklıkta çalıştırıldığı zaman enerji tüketimi yönünden oluşturduğu olumsuzlukları "Yeşil Dönüşüm" çerçevesinde açıklayınız.

.....

Gözlemlenecek Beceriler ve Davranışlar	Başlangıç (1)	Orta (2)	İyi (3)	Çok İyi (4)
Devreyi breadboard üzerine doğru kurdu.				
Ölçü aletini (multimetre) akım kademesine alarak doğru bağladı.				
Farklı parlaklık seviyelerinde doğru akım ölçümü yaptı.				
Akım ve parlaklık arasındaki ilişkiyi doğru analiz etti.				
Yüksek parlaklığın enerji tüketimi üzerindeki olumsuz etkisini açıkladı.				
Enerji verimliliği odaklı çözüm önerisi sundu.				
Çalışma süresince aktif rol ve sorumluluk aldı.				
Malzemeleri özenli kullanarak iş güvenliği kurallarına uydu.				
TOPLAM PUAN				
NOTU (Öğrencinin Aldığı Toplam Puan / 40) x 100				
Tam puan alamadığınız ölçütlerdeki eksiklerinizi tamamlayınız.				

DİKKAT

133. sayfadaki 3.5. Uygulamayı yapınız.

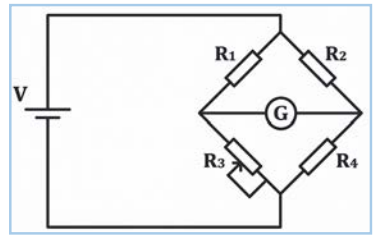
3.4. WHEATSTONE KÖPRÜSÜ BAĞLANTISINI YAPMA

Wheatstone (Vits-tın) Köprüsü devreleri, iki uçlu dirençleri ölçmek için kullanılır. Dirençlerin köprü tipi bağlanması ile oluşturulur. Wheatstone Köprüsü ile çok hassas direnç ölçümleri yapılabilmektedir.

3.4.1. Wheatstone Köprüsü

Görsel 3.27'de bir Wheatstone köprüsü devresi yer almaktadır. R_3 direnci, denge direnci olarak işlev görmektedir. Bu devrede R_4 direnci, değeri bulunacak direnç olacaktır. Köprü dirençlerin ortasında bulunan galvanometre devredeki dengeyi ölçmek için bağlanmıştır. Galvanometre sıfır değerini gösterinceye kadar R_3 direnci ayarlanır. Galvanometre sıfır değerini gösterince devre dengeye gelir ve akım kaynağı galvanometre açık devre edilerek direnç değeri hesaplanır.

Devre denge konumundayken oluşan eşitlik: $R_4 = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3$ şeklindedir.



Görsel 3.27: Wheatstone köprüsü

Wheatstone Köprüsü Ölçümleri

Wheatstone köprüsü ile 1 Ω ile MΩ'lara varan değerlerde direnç ölçümleri %0,1 hata ile ölçülebilir. Bu kadar hassas ölçüm yapabilmek için galvanometrenin iç direncinin çok düşük olması gerekir. Bunun yanında çevre ve sıcaklık faktörleri de hassas ölçüm için önemlidir.

7. ÖRNEK

Görsel 3.27'de R_1 = 100 Ω, R_2 = 500 Ω'dur. R_3 direnci 8 KΩ iken galvanometre göstergesi sıfırı göstermektedir. R_4 direnci kaç Ω'dur?

ÇÖZÜM

Galvanometre sıfırı gösterdiğine göre devre denge durumundadır. Bu nedenle aşağıdaki formül kullanılabilir: R_4 = (500 / 100) x 8000 R_4= 40000 Ω = 40 KΩ'dur.

DİKKAT

135. sayfadaki 3.6. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

3.5. OHM KANUNU HESAPLAMALARINI YAPMA

Ohm Kanunu, elektrik devrelerinde gerilim (V), akım (I) ve direnç (R) arasındaki ilişkiyi açıklayan temel prensiptir. Ohm Kanunu hesaplamalarında öncelikle akım, gerilim ve direncin aralarındaki ilişkiyi iyi anlamak gerekir. Hesaplamalarda kullanılacak formüller, gerilim kaynağı ve direnç ile kurulan devrede direnç üzerinden akan akımın değişimini ortaya koyacaktır.

BİLGİ KUTUSU

Elektrik Akımı (I): Elektrik yüklerinin bir iletken içerisindeki hareketine **elektrik akımı** denir. Akımın birimi **Amperdir (A)**. Elektrik akımı genellikle **I** harfi ile gösterilir. Elektrik akımının oluşabilmesi için devrede bir **gerilim kaynağı** ve **kapalı bir devre** bulunmalıdır.
Elektrik Gerilimi (V): Elektrik yüklerini hareket ettiren enerji farkına **gerilim** denir. Gerilimin birimi **Volttur (V)**. Gerilim genellikle **V**, **U** veya **E** harfi ile gösterilir. Gerilim, elektrik yüklerinin devre içerisinde hareket etmesini sağlayan itici kuvvet olarak düşünülebilir.

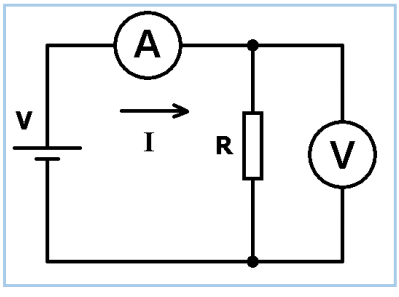
3.5.1. Ohm Kanunu

Direncin içinden geçen akım, direncin üzerine düşen gerilim ile doğru, direncin değeri ile ters orantılıdır. Gerilim, iletken uçlarındaki potansiyel fark; akım ise iletkenin içinden birim zamanda geçen elektron miktarı olarak ifade edilir. Direnç de elektrik akımına karşı gösterilen zorluk olarak tanımlanır. Gerilim kaynağı bir devreye bağlandığında elektrik akımı iletkenin içinden akmaya başlar. Direnç değerinin büyüklüğü akıma karşı zorluğu artıracağı için akım değeri düşer. Direnç değeri sabit bırakılır, kaynağın ürettiği gerilim değeri yükseltilirse devreden akan akım da artar. Gerilim, akım ve direnç arasındaki bu ilişki Ohm kanunu ile açıklanmaktadır. Görsel 3.28'de gerilim kaynağının uçlarına bir direnç bağlanmıştır. Devrede tek bir direnç olduğu için gerilim kaynağında üretilen gerilim bu direnç üzerine düşer. Devreden akan akım da sadece bu direnç üzerinden akar. Ampermetre ve voltmetre, devreye anlık değişimleri gösterecek şekilde bağlıdır.
Gerçekte kurulan bir devrede genel olarak gerilim kaynağından devreye verilen gerilim değeri bilinir. Ayrıca devreye bağlanan direnç değeri de bilinir. Bu iki bilinen değer kullanılarak devreden akan akım değeri de hesaplanabilir. Bu hesaplamalarda kullanılacak formüller Ohm kanununa göre şöyledir:
Gerilim ve direnç değeri biliniyorsa I = V / R formülü akım değerini verir. Bu formülde I amper cinsinden akımı, V volt cinsinden gerilimi, R ohm cinsinden direnç değerini ifade eder. Bu formüldeki eşitlik üzerinden direnç ve gerilim değerleri de bulunabilir.

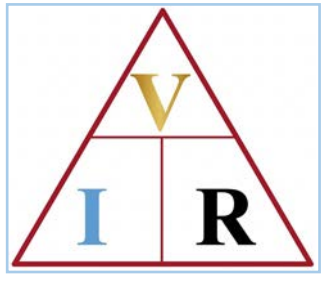
Akım ve direnç değeri biliniyorsa $V = I \cdot R$ formülü gerilim değerini verir.

Gerilim ve akım değeri biliniyorsa $R = V / I$ formülü direnç değerini verir.

Görsel 3.29'da yer alan ohm kanunu üçgeni formülleri hızlı hatırlamak için çok pratik bir yoldur. Bulunacak büyüklük kapatılınca açıkta kalanlar yan yana ise çarpılır, altlı üstlü ise bölünür.



Görsel 3.28: Ohm kanunu için basit bir devre



Görsel 3.29: Ohm kanunu üçgeni

8. ÖRNEK

Görsel 3.28'de verilen devrede gerilim kaynağı 5 volt iken
a) R = 5 Ω iken I akımını bulunuz.
b) R = 10 Ω iken I akımını bulunuz.
c) R = 50 Ω iken I akımını bulunuz.

ÇÖZÜM

Voltaj kaynağı dirence direkt bağlandığı için direncin uçları arasındaki potansiyel farkı 5 V'tur.

a) R = 5 Ω için Ohm kanunu kullanıldığında

I = V / R I = 5 / 5 = 1 A olarak bulunur.

b) R = 10 Ω için Ohm kanunu kullanıldığında

I = 5 / 10 = 0,5 A olarak bulunur.

c) R = 50 Ω için Ohm Kanunu kullanıldığında

I = 5 / 50 = 0,1 A olarak bulunur.

Örneklerdeki sonuçlar incelendiğinde akım değerinin artan direnç değerinin tersi oranında azaldığı görülür.

SIRA SİZDE

Görsel 3.28'de verilen devrede gerilim kaynağı 12 volt iken

a) R = 6 Ω iken I akımını bulunuz.

b) Gerilim 6 V iken R = 12 Ω iken I akımını bulunuz.

DİKKAT

Ölçü Aletlerinin Devreye Bağlanması
Elektrik devrelerinde akım ve gerilim ölçümleri yapılırken ölçü aletlerinin devreye doğru şekilde bağlanması gerekir.
Ampermetre Bağlantısı
Ampermetre devreden geçen akımı ölçer. Bu nedenle ampermetre, ölçülecek devre elemanı ile **seri olarak bağlanmalıdır.** Seri bağlandığında devreden geçen akımın tamamı ampermetreden geçer ve doğru ölçüm yapılır.
Voltmetre Bağlantısı
Voltmetre iki nokta arasındaki gerilimi ölçer. Bu nedenle voltmetre, ölçüm yapılacak devre elemanının uçlarına **paralel olarak bağlanmalıdır.**

DİKKAT

137. sayfadaki 3.7. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

3.6. KIRCHHOFF KANUNLARI HESAPLAMALARINI YAPMA

Elektrik devrelerinde birden fazla direnç ve farklı bağlantı noktaları bulunduğunda devredeki akım ve gerilim değerlerini yalnızca Ohm kanunu ile analiz etmek her zaman yeterli olmayabilir. Özellikle karmaşık devrelerde akımın hangi kollardan ne kadar geçtiğini ve devredeki gerilimlerin nasıl dağıldığını belirlemek için daha kapsamlı yöntemlere ihtiyaç duyulur. Bu amaçla kullanılan temel kurallardan biri **Kirchhoff (Kirşhof) Kanunları**dır.

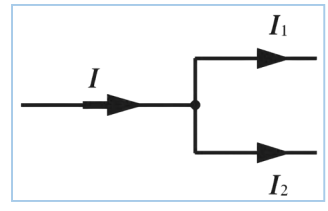
Kirchhoff kanunları, elektrik devrelerinde **akım ve gerilimin korunumu prensibine** dayanır. Bu kanunlar sayesinde devredeki düğüm noktalarından geçen akımlar ve kapalı çevrimlerdeki gerilimler arasındaki ilişkiler matematiksel olarak ifade edilebilir. Böylece seri, paralel veya karışık devrelerde bilinmeyen akım ve gerilim değerleri hesaplanabilir.

Kirchhoff kanunları iki temel kuraldan oluşur. Bunlar **Kirchhoff Akım Kanunu (KAK)** ve **Kirchhoff Gerilim Kanunu (KGK)** olarak adlandırılır. Akım kanunu devredeki bir düğüm noktasına giren ve çıkan akımlar arasındaki ilişkiyi ifade eder. Gerilim kanunu kapalı bir devre çevrimindeki gerilimlerin toplamını açıklar.

3.6.1. Kirchhoff Akım Kanunu

Kirchhoff akım kanunu, elektrik devrelerinde bir düğüm noktasına gelen ve bu noktadan ayrılan akımlar arasındaki ilişkiyi ifade eder. Düğüm noktası, devrede üç veya daha fazla iletkenin birleştiği noktadır. Bu kanuna göre bir düğüm noktasına giren akım ya da akımların toplamı, düğüm noktasından çıkan akımların toplamına eşittir.

Kirchhoff akım kanunu, elektrik yükünün korunumu ilkesine dayanır. Bir devre noktasında elektrik yükü birikmez, bu nedenle düğüme giren akım miktarı ile düğümden çıkan akım miktarı birbirine eşit olmak zorundadır. Bu özellik sayesinde karmaşık devrelerde bilinmeyen akım değerleri hesaplanabilir. Görsel 3.30'da I akımı düğüm noktasından itibaren I_1 ve I_2 şeklinde ikiye ayrılır. Kirchhoff akım kanununa göre $I = I_1 + I_2$'dir. Devre analizinde genellikle düğüme giren akımlar **pozitif**, düğümden çıkan akımlar ise **negatif** olarak kabul edilerek işlemler yapılır.

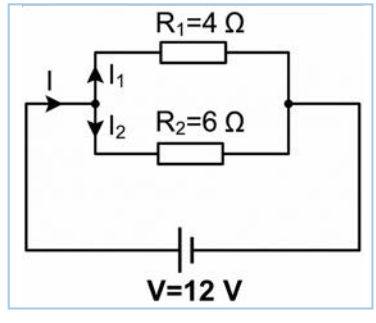


Görsel 3.30: Bir düğüm noktasına giren ve çıkan akımlar

Kirchhoff akım kanunu özellikle **paralel bağlı devrelerin analizinde** ve **çok kollu devrelerde akım dağılımının belirlenmesinde** önemli bir yöntemdir. Bu kanun kullanılarak devredeki bilinmeyen akım değerleri kolaylıkla hesaplanabilir.

9. ÖRNEK

Görsel 3.31'deki devrede kollardan geçen I_1 ve I_2 akımlarını ve toplam devre akımı olan I akımını hesaplayınız.



Görsel 3.31: Kirchhoff akım kanunu örnek devre

ÇÖZÜM

Ohm kanununa göre

$I_1 = V / R_1$ ve $I_2 = V / R_2$ formüllerinde bilinenler yerine yazılıp hesaplanır.

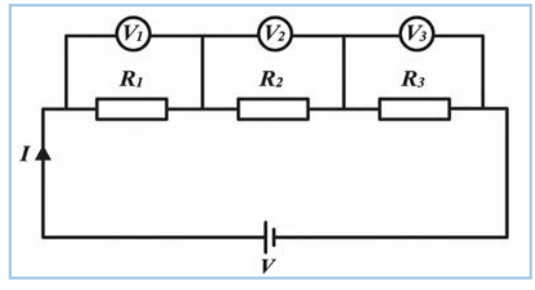
$I_1 = 12 / 4 = 3$ A ve $I_2 = 12 / 6 = 2$ A

Kirchhoff akım kanununa göre $I = I_1 + I_2$ değerler yerlerine yazılır. $I = 3 + 2 = 5$ A olarak bulunur.

3.6.2. Kirchhoff Gerilim Kanunu

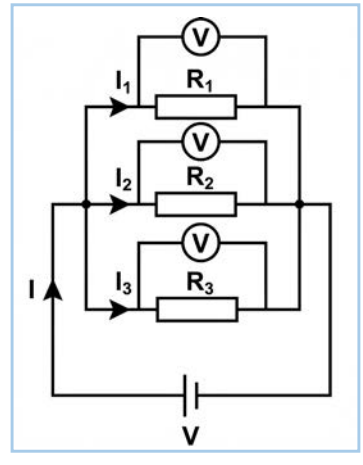
Kirchhoff gerilim kanununa göre devredeki gerilim kaynağından çıkan toplam gerilim değeri, dirençler üzerine düşen gerilimlerin ayrı ayrı toplamına eşittir.
Görsel 3.32'deki devrede üç tane direnç birbirine seri bağlanmıştır. Dirençler seri bağlı olduğu için akım tek kol üzerinden akar. Bu nedenle devrede düğüm noktası da bulunur. Kirchhoff gerilim kanununa göre devreyi besleyen üreteçteki gerilim değeri, dirençler üzerine düşen gerilimlerin toplamına eşittir.

Bu durum $\mathbf{V = V_1 + V_2 + V_3}$ olarak ifade edilir. Ohm kanununa göre her bir direnç üzerine düşen gerilim değerleri de $\mathbf{V_1 = I \cdot R_1}$, $\mathbf{V_2 = I \cdot R_2}$, $\mathbf{V_3 = I \cdot R_3}$ formülleri ile bulunur.



Görsel 3.32: Kirchhoff gerilim kanunu seri devre

Kirchhoff gerilim kanununa göre Görsel 3.33'te yer alan devredeki gibi üç direnç birbirine paralel bağlanırsa her bir direnç üzerine düşen gerilim, kaynağın gerilim değerine eşit olur.



Görsel 3.33: Kirchhoff gerilim kanunu paralel devre

10. ÖRNEK

Görsel 3.32'deki seri devrede direnç değerleri sırasıyla 3 Ω, 4 Ω, 5 Ω'dur. Gerilim kaynağı 24 volt gerilim üretmektedir. Buna göre her bir direnç üzerine düşen gerilimi bulunuz.

ÇÖZÜM

Öncelikle devreden akan toplam akım bulunmalıdır. Toplam akımı bulmak için devrenin toplam eş değer direnci hesaplanmalıdır.

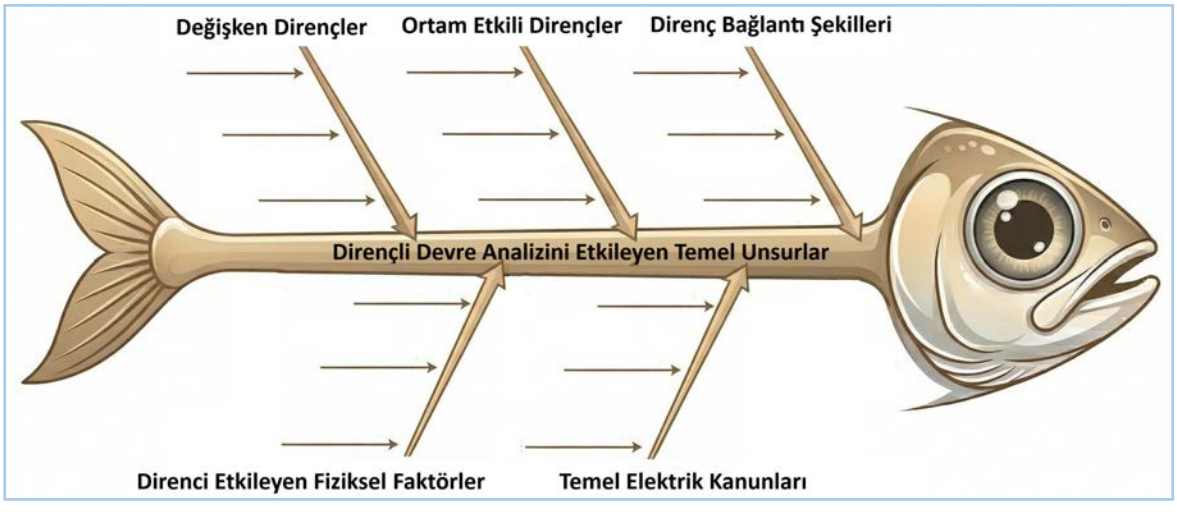
$R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3$	$I = V / R_{eş}$	$V_1 = I \cdot R_1$	$V_2 = I \cdot R_2$	$V_3 = I \cdot R_3$
$R_{eş} = 3 + 4 + 5$	$I = 24 / 12$	$V_1 = 2 \cdot 3$	$V_2 = 2 \cdot 4$	$V_3 = 2 \cdot 5$
$R_{eş} = 12\ \Omega$	$I = 2\ A$	$V_1 = 6\ V$	$V_2 = 8\ V$	$V_3 = 10\ V$

DİKKAT

139. sayfadaki 3.8. ve 141. sayfadaki 3.9. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

SIRA SİZDE

Öğrendiklerinizden yola çıkarak dirençli devre analizini etkileyen temel unsurlara ilişkin balık kılçığı diyagramını doldurunuz.



Görsel 3.34: Dirençli devre analizini etkileyen temel unsurlar

3.1. UYGULAMA

Adı	DİRENÇ OKUMA VE ÖLÇME
Süresi	40 dakika

Amaç: Direnç renk kodlarını okumak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak direnç okuma ve ölçme uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 3.35: Direnç ölçümü

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Ohmmetre	Dijital	1 adet
Direnç	Farklı değerlerde	5 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Farklı renk kodlarına sahip dirençleri seçiniz ve çalışma alanına yerleştiriniz.
3. Dirençlerin üzerindeki renk bantlarını dikkatlice inceleyiniz ve Görsel 3.11'de yer alan direnç renk kodu tablosunu kullanarak direnç değerlerini belirleyiniz.
4. Hesapladığınız direnç ve tolerans değerlerini Tablo 3.3'e yazınız.
5. Ölçü aletini ohmmetre kademesine getiriniz ve uygun ölçüm aralığını seçiniz.
6. Ölçüm sırasında doğru sonuç elde etmek için direnç uçlarına elle temas etmeyiniz ve ölçüm işlemine dikkatle odaklanınız.
7. Ohmmetrenin problarını direncin iki ucuna bağlayarak direnç değerini ölçünüz (Görsel 3.35).
8. Ölçü aletinde okuduğunuz direnç değerini Tablo 3.3'e kaydediniz.
9. Renk koduna göre hesapladığınız direnç değeri ile ölçtüğünüz değeri karşılaştırınız.
10. Hesaplanan değer ile ölçülen değer arasındaki farkın direncin tolerans değerleri içinde olup olmadığını değerlendiriniz.
11. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 3.3: Direnç Ölçüm Değerleri

Direncin Renk Kodu					Tolerans Değeri	Hesaplanan Değer	Ölçülen Değer	Fark

UYGULAMA SORULARI

1. Direncin renk koduna göre hesaplanan değeriyle ohmmetre ile ölçülen değer arasında nasıl bir fark vardır? Bu değerin direncin tolerans renk kodu ile ilişkisi nedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Ölçü aleti ile ölçüm yaparken direnç uçlarına el ile temas ettiğinizde ölçüm sonuçları değişiyorsa sebebi nedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

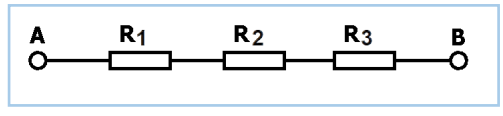
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

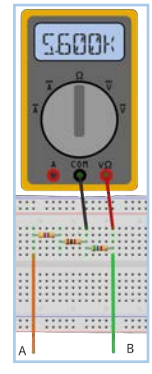
3.2. UYGULAMA

Adı	SERİ BAĞLI DİRENÇLERDE EŞ DEĞER DİRENCİ HESAPLAMA VE ÖLÇME
Süresi	40 dakika

Amaç: Dirençleri seri bağlayarak eş değer direnç değerlerini bulmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.36'daki şemaya göre seri bağlı dirençlerde eş değer direnç hesaplama ve ölçme uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.





(a) (b)

Görsel 3.36: Seri bağlı direnç devresi şeması (a) ve breadboard kurulumu (b)

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Ohmmetre	Dijital	1 adet
Direnç	Farklı değerlerde	3 adet
Breadboard		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Kullanılacak dirençlerin üzerindeki renk bantlarını inceleyiniz ve Görsel 3.11'de yer alan direnç renk kodu tablosunu kullanarak direnç değerlerini belirleyiniz.
3. Hesapladığınız direnç değerlerini Tablo 3.4'e yazınız.
4. Dirençleri breadboard üzerine Görsel 3.36.a'daki şemaya ve Görsel 3.36.b'deki örnek bağlantıya göre kurunuz.
5. Seri bağlı dirençlerin eş değer direncini formül kullanarak hesaplayınız.
6. Ölçü aletini ohmmetre kademesine getiriniz ve uygun ölçüm aralığını seçiniz.
7. Ohmmetrenin problarını devrenin uçlarına bağlayarak eş değer direnç değerini ölçünüz.
8. Ölçtüğünüz eş değer direnç değerini Tablo 3.5'e kaydediniz.
9. Hesaplanan eş değer direnç değeri ile ölçülen değeri karşılaştırınız ve sonucu değerlendiriniz.
10. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 3.4: Değerleri Okunan ve Ölçülen Dirençler

Direncin Renk Kodu					Tolerans Değeri	Hesaplanan Değer	Ölçülen Değer	Fark
R_1								
R_2								
R_3								

Tablo 3.5: Seri Bağlı Dirençlerin Ölçülen-Hesaplanan Değer Karşılaştırma Tablosu

SERİ DEVREDEKİ EŞ DEĞER DİRENÇ DEĞERLERİ		
HESAPLANAN EŞ DEĞER DİRENÇ	ÖLÇÜLEN EŞ DEĞER DİRENÇ	HESAPLANAN-ÖLÇÜLEN FARKI

UYGULAMA SORUSU

Seri bağlanan dirençlerde hesaplanan değer ile ölçülen değer arasında fark varsa bu farkın tolerans değeri ile bağlantısı nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

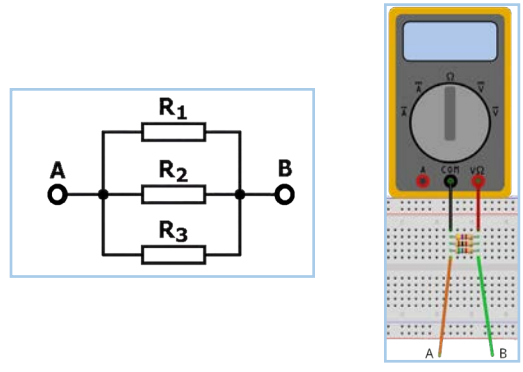
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

3.3. UYGULAMA

Adı	PARALEL BAĞLI DİRENÇLERDE EŞ DEĞER DİRENÇ HESAPLAMA VE ÖLÇME
Süresi	40 dakika

Amaç: Dirençleri paralel bağlayarak eş değer direnç değerlerini bulmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.37'deki şemaya göre paralel bağlı dirençlerde eş değer direnç hesaplama ve ölçme uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



(a) (b)

Görsel 3.37: Paralel bağlı dirençler şeması (a) ve breadboard kurulumu (b)

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Ohmmetre	Dijital	1 adet
Direnç	Farklı değerlerde	3 adet
Breadboard		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Kullanılacak dirençlerin üzerindeki renk bantlarını inceleyiniz ve Görsel 3.11'de yer alan direnç renk kodu tablosunu kullanarak direnç değerlerini belirleyiniz.
3. Hesapladığınız direnç değerlerini Tablo 3.6'ya yazınız.
4. Dirençleri breadboard üzerine Görsel 3.37.a'daki şemaya ve Görsel 3.37.b'deki örnek bağlantıya göre kurunuz.
5. Paralel bağlı dirençlerin eş değer direncini formül kullanarak hesaplayınız.
6. Ölçü aletini ohmmetre kademesine getiriniz ve uygun ölçüm aralığını seçiniz.
7. Ohmmetrenin problarını devrenin uçlarına bağlayarak eş değer direnç değerini ölçünüz.
8. Ölçtüğünüz eş değer direnç değerini Tablo 3.7'ye kaydediniz.
9. Hesaplanan eş değer direnç değeri ile ölçülen değeri karşılaştırınız ve sonucu değerlendiriniz.
10. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 3.6: Değerleri Okunan ve Ölçülen Dirençler

Direncin Renk Kodu					Tolerans Değeri	Hesaplanan Değer	Ölçülen Değer	Fark
R_1								
R_2								
R_3								

Tablo 3.7: Paralel Bağlı Dirençlerin Ölçülen-Hesaplanan Değer Karşılaştırma Tablosu

PARALEL DEVREDEKİ EŞ DEĞER DİRENÇ DEĞERLERİ		
HESAPLANAN EŞ DEĞER DİRENÇ	ÖLÇÜLEN EŞ DEĞER DİRENÇ	HESAPLANAN-ÖLÇÜLEN FARKI

UYGULAMA SORUSU

Paralel bağlanan dirençlerde hesaplanan değer ile ölçülen değer arasında fark varsa nedeni nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

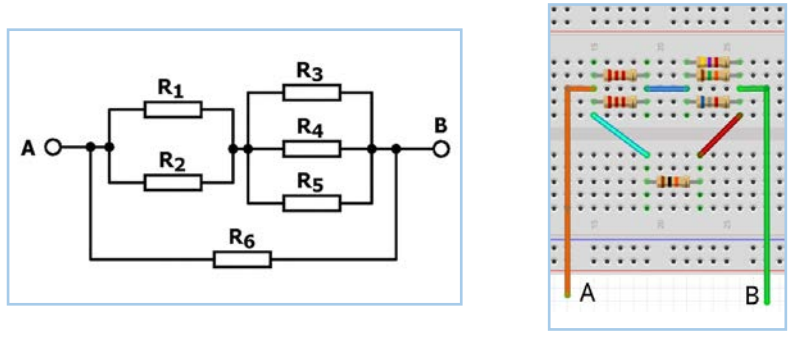
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

3.4. UYGULAMA

Adı	KARIŞIK BAĞLI DİRENÇLERDE EŞ DEĞER DİRENÇ HESAPLAMA VE ÖLÇME
Süresi	40 dakika

Amaç: Dirençleri karışık bağlayarak eş değer direnç değerlerini bulmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.38'deki şemaya göre karışık bağlı dirençlerde eş değer direnç hesaplama ve ölçme uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



(a) (b)

Görsel 3.38: Karışık bağlı dirençler şeması (a) ve breadboard kurulumu (b)

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Ohmmetre	Dijital	1 adet
Direnç	Farklı değerlerde	6 adet
Breadboard		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Kullanılacak dirençlerin üzerindeki renk bantlarını inceleyiniz ve Görsel 3.11'de yer alan direnç renk kodu tablosunu kullanarak direnç değerlerini belirleyiniz.
3. Hesapladığınız direnç değerlerini Tablo 3.8'e yazınız.
4. Dirençleri breadboard üzerine Görsel 3.38.a'daki şemaya ve Görsel 3.38.b'deki örnek bağlantıya göre kurunuz.
5. Karışık bağlı dirençlerin eş değer direncini formül kullanarak hesaplayınız.
6. Ölçü aletini ohmmetre kademesine getiriniz ve uygun ölçüm aralığını seçiniz.
7. Ohmmetrenin problarını devrenin uçlarına bağlayarak eş değer direnç değerini ölçünüz.
8. Ölçtüğünüz eş değer direnç değerini Tablo 3.9'a kaydediniz.
9. Hesaplanan eş değer direnç değeri ile ölçülen değeri karşılaştırınız ve sonucu değerlendiriniz.
10. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 3.8: Değerleri Okunan ve Ölçülen Dirençler

Direncin Renk Kodu					Tolerans Değeri	Hesaplanan Değer	Ölçülen Değer	Fark
R_1								
R_2								
R_3								
R_4								
R_5								
R_6								

Tablo 3.9: Karışık Bağlı Dirençlerin Ölçülen-Hesaplanan Değer Karşılaştırma Tablosu

KARIŞIK BAĞLI DEVREDEKİ EŞ DEĞER DİRENÇ DEĞERLERİ		
HESAPLANAN EŞ DEĞER DİRENÇ	ÖLÇÜLEN EŞ DEĞER DİRENÇ	HESAPLANAN-ÖLÇÜLEN FARKI

UYGULAMA SORUSU

Karışık bağlanan dirençlerde hesaplanan değer ile ölçülen değer arasında fark varsa nedeni ne olabilir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

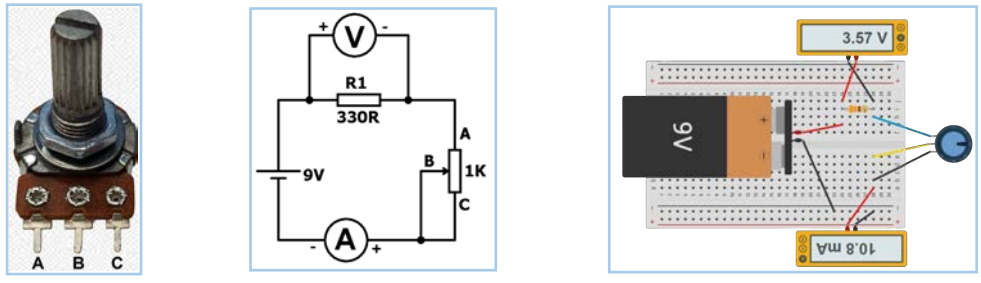
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

3.5. UYGULAMA

Adı	POTANSİYOMETRE VE REOSTANIN YAPISI VE KULLANIMI
Süresi	40 dakika

Amaç: Potansiyometre ve reosta direnç değişimlerini ölçmek

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.39'daki şemaya göre potansiyometreyi devreye bağlayarak uygulamayı aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



(a) (b) (c)

Görsel 3.39: Potansiyometre (a), devre şeması (b) ve breadboard kurulumu (c)

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre	Dijital	1 adet
Potansiyometre	1 KΩ	1 adet
Breadboard		1 adet
Güç kaynağı	9 V	1 adet
Direnç	330 Ω	1 adet
Bağlantı kabloları		Yeteri kadar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Avometreyi ohmmetre kademesine getiriniz ve uygun ölçüm aralığını seçiniz.
3. Görsel 3.39.a'da görülen potansiyometrenin ayar çubuğunu en sola çevriniz. A ve B uçları, B ve C uçları ile A ve C uçları arasındaki dirençleri sırayla ölçünüz. Sonuçları Tablo 3.10'a yazınız.
4. Potansiyometrenin ayar çubuğunu en sağa çevriniz. A ve B uçları, B ve C uçları ile A ve C uçları arasındaki dirençleri sırayla ölçünüz. Sonuçları Tablo 3.10'a yazınız.
5. Ohmmetre, potansiyometrenin A ve B uçlarına bağlıyken ayar çubuğunu çevirerek potansiyometrenin orta noktasını bulunuz ve işaretleyiniz.

6. Potansiyometrenin ayar çubuğu orta noktadayken A ve B uçları, B ve C uçları ve A ve C uçları arasındaki dirençleri sırayla ölçünüz. Sonuçları Tablo 3.10'a yazınız.

Tablo 3.10: Potansiyometre Ölçüm Değerleri

Potansiyometrenin Ayar Çubuğu Konumu	A-B Uçları Arasındaki Direnç	B-C Uçları Arasındaki Direnç	A-C Uçları Arasındaki Direnç
En Solda			
En Sağda			
Ortada			

7. Breadboard üzerine Görsel 3.39.b'deki şemaya ve Görsel 3.38.c'deki örnek bağlantıya göre kurunuz.

8. Potansiyometrenin ayar çubuğunu en sola çeviriniz. Voltmetre ve ampermetrede görülen değerleri Tablo 3.11'e yazınız.

9. Potansiyometrenin ayar çubuğunu en sağa çeviriniz. Voltmetre ve ampermetrede görülen değerleri Tablo 3.11'e yazınız.

10. Potansiyometrenin ayar çubuğunu orta noktaya çeviriniz. Voltmetre ve ampermetrede görülen değerleri Tablo 3.11'e yazınız.

Tablo 3.11: Potansiyometreli Devrede Akım ve Gerilim Ölçüm Sonuçları

Potansiyometrenin Ayar Çubuğu Konumu	Voltmetrede Okunan Değer	Ampermetrede Okunan Değer
En Solda		
En Sağda		
Ortada		

11. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Akım ve direnç arasındaki ilişkiyi deney sonuçlarınıza göre açıklayınız.

.....
.....
.....

2. Bu devreyi bir gerilim bölücü olarak kullanmanın mümkün olup olmadığını açıklayınız.

.....
.....
.....

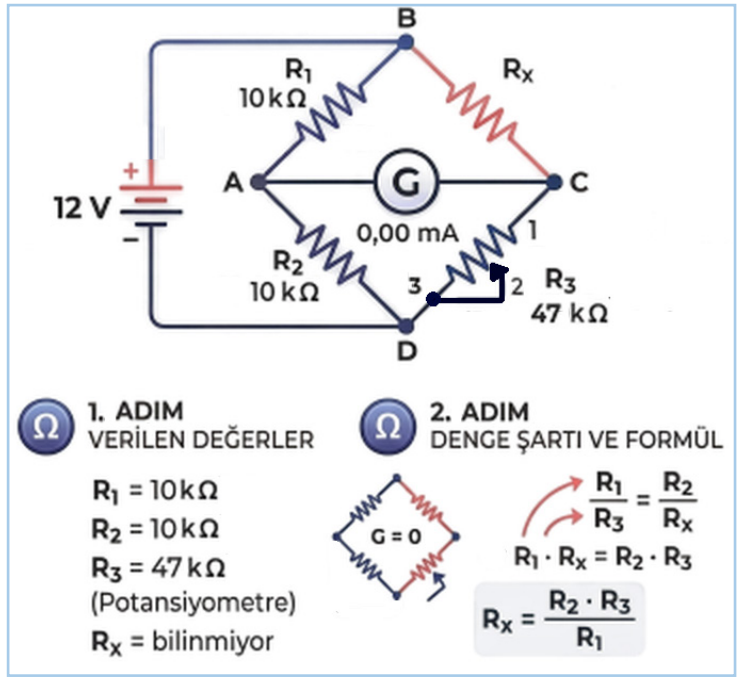
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

3.6. UYGULAMA

Adı	WHEATSTONE KÖPRÜSÜ İLE HASSAS ÖLÇÜM
Süresi	40 dakika

Amaç: Wheatstone köprüsü kullanarak hassas direnç ölçümü yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.40'taki şemaya göre devreyi kurup uygulamayı verilen işlem basamaklarına göre gerçekleştiriniz. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 3.40: Wheatstone köprüsü devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Galvanometre	Dijital	1 adet
Avometre	Dijital	1 adet
Potansiyometre	47 KΩ	1 adet
Breadboard		1 adet
Güç kaynağı	9 V	1 adet
Dirençler	2x10 kΩ, 22 kΩ	3 adet
Bağlantı kabloları		Yeteri kadar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Breadboard üzerine Görsel 3.40'taki devreyi kurunuz (R_x direnci yerine 22 kΩ takılacaktır).
3. A noktasına galvanometrenin + ucu ve C noktasına galvanometrenin – ucu gelecek şekilde galvanometreyi devreye bağlayınız.
4. Güç kaynağını B ve D noktalarına bağlayınız.
5. Güç kaynağını **12** V'a ayarlayıp devreye uygulayınız.
6. Galvanometre gösterge degeri **0** olana kadar potansiyometre ayar çubuğunu sağa veya sola doğru çeviriniz.
7. Ayar çubuğu konumunu değiştirmeden potansiyometreyi yerinden çıkartınız.
8. Avometreyi ohmmetre kademesine getiriniz ve uygun ölçüm aralığını seçiniz.
9. Potansiyometrenin A ve B uçlarının direnç değerini ölçüp Tablo 3.12'ye yazınız.
10. R_x direncini Görsel 3.40'ta verilen formüle göre hesaplayıp Tablo 3.12'ye yazınız.

Tablo 3.12: Wheatstone Köprüsü Devresi ile Direnç Ölçümü

	Avometrede Okunan Değer	Hesaplanan Değer
R_x Direnç Değeri		

11. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Galvanometrenin 0 değeri göstermesi ne anlama gelmektedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

2. Potansiyometre R_x direnç değerini doğru göstermesinin sebebi nedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

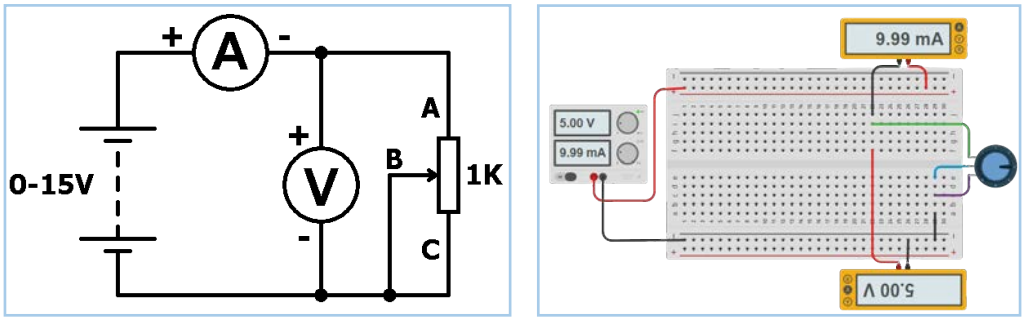
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

3.7. UYGULAMA

Adı	OHM KANUNU DENEYİ
Süresi	40 dakika

Amaç: Ohm kanunu deneyini yaparak deney sonuçları ile hesaplamaları karşılaştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.41'deki şemaya göre Ohm kanunu deneyini verilen işlem basamaklarına göre gerçekleştiriniz. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



(a) (b)

Görsel 3.41: Ohm kanunu için uygulama devresi şeması (a) ve breadboard kurulumu (b)

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre	Dijital	1 adet
Potansiyometre	1 KΩ	1 adet
Breadboard		1 adet
Ayarlı güç kaynağı	0-15 V	1 adet
Bağlantı kabloları		Yeteri kadar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Potansiyometrenin değerini **500 Ω** olacak şekilde ayarlayınız. Potansiyometre değerini ayarlarken potansiyometrenin devreye bağlı olmamasına dikkat ediniz.
3. Görsel 3.41'de verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Güç kaynağının gerilimini **5 volt** olacak şekilde ayarlayınız ve ampermetrede okunan akım değerini ölçerek Tablo 3.13'e yazınız.
5. Güç kaynağı gerilimini **10 volt oluncaya kadar her kademede 1 volt** artırınız ve her gerilim değerinde ampermetrede okunan akım değerlerini Tablo 3.13'e kaydediniz.
6. Potansiyometrenin değerini **1 kΩ** olacak şekilde ayarlayınız ve **4.** ve **5. işlem basamaklarını** tekrar ediniz.

Tablo 3.13: Ohm Kanunu Ölçüm ve Hesaplama Sonuçlarını Karşılaştırma

Potansiyometre Direnci 500 Ω İken						
Gerilim Değeri	**5 V**	**6 V**	**7 V**	**8 V**	**9 V**	**10 V**
Ampermetrede Okunan Akım Değeri						
V / I Hesaplanan Akım Değeri						
Potansiyometre Direnci 1 K Ω İken						
Gerilim Değeri	**5 V**	**6 V**	**7 V**	**8 V**	**9 V**	**10 V**
Ampermetrede Okunan Akım Değeri						
V / I Hesaplanan Akım Değeri						

7. Yapılan çalışmayı öğretmen kontrolüne sununuz ve çalışma alanını düzenleyiniz.

UYGULAMA SORULARI

1. Ohm kanunu deneyinde gerilim arttıkça devreden geçen akımın nasıl değiştiğini açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

2. Deney sırasında hesaplanan direnç değeri ile ölçülen direnç değeri arasında küçük farkların nedeni ne olabilir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

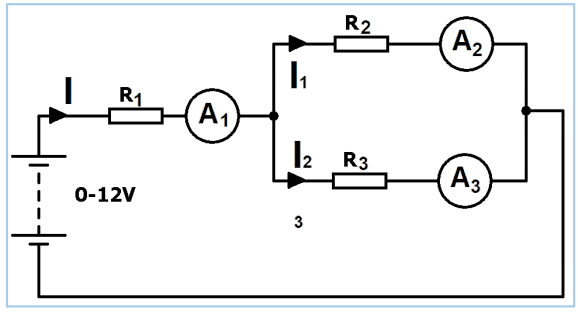
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

3.8. UYGULAMA

Adı	KİRCHHOFF AKIM KANUNU UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Kirchhoff akım kanunu deneyini yaparak deney sonuçları ile hesaplamaları karşılaştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.42'deki şemaya göre Kirchhoff akım kanunu deneyini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 3.42: Kirchhoff akım kanunu için uygulama devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre		1 adet
Breadboard		1 adet
Ayarlı güç kaynağı	0-12 V	1 adet
Direnç	330 Ω, 680 Ω, 820 Ω	3 adet
Bağlantı kabloları		Yeteri kadar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Her bir direncin değerini devreye bağlamadan önce ohmmetre ile ölçünüz ve ölçtüğünüz değerleri Tablo 3.14'e yazınız.

Tablo 3.14: Direnç Ölçüm Değerleri

Renk Kodu İle Okunan Direnç Değerleri	330 Ω	680 Ω	820 Ω
Ohmmetre İle Ölçülen Direnç Değerleri			

3. R_1 = 330 Ω, R_2 = 680 Ω, R_3 = 820 Ω olacak şekilde Görsel 3.42'de verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Ölçümlere başlamadan önce Ohm ve Kirchhoff kanunlarına göre I, I_1 ve I_2 akımlarını hem 5 V hem de 10 V gerilim değerlerine göre hesaplayarak Tablo 3.15'in hesaplanan değer kısmına kaydediniz.

5. Devreye ana kol akımını ölçmek için A_1 ampermetresini, diğer kol akımlarını ölçmek için A_2 ve A_3 ampermetrelerini uygun şekilde bağlayınız.

6. Güç kaynağının gerilimini 5 V olacak şekilde ayarlayınız ve ampermetrelerde okunan akım değerlerini Tablo 3.15'e yazınız.

7. Güç kaynağının gerilimini 10 V olacak şekilde ayarlayınız ve ampermetrelerde okunan akım değerlerini Tablo 3.15'e yazınız.

8. Ölçülen akım değerlerini kullanarak Kirchhoff akım kanununa göre ana kol akımı ile kol akımlarının toplamını karşılaştırınız ve sonucu değerlendiriniz.

9. Yapılan çalışmayı öğretmen kontrolüne sununuz ve çalışma alanını düzenleyiniz.

Tablo 3.15: Kirchhoff Akım Kanunu Ölçüm ve Hesaplama Sonuçlarını Karşılaştırma

Hesaplanan Değerler			
Güç Kaynağı Gerilim Değeri	**I_1 Değeri**	**I_2 Değeri**	**I_3 Değeri**
5 V			
10 V			
Ölçülen Değerler			
Güç Kaynağı Gerilim Değeri	**I_1 Değeri**	**I_2 Değeri**	**I_3 Değeri**
5 V			
10 V			

UYGULAMA SORULARI

1. Deneyde ana koldan geçen akım (A_1) ile yan kollardan geçen akımlar (A_2 ve A_3) arasında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Devrede kullanılan direnç değerleri arttırılarak değiştirilirse kol akımları nasıl değişir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

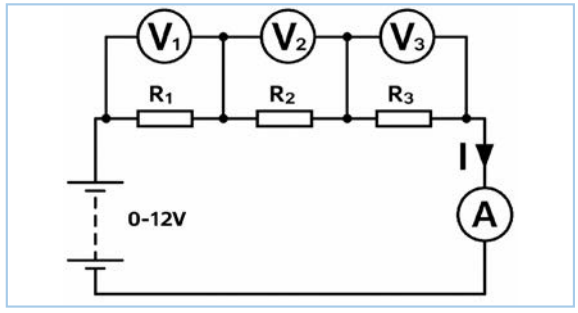
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

3.9. UYGULAMA

Adı	KİRCHHOFF GERİLİM KANUNU UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Kirchhoff gerilim kanunu deneyini yaparak deney sonuçları ile hesaplamaları karşılaştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 3.43'teki şemaya göre Kirchhoff gerilim kanunu deneyini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 3.43: Kirchhoff gerilim kanunu için uygulama devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Avometre	Dijital	1 adet
Breadboard		1 adet
Ayarlı güç kaynağı	0-12 V	1 adet
Direnç	330 Ω, 680 Ω, 820 Ω	3 adet
Bağlantı kabloları		Yeteri kadar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Her bir direncin değerini devreye bağlamadan önce **ohmmetre** ile **ölçünüz** ve ölçtüğünüz değerleri Tablo 3.16'ya yazınız.

Tablo 3.16: Direnç Ölçüm Değerleri

Renk Kodu İle Okunan Direnç Değerleri	330 Ω	680 Ω	820 Ω
Ohmmetre İle Ölçülen Direnç Değerleri			

3. **R_1 = 330 Ω, R_2 = 680 Ω, R_3 = 820 Ω** olacak şekilde Görsel 3.43'te verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Devreye ana kol akımını ölçmek için A ampermetresini, R_1 direnci üzerine düşen gerilimi ölçmek için V_1, R_2 direnci üzerine düşen gerilimi ölçmek için V_2, R_3 direnci üzerine düşen gerilimi ölçmek için de V_3 voltmetrelerini uygun şekilde bağlayınız.

5. Ölçümlere başlamadan önce ohm ve Kirchhoff kanunlarına göre I akımını, V_1, V_2 ve V_3 gerilimlerini hem 5 V hem de 10 V gerilim değerlerine göre hesaplayarak Tablo 3.17'nin hesaplanan değer kısmına kaydediniz.

6. Güç kaynağının gerilimini 5 V olacak şekilde ayarlayınız ve voltmetrelerde okunan akım değerlerini Tablo 3.17'ye yazınız.

7. Güç kaynağının gerilimini 10 V olacak şekilde ayarlayınız ve voltmetrelerde okunan akım değerlerini Tablo 3.17'ye yazınız.

Tablo 3.17: Kirchhoff Gerilim Kanunu Ölçüm ve Hesaplama Sonuçlarını Karşılaştırma

Hesaplanan Değerler				
Güç Kaynağı Gerilim Değeri	**I Değeri**	**V_1 Değeri**	**V_2 Değeri**	**V_3 Değeri**
5 V				
10 V				
Ölçülen Değerler				
Güç Kaynağı Gerilim Değeri	**I Değeri**	**V_1 Değeri**	**V_2 Değeri**	**V_3 Değeri**
5 V				
10 V				

8. Ölçülen gerilim değerleri ile hesaplanan gerilim değerlerini karşılaştırınız. $V_1 + V_2 + V_3$ toplamının güç kaynağı gerilimine eşit olup olmadığını değerlendiriniz.

9. Yapılan çalışmayı öğretmen kontrolüne sununuz ve çalışma alanını düzenleyiniz.

UYGULAMA SORULARI

1. Devrede ölçülen V_1, V_2 ve V_3 gerilimlerinin toplamı ile kaynak gerilimi arasında nasıl bir ilişki olması beklenir? Açıklayınız.

.....
.....
.....

2. Ölçülen gerilim değerleri ile hesaplanan gerilim değerleri arasında küçük farklar oluşmasının nedeni ne olabilir? Açıklayınız.

.....
.....
.....

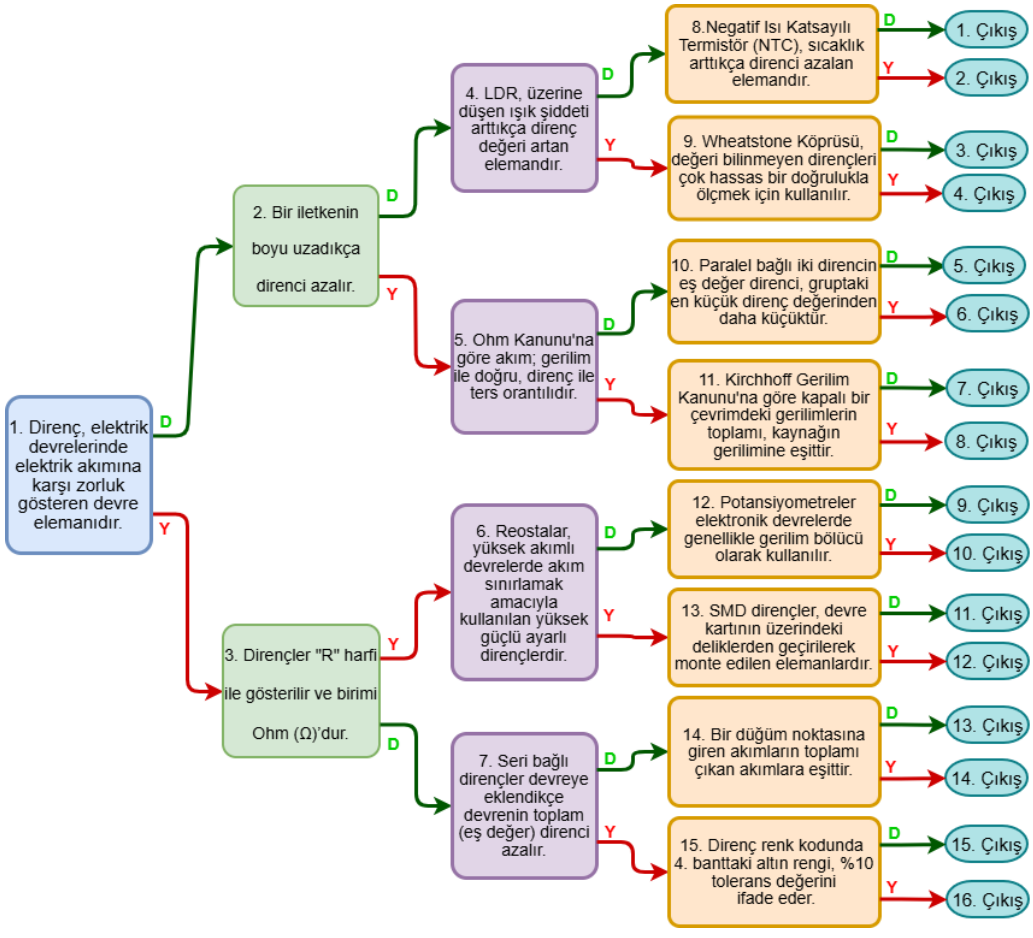
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

ARAŞTIRMA

Direnç değişim özelliğini kullanarak çeşitli fiziksel büyüklükleri algılayan sensör çeşitlerini araştırarak aşağıda verilen boşluğa bulduğunuz sonuçları yazınız. Araştırma sonuçlarında sensörlerin adını, algıladıkları fiziksel büyüklükleri ve kullanım alanlarını belirtiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

İfadeler	
Direnç birimi ohm (Ω)'dur. (1)	Ohm kanunu: V = I · R.(7)
İletkenin boyu arttıkça direnci azalır. (2)	Seri devrede akım her noktada aynıdır. (8)
Kesit alanı arttıkça direnç azalır. (3)	Paralel devrede gerilim aynıdır. (9)
Öz direnç maddenin cinsine bağlıdır. (4)	Kirchhoff akım kanunu: giren = çıkan. (10)
Potansiyometre sabit dirençtir. (5)	Renk kodu direnç değerini belirler. (11)
Reosta yüksek akım devrelerinde kullanılır. (6)	Wheatstone köprüsü bilinmeyen direnci bulur. (12)

1. Direncin fiziksel özellikleri ile ilgili doğru ifadeler hangileridir?

Cevap: .....

2. Devre bağlantı kuralları (seri-paralel) ile ilgili doğru olanlar hangileridir?

Cevap: .....

3. Ölçme ve hesaplama amacıyla kullanılan kavramlar hangileridir?

Cevap: .....

4. Ayarlı veya değişken direnç özellikleri ile ilgili doğru olanlar hangileridir?

Cevap: .....

5. Elektrik kanunları ile ilgili doğru ifadeler hangileridir?

Cevap: .....

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi ortam etkili direnç türlerinden biridir?

A) Potansiyometre B) LDR C) Reosta

D) Karbon direnç E) Entegre direnç

7. 5 bantlı 675 Ω değerine sahip bir direncin tolerans değeri de ±%10'dur. Bu direncin renk kodu aşağıdakilerden hangisidir?

A) Mavi-mor-yeşil-siyah-gümüş B) Sarı-mavi-kırmızı-kahverengi-gümüş

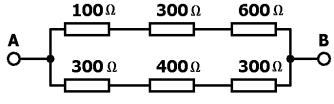
C) Yeşil-turuncu-siyah-kırmızı-gümüş D) Mavi-mor-yeşil-kahverengi-gümüş

E) Yeşil-kırmızı-kahverengi-siyah-altın

8. Elektronik devrelerde yüksek akımlı devrelerde kullanılan ayarlı direnç aşağıdakilerden hangisidir?

A) LDR B) NTC C) Potansiyometre D) Reosta E) Karbon direnç

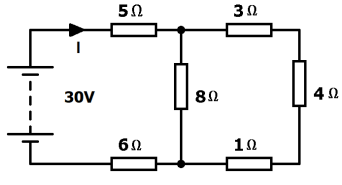
9.



Şekildeki devrede A-B uçları arasındaki eş değer direnç kaç Ω'dur?

A) 400 B) 300 C) 500 D) 600 E) 700

10.



Şekildeki devrede I akımı kaç amperdir?

A) 0,5 A B) 0,8 A C) 1 A D) 1,5 A E) 2 A

4. ÖĞRENME BİRİMİ

KONDANSATÖRLER



KONULAR

4.1. KONDANSATÖRÜN YAPISI VE KAPASİTESİ

4.2. KONDANSATÖR SEÇME

4.3. KONDANSATÖR RENK VE RAKAM KODLARI

4.4. KONDANSATÖR BAĞLANTILARI

4.5. KONDANSATÖR ŞARJ VE DEŞARJ SÜRELERİ

4.6. KONDANSATÖR TESTİ

ANAHTAR KAVRAMLAR

- kapasite
- kondansatör
- kondansatörün deşarjı
- kondansatörün rakam kodları
- kondansatörün renk kodları
- kondansatörün şarjı

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- kondansatör kapasitesini etkileyen faktörleri açıklamanız
- kondansatörün şarj ve deşarj sürelerini hesaplamanız
- devre özelliklerine uygun kondansatör seçmeniz
- renk ve rakam kodlarını kullanarak kondansatör kapasitesini hesaplamanız
- kondansatör bağlantılarını yapmanız
- iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak kondansatörleri test etmeniz

beklenmektedir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

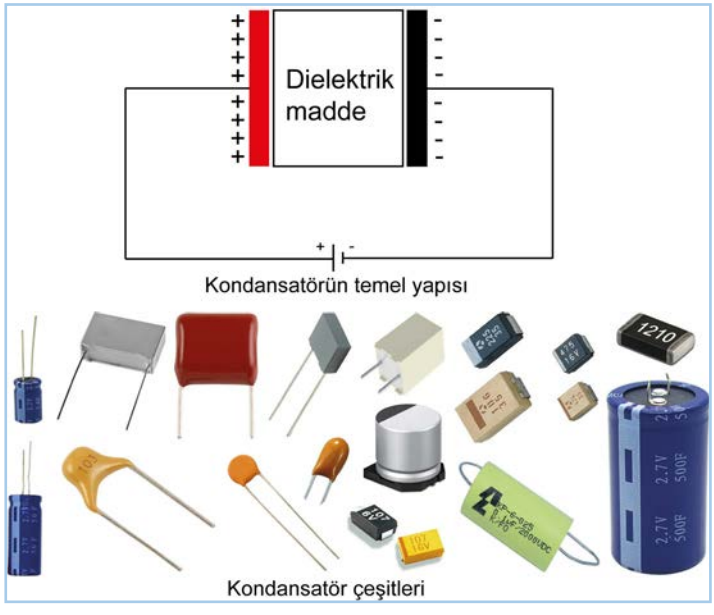
1. **Günlük hayatta kullanılan ve elektrik enerjisini depolayan cihazlarınızın isimlerini söyleyiniz.**
2. **Şarj cihazının fişi prizden çekildiğinde bile kısa bir süre daha telefonun şarj olmasının sebebi nedir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

4.1. KONDANSATÖRÜN YAPISI VE KAPASİTESİ

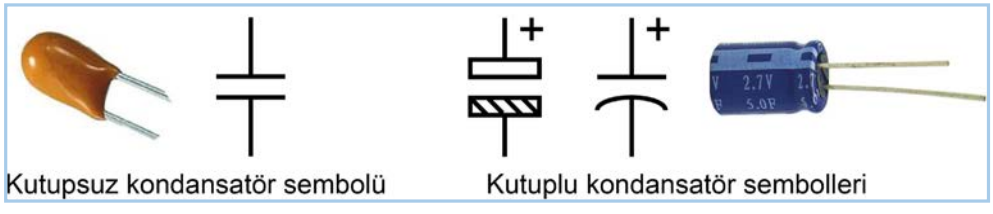
Kondansatör, elektrik devrelerinde elektrik enerjisini, elektrik alanı şeklinde depolayan bir elektronik devre elemanıdır. Genellikle kısa süreli enerji depolamak, filtreleme yapmak ve sinyal düzenlemek için kullanılır. **Kondansatör kapasitesi (kapasitans)**, bir kondansatörün ne kadar elektrik yükü depolayabildiğini ifade eden değerdir.

4.1.1. Kondansatörün Yapısı ve Sembolü

İki paralel iletken levha arasına dielektrik adı verilen bir yalıtkan madde konularak elde edilen ve elektrik enerjisini depo edebilen pasif analog devre elemanına **kondansatör** denir. Kondansatör, İngilizce **Capacitor (kapasitör)** olarak kullanılan sözcüğünün baş harfi olan **C** harfi ile gösterilir. Görsel 4.1'de kondansatörün temel yapısı ve örnek kondansatörler, Görsel 4.2'de kutuplu ve kutupsuz kondansatör sembolleri yer almaktadır.



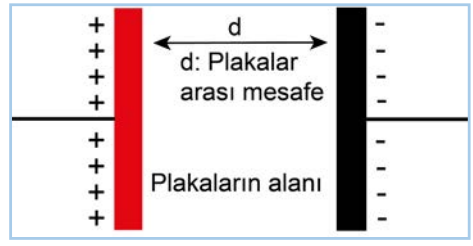
Görsel 4.1: Kondansatörün temel yapısı ve kondansatör çeşitlerine örnekler



Görsel 4.2: Kutuplu ve kutupsuz kondansatör sembolleri

Kondansatörler doğru akımı (DC) iletmeyip alternatif akımı (AC) iletme özelliğine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde çoğu devrede farklı amaçlarla kullanılır. Örneğin güç kaynaklarındaki ve şehir şebekelerindeki paraziti engellemek (filtrelemek), doğrultucu devrelerde eksik alternansı tamamlamak, regüleli sabit kaynaklı devrelerde ani oluşacak peak (pik) bir başka ifadeyle tepe gerilimini engellemek, ses yükselteçlerindeki katlar arasında kuplajlamak (aktarma) ve etkin topraklama sağlamak amacıyla kullanılır. Dijital devrelerde normalde istenmeyen sinyalleri (gürültüyü) azaltmak için kondansatörler kullanılır.

Kapasite C harfi ile ifade edilir. Kondansatörlerde kapasiteyi etkileyen faktörler kondansatörün yapısıyla ilgilidir. Görsel 4.3'te kondansatör yüzeyinin ve iletken plakalar arası mesafenin kapasiteye etkisi gösterilmiştir.



Görsel 4.3: Kondansatörün kapasitesini etkileyen faktörler

Kondansatörün kapasitesi, iletken plakaların (levhaların) yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Plakaların yüzey alanı arttıkça kapasite de artar. Kondansatörün kapasitesi, iletken plakalar arasındaki mesafe ile ters orantılıdır. İletken plakalar arası mesafe artarsa kapasite azalır.

Kondansatörün kapasitesi iletken plakalar arasındaki yalıtkan maddenin dielektrik katsayısı ile doğru orantılıdır. İletken plakalar arasındaki yalıtkan malzemenin dielektrik katsayısı yüksek ise kapasite de yüksek olur.

Kondansatörlerin çoğu, yapımında kullanılan dielektrik malzemeye göre adlandırılır. Kondansatörlerin yapımında seramik, kâğıt, plastik film, mika, alüminyum oksit, tantal pentaoksit, niyobyum pentaoksit vb. dielektrik malzemeler yaygın olarak kullanılır. Kondansatörlerde kapasite arttıkça kondansatörün fiziksel boyutları da artar.

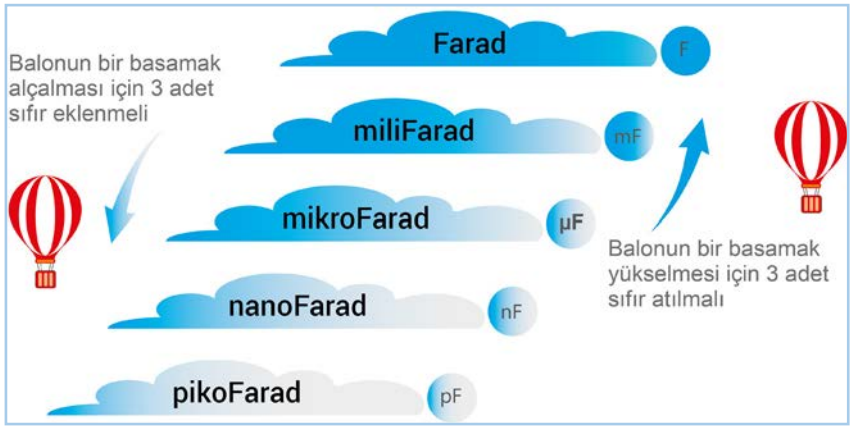
4.1.2. Kondansatörün Kapasite Birimleri

Kondansatör kapasitesi, SI (Uluslararası Birimler Sistemi) birimlerine göre **Farad** ölçü birimiyle ölçülen elektriksel bir niceliktir. Farad biriminin kısaltması F'dir. Farad ölçü birimi Michael Faraday (Maykıl Feridey) adından gelir. Farad terimi ilk kez 1861 yılında Josiah Latimer Clark (Cozaya Larımır Kılark) tarafından kullanılmıştır. Farad büyük bir değer olduğu için uygulamada daha çok bu ölçünün alt birimleri kullanılır. Tablo 4.1'de kapasite birimleri verilmiştir.

Tablo 4.1: Kapasite Birimleri

Elektriksel Büyüklük	Üst / Alt Birim	Birim Adı	Kısaltma	Katsayı
Kapasite **Sembolü C**	Üst Birimler	Üst birimler kullanılmaz.		
	Temel Birim	Farad	F	$10^0 = 1$
	Alt Birim	miliFarad	mF	10^{-3}
		mikroFarad	µF	10^{-6}
		nanoFarad	nF	10^{-9}
		pikoFarad	pF	10^{-12}

Görsel 4.4'te kapasite birimlerinin katları ve Tablo 4.2'de kapasite birimlerinin dönüşümleri verilmiştir.



Görsel 4.4: Kapasite birimlerinin katları

Tablo 4.2: Kapasite Birimlerinin Dönüşümleri

Farad (F) > miliFarad (mF) > mikroFarad (µF) > nanoFarad (nF) > pikoFarad (pF)			
1 mF (miliFarad)	10^{-3} F	1000 µF	1000000 nF
1 µF (mikroFarad)	10^{-6} F	1000 nF	1000000 pF
1 nF (nanoFarad)	10^{-9} F	1000 pF	
1 pF (pikoFarad)	10^{-12} F		

1. ÖRNEK

Aşağıda verilen kapasite birimlerinin dönüşümlerini yapınız.

a) 100 nF = ...?... µF b) 1 nF = ...?... pF

ÇÖZÜM

Tablo 4.1'den yararlanarak birim dönüşümleri aşağıdaki gibi yapılır.

a) 100 nF = 100 / 1000 = 0,1 µF b) 1 nF = 1 x 1000 = 1000 pF

SIRA SİZDE

1. örnek çözümlemeyi ve Tablo 4.1'deki kapasite birimlerini dikkate alarak aşağıda verilen birim dönüşümlerini yapınız.

a) 1000 pF = ...nF

b) 0,022 µF = ...nF

c) 3300 µF = ...mF

ç) 10000 µF = ...F

d) 330 pF = ... µF

e) 0,047 F = ... µf

f) 0,560 nF = ... pF

g) 0,470 µF = ...nF

4.1.3. Kondansatör Çeşitleri

Günümüzde farklı tip kondansatörler mevcuttur. Her biri, özelliklerine ve uygulamalarına göre değişir. Kondansatörler sabit ve ayarlı kondansatörler olmak üzere iki çeşit olarak kullanılır (Tablo 4.3). Her ikisinin de farklı tipleri vardır.

Tablo 4.3: Kondansatör Çeşitleri

Sabit Kondansatörler	1. Kâğıtlı Kondansatör
	2. Film Kondansatör
	a) Polipropilen Film Kondansatör
	b) Polikarbonat Film Kondansatör
	c) Polyester Film Kondansatör
	3. Seramik Kondansatör
	4. Mika Kondansatör
	5. Elektrolitik Kondansatör
	a) Alüminyum Elektrolitik Kondansatör
	b) Tantal Elektrolitik Kondansatör
	6. SMD Kondansatör
	7. Süper Kondansatör
Ayarlı Kondansatörler	1. Varyabl (Değişken) Kondansatör
	2. Trimer Kondansatör

4.1.3.1. Sabit Kondansatörler

Kapasite değeri değiştirilemeyen kondansatörlerdir. Sabit kondansatörsüz bir elektronik devre bulmak zordur. Sabit kondansatörlerin çeşitleri şunlardır:

a) Kâğıtlı Kondansatörler: İki adet metal tabakadan oluşmuş iletken yüzeylerden meydana gelir (Görsel 4.5). Metal tabakalar arasında dielektrik olarak emprenye (öz suyu çekilmiş) edilmiş izole kâğıt kullanılır. Yerden kazanç sağlamak amacı ile metal tabakalar rulo şeklinde üst üste sarılır. Sarma anında tabakalar arası kısa devreyi önlemek amacıyla ikinci bir kat izole kâğıt kullanılır. Sarılmış hâlde kondansatör, bir borucuk ya da alüminyum bir kap içine sokulur ve zift dökülerek ağız kısımları kapatılır. Aynı kap içine bu şekilde sarılmış birkaç kondansatör konulabilir. Rutubetli ortamlarda kullanılacak kâğıtlı kondansatörler üzerine ikinci bir izole kılıf geçirilir.



Görsel 4.5: Kâğıtlı kondansatör

Kâğıtlı kondansatörler, yalıtkanlık kalitesini artırmak için parafin maddesi emdirilmiş 0,01 mm kalınlığındaki kâğıdın iki yüzüne 0,008 mm kalınlığında kalay veya alüminyum plakalar yapıştırılarak üretilir. Kâğıtlı kondansatörlerin kuru kâğıtlı, yağlı kâğıtlı, metalize kâğıtlı gibi modelleri de vardır.

b) Film Kondansatörler: Tüm kondansatör tipleri arasında en yaygın kullanılan kondansatör çeşididir (Görsel 4.6). Dielektrik malzeme olarak yalıtkan bir plastik filme sahip kondansatörlerdir. Bunlar polarize (kutuplu) olmayan kondansatörlerdir. Film kondansatörlere **plastik kondansatör** de denir.

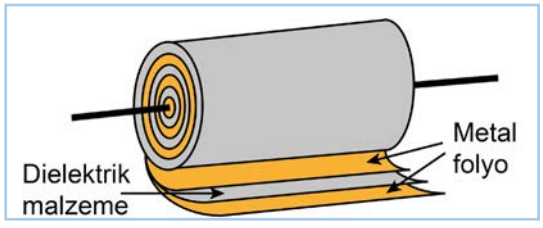

Görsel 4.6: Film kondansatör

Film kondansatörler için dielektrik malzemeler, metalik elektrotlar ile donatılmış ince bir tabaka formunda bulunur ve silindirik bir sargıya sarılır. Film kondansatörlerin her iki elektrodu da çinko veya metalize alüminyum olabilir.

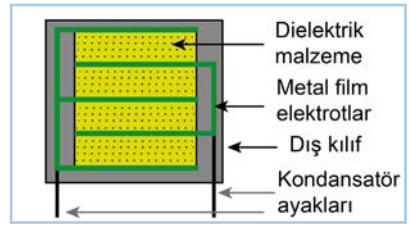
Film kondansatörün esas avantajı, içyapısı ile sargının her iki ucundaki elektrotları arasında doğrudan bağlantılı olmasıdır. Elektrotlarla bu doğrudan temas, tüm akım yollarının kısa kalmasına neden olur. Bu tasarım, paralel olarak bağlanmış çok sayıda bireysel kondansatör gibi davranır. Ayrıca bu tip kondansatörlerin yapısı düşük omik kayıplara ve düşük parazitik endüktanslara neden olur. Film kondansatörler AC (alternatif akım) güç uygulamalarında ve yüksek frekans uygulamalarında kullanılır.

Film kondansatörler 5 pF ile 100 µF arasında kapasite değeri aralıklarıyla farklı şekillerde piyasada bulunur. Film kondansatörlerin avantajı, diğer kâğıt türlerine kıyasla yüksek sıcaklıklarda kararlı çalışmasıdır. Bu kondansatörlerin küçük toleransı, yüksek güvenilirliği ve aynı zamanda çok uzun kullanım ömürleri vardır.

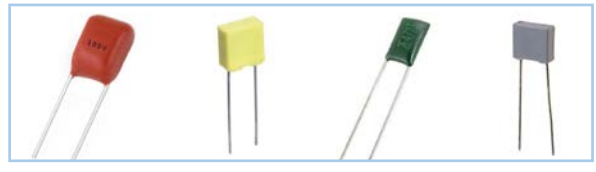
Film kondansatörlere silindirik film, dikdörtgen metalize film ve folyo film tipleri örnek verilebilir. Görsel 4.7'de silindirik eksenel kurşun tipi film kondansatörün yapısı, Görsel 4.8'de dikdörtgen radyal uç tipi film kondansatörün yapısı ve Görsel 4.9'da folyo tipi film kondansatör örnekleri yer almaktadır.



Görsel 4.7: Silindirik eksenel kurşun tipi film kondansatörün yapısı



Görsel 4.8: Dikdörtgen radyal uç tipi film kondansatörün yapısı



Görsel 4.9: Folyo tipi film kondansatör örnekleri

Film kondansatörlerin polipropilen film, polikarbonat film ve polyester film tipleri mevcuttur.

Polipropilen Film Kondansatör: Film tipi kondansatörlerin birçok çeşidinden biridir. Dielektrik olarak polipropilen bir filme sahip kondansatörlerdir (Görsel 4.10). Polipropilen film kondansatörler 100 pF ile 10 µF kapasite aralığında üretilir.



Görsel 4.10: Polipropilen film kondansatör

Polipropilen film kondansatörün asıl özelliği 3000 V'a kadar olan yüksek çalışma gerilimleridir. Bu özellik; polipropilen film kondansatörlerini güç yükselteçleri, güç kaynağı devreleri ve televizyon devreleri gibi çalışma gerilimlerinin tipik olarak çok yüksek olduğu devrelerde faydalı kılar. Polipropilen film kondansatörler, polyester film kondansatörün sağlayabileceğinden daha iyi bir tolerans gerektiği durumlarda kullanılır.

Polipropilen film kondansatörler, yüksek yalıtkan direnci değerleri nedeniyle kuplaj ve depolama uygulamalarında da kullanılır. Ayrıca 100 KHz'in altındaki frekanslar için kararlı kapasite değerlerine sahiptir. Gürültü bastırma, kuplaj, filtreleme zamanlaması, dekuplaj (bloke etme) ve sinyal işleme görevlerinin yerine getirilmesi gereken uygulamalarda kullanılır.

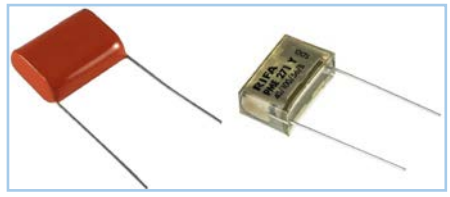


Görsel 4.11: Polikarbonat film kondansatör

Polikarbonat Film Kondansatör: Dielektrik olarak polikarbonat malzemeye sahip kondansatörlerdir (Görsel 4.11). Bu tip kondansatörler 100 pF ile 10 µF kapasite aralığında üretilmiştir. 400 V DC'ye kadar çalışma gerilimlerine sahiptir. Bu kondansatörler, değer kaybı olmadan -55 ila +125 °C sıcaklık aralığında çalışabilir.

Bu kondansatörler çok iyi sıcaklık katsayılarına sahiptir. %5 ile %10 arasındaki yüksek tolerans seviyeleri nedeniyle yüksek hassasiyetli uygulamalarda kullanılmaz. Polikarbonat film kondansatörler AC uygulamalarında, bazen de anahtarlamalı güç kaynaklarında kullanılır.

Polyester Film Kondansatör: Dielektrik madde olarak polyester kullanılan kondansatörlerdir (Görsel 4.12). Kapasite değerleri 220 pF ile 0,33 µF arasında değişir.



Görsel 4.12: Polyester film kondansatör



Görsel 4.13: Çeşitli seramik kondansatörler

c) Seramik Kondansatör: Seramik kondansatörlerin adı, yapımında kullanılan dielektrik seramik malzemesinden gelir.

Görsel 4.13'te çeşitli seramik kondansatörler yer almaktadır. Seramik kondansatörler hem fiziksel boyut hem de kapasite açısından genellikle çok küçüktür. Kapasiteleri genellikle pikoFarad ile birkaç mikroFarad arasındadır (10 µF'dan az). Kutuplu olmayan sabit tip kondansatörlerdir. Bu nedenle hem DC hem de AC devrelerinde kullanılabilir.

Bu tip kondansatörlerin yapımı çok basittir. Küçük bir seramik disk, her iki tarafta gümüş ile kaplanmıştır. Bu nedenle bunlar **disk kondansatörleri** olarak da adlandırılır. Seramik, dielektrik (yalıtkan) görevi görür ve gümüş kaplama elektrotları oluşturur. Bir seramik kondansatör, iki veya daha fazla alternatif seramik katmanı ve bir metal ile yapılır. Burada seramik dielektrik, metal ise elektrot görevi görür. Genellikle seramik malzemenin elektriksel davranışı, stabilitesi (kararlılığı) ile ilgili olarak iki sınıfa ayrılır.

• **Sınıf 1:** Rezonans devre uygulamalarında sıcaklığın etkisini telafi etmek için yüksek kararlılığa ve düşük kayıplara sahip seramik kondansatörlerdir.

• **Sınıf 2:** Bu tip kondansatörler, kuplaj uygulamalarında tampon için yüksek hacimsel verimlilik sunar.

Seramik kondansatörlerin ana avantajı, yapısında bobin olmaması ve bu nedenle devre çalışması sırasında endüktans faktörünün bulunmamasıdır. Bu nedenle seramik kondansatörler yüksek frekanslı uygulamalar için uygundur. Disk şeklinde olan seramik kondansatörler uygulamada **mercimek kondansatör** olarak da adlandırılır.

ç) Gümüş Mika Kondansatör: Mika, dielektrik katsayısı çok yüksek olan ve çok az kayıplı bir yalıtkandır. Bu özelliklerinden dolayı yüksek frekans devrelerinde kullanılmaya uygundur. Gümüş mika kondansatörler, mika malzemesine ince bir gümüş tabakasının dielektrik olarak bırakılmasıyla üretilen kondansatörlerdir (Görsel 4.14). Bu kondansatörlerin kullanılmasının nedeni, diğer kondansatörlere göre yüksek performanslarıdır.

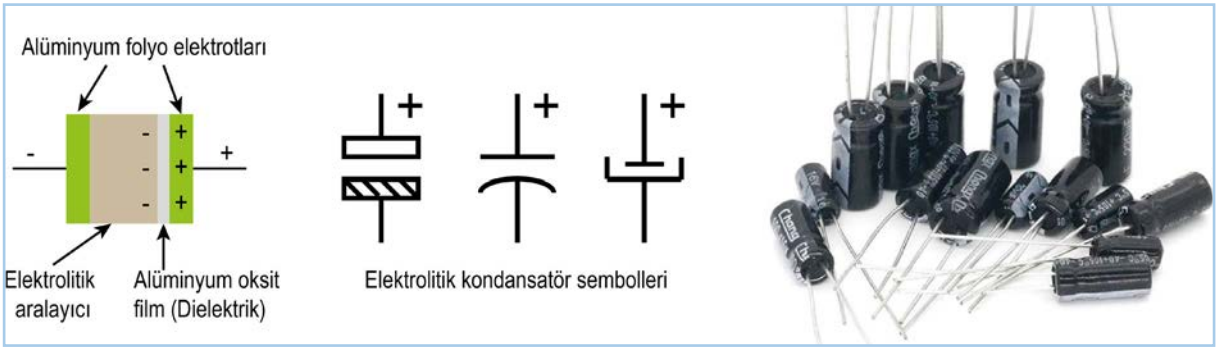
Gümüş mika kondansatörler ±%1 toleransla üretilebilir. Bu değer günümüzde mevcut olan diğer tüm kondansatörlerden daha iyidir. Sıcaklık katsayısı, diğer kondansatör türlerinden çok daha iyidir. Kapasite değerleri normalde birkaç pF ile 3300 pF arasındadır. 100 V ile 1000 V arasında çalışma gerilim aralığına sahiptir.



Görsel 4.14: Gümüş mika kondansatörler

Gümüş mika kondansatörler RF (yüksek frekans) osilatörlerde (sinyal üreten devreler) kullanılır. Yüksek maliyetleri nedeniyle kuplaj ve dekuplaj uygulamalarında kullanılmaz. Boyutları, maliyetleri ve diğer kondansatör türlerindeki gelişmeler nedeniyle günümüzde az kullanılmaktadır.

d) Elektrolitik Kondansatör: Genellikle büyük kapasite değerlerinin gerektiği uygulamalarda kullanılır. Elektrolitik kondansatörler genellikle dielektrik olarak kullanılan oksitlenmiş bir tabaka ile kaplanmış metalik bir anoda (+) sahiptir. Bu kondansatörün diğer elektrodu katmanı olmayan bir elektrolittir. Görsel 4.15'te bir elektrolitik kondansatörün yapısı, sembolleri ve çeşitli elektrolitik kondansatörler yer almaktadır.



Görsel 4.15: Elektrolitik kondansatörün yapısı, sembolleri ve örnekleri

Elektrolitik kondansatörler dielektrik malzemelerine göre temelde üç sınıfa ayrılır:

- **Alüminyum Elektrolitik Kondansatörler:** Alüminyum dielektrik malzeme görevi görür.
- **Tantal Elektrolitik Kondansatörler:** Tantal pentaoksit dielektrik malzeme görevi görür.
- **Niyobyum Elektrolitik Kondansatörler:** Niyobyum pentaoksit dielektrik malzeme görevi görür.

Genellikle tantal pentaoksidin geçirgenliği, alüminyum dioksidin geçirgenliğinden neredeyse üç kat daha fazladır. Ancak bu geçirgenlik sadece boyutlarını belirler. Genellikle üç tip elektrolit kullanılır. Bu elektrolitler şunlardır:

- **Katı Olmayan (Islak veya Sıvı):** Bu kondansatörler düşük maliyetlidir.
- **Katı Manganez Oksit:** Bu kondansatörler yüksek kalite ve kararlılığa sahiptir.
- **Katı İletken Polimer:** Bu kondansatörlerin iletkenliği yüksektir.

Elektrolitik kondansatörlerin çoğu polarize kondansatörlerdir. Kutuplu elektrolitik kondansatörlere ters yönde DC gerilim ve AC gerilim uygulanmaz. Elektrolitik kondansatörler kutuplu olduklarından devreye bağlarken kondansatörün artı (+) ucu devrenin artı (+) terminaline ve eksi (-) ucu devrenin eksi (-) terminaline bağlanmalıdır. Aksi takdirde kondansatör zarar görür.

Elektrolitik kondansatörler genellikle doğrudan DC güç kaynağı devrelerinde kullanılır. Ayrıca büyük kapasite değerleri ve küçük boyutları nedeniyle dalgalanma gerilimini azaltmak için kuplaj ve dekuplaj uygulamalarında kullanılır. Elektrolitik kondansatörlerin dezavantajlarından biri de düşük gerilim oranlarıdır.

Alüminyum Elektrolitik Kondansatör: Alüminyum elektrolitik kondansatörler, aralarında bir elektrolit çözeltisine batırılmış bir emici kâğıt şeridi olan alüminyum folyolar üzerinde oksit filmden yapılan kondansatörlerdir (Görsel 4.16).

Temel olarak **düz folyo tipi** ve **kazınmış folyo tipi** olmak üzere iki tip alüminyum elektrolitik kondansatör vardır. Düz folyo tipi elektrolitik kondansatörler daha çok güç kaynağı devrelerinde kullanılırken DC bloklama ve geçiş devrelerinde kazınmış folyo tipi kondansatörler kullanılır. Elektrolitik alüminyum kondansatörler 1 µF ile 47000 µF kapasite aralığını ve %20'lik büyük toleransı kapsar. Çalışma gerilimi değerleri 500 V'a kadar değişir. Piyasada daha ucuza kolayca bulunabilir.



Görsel 4.16: Alüminyum elektrolitik kondansatör

Tantal Elektrolitik Kondansatör: Dielektrik malzemesi olarak tantal pentaoksitten yapılmış kondansatörlerdir (Görsel 4.17). Tantal elektrolitik kondansatörler, alüminyum elektrolitik kondansatörler gibi polarize kondansatörlerdir. Hem ıslak (folyo) hem de kuru (katı) tiplerde üretilir. Tantal elektrolitik kondansatörlerin ikinci terminali, eş değer alüminyum kondansatörlerin terminalinden daha küçüktür ve bu terminal manganez dioksit ile yapılır.



Görsel 4.17: Tantal elektrolitik kondansatör

Tantal elektrolitik kondansatörlerin alüminyum elektrolitik kondansatörlere göre avantajı; daha kararlı, daha hafif ve daha küçük olmalarıdır. Kapasite değerleri 47 nF ile 470 µF arasında ve maksimum çalışma gerilimleri 50 V'a kadardır. Bu kondansatörler alüminyum elektrolit kondansatörlerden daha pahalıdır.

Tantal oksit dielektrik malzeme özellikleri, düşük sızıntı akımı ve daha iyi kapasite kararlılığıdır. Tantal oksit dielektriklerin bu özellikleri; bunların engelleme, baypass etme, ayırma, filtreleme ve zamanlama uygulamalarında kullanılmalarını sağlar. Ayrıca bu özellikler, alüminyum oksidin dielektrik malzemesinden çok daha iyidir.

e) SMD Kondansatör: Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş kondansatörlerdir. Gövde boyutları diğer kondansatörlere göre çok daha küçüktür ancak seramik ve mika kondansatörlerle erişilen kapasite değerlerine sahip olarak üretilebilir. Daha çok televizyon, video, kamera, cep telefonu, bilgisayar ve benzeri cihazlarda karşılaşılır. Görsel 4.18'de kutuplu ve kutupsuz SMD kondansatör örnekleri yer almaktadır.



Görsel 4.18: Kutuplu ve kutupsuz SMD kondansatör örnekleri

f) Süper Kondansatör: Günümüzde yüzlerce Farad büyük kapasite değerlerine sahip kondansatörler mevcuttur. Yüksek kapasite değerlerine sahip bu kondansatörlere **süper kondansatörler** denir (Görsel 4.19).



Görsel 4.19: Süper kondansatör örnekleri

Süper kondansatör, **ultra kondansatör** veya **elektrikli çift katmanlı kondansatör** olarak da bilinir. Bu kondansatörler, aktif karbon iyonlarıyla çevrili ince bir elektrolit ayırıcı ile yapılır. Normal bir kondansatörden farklıdır. Bu kondansatörler, yüksek kapasite değerlerine sahip oldukları için yüksek enerji sağlamak adına geniş yüzey alanı kullanır. Bu yüksek enerjili süper kondansatörler; büyük, ağır ve pahalı lityum tipi kondansatörlerin yerini almak için el tipi portatif cihazlarda kullanılır. Çünkü piller gibi yüksek enerji depolar. Bu kondansatörler, yüksek aküler değiştirilerek araçlardaki ses ve video sistemlerinde de kullanılır.

Süper kondansatörler, elektrot tasarımlarına göre üçe ayrılır.

- **Çift Katmanlı Kondansatörler:** Bu kondansatörlerin karbon elektrotları veya türevleri vardır.
- **Yalancı (Sözde) Kondansatörler:** Metal oksit veya iletken polimer elektrotlara sahip kondansatörlerdir.
- **Hibrit (Karma) Kondansatörler:** Asimetrik elektrotları olan kondansatörlerdir.

Süper kondansatörler esas olarak çok fazla şarj / deşarj döngüsünün ve uzun kullanım ömrünün gerektiği, ayrıca kısa sürede büyük miktarda güce ihtiyaç duyulan uygulamalarda kullanılır. Genellikle pillerin yerine geçici güç kaynağı olarak kullanılır.

Kondansatörler, enerji depolama kapasitesinin küçük olması nedeniyle alternatif bir depolama aracı olarak üretilmemiştir. Pillerle aynı seviyede olmasa da süper veya ultra kondansatörlerin pillerle rekabet edebilecek düzeye geldiği araştırmacılar tarafından belirtilmektedir.

Süper kondansatörler şarj / deşarj döngüsünü sonsuz denebilecek sayıda gerçekleştirebilir. Süper kondansatörlerin sağladıkları imkânlarla kondansatörlerin gelecekte ihtiyaç duyulan enerjiyi karşılayabilecek güçte olması beklenmektedir.

4.1.3.2. Ayarlı Kondansatörler

Ayarlı kondansatörler, **varyabl** ve **trimer** olmak üzere iki tipte bulunur.

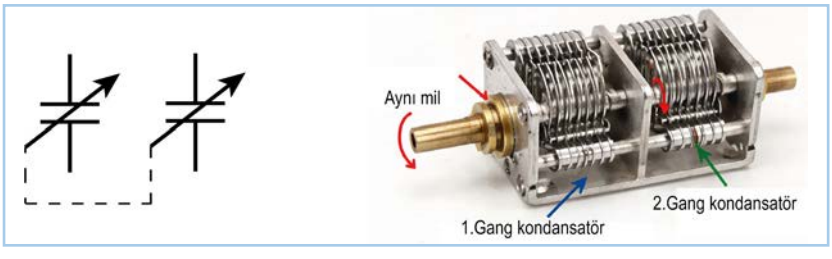
a) Varyabl Kondansatör: Kapasitenin mekanik veya elektronik olarak değiştirilebildiği kondansatörlerdir. Kapasite değeri 50 pF- 400 pF aralığındadır.

Kapasite değeri elle değiştirilen varyabl kondansatörler, birbirinden yalıtılan plakalardan meydana gelmiştir. Bir rotorun (hareketli kısım) eksenine sabitlenmiş bir dizi yarı dairesel metal plakadan oluşur. Bu kurulum bir dizi stator (sabit kısım) metal plaka arasına yerleştirilir. Bu tip kondansatörler için toplam kapasite değeri, hareketli metal plakaların sabit metal plakalara konumuna göre belirlenir. Eksen döndürüldüğünde stator plakaları ile rotor plakaları arasındaki üst üste binme alanı değişecek ve kapasite değişecektir. Hareketli plakalara **rotor**, sabit plakalara **stator** denir.

Aynı milde hareketli plakanın karşı tarafına sabit plakalar yerleştirilerek bir gövde üstünde birkaç tane varyabl kondansatör elde edilir. Böyle yapılan kondansatörlere **ganglı varyabl kondansatör** denir. Görsel 4.20'de varyabl kondansatör sembolü ve tek ganglı varyabl kondansatör örneği yer almaktadır. Görsel 4.21'de çift ganglı varyabl kondansatör sembolü ve örneği yer almaktadır. Varyabl kondansatörler radyo alıcı ve vericilerinde, ayrıca büyük güçlü alanlarda kullanılır.



Görsel 4.20: Varyabl kondansatör sembolü ve tek ganglı varyabl kondansatör örneği



Görsel 4.21: Çift ganglı varyabl kondansatör sembolü ve örneği

b) Trimer Kondansatör: **Trimer** kondansatörler ayarlı kondansatörlerin bir başka türüdür. Adını İngilizce "Trimmer" (kesip düzeltmek) kelimesinden alan bu kondansatör, varyabl kondansatörden farklı olarak küçük güçlerde kullanılır. Boyutu küçük olduğu için küçük boy ayarlanabilir kondansatör ismiyle de bilinir. Görsel 4.22'de trimer kondansatör sembolü ve örnekleri yer almaktadır.



Görsel 4.22: Trimer kondansatörün sembolü ve örnekleri

Trimer kondansatörler PCB'lere (baskı devre kartı) sabitlenir ve cihazın kalibrasyonu (ayarlanması) için kullanılır. Polarize olmayan kondansatörlerdir. Boyutları çok küçüktür. Kapasiteleri genellikle 5-75 pF seviyesinde bulunur.

Mekanik değişken kondansatörlerin yapısında genellikle dielektrik madde olarak hava veya plastik folyolar kullanılır. Ancak vakumlu değişken kondansatörlerin kullanımı, daha iyi çalışma gerilimi aralığı ve daha yüksek akım taşıma kapasitesi sağladıkça artar. Mekanik olarak ayarlanmış kondansatörlerde kapasite, kondansatörün üstündeki vida kullanılarak değiştirilebilir.

Trimer kondansatörler telsiz, FM radyo vericisi, telekomünikasyon devrelerinde kapasitif değerlerdeki ince ayarlar için kullanılır. Uygulamada yaygın olarak kullanılan trimer kondansatörlerin kapasite değerleri; 1,2-6 pF, 1,4-10 pF, 1,6-15 pF, 2-30 pF, 2,5-25 pF, 4,5-70 pF şeklindedir.

SIRA SİZDE

Aşağıdaki kondansatör çeşitlerinin sabit mi yoksa değişken model mi olduğunu yanlarına yazınız.

1. Elektrolitik kondansatör: .....

2. Trimer kondansatör: .....

3. Mika kondansatör: .....

4. Tantal kondansatör: .....

5. Varyabl kondansatör: .....

4.2. KONDANSATÖR SEÇME

Her kondansatör tipinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Özellikleri ve uygulama alanları bir kondansatörden diğerine değişebilir. Bir uygulama bir tip kondansatör gerektirirken başka bir uygulama başka bir kondansatör gerektirir. Aynı tip kondansatör tüm uygulamalar için kullanılmaz. Her şeyden önce belli bir uygulama için hangi tip kondansatörün uygun olduğu belirlenmelidir. Kondansatör tipinin seçimi bazı faktörlere bağlıdır. Bu nedenle bir kondansatör seçerken birçok faktörün izlenmesi gerekir.

Belirli bir uygulama için kondansatör tipinin seçiminde etkili olan faktörler vardır. Bu faktörler, belirli bir tip kondansatörün nasıl ve hangi uygulamalarda kullanılabileceğini belirler. Örneğin bir elektrolitik kondansatörün çalışma gerilimi, benzer kapasite aralığındaki bir seramik kondansatöre kıyasla daha büyüktür. Bu nedenle elektrolitik kondansatörler genellikle güç kaynağı devrelerinde kullanılır. Benzer şekilde bazı kondansatörler çok düşük sızıntı akımına bazıları da çok yüksek sızıntı akımına sahiptir.

Uygulamaya bağlı olarak uygun kondansatör seçilmelidir. Uygulamaya göre uygun kondansatör tipleri ve tercih sebepleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4: Uygulamalara Göre Kondansatör Seçimi

Uygulama	Uygun Kondansatör Tipleri	Tercih Sebebi
Güç Kaynağı	Alüminyum Elektrolitik	Yüksek kapasite ve yüksek ripple (dalgalanma) akımı kapasitesi
Audio (Ses) Frekans Kuplaj	Alüminyum Elektrolitik	Yüksek kapasite
	Tantal Elektrolitik	Yüksek kapasite ve küçük boyut
	Polyester / Polikarbonat Film	Ucuz fakat kapasite değerleri elektrolitik kadar yüksek değil
RF (Yüksek) Frekans Kuplaj	Seramik	Küçük boyut, düşük kayıp ve ucuz
	Polisitren Film	Çok düşük kayıp fakat seramikten daha büyük ve daha pahalı
RF (Yüksek) Dekuplaj	Seramik	Küçük boyut, düşük kayıp fakat kapasite değerleri maksimum 1000 pF ile sınırlı
Ayarlı (Tuned) Devreler	Gümüş Mika	Yakın tolerans, kararlı ve düşük kayıp fakat yüksek maliyet
	Seramik	Gümüş mika kadar iyi olmasa da yakın tolerans ve düşük kayıp

Kondansatör seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler şunlardır:

Boyut: Kondansatörün fiziksel boyutu önemlidir. Boyut, devrelerin veya baskı devre kartlarının kapladığı alanı etkiler.

Nominal Kapasite: Tüm kondansatör karakteristikleri arasında en önemlilerinden biridir. Bu değer; bir kondansatörün gövdesi üzerindeki renkler, sayılar veya harflerle gösterilir. Nominal kapasite değeri, çalışma sıcaklıkları ve devre frekansı ile değişebilir.

Tolerans: Kapasitenin yüzde olarak ifade edilen nominal değerden izin verilen nispi sapmasına **tolerans** denir. Tolerans değeri, sayıdan önce % sembolü kullanılarak belirtilir. Bu değer, kapasite değerindeki değişimi temsil eder. Dirençler gibi kondansatör tolerans değeri de artı veya eksi değerlerde bulunur. Kondansatör değerinin kritik olduğu osilatörler ve filtreler gibi uygulamalar için yakın tolerans değeri kondansatörlerinin seçilmesi gerekir.

Çalışma Gerilimi: Kondansatörün önemli bir özelliğidir. Kondansatöre uygulanabilecek maksimum gerilimi belirtir. Çalışma gerilimi, kondansatörün şarj edeceği gerilim değil kondansatörün güvenli bir şekilde çalışabileceği maksimum gerilimdir. Çalışma gerilimi DC cinsinden ifade edilir ve ayrıca kondansatörün gövdesi üzerine basılır. Kondansatöre bu gerilim değerinden daha yüksek bir gerilim uygulanırsa dielektrik arıza nedeniyle plakalar arasında bir ark üreterek kondansatör hasar görebilir. Bir kondansatörün çalışma gerilimi, kondansatör plakaları arasında kullanılan dielektrik malzeme, dielektrik kalınlık ve ayrıca kullanılan devre tipine bağlıdır.

Elektronik devreleri kondansatörlerle tasarlarken kondansatörün çalışma gerilimi değeri, devrede kullanılan kaynak geriliminden daha yüksek olacak şekilde seçilmelidir. Örneğin devre çalışma gerilimi 12 V ise kondansatörün çalışma gerilimi en az 16 V veya daha yüksek olan bir kondansatör seçilmelidir. Devreye uygulanan maksimum gerilimden %50 daha fazla çalışma gerilimine sahip kondansatör seçilmesinde yarar vardır.

Genel olarak bir kondansatörün gövdesi üzerine basılan çalışma gerilimi, DC gerilimi ifade eder. AC gerilimi ifade etmez. Çünkü AC gerilim etkin değer olarak kullanılır. Bu nedenle kondansatöre AC gerilim uygulamak için kondansatör çalışma gerilimi, AC etkin değerinin 1,414 katından daha büyük olmalıdır. Örneğin 220 V AC gerilimde kullanılmak üzere seçilecek kondansatörün çalışma gerilimi en az 220 x 1,414 = 311,08 V olmalıdır. Bu durumda 400 V çalışma gerilimine sahip bir kondansatör tercih edilmelidir.



Görsel 4.23: Kondansatörün çalışma gerilimi

Bir kondansatörün gövdesine yaygın olarak basılan çalışma gerilimleri 10 V, 16 V, 25 V, 35 V, 50 V, 63 V, 100 V, 160 V, 250 V, 400 V ve 1000 V'tur. Tüm kondansatörler, nominal gerilim değerleri dâhilinde ve serin bir ortamda çalıştırıldıklarında daha uzun bir çalışma ömrüne sahip olur. Görsel 4.23'te bir kondansatörün gövdesinde yazan çalışma gerilimi yer almaktadır.

Polarizasyon: Tantal ve elektrolitik kondansatörler polarize edilir. DC gerilimle çalışır. Kondansatörü seçerken önemli faktörlerden biri polarizasyondur.

Sızıntı Akımı: Mükemmel yalıtkanlar olmadığı için az miktarda bir akım dielektrik malzeme içinden akar. Buna **sızıntı akımı** denir. Bazı uygulamalarda yüksek seviyede yalıtım gereklidir. Ancak bazı uygulamalarda yalıtım gerekli değildir. Elektrolitik kondansatörlerin kaçak performansı düşüktür. Uygulama için kondansatörü seçerken kaçak akım önemli bir faktördür.

Çalışma Sıcaklığı: Bir kondansatörün kapasite değeri kondansatör sıcaklığındaki değişimlere göre değişir çünkü sıcaklıktaki değişiklikler, dielektrik özelliklerinde değişikliklere neden olur. Çalışma sıcaklığı, nominal gerilim değerleri ile çalışan bir kondansatörün sıcaklığıdır. Çoğu kondansatör için genel çalışma sıcaklığı -30 °C ile +125 °C aralığındadır. Bir kondansatörün hava veya ortam sıcaklığı çok soğuk veya çok sıcaksa kondansatörün kapasite değeri değişebilir. Sıcaklıktaki bu değişiklikler, gerçek devrenin çalışmasını etkiler ve aynı zamanda o devredeki diğer bileşenlere de zarar verir.

Sıcaklık Katsayısı: Kapasite değeri bazı kondansatör türlerinde sıcaklığa göre değişir ve gümüş mika, seramik gibi bazı kondansatörler değişen sıcaklıklarda kararlıdır. Böylece uygulamaya bağlı olarak kondansatör seçilebilir.

Eş Değer Seri Direnç: Kondansatörün terminalleri az miktarda dirence sahiptir. Bu direnç genellikle 0,1 Ω'dan azdır. Bu direnç, kondansatör yüksek frekanslarda kullanıldığında bir sorun hâline gelir. Eş değer seri direnç, kondansatöre seri bir direnç gibi davranır. Eş değer seri direnç değeri bir kondansatörün kalitesinin derecesidir. Teorik olarak mükemmel bir kondansatör kayıpsız olup eş değer direnç değeri sıfırdır. Genellikle bu direnç, kondansatör devrelerinde arızalara neden olur.

Maliyet: Maliyet, tüm uygulamalar için temel parametredir çünkü herkes düşük maliyetle yüksek performansa sahip olmak ister. Günümüzde tüm yüksek performanslı kondansatörler yüzeye montaj paketlerinde düşük maliyetle kullanılabilir.

DİKKAT

180. sayfadaki 4.1. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

4.3. KONDANSATÖR RENK VE RAKAM KODLARI

Bir kondansatörün gövdesi üzerine basılan bilgilere bakılarak özellikleri hakkında bilgi edinilebilir. Ancak bazı kondansatörlerin gövdesinde renkler veya sayısal kodlar vardır. Bu nedenle kondansatörlerin değerlerini anlamak zordur. Her kondansatör tipi veya ailesinin kendi karakteristik özellikleri ve tanımlama sistemi vardır. Bazı kondansatör tanımlama sistemlerinin özelliklerini anlamak kolaydır. Bazı kondansatörlerde yanıltıcı semboller, harfler ve renkler kullanılır.

Farklı kondansatör tipleri, kapasite değerlerini temsil etmenin farklı yollarına sahiptir. Elektrolitik kondansatörler, kutupsuz kondansatörler, kâğıtlı kondansatörler gibi kondansatörlerde kapasite, çalışma gerilimi ve tolerans değerleri rakamlar ve harfler kullanılarak kondansatörün gövdesine yazılır. Bazı kondansatörlerin ise renk kodu kullanılarak temsil edildiği değerleri vardır.

4.3.1. Kondansatör Renk Kodları

Dirençler gibi kondansatörler için de bir renk şeması tanımlanmıştır. Kondansatörler için bu renk şemasına **kondansatör renk kodlaması** denir. Bu kodlamada bir kondansatörün her rengi belirli bir kapasite değerini gösterir. Renk kodlaması kullanılarak kondansatörlerin kapasite değerleri, çalışma gerilimi ve tolerans değerleri kolayca tanımlanabilir. Kondansatörlerin renk kodlaması eski bir tekniktir. Ancak bu kondansatörlerin bazıları bugün hâlâ kullanılmaktadır (Görsel 4.24).



Görsel 4.24: Kondansatör renk kodlama örnekleri

Kondansatör kapasite ve tolerans standart renk kodları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Kondansatör Kapasite ve Tolerans Standart Renk Kodları

Bant	Rakam		Çarpan	Tolerans (T)	
Renk	**1.**	**2.**	**3.**	**T>10 pF**	**T<10 pF**
Siyah	0	0	X1	±%20	±2 pF
Kahverengi	1	1	X10	±%1	±0,1 pF
Kırmızı	2	2	X100	±%2	±0,25 pF
Turuncu	3	3	X1000	±%3	
Sarı	4	4	X10000	±%4	
Yeşil	5	5	X100000	±%5	±0,5 pF
Mavi	6	6	X1000000		
Mor	7	7			
Gri	8	8	X0,01	+%80, -%20	
Beyaz	9	9	X0,1	±%10	±1 pF
Altın			X0,1	±%5	
Gümüş			X0,01	±%10	

Tablo 4.6'da kondansatör çalışma gerilimi standart renk kodları verilmiştir.

Tablo 4.6: Kondansatör Çalışma Gerilimi Standart Renk Kodları

Bant	Kondansatör Çalışma Gerilimi (V)				
Renk	**J Tipi**	**K Tipi**	**L Tipi**	**M Tipi**	**N Tipi**
Siyah	4	-	-	10	10
Kahverengi	6	100	100	1,6	-
Kırmızı	10	200	250	4	35
Turuncu	15	300	-	40	-
Sarı	20	400	400	6,3	6
Yeşil	25	500	-	16	15
Mavi	35	600	630	-	20
Mor	50	700	-	-	-
Gri	-	800	-	25	25
Beyaz	3	900	-	2,5	3
Altın	-	1000	-	-	-
Gümüş	-	2000	-	-	-

Bir kondansatör gövdesi üzerinde kapasite değeri, çalışma gerilimi, tolerans ve üretici numaraları yazılıdır. Bazı gerilim değerleri, kondansatörün çalışma gerilimleri için referans olarak kullanılır. Bir kondansatörün gövdesinde kullanılan harflerin anlamları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7: Kondansatör Tipleri ve Harf Kodları

Tipi	Kondansatör
J	Tantal Kondansatör
K	Mika Kondansatör
L	Polyester veya Polistiren Kondansatör
M	Elektrolitik (4 Bant) Kondansatör
N	Elektrolitik (3 Bant) Kondansatör

Üç Renk Bandıyla Yapılan Kodlama

1. bant (1) 1. rakam
2. bant (2) 2. rakam
3. bant (3) Çarpan

Dört Renk Bandıyla Yapılan Kodlama

1. bant (1) 1. rakam
2. bant (2) 2. rakam
3. bant (3) Çarpan
4. bant (T) Tolerans

Beş Renk Bandıyla Yapılan Kodlama

1. bant (1) 1. rakam
2. bant (2) 2. rakam
3. bant (3) Çarpan
4. bant (T) Tolerans
5. bant (V) Çalışma Gerilimi

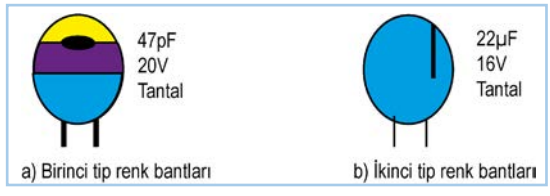
Altı Renk Bandıyla Yapılan Kodlama

1. bant (1) 1. rakam
2. bant (2) 2. rakam
3. bant (3) Çarpan
4. bant (T) Tolerans
5. bant (V) Çalışma Gerilimi
6. bant (TC) Sıcaklık Katsayısı

Tantal Kondansatör Renk Kodları: Tantal kondansatörler iki şekilde kodlandırılır. Birinci tip tantal kondansatörlerde birinci ve ikinci renk kodları standart renk tablosundan okunur (Tablo 4.8). Ortadaki yuvarlak renk ise çarpan rengidir. Son renk, çalışma gerilimini belirtir (Görsel 4.25.a). Çalışma gerilimi renk kodları Tablo 4.8'de verilmiştir. İkinci tip tantal kondansatörlerde işaretli çizgili taraf pozitif ucu gösterir. Üst rakam mikroFarad olarak kapasiteyi, alt rakam ise çalışma gerilimini belirler (Görsel 4.25.b).

Tablo 4.8: Tantal Kondansatör Çalışma Gerilimi Renk Kodları

Bant-Renk	Kondansatör Çalışma Gerilimi (V)
Sarı	6,3
Yeşil	16
Mavi	20
Gri	25
Beyaz	3
Siyah	10
Pembe	35



Görsel 4.25: Tantal kondansatör birinci tip (a) ve ikinci tip (b) renk bantları

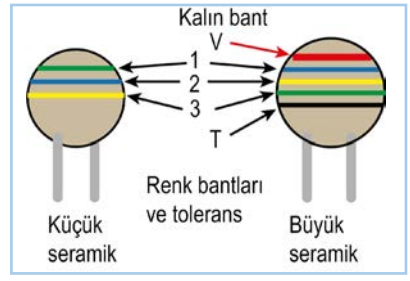
Polyester Kondansatör Renk Kodları: Görsel 4.26'da metalize polyester kondansatörlerin renk kodları tanımlaması verilmiştir. Burada her renk; kapasite değerleri, tolerans ve çalışma gerilimleri için belirli bir parametreyi temsil eder. Polyester kondansatörlerde beş renk bandından ilk ikisi standart renk kodundan okunur ve pF değerindedir. Üçüncü renk, çarpan rengidir. Dördüncü renk toleransı, beşinci renk çalışma gerilimini gösterir. Tolerans, siyah renk için %20, beyaz renk için %10, yeşil renk için %5'tir. Çalışma gerilimi kahverengi için 100 V, kırmızı renk için 200 V, sarı renk için 400 V anlamındadır.



Görsel 4.26: Metalize polyester kondansatör renk bantları

Seramik Kondansatör Renk Kodları: Görsel 4.27'de seramik kondansatör renk bantları verilmiştir. Bu renk kodları uzun yıllardan beri seramik kondansatörler gibi kutuplu olmayan kondansatörler için kullanılmaktadır. Ancak eski kondansatörlerde değerleri tanımlamak zordur. Bu nedenle eski kondansatörlerin yerini rakam kodları almıştır.

Renk kodlamasında bulunan değer pikoFarad (pF) cinsindendir. Renklerin rakamsal karşılığı bulunurken gövdede bulunan renkler üstten aşağıya ya da soldan sağa doğru okunur ve kapasite değeri elde edilir. Tablo 4.9'da seramik kondansatör renk kodları verilmiştir.



Görsel 4.27: Seramik kondansatör renk bantları

Tablo 4.9: Seramik Kondansatör Renk Kodları

Bant	Rakam		Çarpan	Tolerans (T)		Sıcaklık Katsayısı (TC) (ppm / °C)
Renk	1.	2.	3.	T>10 pF	T<10 pF	
Siyah	0	0	X1	±%20	±2 pF	0
Kahverengi	1	1	X10	±%1		-30
Kırmızı	2	2	X100	±%2		-80
Turuncu	3	3	X1000			-150
Sarı	4	4				-220
Yeşil	5	5		±%5	±0,5 pF	-330
Mavi	6	6				-470
Mor	7	7				-750
Gri	8	8	X0,01		±0,25 pF	30
Beyaz	9	9	X0,1	±%10	±1 pF	500

1 ppm = 10^{-6} F kapasite birimidir. Örneğin sıcaklık katsayısı 300 ppm / °C ise her sıcaklık derecesi altında kapasite $300 \cdot 10^{-6}$ F artar. Artı (+) ppm (milyon başına parça), sıcaklık arttıkça kapasite artar anlamındadır. Eksi (-) ppm ise sıcaklık arttıkça kapasite de azalır anlamındadır.

2. ÖRNEK

Gövdesi üzerindeki renk bantları sırasıyla mavi (1), gri (2), sarı (3), kahverengi (4) olan kondansatörün kapasitesini ve toleransını bulunuz.

ÇÖZÜM

1. bant (1) Mavi, 1. rakam 6

2. bant (2) Gri, 2. rakam 8

3. bant (3) Sarı, Çarpan 10.000

4. bant (T) Kahverengi, Tolerans

Buna göre 68 · 10.000 pF = 680.000 pF = 680 nF = 0,68 µF, ±%1 olarak bulunur.

3. ÖRNEK

Gövdesi üzerindeki renk bantları sırasıyla sarı (1), mor (2), turuncu (3), kırmızı (4) olan kondansatörün kapasitesini ve toleransını bulunuz.

ÇÖZÜM

1. bant (1) Sarı, 1. rakam 4

2. bant (2) Mor, 2. rakam 7

3. bant (3) Turuncu, Çarpan 1.000

4. bant (T) Kırmızı, Tolerans

Buna göre 47 · 1000 pF = 47000 pF = 47 nF = 0,047 µF, ±%2 olarak bulunur.

4. ÖRNEK

Gövdesi üzerindeki renk bantları sırasıyla kahverengi (1), siyah (2), sarı (3), siyah (4), kırmızı (5) olan kondansatörün kapasitesini, toleransını ve çalışma gerilimini bulunuz.

ÇÖZÜM

1. bant (1) Kahverengi, 1. rakam 1

2. bant (2) Siyah, 2. rakam 0

3. bant (3) Sarı, Çarpan 10.000

4. bant (T) Siyah, Tolerans

5. bant (V) Kırmızı, Çalışma Gerilimi

Buna göre 10 · 10.000 pF = 100.000 pF = 100 nF = 0,1 µF, ±%20, 200 V olarak bulunur.

5. ÖRNEK

Gövdesi üzerindeki renk bantları sırasıyla turuncu (1), beyaz (2), kahverengi (3), altın (4), kahverengi (5) olan kondansatörün kapasitesini, toleransını ve çalışma gerilimini bulunuz.

ÇÖZÜM

1. bant (1) Turuncu, 1. rakam 3

2. bant (2) Beyaz, 2. rakam 9

3. bant (3) Kahverengi, Çarpan 10

4. bant (T) Altın, Tolerans

5. bant (V) Kahverengi, Çalışma Gerilimi

Buna göre 39 · 10 pF = 390 pF = 0,39 nF, ±%5, 100 V olarak bulunur.

6. ÖRNEK

Gövdesi üzerindeki renk bantları sırasıyla sarı (1), mor (2), turuncu (3), kırmızı (4), kahverengi (5) olan kondansatörün kapasitesini, toleransını ve çalışma gerilimini bulunuz.

ÇÖZÜM

1. bant (1) Sarı, 1. rakam 4

2. bant (2) Mor, 2. rakam 7

3. bant (3) Turuncu, Çarpan 1.000

4. bant (T) Kırmızı, Tolerans

5. bant (V) Kahverengi, Çalışma Gerilimi

Buna göre 47 · 1000 pF = 47.000 pF = 47 nF = 0,047 µF, ±%2, 100 V olarak bulunur.

7. ÖRNEK

Gövdesi üzerindeki renk bantları sırasıyla turuncu (1), siyah (2), turuncu (3), kahverengi (4), kırmızı (5), mor (6) olan kondansatörün kapasitesini, toleransını, çalışma gerilimini ve sıcaklık katsayısını bulunuz.

ÇÖZÜM

1. bant (1) Turuncu, 1. rakam 3

2. bant (2) Siyah, 2. rakam 0

3. bant (3) Turuncu, Çarpan 1.000

4. bant (T) Kahverengi, Tolerans

5. bant (V) Kırmızı, Çalışma Gerilimi

6. bant (TC) Mor, Sıcaklık Katsayısı

Buna göre 30 · 1000 pF = 30.000 pF = 30 nF = 0,030 µF, ±%1, 200 V , -750 ppm / °C olarak bulunur.

SIRA SİZDE

Görsel 4.28'de yer alan 5 bantlı kondansatörün değerini, kapasitesini, toleransını ve çalışma gerilimini bulup yanındaki boşluğa yazınız. Bulduğunuz değerleri diğer bir arkadaşınızla karşılaştırıp hatalı kısımlar varsa düzeltiniz.



Görsel 4.28: 5 bantlı kondansatör

4.3.2. Kondansatör Harf ve Rakam Kodları

Büyük silindirik kondansatörlerde kapasite değeri genellikle kondansatörün gövdesi üzerine yazılır. Görsel 4.29'da bir elektrolitik kondansatörün etiket değerleri ve negatif uç göstergesi verilmiştir. Birçok kondansatörün kapasite ve tolerans değerlerini tanımlamak için gövdesinde rakamlar ve harfler yazılıdır. Kondansatörlerin kapasite değerleri pF, nF veya µF cinsinden ölçülür.



Görsel 4.29: Kondansatör etiket değerleri ve negatif uç göstergesi

Seramik kondansatörlerin üzerine kapasite değerini yazmak için çok küçük bir alanı vardır. Genellikle seramik, tantal, film kondansatörlerin kapasitesi pF ile ifade edilir. Farklı kodlar için bu değerler arasındaki ilişki Tablo 4.10'da gösterilmiştir. Bu tablodan kapasite birimleri net bir şekilde anlaşılabilir. Aralarındaki temel ilişki 1 µF = 1000 nF = 1000000 pF olarak bulunur.

Tablo 4.10: Kondansatör Gövdesi Üzerinde Yazan Rakam Kodları

Kondansatör Üzerinde Yazan Kod	pikoFarad (pF)	nanoFarad (nF)	mikroFarad (µF)
100	10	0,01	0,00001
150	15	0,015	0,000015
220	22	0,022	0,000022
330	33	0,033	0,000033
470	47	0,047	0,000047
101	100	0,1	0,0001
121	120	0,12	0,00012
151	150	0,15	0,00015
181	180	0,18	0,00018
221	220	0,22	0,00022
331	330	0,33	0,00033
471	470	0,47	0,00047
561	560	0,56	0,00056
681	680	0,68	0,00068
751	750	0,75	0,00075
821	820	0,82	0,00082
102	1000	1	0,001
152	1500	1,5	0,0015
202	2000	2	0,002
222	2200	2,2	0,0022
332	3300	3,3	0,0033

Belirli tolerans değeri gösterimi için harfler Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11: Kondansatör Tolerans Harf Kodları

Tolerans Harf Kodları	Tolerans Değeri
A	±0,05 pF
B	±0,1 pF
C	±0,25 pF
D	±0,5 pF
E	±%0,5
F	±%1
G	±%2
H	±%3
J	±%5
K	±%10
L	±%15
M	±%20
N	±%30
P	–%0, + %100
S	–%20, +%50
W	–%0, +%200
X	–%20, +%40
Z	–%20, +%80

8. ÖRNEK

Bir kondansatörün gövdesi üzerinde 22 M yazılıdır. Bu harf ve rakam kodlarına göre kondansatörün hangi parametreleri elde edilebilir?

ÇÖZÜM

İki sayısal değer varsa kapasite değeri pF cinsinden elde edilir. M harfi ise tolerans değeri için harf kodudur. Tablo 4.11'den yararlanılarak tolerans değeri bulunabilir. Buna göre kondansatörün kapasite değeri 22 pF, tolerans değeri ±%20 olarak tespit edilir.

9. ÖRNEK

Bir kondansatörün gövdesi üzerinde 4n1J yazılıdır. Bu harf ve rakam kodlarına göre kondansatörün hangi parametreleri elde edilebilir?

ÇÖZÜM

n harfi birim olarak nF birimini belirtmek için kullanılmıştır. n harfi rakamların arasında olduğu için sayıdaki ondalık noktasını gösterir. J harfi ise tolerans değeri için harf kodudur. Buna göre kondansatörün kapasite değeri 4,1 nF, tolerans değeri ±%5 olarak tespit edilir.

10. ÖRNEK

Bir kondansatörün gövdesi üzerinde p45 yazılıdır. Bu harf ve rakam kodlarına göre kondansatörün hangi parametreleri elde edilebilir?

ÇÖZÜM

p harfi birim olarak pF birimini belirtmek için kullanılmıştır. p harfi rakamlardan önce yazıldığı için sayıdaki ondalık noktasını gösterir. Buna göre kondansatörün kapasite değeri 0,45 pF olarak tespit edilir.

11. ÖRNEK

Bir kondansatörün gövdesi üzerinde 471 yazılıdır. Bu kodlara göre kondansatörün hangi parametreleri elde edilebilir?

ÇÖZÜM

Üç basamaklı sayı gösteriminde üçüncü sayı çarpan ya da ilk iki rakamın yanına eklenecek sıfır sayısını gösterir. Buna göre kondansatörün kapasite değeri 47 x 10 = 470 pF olarak tespit edilir.

12. ÖRNEK

Bir kondansatörün gövdesi üzerinde 47 yazılıdır. Bu kodlara göre kondansatörün hangi parametreleri elde edilebilir?

ÇÖZÜM

İki sayısal değer varsa kapasite değeri pF cinsinden elde edilir. Buna göre kondansatörün kapasite değeri 47 pF olarak tespit edilir.

13. ÖRNEK

Görsel 4.30'da verilen kondansatörün gövdesi üzerinde üstte 250 AC V ve altta 223 K kodları yer almaktadır. Bu harf ve rakam kodlarına göre kondansatörün hangi parametreleri elde edilebilir?



Görsel 4.30: Kondansatör rakam kodları

ÇÖZÜM

223 K kodunda 2 ve 2 birinci ve ikinci rakamı, 3 ise çarpan ya da ilk iki rakamın yanına eklenecek sıfır sayısını gösterir. K harfi ise tolerans değeri için harf kodudur. Tablo 4.11'den yararlanılarak tolerans değeri bulunabilir. 250 AC V ifadesi ise azami çalışma gerilimini gösterir. Buna göre kondansatörün kapasite değeri 22 · 1.000 = 22.000 pF = 22 nF = 0,022 µF, tolerans değeri ±%10, azami çalışma gerilimi AC 250 V olarak tespit edilir.

14. ÖRNEK

Bir kondansatörün gövdesi üzerinde 104 yazılıdır. Bu harf ve rakam kodlarına göre kondansatörün hangi parametreleri elde edilebilir?

ÇÖZÜM

Üç basamaklı sayı gösteriminde üçüncü sayı çarpan ya da ilk iki rakamın (10'un) yanına eklenecek sıfır sayısını gösterir. Buna göre kondansatörün kapasite değeri 10 · 10.000 = 100.000 pF = 100 nF = 0,1 µF olarak tespit edilir.

SIRA SİZDE

Görsel 4.31'de yer alan seramik kondansatörün değerini, kapasitesini, toleransını ve çalışma gerilimini bulup yanındaki boşluğa yazınız. Bulduğunuz değerleri diğer bir arkadaşınızla karşılaştırıp hatalı kısımlar varsa düzeltiniz.



Görsel 4.31: Seramik kondansatör

DİKKAT

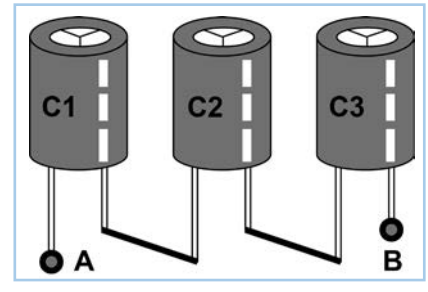
182. sayfadaki 4.2. ve 184. sayfadaki 4.3. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

4.4. KONDANSATÖR BAĞLANTILARI

Birden çok kondansatörün kullanıldığı devrelerde, devredeki kondansatörlerin depolayabileceği yükü tek başına depolayabilen kondansatörün kapasitesine, **devrenin eş değer kapasitesi** denir. Eş değer kapasite, $C_{Eş}$ ile gösterilir. Eş değer kapasitenin büyüklüğü kondansatörlerin kapasitelerine ve bağlanma şekillerine göre değişir. Kondansatörlü devreler seri, paralel veya her iki bağlama şeklinin de kullanıldığı karışık devreler şeklinde olabilir.

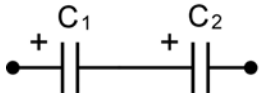
4.4.1. Kondansatörlerin Seri Bağlantısı

İki veya daha fazla kondansatörün tek bir bağlanması [bir kondansatörün artı (+) ucunun bir sonraki kondansatörün eksi (-) ucuna bağlanması] şeklindedir (Görsel 4.32). Seri bağlı tüm kondansatörler eşit şarj ve eşit şarj akımına sahiptir. Seri devrede tüm kondansatörlerde depolanan yük aynıdır.



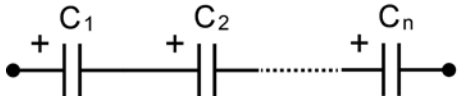
Görsel 4.32: Kondansatörlerin seri bağlantısı

Kondansatörler seri bağlandığında eş değer kapasite, seri bağlı kondansatörlerin kapasitelerinin tersleri toplamının tersine eşittir. Seri bağlantıdaki eş değer kapasite, devredeki en küçük kapasite değerinden daha küçüktür. Seri bağlantıda toplam kapasite azalır. Görsel 4.33'te iki kondansatörün seri bağlantısı ve eş değer kapasite denklemleri, Görsel 4.34'te çok sayıda kondansatörün seri bağlantısı ve eş değer kapasite denklemi verilmiştir.



$$\frac{1}{C_{EŞ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \rightarrow C_{EŞ} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Görsel 4.33: İki kondansatörün seri bağlantısı ve eş değer kapasite denklemleri



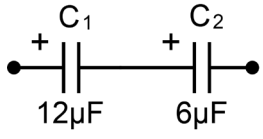
$$\frac{1}{C_{EŞ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots\cdots + \frac{1}{C_n}$$

Görsel 4.34: Çok sayıda kondansatörün seri bağlantısı ve eş değer kapasite denklemi

15. ÖRNEK

C_1 = 12 µF, C_2 = 6 µF olan seri bağlı kondansatörlerin eş değer kapasite değerini bulunuz.

ÇÖZÜM

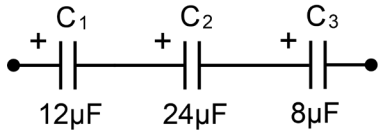


$$C_{EŞ} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4\mu F\text{'dır.}$$

16. ÖRNEK

C_1 = 12 µF, C_2 = 24 µF ve C_3 = 8 µF olan seri bağlı kondansatörlerin eş değer kapasite değerini bulunuz.

ÇÖZÜM



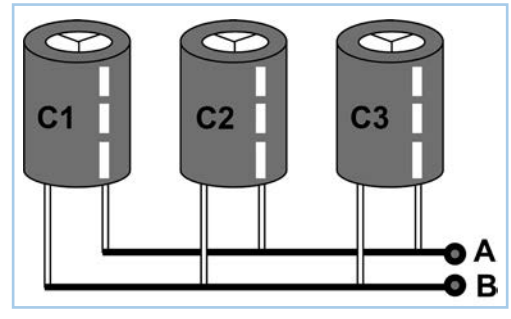
$$\frac{1}{C_{EŞ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{12} + \frac{1}{24} + \frac{1}{8}$$

$C_{EŞ}$ = 4µF'dır.

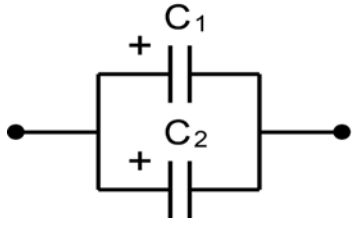
4.4.2. Kondansatörlerin Paralel Bağlantısı

İki veya daha fazla kondansatörün eksi (-) işaretli uçlarının bir noktaya, artı (+) işaretli uçlarının diğer bir noktaya bağlanması şeklindedir (Görsel 4.35). Devredeki şarj akımı paralel bağlı tüm kondansatörlere dağıtılır. Paralel devrede toplam yük, paralel bağlı kondansatörler arasında bölünür.

Kondansatörler paralel bağlandığında eş değer kapasite, paralel bağlı kondansatörlerin kapasitelerinin toplamına eşittir. Paralel bağlantıdaki eş değer kapasite, devredeki en büyük kapasite değerinden daha büyüktür. Paralel bağlantıda toplam kapasite artar. Paralel bağlantı daha yüksek kapasite değerlerinin gerekli olduğu bazı uygulamalarda kullanılır. Bazı DC güç kaynaklarında daha iyi filtreleme için üstün dalgalanma faktörüne sahip küçük kondansatörler kullanılır. Kapasite değerini artırmak için bu tip kondansatörler paralel bağlanır. Görsel 4.36'da iki kondansatörün paralel bağlantısı ve eş değer kapasite denklemi, Görsel 4.37'de çok sayıda kondansatörün paralel bağlantısı ve eş değer kapasite denklemi verilmiştir.

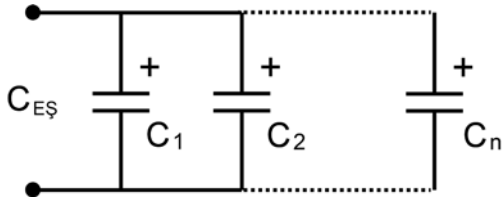


Görsel 4.35: Kondansatörlerin paralel bağlantısı



$$C_{EŞ} = C_1 + C_2$$

Görsel 4.36: İki kondansatörün paralel bağlantısı ve eş değer kapasite denklemi



$$C_{EŞ} = C_1 + C_2 + \ldots\ldots + C_n$$

Görsel 4.37: Çok sayıda kondansatörün paralel bağlantısı ve eş değer kapasite denklemi

17. ÖRNEK

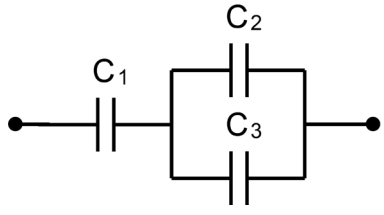
C_1 = 12 µF, C_2 = 24 µF ve C_3 = 8 µF olan paralel bağlı kondansatörlerin eş değer kapasite değerini bulunuz.

ÇÖZÜM

$C_{Eş} = C_1 + C_2 + C_3 = 12 + 24 + 8 = 44$ µF olarak bulunur.

4.4.3. Kondansatörlerin Karışık (Seri-Paralel) Bağlantısı

Seri ve paralel bağlantının her ikisinin de kullanıldığı bağlantılardır (Görsel 4.38). Hem seri hem de paralel bağlanmış kondansatörleri içeren bu tür devrelerde çözüm yapılırken ilk önce kendi aralarında seri veya paralel bağlanmış kondansatörlerden başlanır. Daha sonra diğer kondansatörler ile bağlama şekillerine göre yeniden değerlendirilerek sondan başa doğru adım adım hesap yapılır.



$$C_{EŞ} = C_1 + (C_2 \,//\, C_3) = \frac{C_1 \cdot (C_2 + C_3)}{C_1 + (C_2 + C_3)}$$

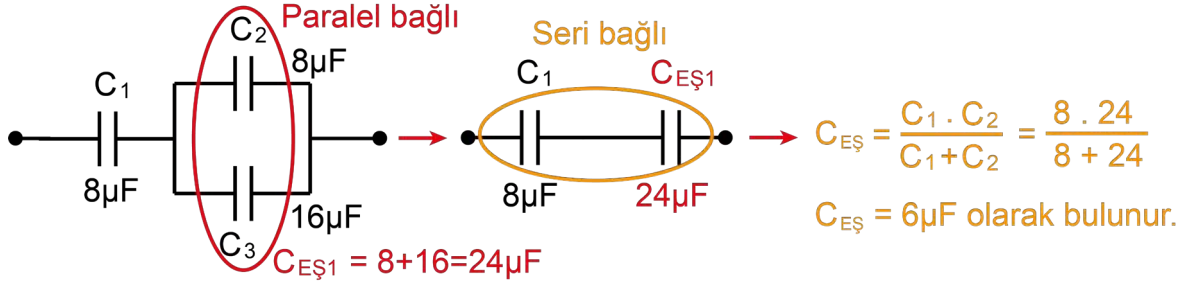
Görsel 4.38: Kondansatörlerin karışık bağlantı örneği ve eş değer kapasite denklemi

18. ÖRNEK

Görsel 4.38'deki karışık bağlı kondansatörlerden C_1 = 8 µF, C_2 = 8 µF, C_3 = 16 µF ise bağlantının eş değer kapasite değerini bulunuz.

ÇÖZÜM

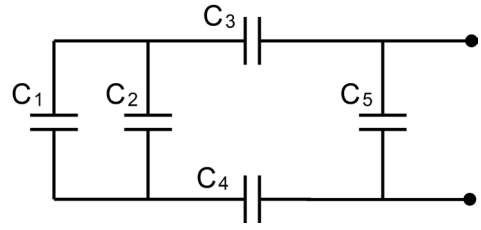
Görsel 4.39'daki devre şemasına göre C_2 ve C_3 kondansatörleri paralel bağlıdır. Önce bu kısım sadeleştirilerek $C_{Eş1}$ hesaplanarak bulunur. Devre şeması yeniden çizildiğinde C_1 ve $C_{Eş1}$ kondansatörleri seri bağlıdır. Toplam eş değer kapasite $C_{Eş}$ hesaplanarak bulunur (Görsel 4.39).



Görsel 4.39: Devre şemalarının sadeleştirilerek çözümü

19. ÖRNEK

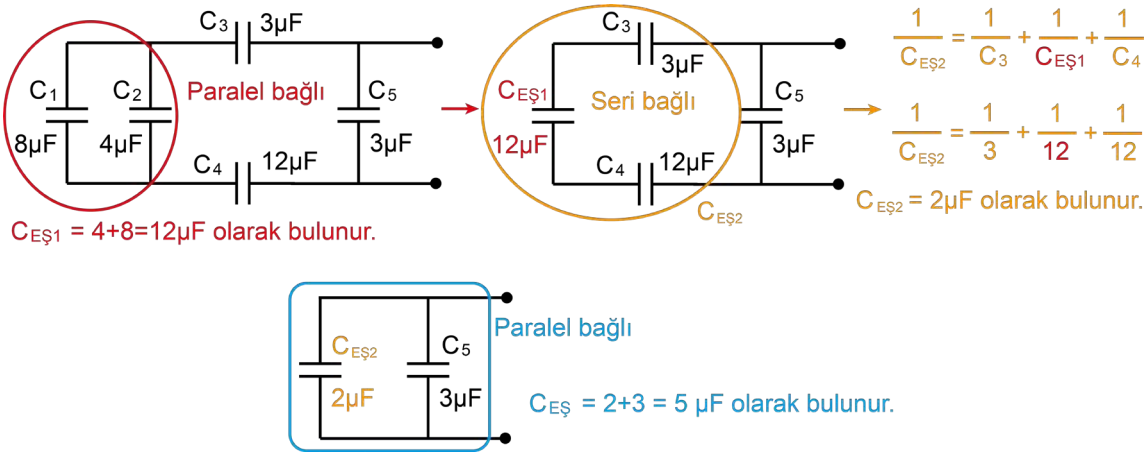
Görsel 4.40'taki karışık bağlı kondansatörlerden C_1 = 8μF, C_2 = 8μF, C_3 = 16μF ise bağlantının eş değer kapasite değerini bulunuz.



Görsel 4.40: Kondansatörlerin karışık bağlantı örneği

ÇÖZÜM

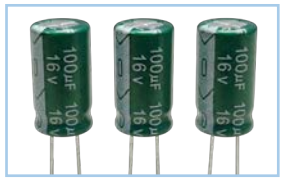
Soldan başlayarak sağa doğru kondansatör bağlantı şekline göre sadeleştirilerek toplam eş değer kapasite değeri hesaplanır. C_1 ve C_2 kondansatörleri birbirine paralel bağlıdır. Bu iki kondansatörün eş değer kapasitesi $C_{Eş1}$ hesaplanarak bulunur. $C_{Eş1}$'e göre yeniden devre şeması çizildiğinde C_3, C_4 ve $C_{Eş1}$ kondansatörleri seri bağlıdır. Bu 3 kondansatörün eş değer kapasitesi $C_{Eş2}$ hesaplanarak bulunur. $C_{Eş2}$'ye göre yeniden devre şeması çizildiğinde C_5 ve $C_{Eş2}$ kondansatörleri paralel bağlıdır. Bu iki kondansatörün eş değer kapasitesi hesaplandığında toplam kapasite elde edilir (Görsel 4.41).



Görsel 4.41: Devre şemalarının sadeleştirilerek çözümü

SIRA SİZDE

Görsel 4.42'de yer alan 100 uF elektrolitik kondansatörlerin kutuplarına dikkat ederek seri, paralel ve karışık bağlantılarını görsel yanındaki boşluğa çiziniz.



Görsel 4.42: Elektrolitik kondansatör

DİKKAT

186. sayfadaki 4.4., 188. sayfadaki 4.5. ve 190. sayfadaki 4.6. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

4.5. KONDANSATÖRÜN ŞARJ VE DEŞARJ SÜRELERİ

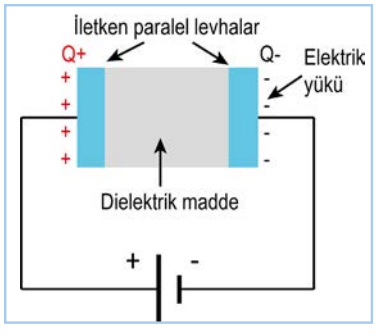
Kondansatörlerin şarjı, kondansatör plakalarının değişik hâlde yüklenmesidir. Bir başka deyişle kondansatördeki iletken levhalar arasında potansiyel farkın meydana gelmesi anlamına gelir (Görsel 4.43). Kondansatörün iki levhasının eşit miktarda elektronu varken kondansatör boştur. Kondansatör bir pile bağlandığı zaman pilin pozitif (+) kutbunun bağlandığı levhadaki elektronlar, pilin pozitif ucuna doğru gider. Bu levha pozitif duruma geçer. Bu levhanın artı yük kazanması, karşısındaki levhaya gelen elektron sayısını artırır. Pilin artı ucuna yakın olan levha pozitif, öbür levha ise negatif (-) olarak yüklenir. Kondansatörde bulunan dielektrik malzeme yalıtkan olduğu için pil sürekli bir akım dolanımı başlatamaz.

Kondansatörün levhaları arasındaki potansiyel gerilim pil gerilimine eşit olduğunda geçen akım sıfıra iner. Kondansatörün pille bağlantısı kesildikten sonra kondansatörde biriken enerji kısa bir süreliğine levhalarda kalır. Kondansatörün yükü belli bir süre tutması, levhaların ve dielektrik maddenin kalitesine bağlıdır.

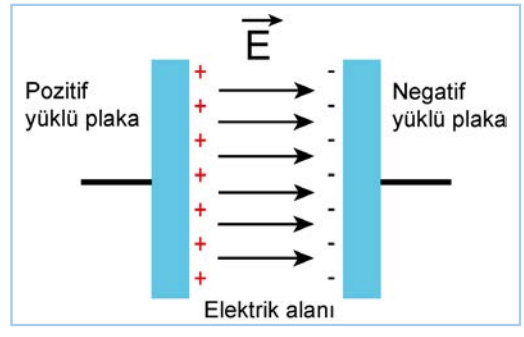
DC devrelerde kondansatörler ilk anda şarj olur. DC akım kesildikten sonra da bir süre bu şarj durumunda kalır.

AC devrelerde ise kondansatörler alternans değiştikçe sürekli olarak dolup boşalır. Pozitif alternans yükselirken kondansatör şarj olmaya başlar. Akım en yüksek değerden sıfıra doğru inerken kondansatör boşalır. Alternans negatif yönde yükselirken kondansatör bu kez ters yönlü dolmaya başlar. Akım negatif en yüksek değerden sıfıra doğru inerken kondansatör yine boşalır.

Kondansatörün her iki levhasında eşit derecede elektron bulunduğu zaman eleman boş olarak nitelenir. Kondansatörün dolması iki levhadan birinin artı (+), diğerinin eksi (-) yük ile yüklenmesi demektir (Görsel 4.44).



Görsel 4.43: Kondansatörün şarjı



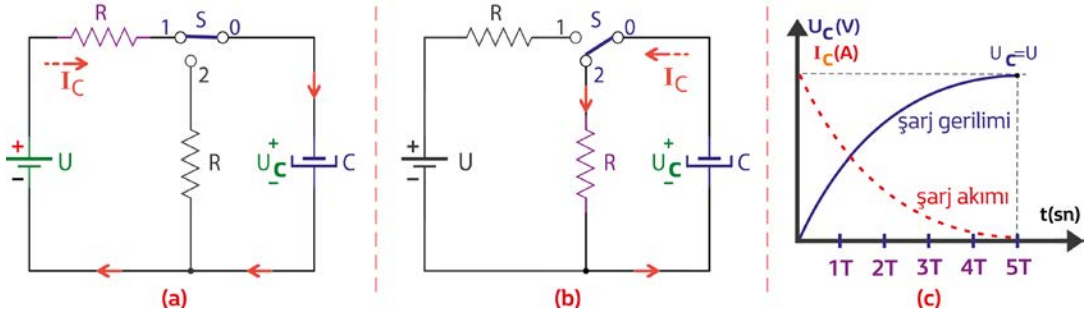
Görsel 4.44: Kondansatör içindeki elektrik alanı

Kondansatör, devrenin ilk çalışma anında kaynak gerilimine şarj olmaya başlar. En yüksek (maksimum) şarj işlemi gerçekleşene kadar kondansatör üzerinden geçici olarak ve gittikçe azalan bir akım akar. Bu akım kondansatör kaynak gerilimine şarj olduğunda sıfır olur. Kondansatör tarafından depolanan elektrik enerjisi ihtiyaç olduğunda tekrar kullanılabilir. Kondansatörler, piller gibi enerji depolama amacıyla değil depo edilen enerjinin anlık olarak hızlı kullanımı sağlanacak şekilde yapılır. Piller, kondansatörlerden daha uzun sürelerde ve daha fazla enerji sağlayabilir. Kondansatör ise bir pilden kat kat daha hızlı bir şekilde daha fazla enerjiyi yüksek verimlilikte şarj veya deşarj edebilir.

Kondansatörün şarjı, elektrik enerjisinin iki plaka arasında elektrik alan olarak depolanmasıdır. Deşarjı ise kondansatörde depolanan enerjinin devreye geri verilmesi ve gerilimin zamanla sıfıra düşmesi sürecidir.

Görsel 4.45.a'da yer alan devrede S anahtarı 1 konumuna alındığında, kondansatör doluncaya (şarj) kadar kondansatör üzerinden akım geçer. Şarj olan kondansatörün uçları arasındaki gerilim kaynak gerilimine eşit olur. Bu durumda kaynak ile arasındaki potansiyel fark sıfır olacağı için devreden akım akmaz. Şarj olmuş kondansatör DC gerilim altında açık devre davranışı gösterir.

Görsel 4.45.b'de yer alan devrede S anahtarı 2 konumuna alındığında kondansatörde depo edilmiş olan enerji direnç üzerinde harcanır, bir başka ifadeyle deşarj olur. Şarj işlemi maksimum akım değeri ile başlayarak zaman içerisinde azalır. Kondansatör üzerindeki gerilim ise sıfırdan başlayarak kaynak gerilimine yaklaşır (Görsel 4.45.c).



Görsel 4.45: Kondansatörün DC akımda şarj ve deşarjı

Kondansatörün şarj ve deşarj süreleri zaman sabiti (T= R x C) ile belirlenir. Zaman sabiti kondansatör ve şarj-deşarj yolundaki direnç değerine bağlıdır. Bu değerler büyüdükçe şarj-deşarj süreleri artar. Zaman sabiti "T" ile gösterilir.

T= R x C

T: Zaman sabiti (sn.)

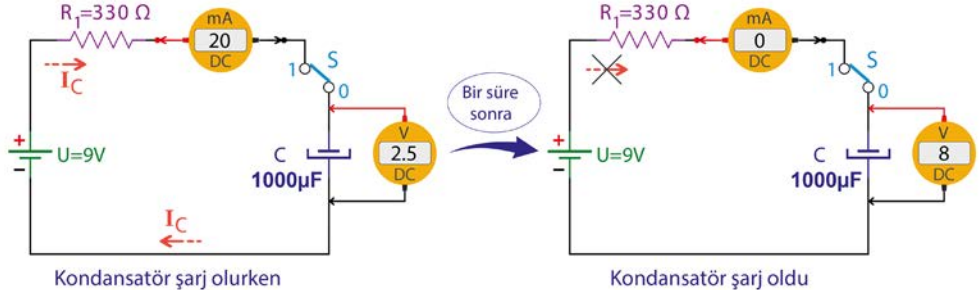
R: Direnç (ohm)

C: Kapasite (F)

NOT

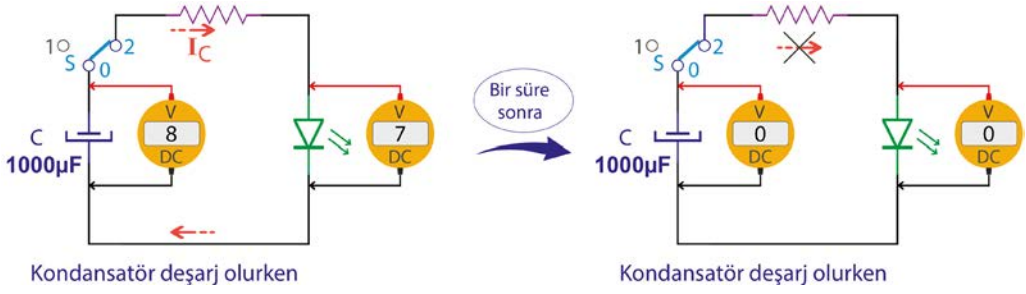
T = R x C sürede kondansatör gerilimi, şarj geriliminin ancak 0,632'si kadardır. Kondansatör pratikte 5T kadar sürede tam dolmuş kabul edilir.

Görsel 4.46'daki devrede S anahtarı 1 konumuna alındığında kondansatör ilk anda boş olduğundan devreden maksimum akım (20 mA) geçer. Bu esnada kondansatör üzerindeki gerilim değeri sıfırdan başlayarak kaynak gerilimi olan 9 V'a doğru şarj olur. R_1 direnci üzerinde gerilim oluşacağı için kondansatör gerilimi 9 V'a ulaşamaz. Şarj olan kondansatör açık devre davranışı gösterdiği için ampermetre sıfır değerini gösterir.



Görsel 4.46: Kondansatörün şarj durumu

Görsel 4.47'deki devrede S anahtarı 2 konumuna alındığında kondansatörün depoladığı enerji direnç ve LED üzerinden harcanmaya başlar. Kondansatörün depoladığı enerji maksimumdan başlayarak sıfıra doğru azalır.



Görsel 4.47: Kondansatörün deşarj durumu

DİKKAT

192. sayfadaki 4.7. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

4.6. KONDANSATÖR TESTİ

Bir kondansatörün düzgün çalışıp çalışmadığını test etmek için farklı yöntemler vardır. Test etmenin en kolay ve en hızlı yollarından biri, kapasite ölçme özellikli dijital multimetre kullanmaktır. Orta ve üst düzey dijital multimetrelerin çoğu bu işlevi yerine getirir. Ayrıca LCR metre ile kapasite ölçümü kolayca yapılabilir.

4.6.1. Kondansatörün Özellikleri ve Sağlamlık Testi

Tüm elektrikli ve elektronik bileşenler gibi bir kondansatör de ani gerilim yükselmelerine duyarlıdır. Bu tür gerilim dalgalanmaları kondansatörlere kalıcı olarak zarar verebilir. Elektrolitik kondansatör, kısa bir süre içinde hızlı deşarj nedeniyle de bozulabilir. Zaman içinde kuruma nedeniyle de şarjı tutamaz hâle gelebilir. Elektrolitik olmayan kondansatörler ise kaçaklar nedeniyle arızalanır.

Kondansatörler için bazı güvenlik önlemleri alınmalıdır. Kondansatörler, elektrik enerjisini küçük miktarlardan büyük miktarlara depolayan aygıtlardır. Bu yüksek enerjiden dolayı güç bağlantısı kesilmiş olsa bile elektrik yükü gözlemlenebilir. Bazen bu yüksek enerjili kondansatörler, devre bileşenlerine zarar verebilir. Bu problemlerden kaçınmak için yapılması gereken en iyi şey, elektrik devrelerinde kullanmadan önce kondansatörleri deşarj etmektir.

Kondansatörlerin sağlamlık testi değişik ölçü aletleri ve tekniklerle yapılabilir. En yaygın kullanılan yöntemler; kapasite ölçümü yapabilen dijital multimetre (Avometre), analog multimetre veya LCR metre kullanmaktır. Ayrıca sadece kapasite ölçümü yapan kapasitemetreler de bulunmaktadır.

4.6.1.1. Dijital Multimetre ile Sağlamlık Testi

Dijital multimetrelerdeki kapasiteölçer, kondansatörün kapasitesini gösterir. Ancak bazıları ESR (eş değer seri direnç), sızıntı akımı gibi diğer parametreleri de gösterir.

Kapasite ölçme özelliğine sahip dijital multimetre kullanarak bir kondansatörü test etmek için uygulanan adımlar vardır. Böylece birkaç nanoFarad'dan birkaç yüz mikroFarad'a kadar değişen kondansatörler ölçülebilir. Görsel 4.48'de kondansatörün dijital multimetreyle testinin görseli verilmiştir.



Görsel 4.48: Kondansatörün dijital multimetreyle testinin görselleri

- Kondansatör devrede ise devre kartından çıkartılır ve tamamen deşarj edilir.
- Kondansatörün gövdesi üzerinde kapasite değeri yazıyorsa bu değer not edilir.
- Dijital multimetrede ölçme kademesi kapasite konumuna getirilir.
- Multimetrenin ölçme probları kondansatörün ayaklarına bağlanır. Polarize bir kondansatör olması durumunda kırmızı prob, kondansatörün artı (+) terminaline (genellikle daha uzun uç) ve siyah prob, kondansatörün eksi (-) terminaline bağlanır. Kutuplu olmayan kondansatör olması durumunda her iki şekilde de bağlanır.
- Dijital multimetre ekranındaki değerler takip edilir. Multimetre okumaları kondansatörün gövdesi üzerinde yazan gerçek kapasite değerine daha yakınsa kondansatör sağlamdır. Gerçek kapasite değeri ile ölçülen okuma arasındaki fark önemli ölçüde büyükse veya sıfırsa kondansatör bozuktur.

Ölçü aletinin değer ekranında kapasite değeri yerine 1 ifadesinin görülmesi küçük bir kademe seçildiğini gösterir. Bu durumda kademe büyütülmelidir. Değer ekranında 0 ifadesinin görülmesi büyük bir kademe seçildiğini gösterir. Bu durumda kademe küçültülmelidir. Aynı zamanda okunan değerde hassasiyet artırılmak isteniyorsa (100 µF yerine 99,6 µF gibi) kademe küçültülmelidir.



Görsel 4.49: Kondansatörün analog multimetre ile testinin görselleri

4.6.1.2. Analog Multimetre ile Sağlamlık Testi

Dijital multimetreler gibi analog multimetreler; akım (A), gerilim (V) ve direnç (Ω) gibi farklı elektriksel büyüklükleri ölçebilir. Analog multimetre kullanarak bir kondansatörü test etmek için ölçü aletinin ohmmetre işlevi kullanılır. Analog multimetre kullanarak bir kondansatörü test etmek için uygulanan işlem adımları şunlardır: (Görsel 4.49).

- Kondansatör devrede ise devre kartından çıkartılır ve tamamen deşarj edilir.
- Analog multimetre direnç ölçme (ohmmetre) konumuna ayarlanır. Küçük kapasiteli kondansatörlerin (1 pF - 1 µF) ölçümü yapılırken ölçü aleti (ohm) kademesi X1K, X10K veya X100K konumunda olmalıdır. Büyük kapasiteli kondansatörlerin (1-38000 µF) sağlamlık testi yapılırken ise kademe anahtarı X10, X100 konumuna alınır.
- Multimetrenin ölçme probları kondansatörün ayaklarına bağlanır. Polarize bir kondansatör olması durumunda siyah prob (aletin içindeki pilin artısı), kondansatörün artı (+) terminaline (genellikle daha uzun uç) ve kırmızı prob (aletin içindeki pilin eksisi), kondansatörün eksi (-) terminaline bağlanır. Kutuplu olmayan kondansatör olması durumunda her iki şekilde de bağlanır.
- Sağlam bir kondansatör için direnç başlangıçta düşük olmalı, çok sapma görülmeli ve kademeli olarak direnç artmalı, sapma azalmalıdır. Direnç her zaman düşükse bir başka ifadeyle ibre sıfıra yakınsa kondansatör kısa devre olmuştur. Ölçü aletinin ibresi hiç hareket etmiyor veya direnç her zaman çok yüksekse kondansatör açık devre olmuştur. Her iki durumda da kondansatör bozuktur. Ölçü aletinin ibresi sıfıra ya da sıfıra yakın saptıktan sonra sapma yavaş yavaş azalıyor ancak ibre tamamen başa dönmüyorsa kondansatör sızıntılıdır. Buna **yarı kısa devre durumu** da denir.

4.6.1.3. LCR metre ile Sağlamlık Testi

Kapasite değeri ölçülmek istenen veya arıza sebebiyle gerçek kapasite değerinde olup olmadığı bilinmeyen kondansatörler LCR metreler (L: Endüktans, C: Kapasitans, R: Direnç) ile tam olarak tespit edilebilir.

LCR metre ile kondansatör testi veya kapasite ölçümünde ölçü aletinin üzerinde bulunan Lx ve Cx prob soketleri kullanılır. Ölçülecek kondansatörün kapasite değeri biliniyorsa kademe seçimi ölçülecek kondansatörün kapasite değerine uygun yapılmalıdır.

Kondansatör ölçü aleti problarına bağlandıktan sonra ölçü aletinin değer ekranında kapasite değeri yerine 1 ifadesinin görülmesi küçük bir kademe seçildiğini gösterir. Bu durumda kademe büyütülmelidir.

Değer ekranında 0 ifadesinin görülmesi büyük bir kademe seçildiğini gösterir. Bu durumda kademe küçültülmelidir (Görsel 4.50).

LCR metre ekranında görülen kapasite değeri ile kondansatör üzerinde yazan kapasite değeri arasındaki fark, kondansatörün toleransı ve ölçü aletinin ölçme hatasından kaynaklanır.



Görsel 4.50: Kondansatörün LCR metre ile testi

4.6.2. Kondansatörlerin Kısa ve Açık Devre Özellikleri

Kondansatörler, uygun şartlarda çalıştırıldığında bozulmayan ve devrede kararlı çalışan elemanlardır. Uygun çalışma gerilimi ve sıcaklıkta ömürleri oldukça uzundur. Ancak bazen kondansatörlerde arıza meydana gelebilir.

Kısa Devre: Yüksek sıcaklıklarda çalışan kondansatörlerin uzun süreli şarj ve deşarj olması sebebiyle dielektrik maddenin özelliğini kaybetmesi sonucu kısa devre meydana gelebilir. Kâğıtlı ve elektrolitik kondansatörlerde bu durumla daha sık karşılaşılır. Analog ohmmetre ile kondansatörün kontrolü sırasında ibre sıfır ohm değerine doğru saparak orada kalır. Ancak büyük kapasiteli kondansatörlerin ohmmetre bataryası ile şarjı uzun süreceği için dikkatli ölçme yapılmalıdır.

Açık Devre: Daha çok elektrolitik kondansatörlerde meydana gelen arızalardır. Kondansatör içindeki elektrolitin zamanla sıcaklık sebebiyle kuruması veya elektrolit temas direncinin artması sonucu açık devre meydana gelebilir. Böyle bir kondansatör ölçülürken şarj olayı meydana gelmez ve ibre devamlı olarak sonsuz direnç değeri gösterir. Ancak küçük kapasiteli kondansatörlerin (100 pF veya daha küçük) şarj akımı oldukça küçük ve kısa süreli olduğundan test edilmesi sırasında ohmmetrenin kontrol momenti dolayısıyla ibre sapmayabilir. Bu yüzden küçük kapasiteli kondansatörlerin testinde dikkatli davranılmalı ve hemen arızalı olduğu düşünülmemelidir.

4.6.3. Kondansatörlerdeki Sızıntı Akımı

Kondansatörlerin metal plakalarını ayırmak için kondansatörlerde kullanılan tüm dielektrik malzemeler mükemmel yalıtkanlar değildir. Sızıntı akımı gibi az miktarda bir akımın içinden akmasına izin verir. Bu etki, besleme gerilimi uygulandığında bir kondansatörün plakaları üzerindeki yük parçacıkları tarafından oluşturulan yüksek güçlü elektrik alanından kaynaklanır.

Kondansatörün dielektrik malzemesinin özelliğini kaybetmesi nedeniyle yalıtım direnci düşer. Bu durumda kondansatörden sızıntı şeklinde devamlı akım geçer. Bu tip arızalı kondansatörlerin dirençleri olması gerekenden oldukça küçüktür. Bir kondansatörün sızıntı akımı nanoAmper (nA) cinsinden az miktarda DC akımdır. Bunun nedeni, elektronların dielektrik malzeme içinden akmasıdır.

Sızıntı akımı, istenmeyen enerjinin bir devreden diğerine aktarılması olarak tanımlanır. Kondansatörlerin sızıntı akımı, amplifikatör (yükselteç) kuplaj devrelerinde ve güç kaynağı devrelerinde önemli bir faktördür.

Film veya folyo tipi kondansatörlerde kaçak akım çok düşüktür. Kapasite değerlerinin yüksek olduğu tantal ve elektrolitik kondansatörlerde ise kaçak akım çok yüksektir. Bu kondansatörlerde sızıntı akım, µF başına 5-20 µA seviyesindedir.

Analog multimetrenin ohmmetre kademesinde kondansatörü test ederken ölçü aletinin ibresi sıfıra ya da sıfıra yakın saptıktan sonra sapma yavaş yavaş azalıyor ancak ibre tamamen başa dönmüyorsa kondansatör sızıntılıdır. Buna **yarı kısa devre durumu** da denir.

ARAŞTIRMA

Aşağıda verilen konuları arkadaşlarınız ile grup olarak araştırınız. Araştırma sonuçlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. Kondansatör arızasının nedenleri nelerdir?
2. Kondansatör ömrünü uzatmak için hangi önlemler alınmalıdır?
3. Motor sürücü devrelerinde kullanılacak kondansatörlerin özellikleri nelerdir?

NOT

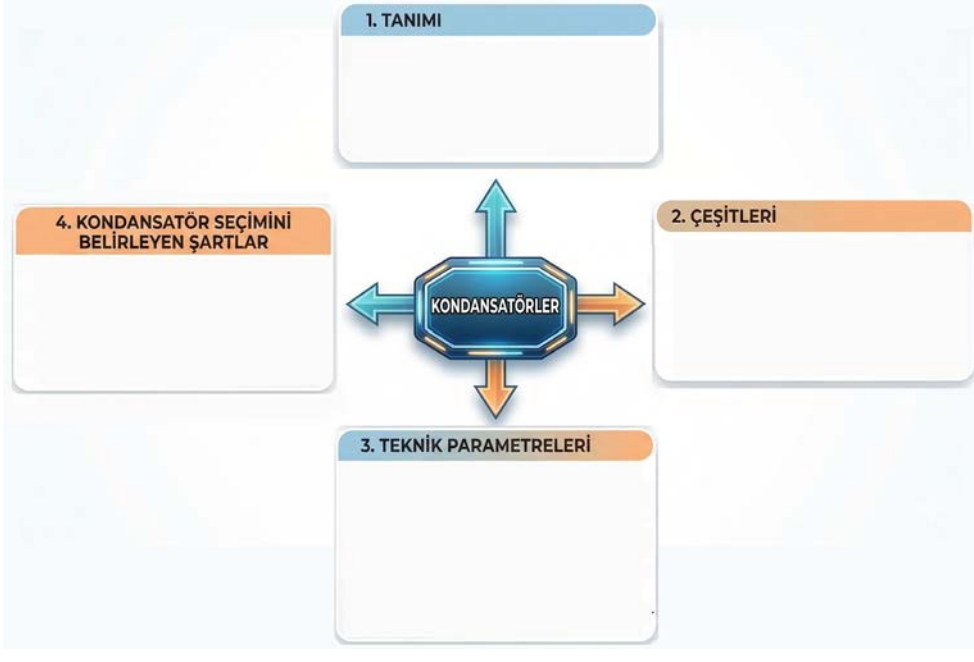
Kondansatörler, enerji depolama özellikleri sayesinde güneş ve rüzgâr enerji santrallerinin yeşil dönüşüm sürecinde enerji verimliliğini artıran ve sürdürülebilir teknolojilerin gelişimini destekleyen temel bileşenler arasında yer alır. Kondansatör, depoladığı elektrik enerjisini gerektiğinde hızla geri verebilme özelliği sayesinde güneş ve rüzgâr enerji kaynaklarından elde edilen dalgalı gerilimlerin dengelenmesinde önemli rol oynar. Bu sayede güç şebekelerinde kararlılık sağlanır, enerji kayıpları azaltılır ve karbon salınımının düşürülmesine katkı sunulur. Bunun dışında elektrikli araçlarda kullanılan modern kondansatör teknolojileri, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak yeşil ekonomiye geçişi hızlandırmaktadır.

DİKKAT

194. sayfadaki 4.8. ve 196. sayfadaki 4.9. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

SIRA SİZDE

Aşağıda kondansatörlerle ilgili kavram analizi şeması verilmiştir. İstenen bilgilere göre kutuları doldurunuz (Görsel 4.51).



Görsel 4.51: Kondansatör bilgileri

4.1. UYGULAMA

Adı	KAPASİTE, GERİLİM DEĞERİ VE ÇEŞİDİNE GÖRE KONDANSATÖR SEÇİMİ
Süresi	40 dakika

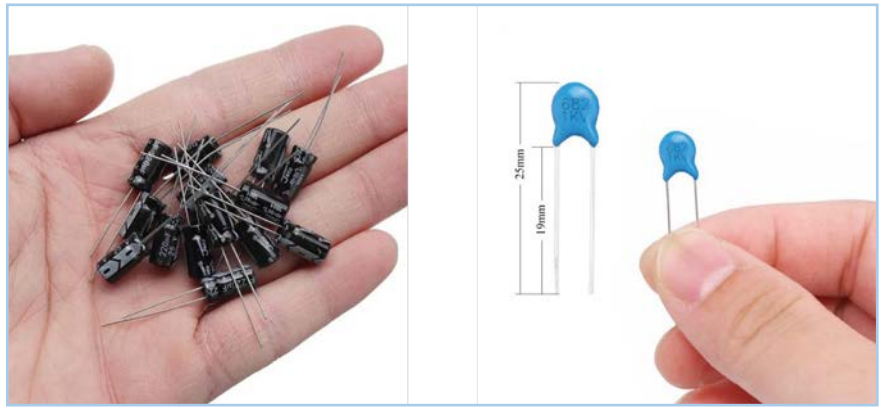
Amaç: Kapasite, gerilim değeri ve çeşidine göre kondansatör seçimi yapmak
Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak kapasite, gerilim değeri ve çeşidine göre kondansatör seçimi uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör	Film tipi	1 adet
Kondansatör	Seramik tipi	1 adet
Kondansatör	Elektrolitik tipi	1 adet
Kondansatör	Trimer	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

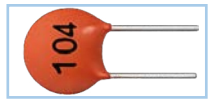
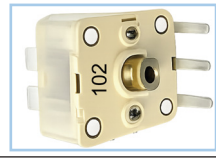
1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen çeşitli kapasite, tip ve yapıdaki kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz (Görsel 4.52). Harf ve rakam kodları okunmayan kondansatör varsa öğretmeninize sorarak değiştiriniz.



Görsel 4.52: Kondansatörlerin kontrolü

3. Kondansatörlerin üzerindeki harf ve rakamları okuyarak not ediniz.
4. Kapasite ve tipine göre kondansatörlerin seçilmesine ilişkin Tablo 4.12'yi doldurunuz.
5. Çalışma gerilimine göre kondansatörlerin seçimine ilişkin Tablo 4.13'ü doldurunuz.
6. Uygulamalara ve tipine göre kondansatörlerin seçimine ilişkin Tablo 4.14'ü doldurunuz.
7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.12: Kondansatör Tespit ve Seçimi

Görseli	Kapasitesi	Tipi
		
		
		
		

Tablo 4.13: Çalışma Gerilimine Göre Kondansatör Seçilmesi

Kondansatörün Kullanılacağı Devrenin Besleme Gerilimi (A)	Kullanılacak Kondansatörün Hesaplanan En Az Çalışma Gerilimi (B)	Uygulamada Seçilmesinde Yarar Görülen Çalışma Gerilimi (Daha uzun çalışma ömrü için %50 fazlası) (C)
DC 5 V		
DC 12 V		
AC 24 V		
AC 220 V		

Tablo 4.14: Uygulamaya Göre Kondansatör Seçilmesi

Uygulama Adı	Uygun Kondansatör Tipi
Güç Kaynağı	
Audio (Ses) Frekans Kuplaj	
RF (Yüksek) Frekans Kuplaj	
RF Dekuplaj	
Ayarlı (Tuned) Devreler	

UYGULAMA SORUSU

Çalışma gerilimine göre kondansatör seçiminin önemi nedir? Kısaca açıklayınız.

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

4.2. UYGULAMA

Adı	RENK KODLARINA GÖRE KONDANSATÖR DEĞERLERİNİN TESPİTİ
Süresi	40 dakika

Amaç: Renk kodlarına göre kondansatör değerlerinin tespit edilmesini sağlamak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak renk kodlarına göre kondansatör değerlerinin tespit edilmesi uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör	Dört renk bantlı	1 adet
Kondansatör	Beş renk bantlı	1 adet
Kondansatör	Altı renk bantlı	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen çeşitli renk bantlarına sahip kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz. Renk kodları okunmayan kondansatör varsa öğretmeninize sorarak değiştiriniz.
3. Kondansatörlerin üzerindeki renkleri sırasıyla (genellikle üstten aşağıya doğru) tespit ediniz.
4. Kondansatör renk bantlarına göre kondansatörün tespit edilen parametrelerine ilişkin Tablo 4.15'i doldurunuz.
5. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.15: Renk Kodlarına Göre Kondansatör Değerlerinin Tespit Edilmesi

Sıra No.	Renkleri		Kapasitesi	Toleransı %	Çalışma Gerilimi (V)	Sıcaklık Katsayısı
1	Renk					
	Renk					
	Renk					
	Renk					
2	Renk					
	Renk					
	Renk					
	Renk					
	Renk					

3	Renk					
	Renk					
	Renk					
	Renk					
	Renk					
	Renk					

UYGULAMA SORULARI

1. Kondansatör toleransının düşük olmasının avantajı nedir? Kısaca açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. 4, 5 ve 6 renk bantlı kondansatörlerin kapasite değerlerinin belirlenmesindeki farkları yazınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

4.3. UYGULAMA

Adı	HARF VE RAKAM KODLARINA GÖRE KONDANSATÖR DEĞERLERİNİN TESPİTİ
Süresi	40 dakika

Amaç: Harf ve rakam kodlarına göre kondansatör değerlerini tespit etmek

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak harf ve rakam kodlarına göre kondansatör değerlerinin tespit edilmesi uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.

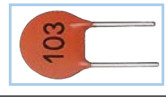
Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör	Üzerinde farklı harf ve rakam kodları bulunan	8 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen çeşitli harf ve rakam kodlarına sahip kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz. Harf ve rakam kodları okunmayan kondansatör varsa öğretmeninize sorarak değiştiriniz.
3. Kondansatörlerin üzerindeki harfleri ve rakamları sırasıyla tespit ediniz.
4. Kondansatör harf ve rakam kodlarına göre kondansatörün tespit edilen parametrelerine ilişkin Tablo 4.16.a ve Tablo 4.16.b'yi doldurunuz.
5. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.16.a: Harf ve Rakam Kodlarına Göre Kondansatör Değerlerinin Tespit Edilmesi

Kondansatör Üzerindeki Harf ve Rakam Kodları	Kapasitesi	Toleransı %	Çalışma Gerilimi (V)
			
			
			
			

Tablo 4.16.b: Harf ve Rakam Kodlarına Göre Kondansatör Değerlerinin Tespit Edilmesi

Kondansatör Üzerindeki Harf ve Rakam Kodları	Kapasitesi	Toleransı %	Çalışma Gerilimi (V)
5n6D 250			
n47H			
.047J 250			

UYGULAMA SORULARI

1. Kondansatör üzerinde bulunan rakam kodlarının renk kodlarına göre avantajı nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Kutuplu ve kutupsuz kondansatörlerin kapasite değerlerinin belirlenmesindeki farkları yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

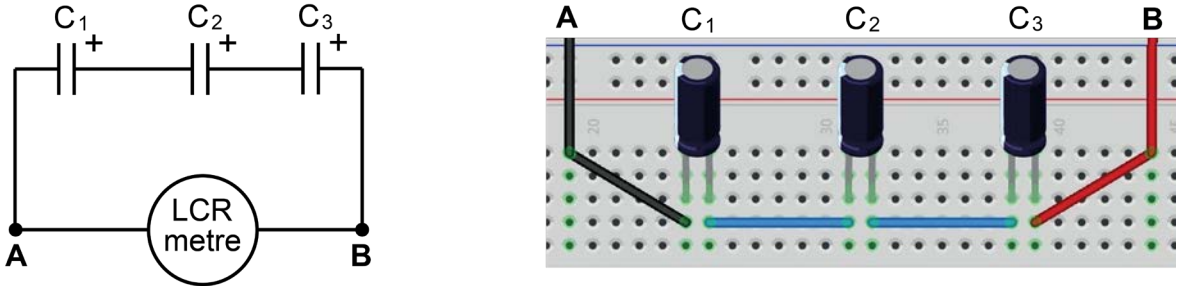
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

4.4. UYGULAMA

Adı	KONDANSATÖRLERİN SERİ BAĞLANMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Kondansatörlerin seri bağlantısını yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak kondansatörlerin seri bağlantı uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 4.53: Kondansatörlerin seri bağlantısının devre şeması ve breadboard yerleşimi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör (C_1, C_2)	8 µF	2 adet
Kondansatör (C_3)	16 µF	1 adet
Breadboard	830 pin	1 adet
LCR metre / Multimetre	Dijital multimetre kullanılacaksa kapasite ölçme özelliği olmalıdır.	1 adet
Bağlantı Kablosu	Zil teli	1 metre

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz.
3. Görsel 4.53'ten yararlanarak breadboard üzerinde kondansatörlerin seri bağlantısını yapınız.
4. Seri bağlı kondansatörlerin A-B uçları arası eş değer kapasitesini hesaplayarak hesaplama sonuçlarını Tablo 4.17'deki ilgili bölmeye kaydediniz.
5. LCR metre veya kapasite ölçme özelliği bulunan dijital multimetreyle (Avometre) seri bağlı kondansatörlerin A-B uçları arası eş değer kapasitesini ölçünüz. Bulunan ölçüm sonucunu Tablo 4.17'de ilgili bölmeye kaydediniz.
6. Ölçüm sonuçları ile hesaplama sonuçlarını karşılaştırınız.
7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.17: Kondansatörlerin Seri Bağlantısında Eş Değer Kapasite

KONDANSATÖRLERİN SERİ BAĞLANMASI	
Eş Değer Kapasite ($C_{eş}$)	
Hesaplanan	**Ölçülen**

UYGULAMA SORULARI

1. $C_{eş}$ kapasitesini azaltmak için kondansatörlerde yapılacak bağlantı türü hangisidir? Kısaca açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Seri bağlı kondansatörlerde eş değer kapasitesinin hesaplanması dirençlerin hangi bağlantı türüne benzer? Arkadaşlarınızla tartışınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

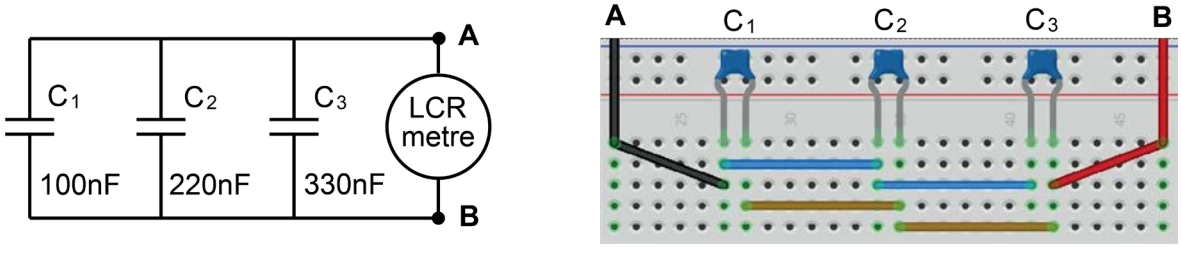
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

4.5. UYGULAMA

Adı	KONDANSATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Kondansatörlerin paralel bağlantısını yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak kondansatörlerin paralel bağlantı uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 4.54: Kondansatörlerin paralel bağlantısının devre şeması ve breadboard yerleşimi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör (C_1)	100 nF	2 adet
Kondansatör (C_2)	220 nF	1 adet
Kondansatör (C_3)	330 nF	1 adet
Breadboard	830 pin	1 adet
LCR metre / Multimetre	Dijital multimetre kullanılacaksa kapasite ölçme özelliği olmalıdır.	1 adet
Bağlantı Kablosu	Zil teli	1 metre

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz.
3. Görsel 4.54'ten yararlanarak breadboard üzerinde kondansatörlerin paralel bağlantısını yapınız.
4. Paralel bağlı kondansatörlerin A-B uçları arası eş değer kapasitesini hesaplayarak hesaplama sonuçlarını Tablo 4.18'de ilgili bölmeye kaydediniz.
5. LCR metre veya kapasite ölçme özelliği bulunan dijital multimetre ile paralel bağlı kondansatörlerin A-B uçları arası eş değer kapasitesini ölçünüz. Bulunan ölçüm sonucunu Tablo 4.18'de ilgili bölmeye kaydediniz.
6. Ölçüm sonuçları ile hesaplama sonuçlarını karşılaştırınız.
7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.18: Kondansatörlerin Paralel Bağlantısında Eş Değer Kapasite

KONDANSATÖRLERİN PARALEL BAĞLANMASI	
Eş Değer Kapasite ($C_{eş}$)	
Hesaplanan	**Ölçülen**

UYGULAMA SORULARI

1. $C_{eş}$ kapasitesini artırmak için kondansatörlerde yapılacak bağlantı türü hangisidir? Kısaca açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Paralel bağlı kondansatörlerde eş değer kapasitesinin hesaplanması dirençlerin hangi bağlantı türüne benzer? Arkadaşlarınızla tartışınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

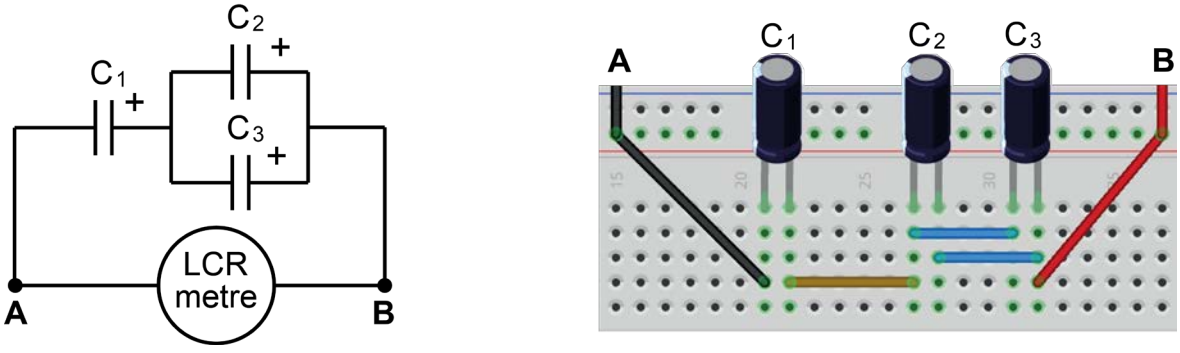
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

Adı	KONDANSATÖRLERİN KARIŞIK (SERİ-PARALEL) BAĞLANMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Kondansatörlerin karışık bağlantısını yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak kondansatörlerin karışık bağlantı uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 4.55: Kondansatörlerin karışık bağlantısının devre şeması ve breadboard yerleşimi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör (C_1, C_2)	8 µF	2 adet
Kondansatör (C_3)	16 µF	1 adet
Breadboard	830 pin	1 adet
LCR metre / Multimetre (Avometre)	Dijital multimetre kullanılacaksa kapasite ölçme özelliği olmalıdır.	1 adet
Bağlantı Kablosu	Zil teli	1 metre

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz.
3. Görsel 4.55'ten yararlanarak breadboard üzerinde kondansatörlerin karışık bağlantısını yapınız.
4. Karışık bağlı kondansatörlerin A-B uçları arası eş değer kapasitesini hesaplayarak hesaplama sonuçlarını Tablo 4.19'da ilgili bölmeye kaydediniz.
5. LCR metre veya kapasite ölçme özelliği bulunan dijital multimetre ile karışık bağlı kondansatörlerin A-B uçları arası eş değer kapasitesini ölçünüz. Bulunan ölçüm sonucunu Tablo 4.19'daki ilgili bölmeye kaydediniz.
6. Ölçüm sonuçları ile hesaplama sonuçlarını karşılaştırınız.
7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.19: Kondansatörlerin Karışık Bağlantısında Eş Değer Kapasite

KONDANSATÖRLERİN KARIŞIK BAĞLANMASI	
Eş Değer Kapasite ($C_{eş}$)	
Hesaplanan	**Ölçülen**

UYGULAMA SORULARI

1. Kondansatörlerin karışık bağlanmasındaki amaç nedir? Kısaca açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Karışık bağlı kondansatörlerin eş değer kapasitesini hesaplarken nasıl bir yol izlenmelidir? Arkadaşlarınızla tartışınız.

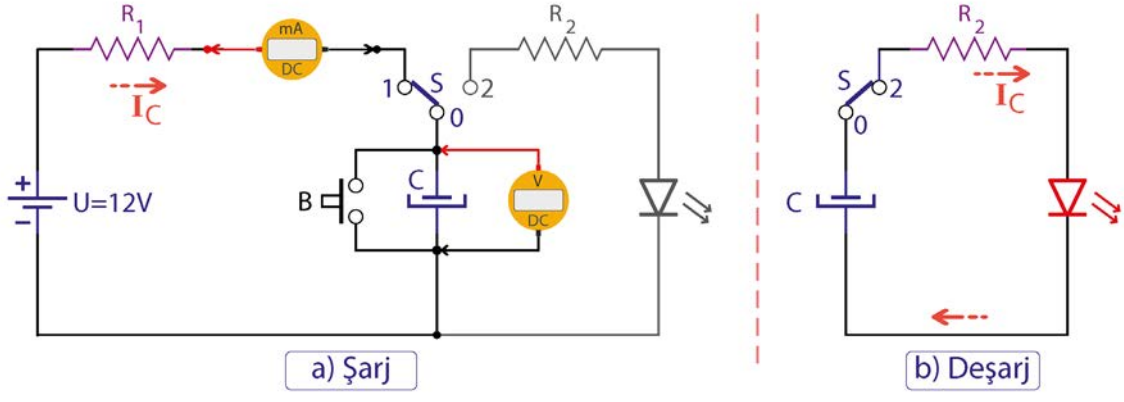
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

Adı	KONDANSATÖRÜN ŞARJ VE DEŞARJI
Süresi	40 dakika

Amaç: Kondansatörlerin şarj ve deşarjını gözlemlemek

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak kondansatörlerin şarj ve deşarj uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 4.56: Kondansatörün şarj ve deşarj devre şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Direnç (R_1, R_2)	330 Ω	2 adet
Kondansatör (C)	1000 µF 16 V	1 adet
LED Diyot	Kırmızı renk	1 adet
Anahtar (S)	İki konumlu	1 adet
Buton	Tag	1 adet
Güç Kaynağı	DC 12 V	1 adet
Breadboard	830 pin	1 adet
Multimetre (Avometre)	Dijital multimetre kullanılacaksa kapasite ölçme özelliği olmalıdır.	1 adet
Bağlantı Kablosu	Zil teli	1 metre

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz.

3. Görsel 4.56'dan yararlanarak devre şemasının breadboard üzerine bağlantısını yapınız.
4. Kaynak gerilimini DC 12 V'a ayarlayınız.
5. Anahtarı, 1 konumuna alarak kaynak gerilimini uygulayınız.
6. Kondansatöre paralel bağlı voltmetre yardımıyla kondansatörün şarjını gözlemleyiniz.
7. Kondansatörün şarjı bittiğinde anahtarı, 2 konumuna alınız. LED'in ışık verdiğini gözlemleyiniz. Aynı zamanda LED'in üzerine düşen gerilimin giderek azaldığını ve parlaklığının düştüğünü gözlemleyiniz.
8. Anahtarın her iki konumunda da Tablo 4.20'de istenenleri ölçerek doldurunuz.
9. Kondansatör uçlarına voltmetre yerine osiloskop bağlayarak kondansatörün şarj ve deşarj eğrilerini gözlemleyiniz.
10. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.20: Kondansatörün Şarj ve Deşarj Ölçüm Değerleri

Anahtar Konumu	Ana Kol Akımı (I)		Kondansatör Gerilimi		LED Gerilimi	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
1						
2						

UYGULAMA SORULARI

1. Anahtar 2 konumundayken LED'in bir süre daha ışık vermesinin sebebi nedir? Kısaca açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Görsel 4.56'daki kondansatörün şarj ve deşarj sürelerini artırmak ve azaltmak için nasıl bir yol izlenmelidir? Arkadaşlarınızla tartışınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

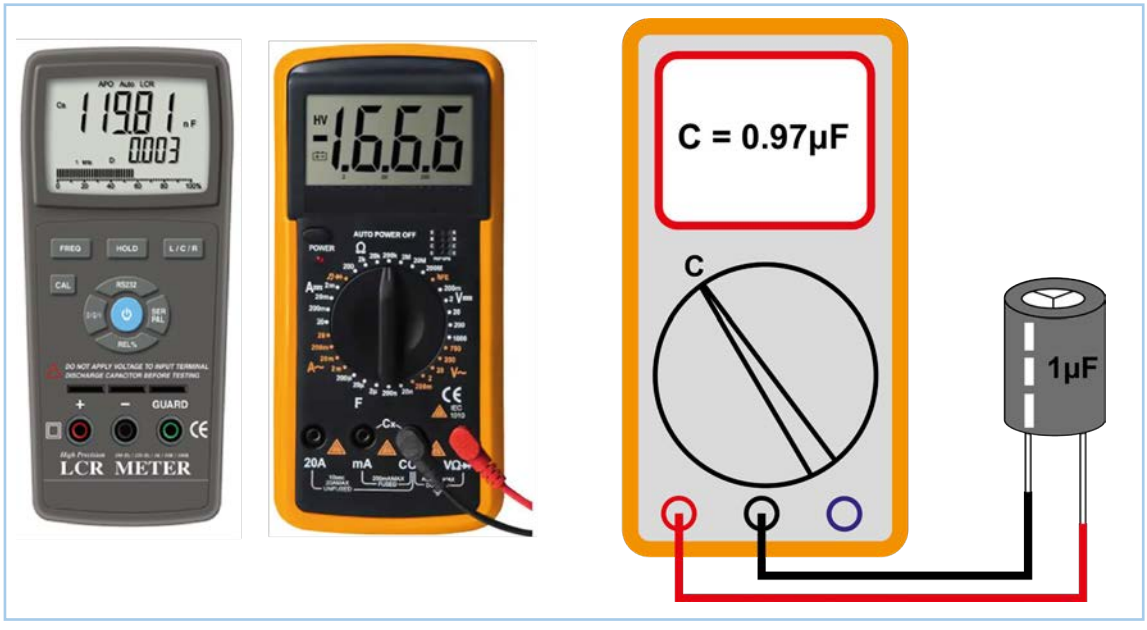
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

4.8. UYGULAMA

Adı	KONDANSATÖR SAĞLAMLIK TESTİ
Süresi	40 dakika

Amaç: Kondansatör sağlamlık testini yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak kondansatör sağlamlık testinin uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 4.57: Kondansatörün dijital multimetre ve LCR metre ile sağlamlık testi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör	Farklı tip, özellik ve kapasite değerlerinde	3 adet
Dijital Multimetre	Kapasite ölçme özelliği olan	1 adet
LCR metre	Dijital	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz. Sızıntı, çatlak, şişkinlik veya başka bozulma varsa öğretmeninize sorarak kondansatörleri değiştiriniz.
3. Kondansatörlerin üzerindeki harf ve rakamları not ediniz. Kapasite değerlerini Tablo 4.21'e kaydediniz.
4. Görsel 4.57'den yararlanarak verilen kondansatörleri sırasıyla kapasite ölçme özelliği olan dijital multimetre ve LCR metre ile test ediniz.

5. Dijital multimetre ve LCR metre ile yapılan ölçümlerde elde edilen kapasite değerlerini Tablo 4.21'e kaydediniz.
6. Kondansatörlerin üzerinde yazan kapasite değerlerini, ölçüm sonuçları ile karşılaştırınız. Buna göre kondansatörlerin sağlam ve bozuk olma durumlarını değerlendirip Tablo 4.21'e kaydediniz.
7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.21: Kondansatör Sağlamlık Testi Ölçüm Tablosu

KONDANSATÖR SAĞLAMLIK TESTİ			
Kondansatör Üzerinde Yazan Kapasite Değeri	**Dijital Multimetre İle Ölçülen Değer**	**LCR metre İle Ölçülen Değer**	**Sonuç (Sağlam / Bozuk)**

UYGULAMA SORULARI

1. Farklı ölçü aletlerinde ölçülen aynı kondansatörün kapasite değerinin birbirinden farklı çıkmasının sebebi nedir? Kısaca açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Kondansatör patlaması nedir ve etkileri nelerdir? Araştırıp sonuçları arkadaşlarınızla tartışınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

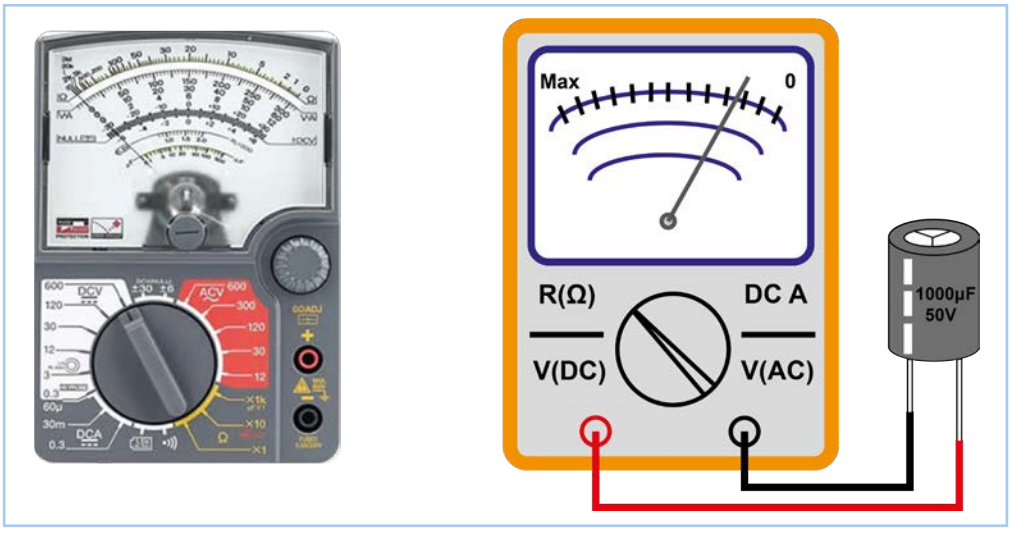
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

4.9. UYGULAMA

Adı	KONDANSATÖRLERİN KISA VE AÇIK DEVRE ÖZELLİKLERİ İLE SIZINTI (KAÇAK) AKIMININ ÖLÇÜLMESİ
Süresi	40 dakika

Amaç: Kondansatörlerin kısa ve açık devre özellikleri ile sızıntı akımını ölçmek

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak kondansatörlerin kısa ve açık devre özellikleri ile sızıntı akımının ölçülmesi uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 4.58: Kondansatörün analog multimetre ile kısa / açık devre ve sızıntı akımı testi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kondansatör	Farklı tip, özellik ve kapasite değerlerinde	3 adet
Analog Multimetre	Analog skalalı	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen kondansatörleri el ve gözle kontrol ediniz. Sızıntı, çatlak, şişkinlik veya başka bozulma izleri varsa öğretmeninize sorarak kondansatörleri değiştiriniz.
3. Görsel 4.58'den yararlanarak verilen kondansatörleri sırasıyla analog multimetre ile test ediniz.
4. Analog multimetre ile yapılan ölçümde elde edilen sapma durumlarını (maksimum sapma, minimum sapma, sapmanın başlangıçta çok olması, daha sonra giderek azalması, ibrenin başa dönmemesi) Tablo 4.22'ye kaydediniz.
5. Ölçüm sonuçlarına göre kondansatörlerin kısa devre, açık devre, sızıntılı veya sağlam olma durumlarını değerlendiriniz ve Tablo 4.22'ye kaydediniz.
6. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 4.22: Kondansatörlerin Kısa ve Açık Devre Özellikleriyle Sızıntı Akımının Ölçülmesi

KONDANSATÖR KISA / AÇIK DEVRE VE SIZINTI AKIMI TESTİ				
Analog Multimetrede Elde Edilen Sapma Durumları (Minimum / Orta / Maksimum)	**Sonuç**			
	Kısa Devre	**Açık Devre**	**Sızıntılı**	**Sağlam**

UYGULAMA SORUSU

Uygulamanın analog ölçü aletinde yapılmasının sebebi nedir? Kısaca açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

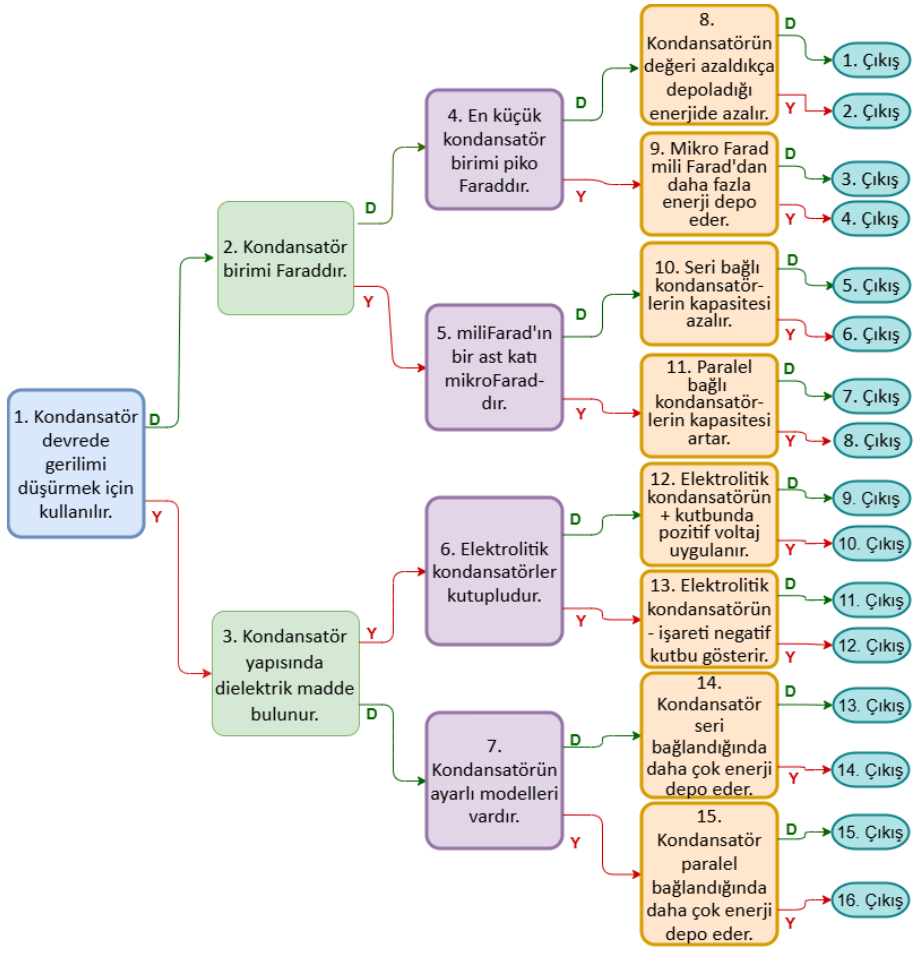
.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

İfadeler	
İletken levhalar (1)	Değişmez (7)
Volt (2)	Akım (8)
Kutuplu (3)	Farad (9)
Artar (4)	Dielektrik madde (10)
Değişmez (5)	Kutupsuz (11)
Gerilim (6)	Azalır (12)

1. Kondasatörlerin yapısını oluşturan temel iki yapı hangileridir?

Cevap: .....

2. Kondasatörlerin kutup yapısına göre çeşitleri hangileridir?

Cevap: .....

3. Kondansatörün üzerinde depoladığı enerji türü hangisidir?

Cevap: .....

4. Kondansatörün kapasite birimi hangisidir?

Cevap: .....

5. Kondansatörler seri bağlandığında kapasite değerinde olan değişiklik hangisidir?

Cevap: .....

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6.



Görselde verilen kondansatörün kapasitesi ve toleransı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 680000 pF, ±%10 B) 6800 pF, ±%5 C) 680 pF, ±%2

D) 680 nF, ±%5 E) 68 nF, ±%1

7.

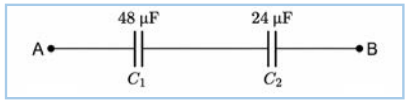


Görselde verilen kondansatörün kapasitesi ve toleransı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 47 pF ±%2 B) 4,7 nF ±%10 C) 47 nF ±%10

D) 470 nF ±%20 E) 470 pF ±%5

8.



Şekildeki devrede A-B uçları arasındaki eş değer kapasite kaç µF'dır?

A) 24 B) 16 C) 72 D) 22 E) 48

9. Aşağıdakilerden hangisi kondansatör testinde yapılması gereken ilk işlem adımıdır?

A) Ölçü aletinin kademe konumunun ayarlanması
B) Kondansatörün gövdesi üzerinde yazan değerlerin not edilmesi
C) Kondansatör devrede ise devre kartından çıkarılırıp deşarj edilmesi
D) Ölçme problarının kondansatörün ayaklarına bağlanması
E) Ekranda görülen değerin yazılması

10. Aşağıda verilen ölçü aletlerinden hangisiyle kondansatör testi yapılamaz?

A) Multimetre B) Ohmmetre C) LCR metre

D) Kapasitemetre E) Ampermetre

5. ÖĞRENME BİRİMİ

KABLO VE KONNEKTÖRLER



KONULAR

5.1. ELEKTRİK KABLOLARI VE KABLO DEĞERLERİ

5.2. KABLO SIYIRMA VE SIKIŞTIRMA

5.3. KABLO DEMETLEME

5.4. SIKIŞTIRILMIŞ, BÜKÜLMÜŞ VE DEMETLENMİŞ KABLO TESTİ

5.5. KONNEKTÖRLERE PİN SÖKME-TAKMA

5.6. SÜREKLİLİK, YALITIM VE BAĞLAMA TEKNİKLERİYLE KABLO TESTİ

5.7. ELEKTRİK HATLARINDA KORUMA TEKNİKLERİ

ANAHTAR KAVRAMLAR

- bonding
- iletken
- iletken soyma
- kablo bağı
- kablo demeti
- kablo koruma
- kablo yalıtkanı
- konnektör
- krimp (sıkıştırma)
- pin

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- kablo çeşitleri ve değerlerini açıklamanız
- kablo sıyırma ve sıkıştırma işlemlerini yapmanız
- kablo demeti yapmanız
- sıkıştırılmış, bükülmüş ve demetlenmiş kablo testini yapmanız
- konnektörlere pin söküp takmanız
- süreklilik, yalıtım ve bağlama (bonding) teknikleriyle kablo testi yapmanız
- elektrik hatlarında koruma tekniklerini uygulamanız

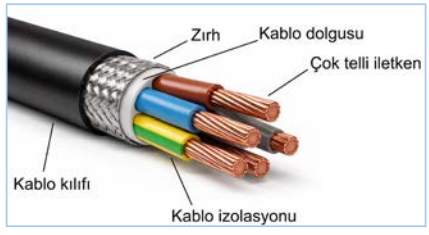
beklenmektedir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Evinizde elektrikle çalışan cihazların kablolarını inceleyiniz. Kablo kalınlıklarının farklı olmasının sebepleri konusunda fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**
2. **Dizüstü bilgisayarlara takılıp sökülebilen kablo takımlarının avantajları neler olabilir? Fikirlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

5.1. ELEKTRİK KABLOLARI VE KABLO DEĞERLERİ

Elektrik enerjisi veya sinyaller iki nokta arasında iletkenler (tel) vasıtasıyla taşınır. Ancak elektrik enerjisinin şok (çarpma) etkisinden korunmak veya elektrik sinyallerinin formunun bozulmasını önlemek amacıyla iletkenler çeşitli yalıtkan malzemelerle kaplanarak kablolar elde edilir. Kablolar, temel olarak iletken ve yalıtkan (kablo izolesi) kısımlardan oluşur (Görsel 5.1). Özel amaçlı kablolarda iletken ve yalıtkan kısma ilaveten bakır veya alüminyum örgü, alüminyum folyo ve kablo kılıfı (jacket) kısımları da bulunur. İletken kısım, tek veya çok sayıda bakır ve alüminyum tellerden meydana gelir. Yalıtkan kısımlar PVC, PET veya yanmaya karşı dayanıklı çeşitli yalıtkan maddelerden oluşur. Yalıtkan madde tel izolesi, dolgu veya kablo kılıfının oluşturulmasında kullanılır.



Görsel 5.1: Kabloyu oluşturan kısımlar

5.1.1. Elektrik Kablo Çeşitleri

Elektrik kabloları taşıyacakları elektrik sinyalleri çeşitlerine göre üretilir. Elektrik enerjisini iletim ve dağıtım ağlarına aktarmak için üretilen kablolar yüksek akım ve yüksek gerilime dayanaklı olarak üretilir. Bina içi kuvvetli akım tesisatları için üretilen kablolarla zayıf akım tesisatlarıyla haberleşme ve sinyal tesisat bağlantı için üretilen kabloların çeşitleri, çaplarına ve yalıtım malzemesine göre değişir. Bu sebeple elektrik kabloları kullanılış amaçları, iletken malzemesi, iletken sayısı, damar sayısı, yalıtkan kılıf malzemesi ve işletme koşullarına göre altı ana başlık altında çeşitlendirilebilir.

5.1.1.1. Kullanılış Amaçlarına Göre Elektrik Kablo Çeşitleri

Kullanılış amaçlarına göre elektrik kabloları **enerji kabloları** ve **zayıf akım kabloları** olarak ikiye ayrılır.

a) Enerji Kabloları: Elektrik iletimi ve dağıtımında kullanılan yüksek gerilim (YG), orta gerilim (OG), alçak gerilim (AG) enerji kablolarıdır.

- **YG Kabloları:** 35 kV (kilovolt) ve üzeri elektrik enerjisinin iletiminde kullanılan elektrik kablolarıdır. YG kabloları izoleli (yer altı hattı) veya izolesiz (havai hat) olarak üretilir. YG kabloları, enerji santrallerinin trafo merkezlerine ve dağıtım ağlarına bağlanmasında, büyük miktarda enerji gerektiren ağır makinelere güç sağlanmasında veya yenilenebilir enerji santrallerinin ulusal şebekeye bağlanmasında kullanılır.
- **OG Kabloları:** 3-35 kV arası elektrik enerjisinin dağıtımında kullanılan elektrik kablolarıdır. OG kabloları izoleli olarak üretilir. OG kabloları trafo merkezleri arasında, şehir içinde, tesislere doğrudan elektrik dağıtımında veya OG yenilenebilir enerji santrallerinin elektrik şebekesine bağlanmasında kullanılır.

- **AG Kabloları:** 1 kV kadar elektrik enerjisinin iletiminde kullanılan elektrik kablolarıdır. AG kabloları izoleli veya izolesiz (havai hat) olarak üretilir. AG kabloları genellikle bina elektrik dağıtım ağlarının bağlanmasında kullanılır. 230 V şehir şebekesi elektrik enerjisinin bina içi dağıtımında kullanılan AG kablolar, standart enerji kabloları olarak bilinir. Zayıf akım ve kuvvetli akım tesisatlarında kullanılır.

Görsel 5.2'de çeşitli enerji kabloları yer almaktadır.



Görsel 5.2: Enerji kabloları

b) Zayıf Akım Kabloları: Telekomünikasyon, haberleşme, veri iletimi, kontrol sinyalleri vb. zayıf akım sinyallerinin taşındığı elektrik kablolarıdır (Görsel 5.3). Koaksiyel (anten), fiber optik, CCTV, BUS, CAT, haberleşme (KPD-V), telefon, yangın alarm, ses ve görüntü, enstrümantasyon kabloları zayıf akım kabloları olarak sınıflandırılır.



Görsel 5.3: Zayıf akım kabloları

5.1.1.2. İletken Malzemesine Göre Elektrik Kablo Çeşitleri

Elektrik kabloları üretildikleri iletken malzemeye göre bakır ve alüminyum kablolar olarak sınıflandırılır.

a) Bakır Kablolar: İletken kısmı bakırdan oluşan elektrik kablolarıdır. Bakır, elektrik akımına karşı düşük direnç gösterir. Bu özelliği sayesinde bakır kablolar; güç üreteçleri, enerji dağıtımı, elektrik trafoları, motor gibi yüksek güç gerektiren uygulamalar ile hassas elektrik sinyallerinin taşınmasında kullanılır. Bakır kabloların maliyetleri ve performansları yüksektir.

b) Alüminyum Kablolar: İletken kısmı alüminyumdan oluşan elektrik kablolarıdır. Alüminyum kabloların elektrik akımına karşı gösterdiği direnç bakıra göre daha yüksektir. Bu sebeple iletken kesitleri daha geniş olarak üretilir. Alüminyum kablolar hafiftir ve maliyetleri daha düşüktür. Alüminyum kablolar genellikle yüksek gerilimli enerji iletim ve dağıtım hatlarında, düşük güç tüketimi olan elektrik tesisatlarında, aydınlatma, ses ve görüntü sistemlerinde sıklıkla kullanılır.

NOT

Bakır ve alüminyum kablolar dışında iletken kısmın üzeri farklı bir metalle kaplanmış olan elektrik kabloları da üretilmektedir. En çok kullanılan alüminyum iletken üzerinin bakırla kaplanmasıyla elde edilen CCA kablolardır. İletken kısmı alüminyumdan yapıldığı için hafiftir, maliyeti düşüktür ancak bakır kablolar kadar da verimli değildir. CCA kablolar genellikle ses ve video sistemlerinde, haberleşmede, elektriksel bağlantılarda ve düşük güç tüketimi olan elektrik tesisatlarında tercih edilmektedir.

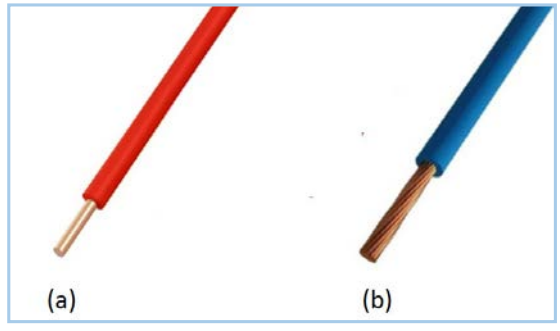
CCA haricînde kalay kaplı bakır iletken, nikel kaplı bakır iletken, gümüş kaplı bakır iletken ve bakır kaplı çelik (CCS) iletkenler de bulunmaktadır.

5.1.1.3. İletken Sayısına Göre Elektrik Kablo Çeşitleri

Elektrik kabloları, tek parça iletken telden veya çok sayıda ince iletken tellerin birbiri üzerine bükülerek sarılmasından elde edilir. Kablolar iletken yapısına göre **tek telli** veya **çok telli kablolar** olarak sınıflandırılabilir.

a) Tek Telli Kablolar: Yapısında tek parça iletken tel bulunan kablolardır (Görsel 5.4.a). Yalıtkan dış kılıf içinde sadece bir adet iletken tel vardır. Bir telden oluştuğu için esneklik ve sağlamlık açısından 16 mm^2'ye kadar üretilir. Sabit işletme şartlarında tercih edilir.

b) Çok Telli Kablolar: Çok sayıda ince iletken telin birbiri üzerine bükülerek sarılmasıyla elde edilen kablolardır (Görsel 5.4.b). Yalıtkan dış kılıf içinde çok sayıda iletken tel vardır. Bu nedenle esnek bir yapıya sahiptir. Hareketli ve yüksek akımın istendiği yerlerde tercih edilen kablolardır.



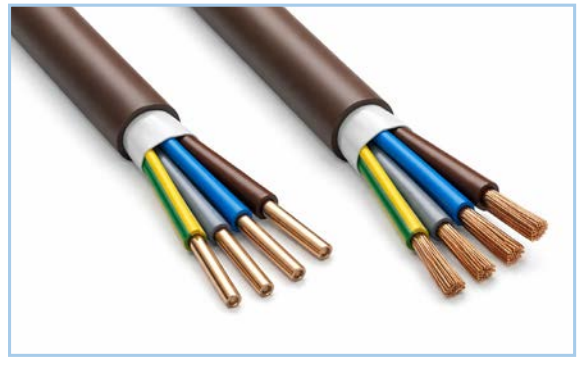
Görsel 5.4: Tek telli (a) ve çok telli (b) kablolar

5.1.1.4. Damar Sayısına Göre Elektrik Kablo Çeşitleri

Elektrik kabloları kablo kılıfı içerisinde bulunan birden fazla izoleli kablo sayısına göre tek telli çok damarlı veya çok telli çok damarlı kablolar olarak sınıflandırılabilir.

a) Tek Telli Çok Damarlı Kablolar: Tek telli çok damarlı kablolar yapısında tek iletkenli birden fazla müstakil izoleli kablo damarı bulunduran kablolardır (Görsel 5.5.a).

b) Çok Telli Çok Damarlı Kablolar: Çok telli çok damarlı kablolar yapısında çok telli birden fazla müstakil izoleli kablo damarı bulunduran kablolardır (Görsel 5.5.b).



Görsel 5.5: Tek telli çok damarlı (a) ve çok telli çok damarlı (b) kablolar

5.1.1.5. Yalıtkan Kılıf Malzemesine Göre Elektrik Kablo Çeşitleri

İletken teller yalıtılmış kablolar hâline getirilirken iletken üzerleri çeşitli yalıtkan maddelerle kaplanır. Genellikle kaplama işlemi eritilmiş yalıtkan malzemenin iletken üzerine akıtılıp belirli bir forma getirildikten sonra su içinde soğutulmasıyla elde edilir. En çok kullanılan yalıtkan malzemeler arasında termoplastik, termoset, silikon ve kâğıt bazlı yalıtkan malzemeler vardır.

a) Termoplastik: Isıtıldığında yumuşayan, soğutulduğunda sertleşen plastiklerdir. Kablo izole malzemesi olarak en sık kullanılanları PVC (polivinil klorür) ve PE'dir (polietilen). PVC malzeme ucuzdur ve sıklıkla kullanılır. Ancak yanma esnasında açığa zehirli gazlar çıkarır. PVC'nin çalışma sıcaklığı 70-105 °C arasındadır. PE malzeme, yüksek sıcaklık ve yüksek korozyon direncine sahiptir. Dış şartlara karşı çok dayanıklı bir malzemedir.

b) Termoset: Isıtıldığında sertleşen ve durumunu koruyan plastiklerdir. Kablo izole malzemesi olarak en sık kullanılanları XLPE (çapraz bağlı polietilen) ve EPR'dir (etilen propilen kauçuk). XLPE yüksek sıcaklık ve yüksek korozyon direncine sahiptir. EPR, XLPE'ye göre daha esnek yapıdadır. Her iki malzemenin çalışma sıcaklığı 90-110 °C arasındadır.

c) Silikon: Kauçuk-silikondan oluşan bir malzemedir. Silikonun çalışma sıcaklığı -55 ile 300 °C arasındadır. Yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir malzemedir.

ç) Kâğıt: YG enerji kablolarını yalıtmak için kullanılan bir malzemedir. Kâğıda yağ veya sentetik reçine emdirilerek elde edilir. Ayrıca neme karşı korumak için kâğıt üzerine kurşun kılıf uygulaması da yapılabilir. Maliyetleri yüksek, ağırlıkları fazladır.

5.1.1.6. İşletme Koşullarına Göre Elektrik Kablo Çeşitleri

Elektrik kabloları işletme koşullarına göre **normal ve hafif işletme kabloları** ve **ağır işletme kabloları** olarak ikiye ayrılır.

a) Normal ve Hafif İşletme Koşullarına Göre Kablolar: Nem, sıcaklık, basınç ve kimyasal gibi dış etkilerin normal olarak kabul edildiği yerlerde kullanılan kablolardır. Bina içi, elektrik panosu, sıva altı ve üstü tesisatların temel uygulamalarında kullanılan elektrik kablolarıdır.

b) Ağır İşletme Koşullarına Göre Kablolar: Maden ocakları; su altı ve kimyasal etkilerin fazla bulunduğu, ağır işletme şartı olan yerler olarak kabul edilir. Ağır işletme koşullarında kullanılan kabloların iletken çapı kalın ve yalıtkan kısmının basınç, nem, sıcaklık ve ezilme gibi dış etkilere karşı dayanıklı olması gerekir.

5.1.2. Elektrik Kablo Değerleri

Elektrik kabloları temel olarak iletken ve yalıtkan kısımlardan oluşmasına rağmen her kablo aynı özelliklere sahip değildir. Kablonun iletken yapısı veya yalıtkan kısımları kabloların kullanılacağı işletme koşullarına uygun olacak şekilde üretilir. Kablo kılıfı üzerine kablo özellikleri kodlanır.

5.1.2.1. Kablo Sembol ve Anlamları

Kabloları ifade etmek için farklı standartlar vardır. Ülkemizde en fazla kullanılan standartlar şunlardır:

TS: Türk Standartları

VDE / DIN [**Verband der Elektrotechnik, (ferbant der elektiroteknik)]:** Alman Standardizasyon

IEC [International Electrotechnical Commission, (interneşinıl elektiroteknikıl komişın)]: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

AWG [American Wire Gauge, (amerikın vayır geyc)]: Amerika tel ölçü birimi. Uçak kablolarında daha çok AWG standartları kullanılır.

CENELEC [Comité Européen de Normalisation Électrotechnique, komote yurupion dö normalizasyon elektiroteknik)]: Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi en çok karşılaşılan standarttır.

2011 yılında ülkemizde kullanılan kablo standartları değiştirilmiştir. Kablo tanımında kullanılan N, Y, H ve B gibi harfler kaldırılıp yerine harmonize tipi kablo standartları getirilmiştir. 2011 yılından itibaren harmonize ve Y tipi kablo standartları kullanılmaktadır.

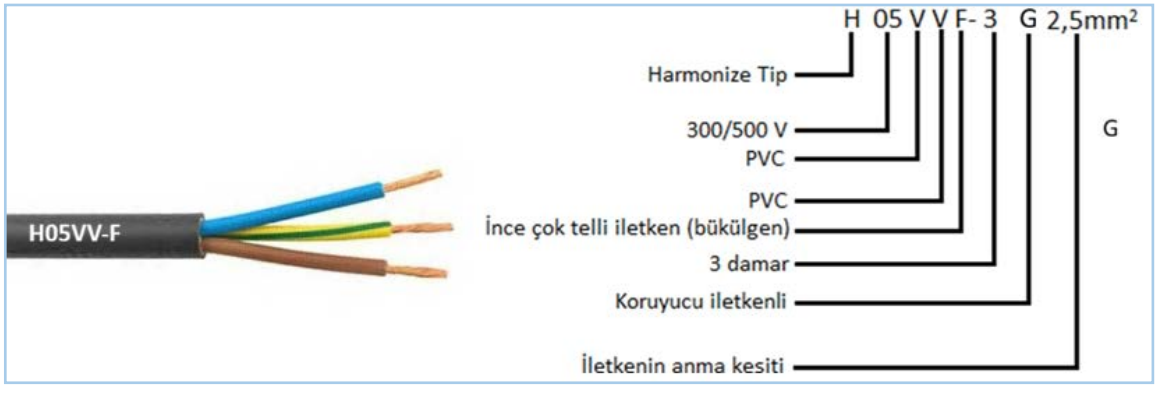
N Tipi Kablolar: Sabit tesislerde kullanılan normal ve hafif işletme şartlarına dayanıklı kablolardır. İletken olarak bakır veya alüminyum kullanılır. Bu kablolar yer altında kullanılamaz.

Y Tipi Kablolar: Sabit tesislerde kullanılan ağır işletme şartlarına dayanıklı kablolardır. 1 kV'den küçük kablolarda dış kılıf rengi siyahtır. 3,5 / 6 kV'den büyük kabloların ise dış kılıf rengi kırmızıdır. İletken olarak bakır veya alüminyum kullanılır. Bu kablolar yer altında kullanılabilir.

F Tipi Kablolar: Hareketli tesislerde kullanılan normal ve hafif işletme şartlarına dayanıklı kablolardır. Yalnızca ince telli bakır iletken kullanılır.

B Tipi Kablolar: Hareketli tesislerde kullanılan ağır işletme şartlarına dayanıklı kablolardır. Yalnızca ince telli bakır iletken kullanılır.

Harmonize: Normal ve hafif işletme şartlarına dayanıklı kablolardır. Bakır ve alüminyum iletkenler kullanılır. Görsel 5.6'da harmonize kablo sisteminin kablo kodları ve anlamları ile H05VV-FG2.5 (NYM) kablo, Tablo 5.1'de kablo üzerinde bulunan kodların değerleri yer almaktadır.



Görsel 5.6: Harmonize kablo ve kodlaması

Tablo 5.1: Harmonize Tip Kabloların Sembol Anlamları

H	05	V	V	---	F	-	3	X	2,5
1	2	3	4	5	6		7	8	9
Kablo Kodlarının Değerleri									
1. Ana Tipi	Harmonize Tip								H
	Ulusal Tip								A
2. Anma Gerilimi	100 / 100 V								1
	300 / 300 V								3
	300 / 500 V								5
	450 / 750 V								7
	600 / 1000 V								11
3. İzolasyon Malzemesi	PVC								V
	PVC+90 °C								V2
	PVC (Soğuk fleksbıl)								V3
	Ethylenpropylen kauçuk								B

	Pe polyethylene	E
	XLPE Çapraz bağlı polyethylene	X
	Doğal ve silikon kauçuk	R
	Silikon kauçuk	S
4. İç ve Dış Kılıf	PVC	V
	PVC+90 °C	V2
	PVC (Soğuk fleksbıl)	V3
	PVC yükseltilmiş yağ dayanımlı	V5
	Doğal ve sentetik kauçuk	R
	Chloroprene kauçuk	N
	Polyurethane	Q
	Cam elyaf örgü	J
	Tekstil örgü	T
5. Özel Yapı	Bakır örgü ekran	C4
	Yassı kablo-ayrılabilir	H
	Yassı kablo-ayrılamaz	H2
	Yassı kablo-ayrılamaz (vinçler için)	H6
	Spiral kablo	H8
6. İletken Tipi	Tekli iletken	U
	Çoklu iletken	R
	İnce çok telli iletken (sabit)	K
	İnce çok telli iletken (bükülgen)	F
	Çok ince telli iletken	H
	İnce çok telli iletken (kaynak kablosu)	D
	Çok ince telli iletken (kaynak kablosu)	E
7. Damar Sayısı	Damar sayısı	
8. Koruyucu İletken	Koruyucu iletkensiz	X
	Koruyucu iletkenli (sarı-yeşil damar)	G
9. İletken Anma Kesiti	İletken anma kesiti (mm²)	

1. ÖRNEK

Görsel 5.7'de yer alan kablonun değerlerini bulunuz.



Görsel 5.7: H07V-U kablosu

ÇÖZÜM

H harfi kablonun ana tipinin harmonize olduğunu, 07 rakamları anma geriliminin 450 / 750 volt olduğunu, V harfi izolasyon maddesinin PVC olduğunu gösterir. Kablonun dış kılıfı ve özel yapısı olmadığından – işareti eklenir. Çizgiden sonra gelen U harfi iletken tipinin tekli iletken olduğunu gösterir. 1x6 rakamları telin 6 mm^2 kesite sahip olduğunu belirtir. Tablo 5.2'de de kablo değerleri ayrıntılı yer almaktadır.

Tablo 5.2: Harmonize Kablo Değerleri

H	07	V	---	---	U	-	1	X	6
1	2	3	4	5	6		7	8	9

SIRA SİZDE

H05VV-F 4 x 2,5 mm kablonun değerlerini bulup Tablo 5.3'teki yerlerine yazınız.

Tablo 5.3: Kablo Değerleri

1	2	3	4	5	6	-	7	8	9

5.2. KABLO SIYIRMA VE SIKIŞTIRMA

Kablo iletkenlerinin birbirlerine, elektronik kart üzerlerine, konnektörlere veya klemenslere sabitlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri sıkıştırma yöntemidir. Sıkıştırma işleminde özel sıkıştırma aletleri kullanılarak iletkenler terminal (pabuç), pin, yüksük vb. kablo sonlandırma parçalarına sabitlenir. Sıkıştırma işlemiyle iletkenlerin bağlantı noktalarına güvenle takılması sağlanır. Sıkıştırma işleminin tercih edilme sebeplerinden bazıları şunlardır:

- Çok telli iletkenlerin tamamının bağlantı noktasına girmemesi
- Çok telli iletkenlerin ince olmaları nedeniyle vida altında ezilip kırılmaları
- Bağlantı noktasına takılan kablonun iletken kısmının bağlantı noktasından taşması
- Kablonun konnektör içerisinde hareket etmesinin engellenmesi

Sıkıştırma işlemi yapılırken takip edilmesi gereken işlem adımları şu şekildedir:

- Kablo belirtilen uzunlukta kesilir.
- Sonlandırma yapılacak kablo ucu standartlara uygun olarak sıyrılır.

- Sıyrılan kablo ucuna sonlandırma parçası yerleştirilerek standartlara uygun olarak sıkıştırma pensesiyle sıkıştırılır.

5.2.1. Kablo Kesmede Kullanılan Teçhizat ve Teçhizatın Özellikleri

Klasik olarak kablo kesiminde yan keski, pense, maket bıçağı vb. kesme el aletleri kullanılsa da profesyonel olarak kablo kesiminde kablo makasları ve kablo kesme makineleri kullanılır.

5.2.1.1. Kablo Kesme Makasları

Kabloların kılıf ve iletkenlerin yapısını bozmadan kablo kesimi yapabilen ve kablo izolesini soyabilen kesme aletleridir. Kablo makaslarının standart, akülü (şarjlı) ve hidrolik çeşitleri bulunur.

a) Standart Kablo Kesme Makasları: Kablo kesme işleminin insan gücüyle yapıldığı genel amaçlı makaslardır. Makas 50 mm^2 kadar olan kesitteki kabloları veya makasın teknik dokümanında belirtilen maksimum kablo kesiti aralığına kadar olan kabloların kesme işlemini yapar. Mekanik kablo kesme makasları çeşitleri arasında elektrikçi, kombine, gönye, yaylı, cırcırlı ve büyük kablo kesme makasları bulunur (Görsel 5.8).



Görsel 5.8: Çeşitli mekanik kesme makasları

b) Akülü Kablo Kesme Makasları: Elektrikle taşınabilen kablosuz kesme makaslarıdır (Görsel 5.9). Değişebilen başlığı sayesinde hem kablo kesme hem de sıkıştırma işlemleri yapılır.



Görsel 5.9: Akülü kesme makasları

c) Hidrolik Kablo Kesme Makasları: Hidrolik yağı basınç gücüyle kablo kesme işlemi yapan makaslardır. Hidrolik güç, manuel pompa kolu veya haricî otomatik bir pompayla sağlanır. Başlığı değiştirilebilen hidrolik makaslarla kablo kesme ve sıkıştırma işlemi yapılır. Görsel 5.10.a'da manuel, Görsel 5.10.b'de otomatik pompayla çalışan hidrolik kesme makasları yer almaktadır.



Görsel 5.10: Hidrolik kesme makası

5.2.1.2. Kablo Kesme Makineleri

Ayarlanan uzunlukta kabloları kesebilen, kablo kılıfını ve izolesini soyabilen ve sıyırabilen makinelerdir (Görsel 5.11). Tek veya çok iletkenli yuvarlak veya düz kablolarda kesme, soyma ve sıyırma işlemleri yapar. Makinelerin programlanma özellikleri sayesinde, girilen parametreler doğrultusunda esnek ve otomatik olarak kablo kesme, soyma ve sıyırma işlemleri yapılır.



Görsel 5.11: Kablo kesme makinesi

5.2.2. Kablo Sıyırmada Kullanılan Teçhizat ve Teçhizatın Özellikleri

Kablo sıyırma işlemi, kablonun dış kılıfı ve dolgusu soyulduktan sonra açığa izoleli kabloların belirli bir uzunlukta izole kısmının sıyrılarak (soyularak) iletkenin açığa çıkarılmasıdır. Kablo sıyırma işleminde kablo sıyırma penseleri ve kablo kesme makineleri kullanılır (Görsel 5.12).



Görsel 5.12: Kablo sıyırma penseleri

5.2.3. Sıkıştırmalı Kablo Terminalleri

Kabloları konnektörlere, klemenslere, devre kartı üzerine veya birbirlerine sabitlemek için terminaller kullanılır. Terminaller sıkıştırmalı veya lehimli olarak üretilir. Sıkıştırmalı terminal çeşitleri arasında geçmeli terminaller, izoleli geçmeli terminal, yüksük ve pin terminaller bulunur.

a) Geçmeli Terminaller (Pabuç): Elektrik kablolarının klemenslere, devre kartı üzerine veya birbirlerine kolay takılıp sökülmesine olanak sağlayan terminallerdir. İzolesiz olarak 0,5-6 mm^2 kablo kesitine uygundur. Görsel 5.13'te çeşitli geçmeli terminaller yer almaktadır.



Görsel 5.13: Geçmeli terminal çeşitleri

b) İzoleli Geçmeli Terminaller: Elektrik kablolarının sökülüp takılabilmesine olanak sağlayan terminallerdir. Terminal izoleli veya izolesiz olarak 0,5-6 mm^2 kablo kesitine uygundur. Görsel 5.14'te çeşitli izoleli geçmeli terminaller yer almaktadır.



Görsel 5.14: İzoleli geçmeli terminal çeşitleri

c) Yüksük Terminaller: Kablo iletkenlerini bir arada tutan ve vidalı tip klemenslere takılmasını kolaylaştıran terminallerdir. İzoleli veya izolesiz olarak üretilir. Yüksük sıkma pensesi veya makinesiyle krimplenir. 0,5-6 mm^2 kablo kesitine uygundur. Görsel 5.15'te yüksük terminaller yer almaktadır.



Görsel 5.15: Yüksük terminaller

ç) Pin Terminaller: Elektrik kablolarının askerî tip veya genel amaçlı konnektörlere takılmasını kolaylaştıran sıkıştırmalı terminallerdir. 0,5-1,5 mm^2 kablo kesitine uygundur. Görsel 5.16'da çeşitli pin terminaller yer almaktadır.



Görsel 5.16: Pin terminal çeşitleri

5.2.4. Kablo Sıkıştırma İşleminde Kullanılan Teçhizat ve Teçhizatın Özellikleri

Kablo sıkıştırma (kablo sonlandırma) özelliği bulunan geçmeli terminal, yüksük, pin terminal vb. terminalleri kablo ucuna sıkıştırmak için kullanılan el aletlerine **kablo sıkma pensesi** denir (Görsel 5.17). Kablo sıkma pensesi dışında elektrikli kablo sıkma makineleri de bulunmaktadır.



Görsel 5.17: Kablo sıkma penseleri

SIRA SİZDE

Tablo 5.4'te sol bölümde görülen el aletlerinin ve terminallerin isimlerini numaralandırılmış alana yazınız.

Tablo 5.4: El Aletleri Ve Terminaller

	**1.** **2.** **3.** **4.** **5.** **6.**

5.2.5. Kablo Sıyırma

Kablo izolesi sıyırma işleminde çoğunlukla yan keski, pense, maket bıçağı, kablo sıyırma pensesi vb. mekanik el aletleri kullanılır. Endüstriyel uygulamalarda mekanik aletlerin yanı sıra kablo sıyırma makineleri, kimyasal veya termal yöntemler de kullanılır.

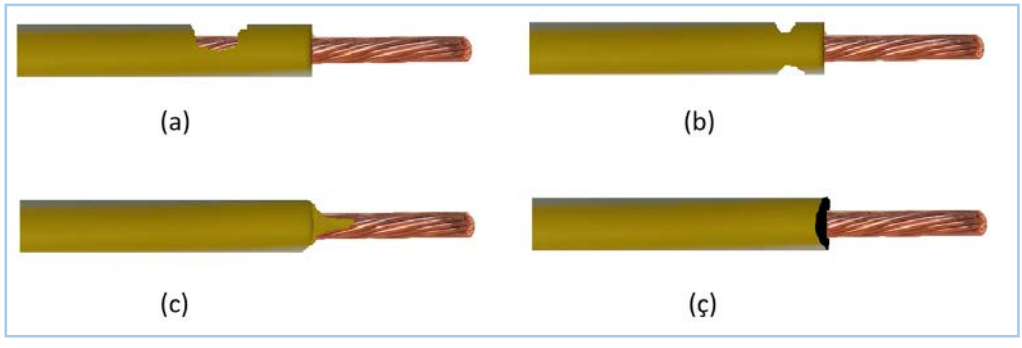
Kablo izolesi sıyrılırken izolenin ezilmesine, çekilerek esnemesine, bazı kısımlarının aşınmasına, renk değişimi ve yanma izleri olmamasına dikkat edilmelidir. Kablo izolesi, iletkene dik olacak şekilde düzgünce soyulmalıdır (Görsel 5.18).



Görsel 5.18: Kablo izolesinin düzgün soyulması

Kablo izolesi sıyrılırken yapılan bazı kusurlar şunlardır:

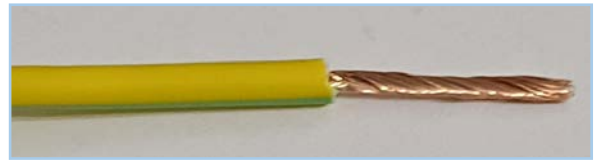
- Kablo izolesinde kesik kısımların oluşmasıyla iletkenin açığa çıkması (Görsel 5.19.a)
- İzole kalınlığının %20'sinden fazlasının ezilmesi (Görsel 5.19.b)
- İzole üzerinde izole dış çapının %50'sinden fazla çapak ve izole parçalarının iletken üzerinde kalması (Görsel 5.19.c)
- İzolenin yakılarak sıyrılması (Görsel 5.19.ç)



Görsel 5.19: Kablo izolesinin kusurlu soyulması

İletken Tellerin Düzgünlüğünün Korunması

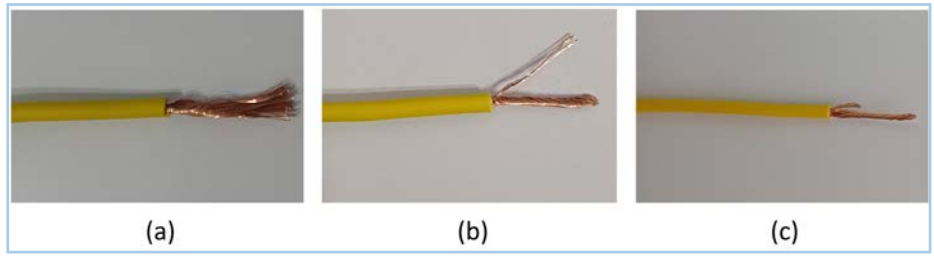
Kablo izolesi sıyırma işleminden sonra iletken tellerin hasarsız olmasına dikkat edilir. İletken teller; aynı boyda, uçları düz, iletkenlerin birbiri üzerine bükülme formları korunmuş ve hasarsız olmalıdır (Görsel 5.20).



Görsel 5.20: Kablo iletkenlerinin düzgünlüğü

Kablo iletkenlerinde yapılan bazı kusurlar şunlardır:

- Tel kıvrımlarının düzleşmesi veya iletken uçlarının açılması (Görsel 5.21.a)
- İletkenlerin bir kısmının dağılması (Görsel 5.21.b)
- İletkenlerin bir kısmının kopması (Görsel 5.21.c)

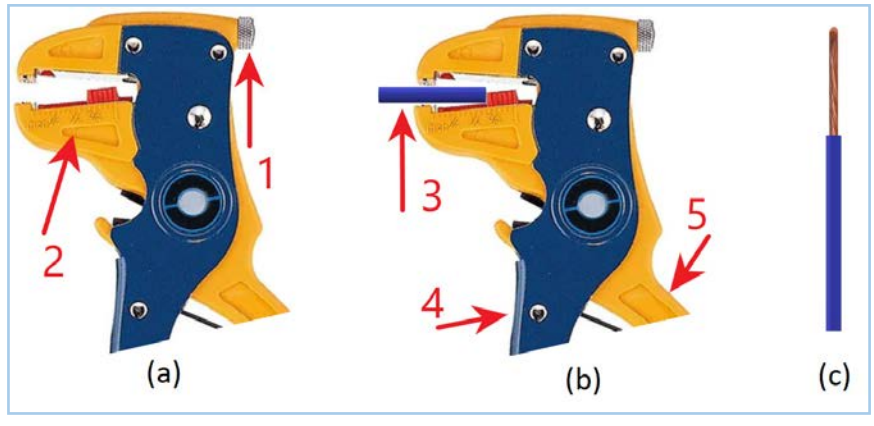


Görsel 5.21: İletkenlerde oluşan kusurlar

NASIL UYGULANIR?

AWG17 (1 mm^2) kablonun kablo sıyırma pensesi kullanılarak sıyırma işlem adımları şu şekildedir:

- Kablo sıyırma pensesi üzerinde 1 numaralı ok ile gösterilen kablo sıyırma mesafesi ayar kolu çevrilerek mesafe 2,5 cm (1 inç) olarak ayarlanır. Mesafe ayarı 2 numaralı ok ile gösterilen cetvel kısmından takip edilebilir (Görsel 5.22.a).
- AWG17 kablo 3 numaralı ok ile gösterilen şekilde pense çenelerine yerleştirilir (Görsel 5.22.b).
- 4 ve 5 numaralı oklar ile gösterilen pense kollarına sıkıca bastırılıp kablo izolesi sıyrılır (Görsel 5.22.b).
- İzolesi sıyrılan kablo penseden çıkartılır (Görsel 5.22.c).



Görsel 5.22: Kablo sıyırma işlemleri

ETKİNLİK

AWG22 tek damar çok telli kabloyu, kablo soyma pensesi kullanarak 20 mm uzunlukta sıyırınız. Sıyırma işlemini kusursuz gerçekleştiriniz.

5.2.6. Kablo Sıkıştırma

Özel sıkıştırma aletleri kullanılarak kabloların düzenlenmesi, eklenmesi, uçlarına terminal, pin veya konnektör takılması işlemine **kablo sıkıştırma** denir. Sıkıştırma işlemi, iletkenlerin bağlantı noktalarına güvenle takılması için yapılır. Sıkıştırmanın tercih edilmesinin sebebi, çok telli iletkenlerin bağlantı terminaline takılırken oluşacak sorunları engellemektir. Bu sorunların bazıları şunlardır:

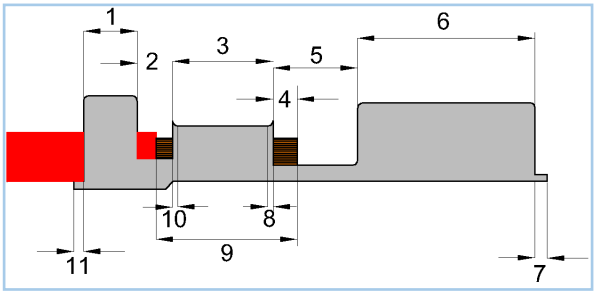
- İletkenin hepsinin bağlantı noktasına girmemesi
- Çok telli iletkenlerin ince olmaları nedeniyle vida altında ezilip kırılmaları
- Bağlantı noktasına takılan kablonun iletken kısmının bağlantı noktasından taşması

Yukarıda sayılan sakıncaları ortadan kaldırmak için bağlantılarda kablo pabucu veya konnektör pinleri kullanılır. Sıkıştırmanın yapıldığı yerler şöyle sıralanabilir:

- Çok telli iletkenler bağlantıdan önce pabucun içinden çıkmayacak biçimde yerleştirilir ve sıkıştırılır.
- Aynı zamanda kablonun gruplandırılması ve hasarlı kısımlarının tamiratında sıkıştırma işlemi yapılır.
- Konnektörlere kabloların takılmasında sıkıştırma işlemi gerçekleştirilir.
- İki iletkenin birbirine eklenmesi işleminde sıkıştırma kullanılır.

a) Geçmeli Terminalde Kablo Sıkıştırma İşlemi

Görsel 5.23'te geçmeli terminali oluşturan kısımlar yer almaktadır.



Görsel 5.23: Geçmeli terminali oluşturan kısımlar

Tablo 5.5'te geçmeli terminali oluşturan kısımların isimleri yer almaktadır.

Tablo 5.5: Geçmeli Terminali Oluşturan Kısımlar

1	Kablo izolesi sıkıştırma alanı	**7**	Ön kısım çıkıntısı
2	Kablo izolesi denetim penceresi	**8**	Ön kısım çan ağzı
3	İletken sıkıştırma alanı	**9**	Kablo ucu uzunluğu
4	İletken çıkıntı alanı	**10**	Arka kısım çan ağzı
5	İletken denetim penceresi	**11**	Arka kısım çıkıntısı
6	Kontak takılma alanı		

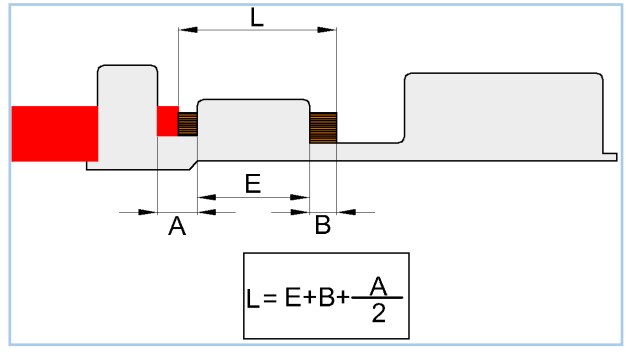
Geçmeli terminal sıkıştırılacak kablo çapına uygun seçilmelidir. Kablo çapından büyük seçilen terminalde sıkıştırma sırasında sıkıştırma çenelerinin ezilmesine veya sıkıştırma sonrasında kablonun hareket etmesine sebep olabilir. Kablo çapından küçük seçilen terminalde sıkıştırma sırasında sıkıştırma çenelerinin kapanmamasına veya sıkıştırma sonrasında tellerin terminalden çıkmasına sebep olabilir. Görsel 5.24'te geçmeli terminalle yapılan kusursuz kablo sıkıştırmaları yer almaktadır.



Görsel 5.24: Geçmeli terminallerde kusursuz kablo sıkıştırılması

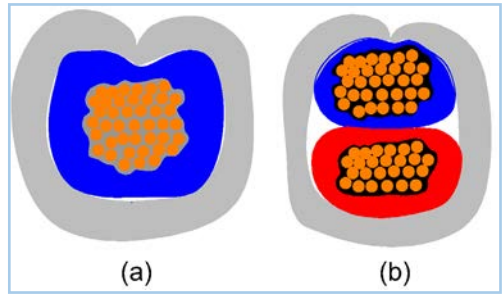
Geçmeli terminalle yapılan sıkıştırma işleminin kusursuz kabul edilebilmesi için şu adımlara dikkat edilmelidir:

- Soyulmuş iletkenin boyunun uzunluğu (L), geçmeli terminalin ölçülerine uygun olarak hesaplanmalıdır (Görsel 5.25).



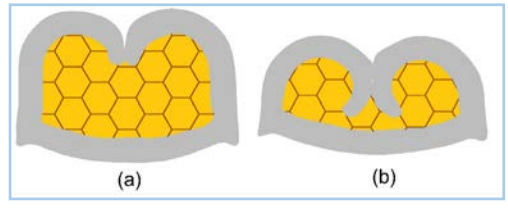
Görsel 5.25: İletken boyu uzunluğu

- Kablo izolesi çıkıntı uzunluğu, kablo izolesi denetim penceresi uzunluğunun yarısı (A / 2) kadar taşmalıdır (Görsel 5.25).
- İletken çıkıntı ucu, iletken denetim penceresinden tel çapı kadar (B) taşmalıdır (Görsel 5.25).
- Kablo izolesi sıkıştırma çeneleri, kabloyu ortadan sıkacak şekilde sıkıştırmalıdır (Görsel 5.26).



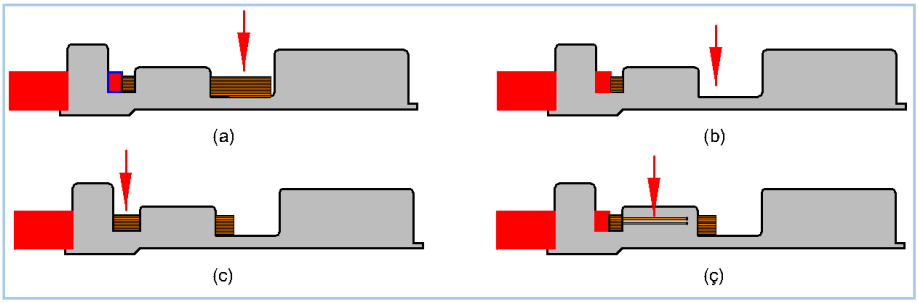
Görsel 5.26: İzolasyonun kusursuz sıkıştırılması

- Terminalin iletken sıkıştırma çeneleri, iletkenleri her iki yana eşit dağıtıp çan ağzı oluşturacak şekilde sıkıştırılmalıdır (Görsel 5.27)



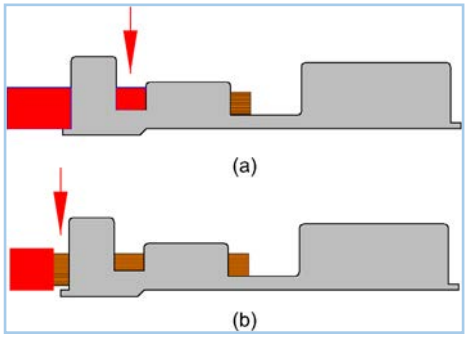
Görsel 5.27: İletkenlerin kusursuz sıkıştırılması

Görsel 5.28'de iletken yerleşiminden kaynaklı kusurlu sıkıştırma işlemleri yer almaktadır. Görsel 5.28.a'da iletken uzun bırakılarak iletken izleme penceresinin sonuna kadar ulaşmıştır. Görsel 5.28.b'de iletken kısa bırakılarak iletken sıkıştırma alanının içinde kalmıştır. Görsel 5.28.c'de iletken geriye çekilip kablo kılıfı izleme penceresini kaplamıştır. Görsel 5.28.ç'de iletkenin bir kısmı iletken sıkıştırma alanının dışında kalmıştır.



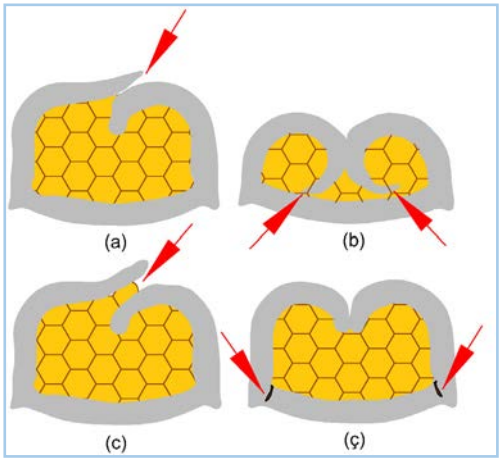
Görsel 5.28: İletkenden kaynaklı kusurlu sıkıştırma işlemleri

Görsel 5.29'da kablo izolesi yerleşiminden kaynaklı kusurlu sıkıştırma işlemleri yer almaktadır. Görsel 5.29.a'da kablo ileriye itilip izole kablo izolesi izleme penceresini kaplamıştır. Görsel 5.29.b'de kablo izolesi geriye çekilip kablo izolesi sıkıştırma alanının dışında kalmıştır.



Görsel 5.29: Sıkıştırma çenelerinden kaynaklı kusurlu sıkıştırma işlemleri

Görsel 5.30'da iletken sıkıştırma çenelerinin hatalı sıkıştırmasından kaynaklı kusurlu sıkıştırma işlemleri yer almaktadır. Görsel 5.30.a'da iletken sıkıştırma çenesi diğer iletken sıkıştırma çenesi üzerine gelmiştir. Görsel 5.30.b'de sıkıştırma çeneleri fazla sıkılarak terminalin tabanına kadar ulaşmıştır. Görsel 5.30.c'de sıkıştırma çenesi havada kaldığından iletken sıkıştırma çenesinin dışına çıkmıştır. Görsel 5.30.ç'de iletken sıkıştırma çeneleri fazla sıkıştırıldığından terminalin tabanında çatlaklar oluşmuştur.



Görsel 5.30: Sıkıştırma çenelerinden kaynaklı kusurlu sıkıştırma işlemleri

SIRA SİZDE

Tablo 5.6'da verilen boşluklara kusurlu ve kusursuz kablo sıkıştırma özelliklerini yazınız.

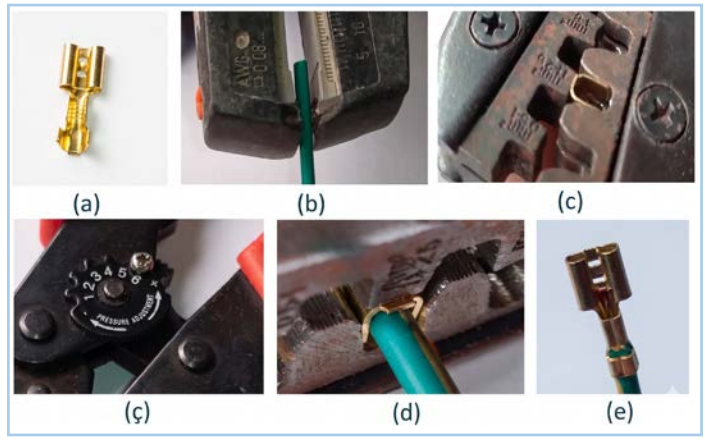
Tablo 5.6: Kablo Sıkıştırma Özellikleri

Kusursuz Kablo Sıkıştırma Özellikleri	Kusurlu Kablo Sıkıştırma Özellikleri

NASIL UYGULANIR?

AWG17 (1 mm^2) kablonun 6,3 mm izolesiz geçmeli terminaline kablo sıkma pensesi kullanılarak sıkıştırılmasının işlem adımları şu şekildedir:

- 6,3 mm izolesiz geçmeli terminal hazırlanır (Görsel 5.31.a).
- AWG17 kablo izolesi 6 mm uzunluğunda soyulur (izole sıkıştırma alanı ile iletken sıkıştırma alanı mesafesi) (Görsel 5.31.b). İletken kısmın kıvrımı bozulmuşsa el ile iletken kısım kıvrılarak kıvrımlı formuna getirilir.
- 6,3 mm geçmeli terminal sıkma pensesinin çenesine yerleştirilir (Görsel 5.31.c).
- Pensenin sıkıştırma ayarı yapılır (Görsel 5.31.ç).
- Kablo izolesi izole sıkıştırma alanının yarısına gelecek şekilde yerleştirilir (Görsel 5.31.d).
- Pense ile sıkılarak sıkıştırma işlemi tamamlanır (Görsel 5.31.e).



Görsel 5.31: İzolesiz geçmeli terminale kablo sıkıştırma işlemleri

DİKKAT

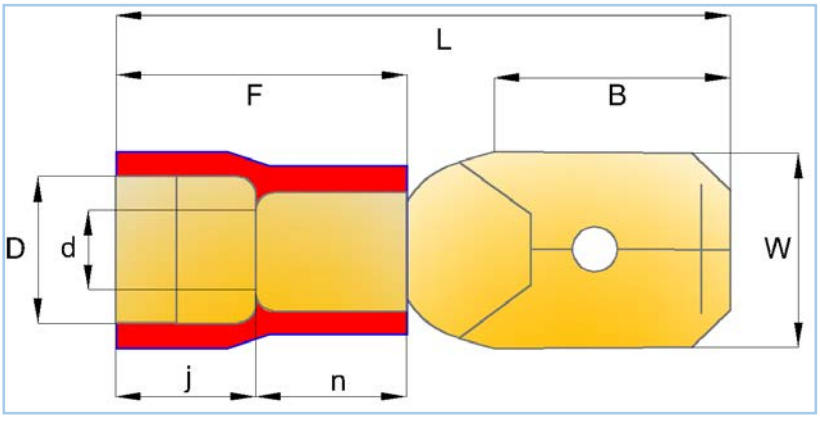
238. sayfadaki 5.1. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

ARAŞTIRMA

Sınıf mevcuduna göre 3-4 kişilik gruplar oluşturunuz. İzolesiz geçmeli terminallerin özellikleri hakkında bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri dijital ortamda kaydediniz. Bilgileri diğer bir grupla karşılaştırınız. Farklı olan özellikler varsa tespit edip nedenlerini tartışınız.

b) İzoleli Geçmeli Terminalde Kablo Sıkıştırma İşlemi

Görsel 5.32'de yer alan izoleli geçmeli terminali oluşturan kısımlar şunlardır:



Görsel 5.32: Kapalı ağız geçmeli terminali oluşturan kısımlar

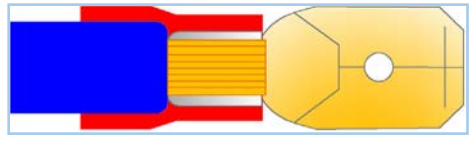
Tablo 5.7'de izoleli geçmeli terminali oluşturan kısımların isimleri yer almaktadır.

Tablo 5.7: İzoleli Geçmeli Terminali Oluşturan Kısımlar

L	Terminal uzunluğu	**D**	Kablo izole çapı
F	Kablo izolesi ve iletken sıkıştırma alanı	**d**	İletken çapı
B	Kontak takılma alanı	**j**	Kablo izole uzunluğu
W	Kontak genişliği	**n**	İletken uzunluğu

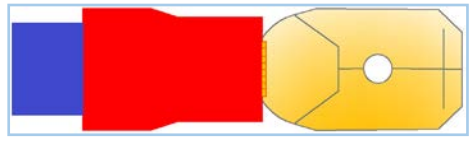
İzoleli faston tip kapalı ağız geçmeli terminalle yapılan krimpli sonlandırmanın kusursuz kabul edilebilmesi için şu adımlara dikkat edilmelidir:

- Soyulmuş iletken boyu uzunluğu (n), terminalin ölçülerine uygun olarak açılır (Görsel 5.33).



Görsel 5.33: İletken boyu uzunluğu

- İletken çıkıntısı, en fazla 1 mm uzunluğunda taşmalıdır.
- Kablo izolesi, ileriye doğru iyice itildikten sonra sıkıştırma işlemi yapılır (Görsel 5.34).

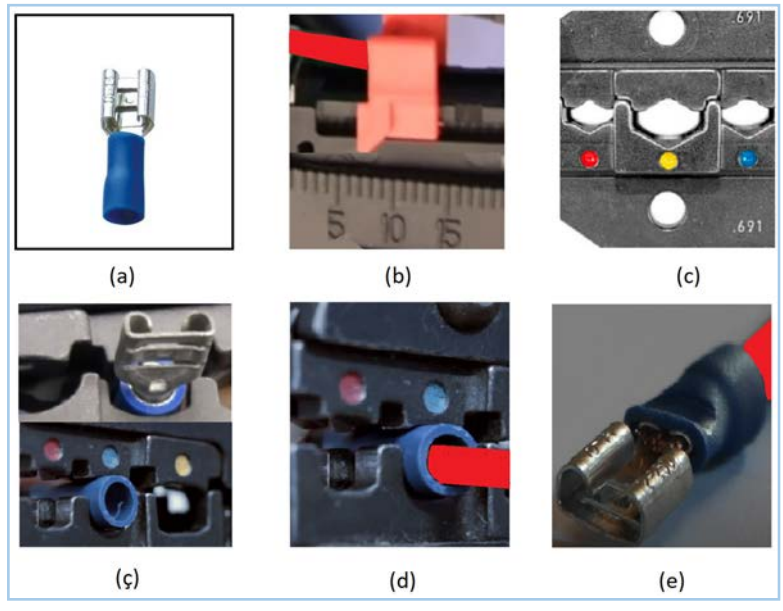


Görsel 5.34: Kapalı ağız geçmeli terminalin kusursuz krimplenmesi

NASIL UYGULANIR?

AWG16 (1,5 mm^2) kablonun 1,5 mm izoleli geçmeli terminaline kablo sıkma pensesi kullanılarak sıkıştırılmasının işlem adımları şu şekildedir:

- 1,5 mm izoleli geçmeli terminal hazırlanır (Görsel 5.35.a).
- AWG16 kablo izolesi 7 mm uzunluğunda soyulur (Görsel 5.35.b). İletken kısmın kıvrımı bozulmuşsa iletken elle kıvrılarak kıvrımlı formuna getirilir.
- Pensenin çenesi izoleli tip terminal çenesiyle değiştirilir (Görsel 5.35.c). Sıkıştırma ayarı yapılır.
- 1,5 mm izoleli geçmeli terminal sıkma pensesinin çenesine yerleştirilir (Görsel 5.35.ç).
- Kablo izoleli geçmeli terminale sıkıca yerleştirilir (Görsel 5.35.d).
- Pense sıkılarak sıkıştırma işlemi tamamlanır (Görsel 5.35.e).



Görsel 5.35: İzoleli geçmeli terminalin sıkıştırılma işlemleri

DİKKAT

240. sayfadaki 5.2. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

ARAŞTIRMA

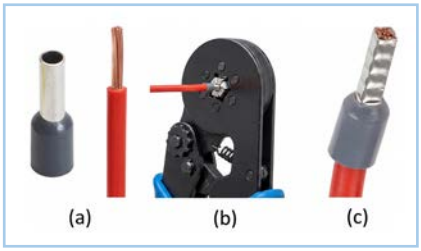
İzoleli geçmeli terminaller farklı çaplarda üretilmektedir. İzoleli geçmeli terminalleri çaplarına göre dijital ortamda araştırınız. Her bir terminalin özelliklerini Görsel 5.32'den faydalanarak ölçülendiriniz. Ölçüm sonuçların rapor hâline getirip öğretmeninize teslim ediniz.

c) Yüksük Terminalde Kablo Sıkıştırma İşlemi

Yüksük terminalle yapılan sıkıştırma işleminin kusursuz kabul edilebilmesi için dikkat edilmesi gereken adımlar şunlardır:

- Yüksük terminal, kablo çapına uygun olmalıdır.

- İletken boyu, yüksük terminal iletken boyu kadar veya yüksük terminal ucundan maksimum 0,5 mm çıkacak kadar soyulmalıdır (Görsel 5.36.a).
- İletken, yüksük terminal içerisine sabitlendikten sonra yüksük sıkma pensesi çenesine yerleştirilmelidir (Görsel 5.36.b).
- Yüksük sıkma pensesi sıkılarak sıkıştırma işlemi tamamlanmalıdır (Görsel 5.36.c).

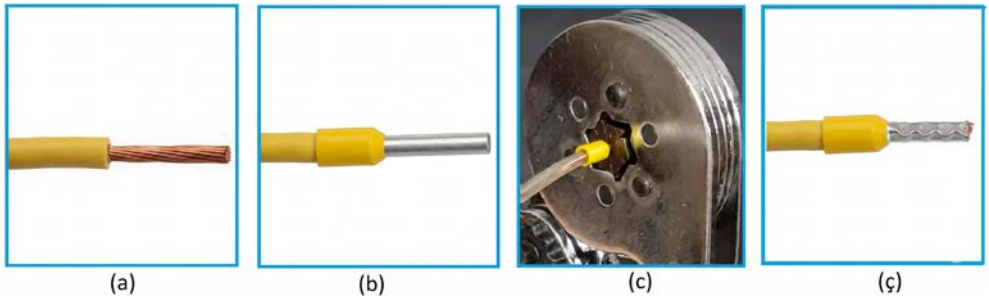


Görsel 5.36: Yüksük terminalin sıkıştırılma işlemleri

NASIL UYGULANIR?

AWG16 (1,5 mm²) kablonun 8 mm izoleli yüksük terminaline kablo sıkma pensesi kullanılarak sıkıştırılmasının işlem adımları şu şekildedir:

- AWG16 kablo izolesi 8 mm uzunluğunda soyulur (Görsel 5.37.a). İletken kısmın kıvrımı bozulmuşsa iletken elle kıvrılarak kıvrımlı formuna getirilir.
- Kablo yüksüğe sıkıca yerleştirilir (Görsel 5.37.b).
- Yüksük, sıkma pensesinin çenesine yerleştirilir (Görsel 5.37.c).
- Pense ile sıkılarak sıkıştırma işlemi tamamlanır (Görsel 5.37.ç).



Görsel 5.37: İzoleli yüksük terminalin sıkıştırılma işlemleri

DİKKAT

242. sayfadaki 5.3. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

ETKİNLİK

AWG16 (1,5 mm²) kablonun 8 mm izoleli yüksük terminaline kablo sıkma pensesi kullanarak sıkıştırma işlemini kusursuz gerçekleştiriniz.

5.3. KABLO DEMETLEME

Kablo demeti, bir sisteme ait tüm kabloların belirli bir sistematik doğrultusunda bir arada toplanması işlemidir. Kabloların demet hâline getirilmesi cihazların kablo montajını kolaylaştırdığı gibi bakım ve onarım işlerinde de kolaylık sağlar. Örneğin hava araçlarında kullanılan kablo demeti; bilgisayarlar, sensörler, aktüatörler, besleme üniteleri, elektronik kontrol üniteleri vb. sistemdeki tüm elektrikli ve elektronik bileşenleri birbirine bağlayan elektrik kablolarını bir arada toplar. Kablo demeti, hava aracındaki tüm fonksiyonların doğru çalışması için enerji ve bilgi akışını yönetir. Hava araçları dışında kara ve deniz araçları ile endüstriyel makineler, makine otomasyonu vb. tüm elektrik ve elektronik sistemleri barındıran alanlarda kullanılır. Kablo demeti oluşturmak için kablo bağı, kablo spirali, ip vb. kablo tutucular kullanılır. Görsel 5.38'de uçak kabininde kullanılan kablo demetleri yer almaktadır.



Görsel 5.38: Uçak kabini içindeki kablo demetleri

5.3.1. Kablo Bağı Bağlama İşlemi

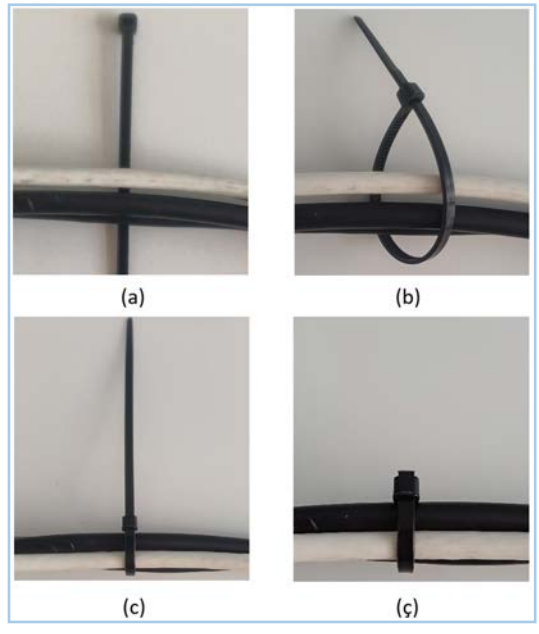
Kablo bağı, plastik veya paslanmaz çelikten üretilen kablo bağlama malzemesidir. Kablo bağı el ile kablo üzerine sıkıştırılacağı gibi kablo bağı sıkma pensesi veya kablo bağı sıkma makinesi yardımıyla da sıkılabilir. Kablo bağı ile kablo sıkıştırıldıktan sonra fazlalık kısmı kesilir. Görsel 5.39'da kablo bağı çeşitleri, kablo bağı sıkma penseleri ve kablo bağı sıkma makinesi yer almaktadır.



Görsel 5.39: Kablo bağı penseleri

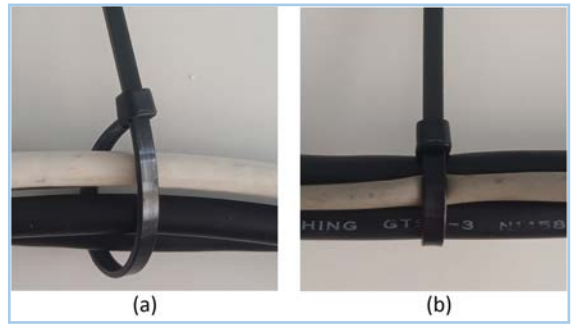
Kablo bağının elle sıkıştırılması işleminde izlenecek adımlar şu şekildedir:

- Kablo bağı, sıkıştırılacak kabloların altına ve dişleri bağlantı yapacak kişiye dönük olarak yerleştirilir (Görsel 5.40.a).
- Kablo bağı ucu, kilit mekanizmasına (tırnağa) yerleştirilir (Görsel 5.40.b).
- Kilit mekanizmasından tutularak kablo bağı ucu çekilir (Görsel 5.40.c). Kablo bağının sıkıştırılma derecesinin kabloları aşırı sıkıştırmayacak veya kablo üzerinde hareket etmeyecek kadar olmasına dikkat edilir.
- Kablo bağının fazlalık ucu kesilerek kablo bağı sıkma işlemi tamamlanır (Görsel 5.40.ç).



Görsel 5.40: Kablo bağı bağlama işlem adımları

Kablo bağının yeterince sıkılmaması veya aşırı sıkılıp kabloları sıkıştırması kusurlu sıkıştırma olarak değerlendirilir. Görsel 5.41.a'da kablo bağının yeterince sıkılmaması, Görsel 5.41.b'de kablo bağının aşırı sıkılmasından kaynaklı kusurlar yer almaktadır.



Görsel 5.41: Kablo bağının kusurlu sıkılması

ETKİNLİK

Sınıf mevcuduna göre 3-4 kişilik gruplar oluşturunuz. İki kabloyu birbirine kablo bağıyla kusursuz bağlayınız. Diğer grupların bağladıkları kabloları inceleyiniz. Kusurlu olup olmadıklarını kendi grubunuzdaki arkadaşlarınızla tartışınız.

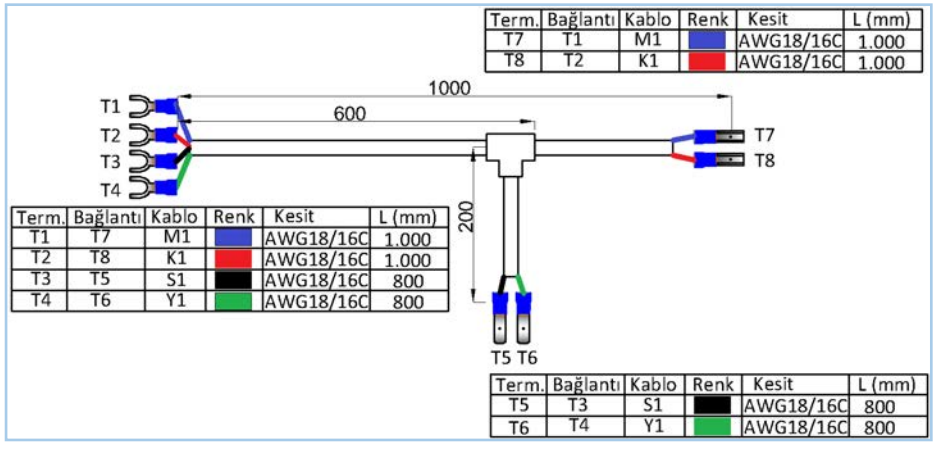
5.3.2. Kablo Demeti Oluşturma İşlemi

Kablo demetleme işlemi yapılırken dikkat edilecek hususlar şu şekildedir:

- Kablo şeması (kablaj şeması) üzerinden kablo demetinde kullanılacak terminaller, konnektörler, kablo çeşitleri, kablo uzunlukları, kablo ucu sıyırma uzunlukları vb. ayrıntılar belirlenir.
- Kablolar, belirtilen uzunlukta kesme el aletleri veya kablo kesme makinesi kullanılarak kesilir.
- Kablo uçları, kullanılan terminal veya pin ölçülerine göre sıyrılır.
- Kablolar; kablaj tahtası, çalışma tezgâhı veya montaj panosu üzerinde kablo şemasına uygun olarak yerleştirilir.
- Kablolar; kablo bağı, izole bant, ip vb. kablo tutucularla sıkıştırılarak kablo demetleri oluşturulur.

NASIL UYGULANIR?

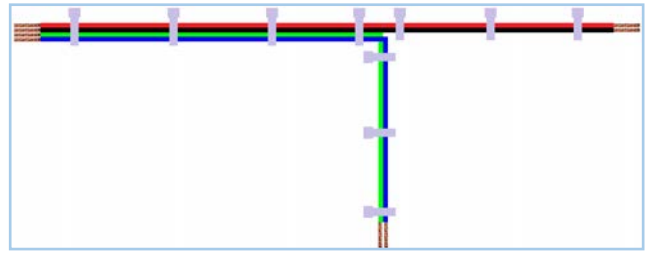
Görsel 5.42'de görülen kablo şemasına göre kablo demeti oluşturulmasının işlem adımları şu şekildedir:



Görsel 5.42: Kablo şeması

- T1 ve T7 terminal bağlantıları için 1000 mm uzunluğunda, mavi, 16 iletkenli AWG18 kablo kesilecektir.
- T1 ve T8 terminal bağlantıları için 1000 mm uzunluğunda, kırmızı, 16 iletkenli AWG18 kablo kesilecektir.
- T3 ve T5 terminal bağlantıları için 800 mm uzunluğunda, siyah, 16 iletkenli AWG18 kablo kesilecektir.
- T4 ve T6 terminal bağlantıları için 800 mm uzunluğunda, yeşil, 16 iletkenli AWG18 kablo kesilecektir.
- Tüm terminallerin uçları 6 mm uzunluğunda sıyrılır.
- T1'den T7'ye ve T2'den T8 terminallerine giden kablolar doğrusal olarak hizalanır.
- T3'ten T5'e ve T4'ten T6 terminallerine giden kablolar 600 mm sonra aşağı doğru bükülür.
- Kablo büküm mesafelerine ve terminallere 50 mm uzaklıklara kablo bağı yerleştirilir.
- Diğer kablo bağları 200 mm aralıklarla yerleştirilir.

Görsel 5.43'te kablo şemasına uygun olarak hazırlanan kablo demeti yer almaktadır.



Görsel 5.43: Kablo demeti

DİKKAT

244. sayfadaki 5.4. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

5.4. SIKIŞTIRILMIŞ, BÜKÜLMÜŞ VE DEMETLENMİŞ KABLO TESTİ

Bir sistemdeki kablolar birbiri üzerlerine bükülerek (sarılarak) bükülmüş kablolar hâlinde veya bir arada gruplandırılarak demetlenmiş hâlde oluşturulabilir. Kablolar hangi türde oluşturulursa oluşturulsun kabloların sisteme bağlanmadan önce gerekli şartları taşıyıp taşımadığının test edilmesi gerekir.

Kablo ucuna terminal, pin veya konnektörlerin sıkıştırılması, kabloların bükülmesi veya demetlenme işlemlerin istenen şartlara uygun olup olmadığının belirlenmesine **kablo testi** denir. Kablo testleri, fiziksel ve elektriksel testlerden oluşur. Kablo testleri genel olarak kabloların kalitesini, işlevselliğini ve uygunluğunu tespit etmek amacıyla yapılır. Testler sayesinde sistemde oluşabilecek bir arıza kablo test aşamasında önlenebilir. Fiziksel testler arasında çekme dayanımı ve uzama testi, kopma, yırtılma direnci testi, yaşlanma testleri, sıcaklık testi, yanıcılık testi, süreklilik vb. testler yer alır. Elektriksel testler arasında iletken direnç testi, bant genişliği, yüksek gerilim testi (spark), yalıtım direnci testi vb. testler yapılır.

5.4.1. Kablo Çekme Testi

Kablo ucuna sıkıştırılan terminal, pin veya konnektörlerin artırılarak uygulanan çekme kuvveti karşısında dayanabileceği maksimum sınırı bulmak için yapılan testtir. Sürekli sarsıntı, titreşim, savrulma, basınç vb. şartlarda çalışan sistemlerde kullanılan kabloların çekme testlerinden geçmiş olması gerekir. Çekme test işleminde çeşitli dikey (Görsel 5.44.a) veya yatay (Görsel 5.44.b) çekme makineleri kullanılır.



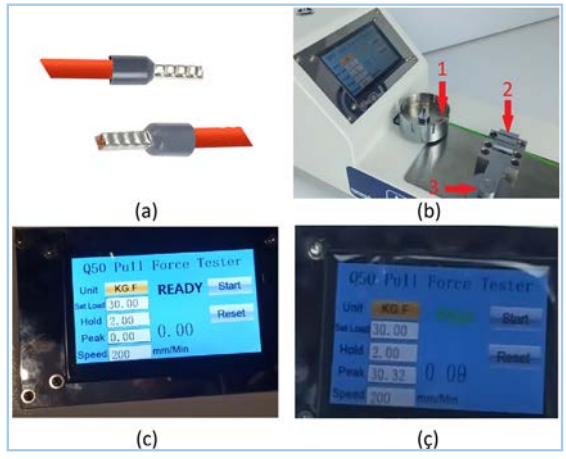
Görsel 5.44: Kablo çekme cihazları

NASIL UYGULANIR?

1 mm'lik yüksük terminale 300 mm uzunluğunda AWG18 çok iletkenli kablo sıkıştırıldıktan sonra kablo çekme testi işlem adımları şu şekildedir:

- 1 mm'lik yüksük terminale 300 mm uzunluğunda AWG18 kablosu sıkıştırılır (Görsel 5.45.a).
- Yüksek terminal, Görsel 5.45.b'de cihaz üzerinde 1 numaralı okla gösterilen tutma aparatına yerleştirilir.
- Kablo, Görsel 5.45.b'de cihaz üzerinde 2 numaralı okla gösterilen sıkma çenesine yerleştirilir.
- Görsel 5.45.b'de cihaz üzerinde 3 numaralı okla gösterilen sıkma koluyla kablo sıkılır.

- Görsel 5.45.c'de görülen Set Load kısmından uygulanacak kuvvet değeri girilir. Uygulamada 30 kg kuvvet uygulanmaktadır.
- Görsel 5.45.c'de Hold kısmından 30 kg kuvvette bekleyeceği süre değeri girilir. Uygulamada kablo 30 kg kuvvet altında 2 saniye bekleyecektir.
- Görsel 5.45.ç'de görülen Start kısmından test başlatılır. Kablo 30 kg kuvvet altında 2 saniye beklerse kablo testten geçer. Kablo kopar veya terminalden çıkarsa test başarısızdır. Uygulamada kablo 30 kg üzerinde 2 saniye kalırsa testten geçer.



Görsel 5.45: Kablo çekme testi

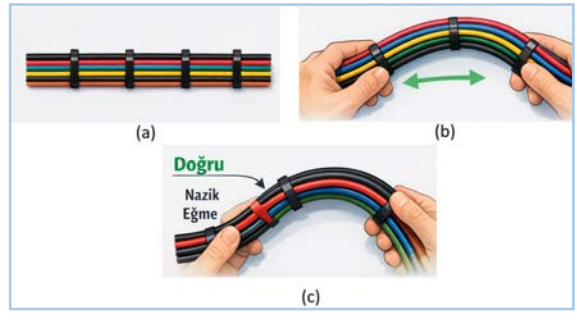
ETKİNLİK

Dörder kişilik gruplar oluşturunuz. 1 mm yüksük terminale 200 mm AWG17 kablo sıkıştırınız. Kablo çekme makinesinden 1 kg-20 kg arası çekme kuvveti uygulayınız. Tablo oluşturarak her kuvvet karşılığında kablonun durumunu not ediniz. Kablonun dayanabildiği çekme kuvvetini bulunuz.

5.4.2. Kablo Demetleme

Kabloları bir arada toplama işlemidir. Kablo demetleme işlemi yapılırken dikkat edilecek hususlar şunlardır:

- Kablolar yan yana düzgün olarak dizilip kablo bağı vb. kablo tutucularla bağlanır (Görsel 5.46.a).
- Kablo bükülürken bükme yarıçapı, kablo çapının 5 veya 10 katı olacak şekilde ayarlanmalıdır (Görsel 5.46.b).
- Kablo bükerken keskin dönüşlerden ziyade daha yumuşak dönüşler kullanılır (Görsel 5.46.c).



Görsel 5.46: Kablo bükme işlemi

5.4.3. Kablo Demeti Test Etme

Kablo demetleme test işlemlerinde kullanılan test yöntemlerinden en sık kullanılanları şunlardır:

- **Gözle Muayene:** Kabloların renkleri ve gittikleri yönler izlenerek kabloların gideceği cihazlara ulaşıp ulaşmadığı kontrol edilir.
- **Süreklilik Testi:** Multimetre sesli konuma alınarak kablonun cihaza elektriksel olarak bağlanıp bağlanmadığı test edilir.
- **Kısa Devre Testi:** Multimetre sesli konuma alınarak kablonun diğer kablolara temas edip etmediği test edilir.
- **Yüksek Voltaj Testi:** İletkenler arasında yüksek voltaj (10 kV'a kadar) uygulanıp iletim veya elektrik kaçakları olup olmadığını gözlemlenir.
- **Bükülme ve Esneme Testi:** Kablo demeti döngüsel olarak bükülerek kablo üzerlerinde oluşabilecek hasarlar gözlemlenir.
- **Empedans Testi:** Yüksek frekanslı veri sinyali kablo üzerinden gönderilerek veri akışının tutarlı olup olmadığı gözlemlenir.

ETKİNLİK

5.4. Uygulamada yaptığınız kablo demetini aşağı-yukarı ve sağa-sola bükünüz. Kablo kılıfı üzerinde yapısal bozulmalar olup olmadığını inceleyiniz.

5.5. KONNEKTÖRLERE PİN SÖKME VE TAKMA

Elektrikli cihazların birbirleriyle iletişimini veya enerji bağlantısını sağlayan kabloların uçlarına yerleştirilen mekanik parçalara **konnektör** denir. Konnektörler erkek ve dişi konnektör olarak üretilir. Üzerinde bir ya da birden fazla pin bulunduranlar **erkek konnektör** (Görsel 5.47.a), üzerinde bir ya da birden fazla pin girişleri bulunduranlar **dişi konnektör** (Görsel 5.47.b) olarak isimlendirilir.



Görsel 5.47: Erkek ve dişi konnektör

Konnektörler genelde birbirine geçmeli üretilir. Böylelikle kabloların sökülüp takılması kolaylaşır. Kullanım yerine göre bu geçmeye ilave olarak kilit sistemiyle geliştirilmiş konnektörler de vardır. Bu nedenle tek tip konnektör yoktur. Kullanım yerlerine ve ortam şartlarına göre çok farklı türde üretilen konnektörler şunlardır:

- Askerî Konnektör (MS, MIL)
- Aydınlatma Konnektörleri
- Endüstriyel Konnektörler
- Fiber Optik Konnektörler
- Otomotiv Konnektörleri
- Enerji Konnektörleri
- Ses ve Video Konnektörleri

- Solar Konnektörler
- RJ45 Konnektörler
- USB Konnektörler

Hava araçlarında daha çok askerî tip konnektörler kullanılır (Görsel 5.48).



Görsel 5.48: Askerî konnektörler

Konnektörlerin pinlerine sıkıştırma veya lehimleme yöntemleri kullanılarak kablo yerleştirilir. Konnektörler, üzerlerine yazılan kodlar sayesinde tanımlanır. Askerî tip konnektör kodlaması genellikle MS veya MIL ile başlar ancak farklı kodlarla başlayan askerî tip konnektörler de vardır. Kullanılacak konnektörün seri numarası ile üretici firmanın kataloğuna ulaşılarak o konnektör hakkında bilgi edinilir. Görsel 5.49'da MS3476L14-4P koduyla üretilen konnektörün özellikleri yer almaktadır.



Görsel 5.49: Konnektör özellikleri

ARAŞTIRMA

Dijital ortamda askerî konnektörleri araştırınız. Seçtiğiniz konnektörlerden birinin kataloğunu üretici firmanın web sitesinden indiriniz. Konnektör kodundan özelliklerini tespit edip kâğıda yazınız. Sınıf içerisinde diğer arkadaşlarınızla kâğıtları değişip farklı konnektörlerin özelliklerini inceleyiniz.

5.5.1. Konnektöre Pin Takma

Sıkıştırmalı tip konnektör pinleri yerlerine yerleştirilmeden önce kablo ile sıkıştırılır. Hem erkek hem de dişi pinler kablo sıkıştırılmasına uygundur. Sıkma işleminde pin sıkma pensesi kullanılır. Görsel 5.50'de pin sıkma penseleri ve çeşitli pinler yer almaktadır.

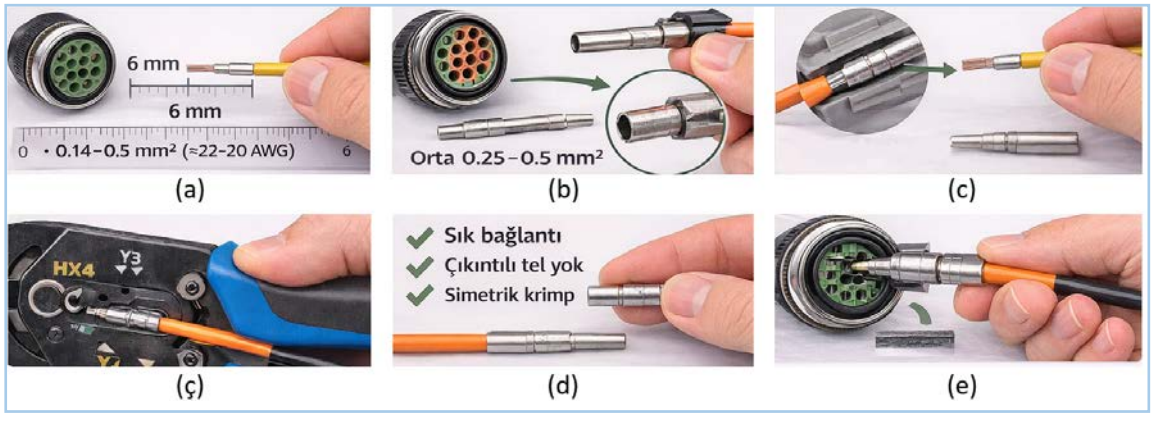


Görsel 5.50: Pin sıkma pensesi ve çeşitli pinler

NASIL UYGULANIR?

AWG20 (0,5 mm^2) kablonun pine, pin sıkma pensesi kullanılarak sıkıştırılmasının işlem adımları şu şekildedir:

- AWG20 kablo izolesi 6 mm uzunluğunda soyulur (Görsel 5.51.a). İletken kısmın kıvrımı bozulmuşsa iletken kısım elle kıvrılarak kıvrımlı formuna getirilir.
- 0,5 mm pin hazırlanır (Görsel 5.51.b).
- AWG20 kablo pin içerisine yerleştirilir (Görsel 5.51.c).
- Pin ve kablo, pin sıkma pensesine yerleştirilip pense ile sıkıştırılır (Görsel 5.51.ç).
- Kablonun pin içerisinde hareket edip etmediği kontrol edilir (Görsel 5.51.d).
- Pin, konnektör içerisine pin takma anahtarıyla veya itilerek yerleştirilir (Görsel 5.51.e).



Görsel 5.51: Konnektöre pin yerleştirme işlemleri

DİKKAT

246. sayfadaki 5.5. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

5.5.2. Konnektörden Pin Sökme

Konnektöre yerleştirilen pinler konnektör tırnakları tarafından tutulur. Kablo geriye doğru çekilmeye çalışılsa dahi pin yerinden oynamaz. Konnektöre takılan pinleri yerinden çıkartmak için pin sökme anahtarları (aparatları) kullanılır. Görsel 5.52'de pin sökme anahtar çeşitleri yer almaktadır.

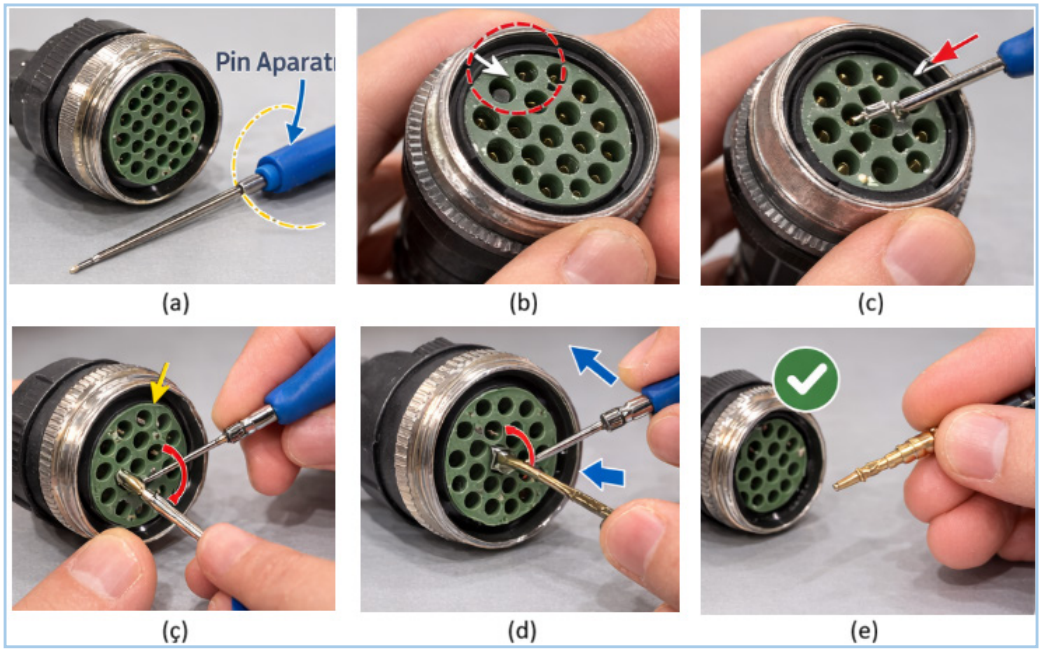


Görsel 5.52: Pin sökme anahtarları

NASIL UYGULANIR?

Konnektörden pin sökme anahtarı kullanılarak pin sökülmesinin işlem adımları şu şekildedir:

- Uygun pin sökme aparatı hazırlanır (Görsel 5.53.a).
- Pini sökülecek konnektör belirlenir (Görsel 5.53.b).
- Pin sökme aparatı pin yuvasına yerleştirilir (Görsel 5.53.c).
- Pin sökme aparatı pin yuvasının sonuna kadar itilerek tırnaklar açılır (Görsel 5.53.ç).
- Aparat geriye doğru çekilir (Görsel 5.53.d).
- Pin yuvasından çıkartılır (Görsel 5.53.e).



Görsel 5.53: Konnektörden pin sökme işlemleri

ETKİNLİK

5. uygulamada konnektöre taktığınız pini uygun pin sökme aparatı kullanarak yerinden çıkartınız.

5.6. SÜREKLİLİK, YALITIM VE BAĞLAMA TEKNİKLERİYLE KABLO TESTİ

Kablolama sistemlerinde süreklilik [Continuity (kontunudi)], yalıtım [insulation (insuleyşın)] ve bağlama [bonding (baundin)] testleri; elektrik tesisatının güvenli ve doğru çalıştığını kontrol etmek için yapılan temel testlerdir. Bu testler özellikle uçaklarda, endüstriyel tesislerde, araç kablo demetlerinde, pano sistemlerinde ve makine elektrik tesisatlarında uygulanır.

5.6.1. Süreklilik Testi

Bir kablonun veya iletkenin bir ucundan diğer ucuna kadar elektrik akımının kesintisiz olarak iletilip iletilmediğinin kontrol edildiği teste **süreklilik testi** denir. Kablolardaki kopmalar, yanlış bağlantılar ve konnektör pin bağlantı durumları süreklilik testleriyle tespit edilir. Test işleminde multimetre, kablo test cihazları veya süreklilik test cihazları kullanılır. Görsel 5.54'te süreklilik testinde kullanılan çeşitli ölçü aletleri yer almaktadır.

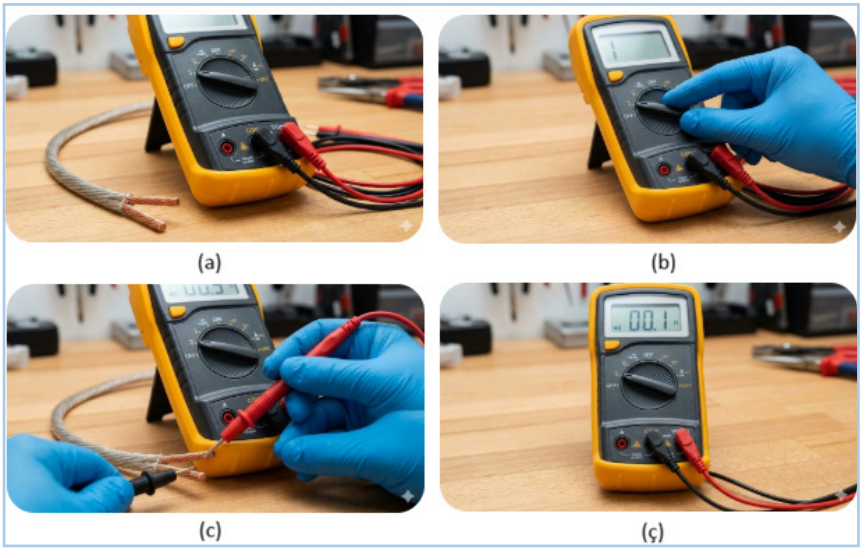


Görsel 5.54: Çeşitli ölçü aletleri

NASIL UYGULANIR?

Multimetre kullanılarak kabloda süreklilik testi yapılmasının işlem adımları şu şekildedir:

- Multimetrenin siyah probu COM yuvasına, kırmızı probu ise VΩmA (veya süreklilik simgesi olan) yuvasına takılır (Görsel 5.55.a).
- Kablo bağlantısını ölçmek için multimetrenin fonksiyon kadranı çevrilerek süreklilik moduna getirilir. Bu mod genellikle bir ses dalgası simgesi (buzer) veya küçük bir diyot sembolü ile gösterilir. Süreklilik ayarında, problar birbirine değdiğinde multimetre buzerinden uyarı sesi çıkaracaktır (Görsel 5.55.b).
- Multimetrenin bir probu (örneğin kırmızı) kablonun bir ucundaki bakır iletkene, diğer probu (siyah) kablonun diğer ucundaki bakır iletkene değdirilir. Probların metal kısımlarının birbirine veya başka metal yüzeylere değmediğinden emin olunur. Problar sadece test edilen kablonun uçlarına temas etmelidir (Görsel 5.55.c).
- Problar bağlıyken multimetrenin ekranı kontrol edilir. Kablo sağlamsa ve bağlantı varsa multimetre sürekli bir uyarı sesi çıkarır. Ekran, çok düşük bir direnç değeri (yaklaşık 0.01 Ω) gösterecektir. Kablo kopuksa ekran OL (açık döngü) göstermeye devam eder ve ses çıkmaz (Görsel 5.55.ç).



Görsel 5.55: Süreklilik testi işlem adımları

ETKİNLİK

Atölyenizde bulunan güç, veri veya herhangi bir kabloyu multimetrenin süreklilik modunu kullanarak test ediniz.

5.6.2. Yalıtım Testi

Bir kablonun başka iletken, kablo veya toprakla temasının kesilmesine **yalıtım** denir. Yalıtım testi; bir kablonun diğer kablolar, iletkenler veya kablo ile toprak arasında kaçak akım olup olmadığını ölçen testtir. Yalıtım testi; kablo izolasyonundaki hasarları tespit etmek, nem veya aşınma kaynaklı kaçakları bulmak ve elektrik çarpması riskini önlemek amacıyla yapılır. Test işleminde izolasyon meggermetre veya izolasyon direnci test cihazları kullanılır. Test gerilimleri 24 V sistem için 100-250 V, 230 V sistem için 500 V ve 400 V sistem için 1000 V olarak uygulanır. Ölçme sonucu 100 MΩ dan yüksek çıkarsa çok iyi yalıtım, 1-100 MΩ arası çıkarsa iyi yalıtım ve 1 MΩ dan küçük çıkarsa zayıf yalıtım olarak kabul edilir. Görsel 5.56'da izolasyon meggermetre ve izolasyon direnci test cihazı yer almaktadır.



Görsel 5.56: Yalıtım test cihazları

Uçaklardaki elektrik kablo demetlerinin (harness) yalıtkanlık testi, uçuş emniyeti açısından kritik bir işlemdir. Megger (Meger) cihazı ile yapılan bu test, kablo yalıtımındaki mikroskobik çatlakları, nemi veya karbonlaşmayı tespit etmeyi sağlar. Uçaklarda kablo demeti içindeki bir kablonun yalıtkanlığını ölçmek için iki ana yöntem izlenir:

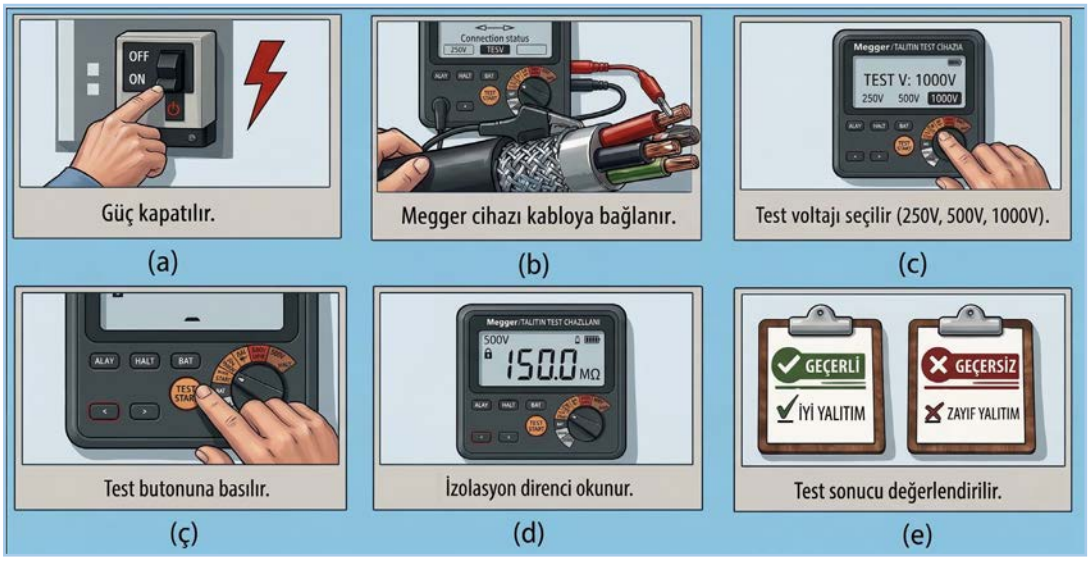
- **Kablodan Gövdeye [Wire to Ground (vayır tu gıraund)]:** Megger cihazının siyah (negatif) ucu uçağın şasisine (metal bir noktaya), kırmızı (pozitif) ucu ise test edilecek kablonun pinine bağlanır.
- **Kablodan Kabloya [Wire to Wire (vayır tu vayır)]:** Aynı demet içindeki iki farklı kablo arasındaki yalıtkanlığı ölçmek için problar bu iki kablonun uçlarına bağlanır.

NASIL UYGULANIR?

İzolasyon meggermetre kullanılarak kabloda yalıtım testi yapılmasının işlem adımları şu şekildedir:

- Ölçüm yapmadan önce test edilecek sistemin enerjisi mutlaka kesilmelidir. Kabloların veya cihazın şebeke ile hiçbir bağlantısı kalmamalıdır. Ayrıca, sistemdeki hassas elektronik cihazlar (sensörler, PLC'ler vb.) yüksek voltajdan zarar görmemesi için devre dışı bırakılmalıdır (Görsel 5.57.a).
- Toprak (E) kablosu tesisatın toprağına bağlanır (Görsel 5.57.b).
- Hat (L) kablosunu ise yalıtkanlığı ölçülen iletkene bağlanır (Görsel 5.55.b).
- Test edilecek iletkenin çalışma voltajına göre uygun kademe seçilir. 220 V / 380 V sistemler için genellikle 500 V DC veya 1000 V DC seçilir (Görsel 5.57.c).

- Cihaz üzerindeki Test veya Start düğmesine basılır. Dijital cihaz ekranında direnç değeri sabitlenene kadar beklenir (genellikle 30-60 saniye) (Görsel 5.57.ç).
- Direnç değeri okunur (Görsel 5.57.d).
- Direnç değeri 1 MΩ altında çıkarsa elektrik sisteminde kaçak olduğu anlamına gelir (Görsel 5.57.e).



Görsel 5.57: Yalıtım testi işlem adımları

ETKİNLİK

Atölyenizde bulunan güç, veri veya herhangi bir kablonun izolasyon direncini yalıtım test cihazıyla ölçünüz.

5.6.3. Bağlama (Bonding) Testi

Bağlama, uçak gövdesindeki metal kısımların uçlarına halka terminal takılmış izolesiz örgü kablolarla birbirlerine bağlanması işlemidir (Görsel 5.58). Bağlama işlemi aynı zamanda uçak gövdesinde sürekliliği de sağlar. Bağlama uçak gövdesinde biriken statik elektriğin toprağa aktarılmasında veya gövdeye yayılmasında önemli görev görür.



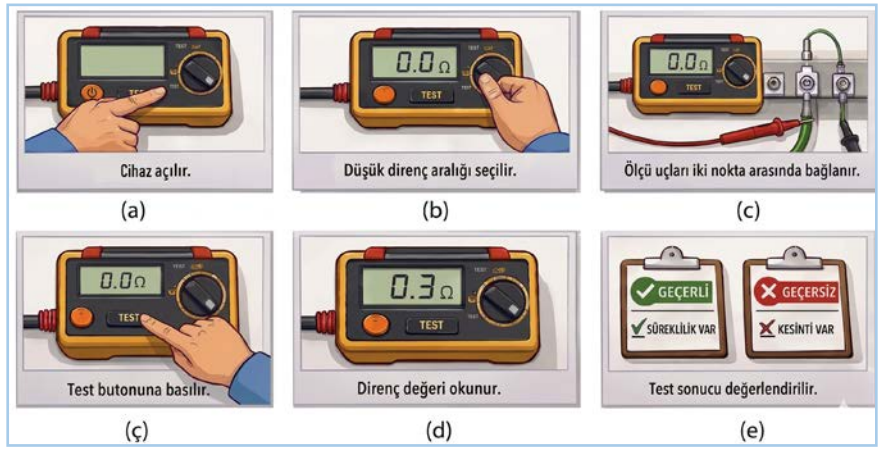
Görsel 5.58: Uçak gövdesinin birbirine bağlanması

Bağlama testi, metal parçaların ve topraklama noktalarının düşük dirençli şekilde birbirine bağlı olup olmadığının kontrol edildiği testtir. Topraklama güvenliği sağlamak, elektrik kaçaklarının güvenli şekilde toprağa gitmesini sağlamak, şasi bağlantılarını doğrulama işlemleri bağlama testleriyle tespit edilir. Test işleminde genellikle düşük direnç değerli ohmmetre kullanılır. Doğru topraklama için topraklama bağlantısı ölçüm sonucu 0,1 Ω'dan küçük çıkmalıdır. Doğru şasi bağlantısı için şaşi bağlantısı ölçüm sonucu 0,05 Ω'dan küçük çıkmalıdır. Özellikle uçaklarda elektriksel topraklamayla sinyalin belirli bir yol boyunca herhangi bir direnç veya kısa devreye maruz kalmadan sorunsuz bir şekilde iletilmesi sağlanmalıdır. Uçak sistemlerindeki topraklama problemleri motor ateşlemesinden iletişim ve navigasyon sistemlerini, uçuş kontrolleri ve diğer kritik uçak sistemlerinin çalışmasını etkiler. Uçakta, güvenli uçuşların sağlanması için elektrik iletiminin kusursuz olması gerekir.

NASIL UYGULANIR?

Bağlama test cihazı kullanılarak kabloda bağlantı testi yapılmasının işlem adımları şu şekildedir:

- Ölçüm yapmadan önce test edilecek sistemin enerjisi mutlaka kesilir. Kabloların, cihazların, sensör vb. elektronik sistemlerin şebeke ile hiçbir bağlantısı kalmamalıdır (Görsel 5.59.a).
- Bağlama test cihazı ölçüm için hazırlanır. Test edilecek bağlantının direnç değerine göre cihaz düşük direnç (miliohm) simgesine getirilir. Cihaz ekranında Bonding ve READY yazısı belirir (Görsel 5.59.b).
- Toprak (E) kablosu tesisatın toprağına bağlanır (Görsel 5.59.c).
- Hat (L) kablosu ise bağlama direnci ölçülmek istenen metal gövdeye bağlanır (Görsel 5.59.c).
- Cihaz üzerindeki Test veya Start düğmesine basılır. Dijital cihaz ekranında direnç değeri okunana kadar beklenir (Görsel 5.59.ç).
- Ölçülen direnç değeri okunur (Görsel 5.59.d).
- Ölçüm sonucu genellikle 0-0,003 Ω (3 mΩ) aralığında olmalıdır. Eğer daha yüksek değer çıkarsa bağlantıda gevşeklik, yüzeyde boya, oksit veya bağlantı kablosu hasarlı olabilir (Görsel 5.59.e).



Görsel 5.59: Bağlama testi işlem adımları

ETKİNLİK

Atölyenizde bulunan güç, veri veya herhangi bir kablonun izolasyon direncini yalıtım test cihazıyla ölçünüz.

SIRA SİZDE

Tablo 5.8'de verilen Ne Ölçer ve Amaç sütunlarına doğru olan tanımları yazınız.

Tablo 5.8: Test İşlemleri

Test	Ne Ölçer?	Amaç
Süreklilik		
Yalıtım		
Bağlama (Bonding)		

5.6.4. Uçak Elektrik Hatlarında Oluşabilecek Hasarlar ve Toleransları

Kablo ve bağlantı malzemeleri, elektriği iletmek amacı ile iletken ve onu koruyan yalıtkan malzemelerden yapılır. İletkenler, metal malzemelerden oluştuğu için genel olarak kimyasal etkilerle iletkenlik özelliklerini kaybedebilir. Benzer şekilde yalıtkan malzemeler de çeşitli etkilerle özelliklerini kaybedebilir veya görevlerini yapamayabilir. Bunlar elektrik tesisatında arızalara neden olur. Bu arızalar, elektrikli sistemleri doğru çalıştırmaz ve diğer sistemleri de etkiler. Bu tür arızalar uçakta elektrik tesisatlarına hasar verebilir.

Uçak elektrik tesisatlarında oluşabilecek hat arıza sebepleri şunlardır:

- Bakım eksiklikleri
- Uzun kullanım süresi
- Dolaylı hasarlar
- Kimyasal malzemeler
- Çalışma akımının aşılması ve yüksek ısı
- Yetersiz temizlik
- Nem
- Mekanik aşınma

Bakım Eksiklikleri: Uçakların çalışma şartları nedeniyle düzenli olarak kontrol edilmesi gerekir. Bu kontroller zamanında yapılıp değişmesi gereken kısımlar değiştirilmezse elektrik aksamında arıza oluşmasına neden olur.

Uzun Kullanım Süresi: Her malzemenin bir ömrü vardır. Uçaklarda uzun kullanım sonunda elektrik kabloları yılların etkisiyle özelliklerini kaybetmeye başlar. Bu sakıncaları yaşamamak için bakımların düzenli yapılması, ömrünü tamamlayan malzeme ve kabloların değiştirilmesi gerekir. Uzun kullanım sonunda kablo yalıtkanında çatlaklar ve kırılmalar yaşanabilir. Bağlantı noktalarında oksitlenme (pas) oluşabilir. Oksitlenme; elektriğin iletilmemesine, bu noktalarda direnç, akım geçişlerinin kötüleşmesine ve istenmeyen ısıya neden olur. Pasın olumsuz etkilerinden kurtulmak için bu yüzeyler pas sökücü malzemelerle temizlenmelidir.

Dolaylı Hasarlar: Açıkta bulunan kablo demetlerine, bağlantı noktalarına ve kablolara dışarıdan bir fiziki etki olabilir. Bu etkilerle kablolar veya onları koruyan bağlantı parçaları çatlayabilir, kırılabilir veya yerinden çıkabilir. Bu durumlarda hasar gören parçalar ve kablolar düzeltilmezse daha büyük hasarlara neden olabilir.

Kimyasal Malzemeler: Uçakların bakımı kapsamında temizlenmesi ve boyanması gereklidir. Uçak içerisine dökülen kimyasal maddeler zamanla bağlantı noktalarına ve kablolara zarar verebilir.

Çalışma Akımının Aşılması ve Yüksek Isı: Kablo izoleleri genel olarak petrol türevlerinden yapılır.

Petrol türevleri sıcak karşısında ekonomik ömrünü daha erken tamamlar. Elektrik akımının etkilerinden biri de ısı etkisidir. Kullanılacak kabloların iletken çapları taşıyacakları akıma göre seçilir. Bu akım kapasitesi aşılırsa iletken üzerinde fazladan ısınmaya neden olur. Uçaklar park esnasında genelde güneş altında bulunur. Güneşin uçak ve içindeki malzemeler üzerinde ısıtıcı bir etkisi vardır. Bu ve benzeri istenmeyen ısınmalar, kablo özelliklerinin kaybolmasına neden olur.

Yetersiz Temizlik: Uçakların elektrik aksamının olduğu yerlerde gerekli temizlikler yapılmalıdır. İletkenlerin üzerinin kirlenmesi, iletkenlerde fazladan ısıya neden olur. Isınma ile yalıtkanlık özelliği erken bozulur. Bağlantı noktaları ve bağlantı elemanlarının kirlenmesi, kısa devreye veya düşük dirence neden olarak yangın çıkma riskini artırır. Temizlik esnasında kabloların yerinden çıkmamasına özen gösterilmelidir. Temizlik yapılırken kablo özelliğinin kaybolmasına neden olacak kimyasallar kullanılmamalıdır.

Nem: Kimyasal malzemelerde olduğu gibi nem, pasa ve kablo yalıtkanının özelliğini erken kaybetmesine neden olur. Kablo hattı normalde uçağın nemli bir yerinde kullanılıyorsa kablonun neme karşı dayanıklı malzemeden üretileni seçilmelidir.

Mekanik Aşınma: Uçaklar çalışması itibariyle yüksek miktarda titreşime (vibrasyon) neden olur. Mekanik aşınma, titreşim bağlantı elemanlarının ve bağlantı noktalarının gevşemesine neden olabilir. Bağlantılardaki gevşeme elektriğin düzgün iletilmesini engeller ve ark (kıvılcım) oluşmasına neden olabilir. Bakımlarda bağlantı noktalarının sağlamlığı kontrol edilmelidir. Titreşim aynı zamanda yan yana olan kabloların birbirlerine veya uçak yüzeyine sürtünmesine neden olabilir. Böyle durumlarda kablo yalıtkanı aşınıp istenmeyen tehlikeli temaslara yol açabilir. Kablo hareketini önlemede kablo demetleme, kurallara uygun yapılmalıdır. Kablo hat güzergâhı metallere veya yüzeye uzak yapılmalıdır. Yüzeyden kaçış imkânı yok ise kablo ile yüzey arasına etkiyi azaltacak yumuşak malzemeler konulmalıdır.

5.7. ELEKTRİK HATLARINDA KORUMA TEKNİKLERİ

Uçak elektrik hatlarında oluşabilecek hasarlara karşı alınabilecek tedbirler için bir planlama yapılması gerekir. Yapılacak planlama elektrik tesisatlarında olabilecek problemleri öncesinden önleme amaçlı olmalıdır. Planlama başlıca şu kısımları içermelidir:

- Tanıma
- Temizlik
- Koruma
- Temizlik takibi
- Koruma kaldırma
- Denetim

Tanıma: Uçağın elektrik projesine hâkim olunmalıdır. Projeye göre ağırlıklı olarak hasar görebilecek yerler tespit edilmelidir. Buralar daha sık kontrol edilmelidir. İlave tedbir gerekiyorsa alınmalıdır.

Temizlik: Bakımlarda kablolar ve bağlantı noktalarının temiz olması sağlanmalıdır. Uçak bağlantı noktaları ve kabloları temiz değilse uygun ekipmanlarla temizlenmelidir.

Koruma: Tanıma aşamasında tespit edilen yerlerdeki kablo veya ekipmanlar; koruyucu, esnek, yalıtkan malzemelerle sarılabilir. Ekipman, sert yalıtkan malzeme içine alınabilir. Böylelikle ilave bir koruma tedbiri alınmış olur.

Temizlik Takibi: Uçak içinde bir çalışma yapılmışsa çalışma sonrası kablo ve ekipman temizliği yapılmalıdır. Çalışma bölgesinde kullanılan malzemeler uçakta unutulmamalıdır.

Koruma Kaldırma: Uçakta yapılacak çalışma öncesi kablo ve ekipmanlar koruyucu malzemelerle sarılmış olabilir. İş bittikten sonra bu koruyucu malzemeler tekrar toplanmalıdır. Çalışma alanı eski hâline getirilmelidir.

Denetim: Çalışma bitirilip bölge temizlendikten sonra son bir kontrolün daha yapılmasına **denetim** denir.

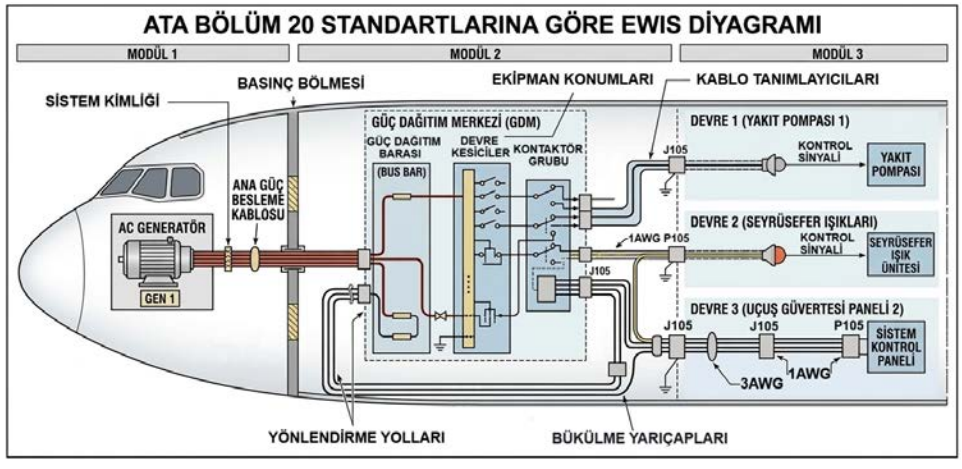
5.7.1. Elektriksel Kabloların Bağlantı Sistemi (EWIS)

EWIS [Electrical Wiring Interconnection System (elektirikıl vayrin interkonekşın sistem)], uçakta bulunan tüm elektrik kabloları, kablo demetleri, konnektörler, terminaller ve bağlantı elemanlarının oluşturduğu sistemin genel adıdır. Kısacası uçaktaki tüm elektrik kablolama altyapısı EWIS kapsamında değerlendirilir.

EWIS sistemi şu kısımları içerir:

- Elektrik kabloları
- Kablo demetleri
- Konnektörler
- Terminaller ve pinler
- Klemens (splice) bağlantıları
- Kablo kelepçeleri
- Kablo kanalları ve koruyucu kaplamalar
- Bağlama (bonding) ve topraklama (grounding) bağlantıları

EWIS sistemindeki temel amaçlar; elektrik enerjisini güvenli bir şekilde taşımak, sistemler arasında veri taşımak, bakım ve arızaların tespitini kolaylaştırmaktır. Görsel 5.60'ta ATA bölüm 20 standartlarına göre EWIS sistemi yer almaktadır.



Görsel 5.60: EWIS sistemi

5.7.2. Uçağı Statik Elektrikten Koruma Yöntemleri

Uçak üzerinde çalışan elektrik ve elektronik cihazlar ile hava şartlarından dolayı uçak gövdesi üzerinde statik elektrik yükleri birikir. Yüzeylerde oluşan dengesiz, statik elektrik enerjisi iletkenle temas anında ani boşalma ile şok etkisi oluşturur. Bu şok etkisinin uçak veya bileşenlerine zarar vermemesi için gövde üzerinde oluşturulan topraklama noktalarıyla boşaltılması gerekir. Uçak gövdesinin doğrudan toprağa bağlanması veya statik elektriğin tüm gövdeye dağıtılmasıyla statik elektriğin şok etkisi azaltılır.

a) Uçak Gövdesini Topraklama

Uçak gövdesinin metal kısımlarının toprakla birleştirilmesi işlemine **koruma topraklaması** denir. Uçaklarda süreklilik ve bağlama (bonding) işlemine rağmen elektrik hatlarından kaynaklı gövde üzerindeki statik elektrik boşaltılamayabilir. Bu statik elektrik, yakıt deposuna yakıt yükleneceği zaman kıvılcıma hatta patlamaya neden olabilir. Bunu önlemek amacıyla yakıt yükleme esnasında uçak gövdesinin topraklama hattıyla toprağın bir iletkenle birleştirilmesi gerekir.

Görsel 5.61'de yakıt dolum işleminde uçak gövdesindeki toprak bağlantısı noktasının toprağa bağlantısı yer almaktadır.



Görsel 5.61: Uçak gövdesinin topraklanması

b) Statik Elektrik Deşarj Çubukları

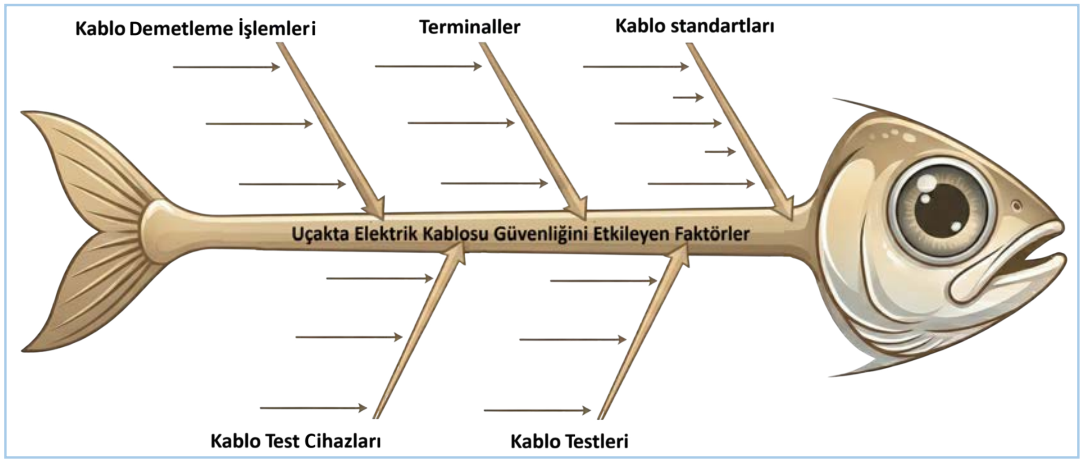
Nemli ve sisli havalarda özellikle de yüksek gerilimin olduğu elektrik taşınan yerlerde iletken üzerindeki çıkıntılar ortamdaki havayı iyonize eder. İyonize olan hava üzerinden yüksek elektrik akımı deşarjları oluşur. İletken üzerindeki elektriğin bir kısmı hava üzerinde harcanır. Havada oluşabilecek statik elektriğin dağıtılması amacıyla uçağın kanatlarına ve kuyruk kısmına deşarj çubukları (püskül) takılır. Uçağa yıldırım çarpması durumunda elektrik enerjisi bağlama (bonding) ve süreklilik sayesinde tüm gövdeye, kanatlara ve kuyruğa yayılır. Böylece yıldırımın taşıdığı yüksek gerilimden uçaktaki cihazlar korunur. Görsel 5.62'de uçak üzerindeki deşarj çubukları yer almaktadır.



Görsel 5.62: Uçak gövdesindeki deşarj çubukları

SIRA SİZDE

Öğrendiklerinizden yola çıkarak uçaktaki elektriksel kabloların bağlantı sistemini oluşturan unsurlara ilişkin balık kılçığı diyagramını doldurunuz.



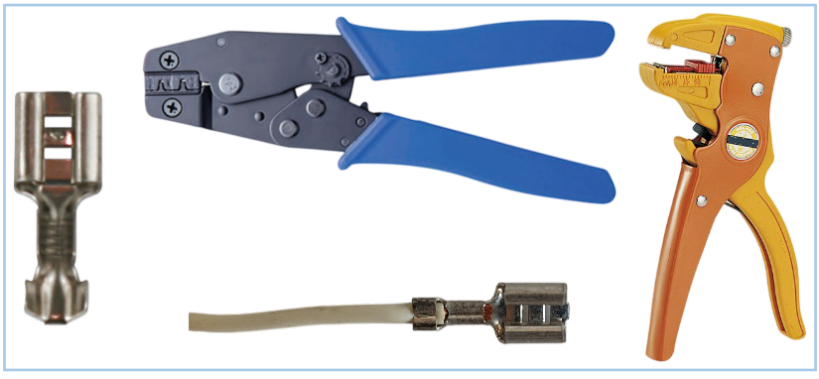
Görsel 5.63: Uçaktaki elektriksel kabloların bağlantı sistemi

5.1. UYGULAMA

Adı	GEÇMELİ TERMİNALE KABLO SIKIŞTIRMA
Süresi	40 dakika

Amaç: Geçmeli terminale kablo sıkıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak 6,3 mm'lik geçmeli terminale sıkma pensesi kullanarak 200 mm uzunluğunda AWG17 (1 mm^2) çok telli kabloyu sıkıştırınız. Uygulamada kullanılan geçmeli terminal, sıkma pensesi, sıyırma pensesi ve geçmeli terminale sıkıştırılmış kablo Görsel 5.64'te yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 5.64: Geçmeli terminal, el aletleri ve uygulama çıktısı

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Geçmeli terminal	6,3 mm metalik veya sarı renkte	1 adet
Kablo	AWG17 tek damar çok iletkenli	200 mm
Sıkma pensesi	AWG 22-13 sıkma pense	1 adet
Kablo sıyırma pensesi	Sıyırma mesafesi ayarlanabilen	1 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Sıkma pensesine AWG 22-13 sıkma çenelerinin takılı olduğunu kontrol ediniz.
3. 200 mm uzunluğunda AWG17 kablo kesiniz.
4. Kablo sıyırma pensesinden sıyırma mesafesini 6 mm olarak ayarlayınız.
5. Kablo ucunu kablo sıyırma pensesini kullanarak açınız.
6. Kablo ucundaki iletkenleri birbiri üzerine sarıp kıvrımlı forma getiriniz.
7. Pensenin sıkma ayarını yapınız.
8. Geçmeli terminali sıkma pensesinde uygun çeneye yerleştiriniz.
9. Kablo ucunu terminale kusursuz sıkıştırma kurallarına uygun olarak yerleştiriniz.

10. Kablo sıkma pensesini sıkarak kabloyu terminale sıkıştırınız.
11. Geçmeli terminale kablo sıkıştırma işleminin kusursuz olup olmadığını öğretmeninize sorunuz.
12. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Geçmeli terminalle sıkıştırılan kablonun iletken çıkıntı ucu kaç mm uzunluğunda bırakılmalıdır? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Sıkma işleminde 4,8 mm geçmeli terminal kullanılsaydı uygulamanın hangi işlem adımlarında değişiklik olurdu?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

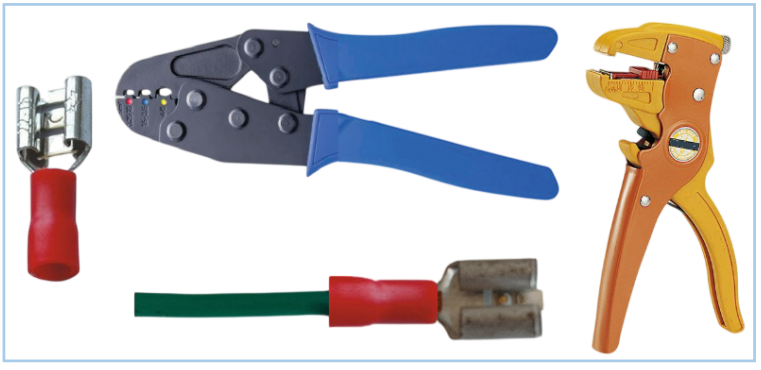
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

5.2. UYGULAMA

Adı	İZOLELİ GEÇMELİ TERMİNALE KABLO SIKIŞTIRMA
Süresi	40 dakika

Amaç: İzoleli geçmeli terminale kablo sıkıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak 1,5 mm'lik kırmızı izoleli geçmeli terminale sıkma pensesi kullanarak 200 mm uzunluğunda AWG17 (1 mm^2) çok telli kabloyu sıkıştırınız. Uygulamada kullanılan izoleli geçmeli terminal, sıkma pensesi, sıyırma pensesi ve izoleli geçmeli terminale sıkıştırılmış kablo Görsel 5.65'te yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 5.65: İzoleli geçmeli terminal, el aletleri ve uygulama çıktısı

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
İzoleli geçmeli terminal	1,5 mm kırmızı	1 adet
Kablo	AWG17 tek damar çok iletkenli	200 mm
Sıkma pensesi	AWG 22-13 sıkma pense	1 adet
Kablo sıyırma pensesi	Sıyırma mesafesi ayarlanabilen	1 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Sıkma pensesine AWG 22-13 sıkma çenelerinin takılı olduğunu kontrol ediniz.
3. 200 mm uzunluğunda AWG17 kablo kesiniz.
4. Kablo sıyırma pensesinden sıyırma mesafesini 6 mm olarak ayarlayınız.
5. Kablo ucunu kablo sıyırma pensesini kullanarak açınız.
6. Kablo ucundaki iletkenleri birbiri üzerine sarıp kıvrımlı forma getiriniz.
7. Pensenin sıkma ayarını yapınız.
8. İzoleli geçmeli terminali pensenin kırmızı işaretli çenesine yerleştiriniz.
9. Kablo ucunu terminale kusursuz sıkıştırma kurallarına uygun olarak yerleştiriniz.

10. Kablo sıkma pensesini sıkarak kabloyu terminale sıkıştırınız.
11. İzoleli geçmeli terminale sıkıştırılmış kabloyu öğretmeninize incelettiriniz.
12. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. İzoleli geçmeli terminalle sıkıştırılan kablonun iletken çıkıntı ucu kaç mm uzunluğunda bırakılmalıdır?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Sıkma işleminde 2,5 mm geçmeli terminal kullanılsaydı sıkma işleminde hangi kusurlar oluşurdu?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

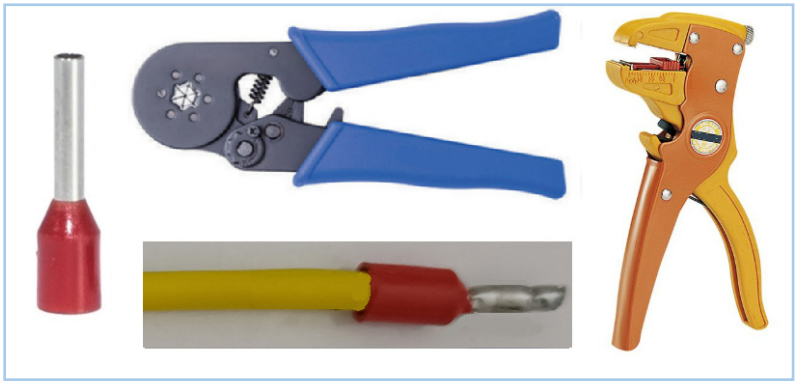
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

5.3. UYGULAMA

Adı	YÜKSÜK TERMİNALE KABLO SIKIŞTIRMA
Süresi	40 dakika

Amaç: Yüksük terminale kablo sıkıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak 1,5 mm kesitli 8 mm uzunluktaki yüksük terminale sıkma pensesi kullanarak 200 mm uzunluğunda AWG16 (1,5 mm^2) çok telli kabloyu sıkıştırınız. Uygulamada kullanılan yüksük terminal, sıkma pensesi, sıyırma pensesi ve yüksük terminale sıkıştırılmış kablo Görsel 5.66'da yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 5.66: Yüksük terminal, el aletleri ve uygulama çıktısı

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Yüksük terminal	1,5 kesitli 8 mm uzunlukta kırmızı	1 adet
Kablo	AWG16 tek damar çok iletkenli	200 mm
Sıkma pensesi	0,08-6 mm^2 kesitli kablo sıkma pensesi	1 adet
Kablo sıyırma pensesi	Sıyırma mesafesi ayarlanabilen	1 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Sıkma pensesinin 0.08-6 mm^2 özellikli olduğunu kontrol ediniz.
3. 200 mm uzunluğunda AWG16 kablo kesiniz.
4. Kablo sıyırma pensesinden sıyırma mesafesini 15 mm olarak ayarlayınız.
5. Kablo ucunu kablo sıyırma pensesini kullanarak açınız.
6. Kablo ucundaki iletkenleri birbiri üzerine sarıp kıvrımlı forma getiriniz.
7. Pensenin sıkma ayarını yapınız.
8. Kablo ucunu yüksük terminale yerleştiriniz.

9. Yüksük terminali pensenin çenesine yerleştiriniz.
10. Kablo sıkma pensesini sıkarak kabloyu terminale sıkıştırınız.
11. Yüksük terminale sıkıştırılmış kabloyu öğretmeninize incelettiriniz.
12. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Yüksük terminalle sıkıştırılan kablonun iletken çıkıntı ucu, kaç mm uzunluğunda bırakılmalıdır?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Sıkma işleminde 2,5 mm geçmeli terminal kullanılsaydı sıkma işleminde hangi kusurlar oluşurdu?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

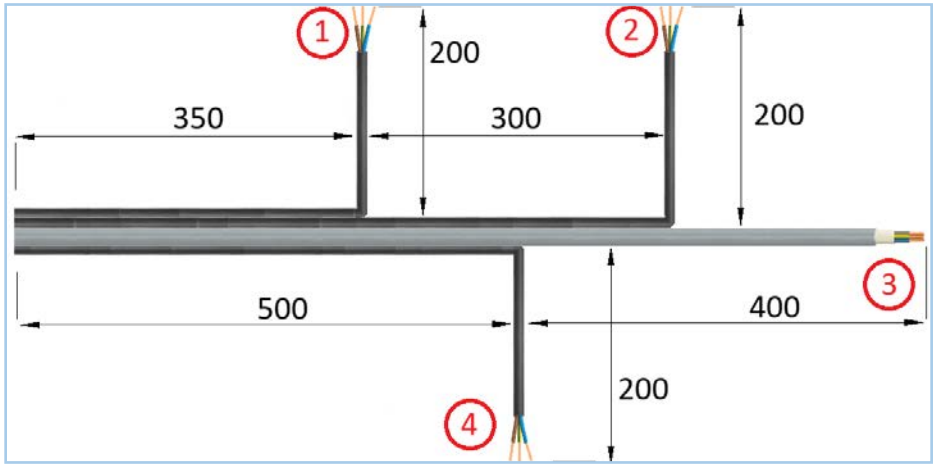
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

5.4. UYGULAMA

Adı	KABLO DEMETİ OLUŞTURMA
Süresi	40 dakika

Amaç: Verilen kablo ölçülerine göre kablo demeti oluşturmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 5.67'de görülen ölçülere göre kabloları kesiniz. Kablo uçlarında 10 mm sıyırma işlemi yapınız. Kablo bağı kullanarak kablo demeti oluşturunuz. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 5.67: 4. Uygulama kablo şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
H05VV-F kablo	3 x 1,5 mm^2 üç damarlı çok iletkenli	1000 mm
H05VV-F kablo	3 x 1 mm^2 üç damarlı çok iletkenli	200 mm
Kablo bağı	2,5 mm genişliğinde 100 mm uzunluğunda	20 adet
Kablo sıyırma pensesi	Sıyırma mesafesi ayarlanabilen	1 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Sıyırma pensesinin ayarlı olduğunu kontrol ediniz.
3. 1 numaralı kabloyu belirtilen uzunlukta kesiniz.
4. 2 numaralı kabloyu belirtilen uzunlukta kesiniz.
5. 3 numaralı kabloyu belirtilen uzunlukta kesiniz.
6. 4 numaralı kabloyu belirtilen uzunlukta kesiniz.
7. Kablo sıyırma pensesinden sıyırma mesafesini 10 mm olarak ayarlayınız.
8. Tüm kablo uçlarını kablo sıyırma pensesini kullanarak açınız.

9. Tüm kabloları, çalışma tezgâhı üzerine düz olacak şekilde yerleştiriniz.
10. Kabloların sol başlangıç kısmını kablo bağıyla sıkıştırınız.
11. 1 numaralı kabloyu belirtilen uzunluktan büküp büküm kısmını kablo bağıyla sıkıştırınız.
12. 4 numaralı kabloyu belirtilen uzunluktan büküp büküm kısmını kablo bağıyla sıkıştırınız.
13. 2 numaralı kabloyu belirtilen uzunluktan büküp büküm kısmını kablo bağıyla sıkıştırınız.
14. Kablo büküm kısımlarından itibaren her 100 mm mesafeyi bir kablo bağıyla sıkıştırınız.
15. Kablo demetini öğretmeninize incelettiriniz.
16. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Kablo demetleme işleminde 4,8 mm genişliğinde kablo bağı kullanılmış olsaydı demetleme işleminde hangi kusurlar oluşurdu?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Kablo bağları 200 mm mesafelere yerleştirilmiş olsaydı kablonun fiziksel durumunda nasıl bir değişiklik olurdu?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

5.5. UYGULAMA

Adı	KONNEKTÖRE PİN TAKMA
Süresi	40 dakika

Amaç: Askerî konnektöre pin takmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak M23 8 Pin (4+4) panel tipi erkek konnektöre 200 mm uzunluğunda AWG16 (1,5 mm^2) çok telli kablo sıkıştırılan pinleri yerleştiriniz. Uygulamada kullanılan pin sıkma pensesi, konnektör, kablo sıyırma pensesi ve pin takma aparatı Görsel 5.68'de yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 5.68: Uygulamada kullanılacak konnektör ve el aletleri

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Konnektör	M23 8 pin (4+4) panel tipi erkek	1 adet
Kablo	AWG16 tek damar çok iletkenli	2 m
Sıkma pensesi	0,08-6 mm^2 kesitli kablo sıkma pensesi	1 adet
Kablo sıyırma pensesi	Sıyırma mesafesi ayarlanabilen	1 adet
Pin takma aparatı	AWG16 sıkma ayarı bulunan	1 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Sıyırma pensesinin ayarlı olduğunu kontrol ediniz.
3. AWG16 kablodan 200 mm uzunluğunda 8 adet parça kesiniz.
4. Kablo sıyırma pensesinden sıyırma mesafesini 6 mm olarak ayarlayınız.
5. Tüm kablo uçlarını kablo sıyırma pensesini kullanarak açınız.
6. Pin sıkma pensesi ayarını AWG16 olarak ayarlayınız.
7. Kablo ucunu pine yerleştiriniz. Kablo izleme penceresinden kabloyu görünüz.

8. Kablo ucu pinden taşıyorsa fazlalık ucu kesiniz.
9. Pini sıkma pensesine yerleştiriniz.
10. Kablo ucunu pin içerisine yerleştiriniz.
11. Penseyi sıkarak kabloyu pine sıkıştırınız.
12. Diğer tüm kablolar için 3.5-3.7 maddelerindeki adımları tekrarlayınız.
13. Pini pin takma aparatına yerleştiriniz.
14. Konnektörün arka yüzünden pini konnektöre yerleştiriniz.
15. Diğer tüm kablolar için 3.9 ve 3.10 maddelerindeki adımları tekrarlayınız.
16. Konnektör pinlerinin tamamının yerleştirildiğini öğretmeninize kontrol ettiriniz.
17. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. **Kablo ucu kablo izleme penceresinde görülmüyorsa sıkma işleminde oluşacak kusurlar nelerdir?**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. **Sıkma işleminde pense ayarı AWG14 için ayarlansaydı sıkma işleminde hangi kusurlar oluşurdu?**

.....

.....

.....

.....

.....

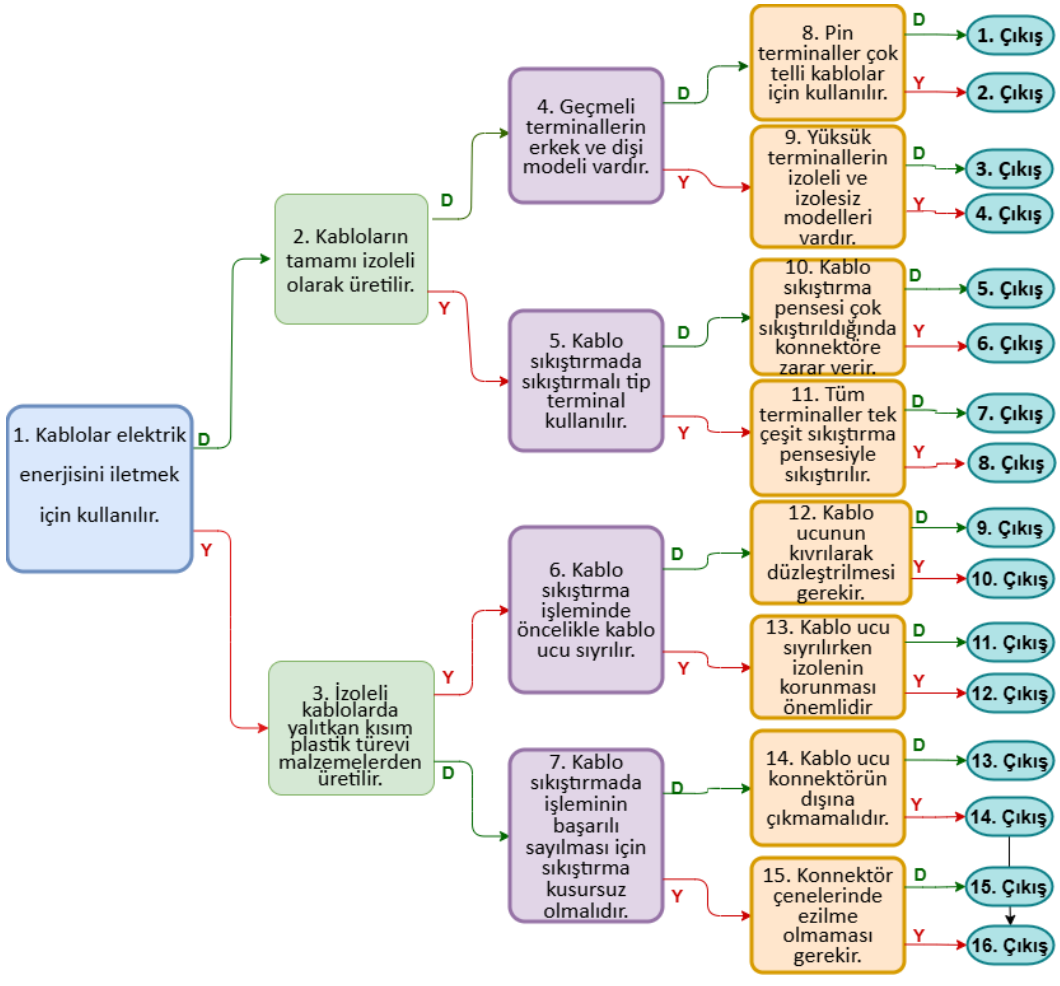
.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

İfadeler	
TS (1)	Yüksük (7)
Geçmeli (2)	Enerji (8)
İletken (3)	AWG (9)
MIL (4)	MS (10)
Fiber (5)	Yalıtkan (11)
IEC (6)	Pin (12)

1. Kablo üretiminde kullanılan standartlar hangileridir?

Cevap: ……

2. Tek damarlı izoleli kabloyu oluşturan temel kısımlar hangileridir?

Cevap: ……

3. Kablo sıkıştırmada kullanılan terminaller hangileridir?

Cevap: ……

4. Konnektör çeşitlerinden olanlar hangileridir?

Cevap: ……

5. Askerî tip konnektörleri belirten kodlamalar hangileridir?

Cevap: ……

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi kablolarda kullanılan yalıtkan malzemelerden biri değildir?

A) Doğal kauçuk B) Polimer C) Alüminyum

D) Polietilen E) Silikon kauçuk

7. Aşağıdakilerden hangisi ülkemizde kullanılan kablo standartlarından biri değildir?

A) VDE / DIN B) SI C) IEC D) TSE E) AWG

8. Kablo sağlamlık testi aşağıda verilen ölçü aletlerinden hangisi ile yapılabilir?

A) Ohmmetre B) Wattmetre C) Kapasitemetre

D) Ampermetre E) Voltmetre

9. İletkenlerin yalıtkanlık kontrolü aşağıda verilen ölçü aletlerinden hangisi ile yapılır?

A) Ampermetre B) Megger C) Voltmetre

D) Wattmetre E) Kapasitemetre

10. Uçağa yakıt yükleneceği zaman kıvılcıma ve patlamaya neden olmaması için yapılacak işlem aşağıdakilerden hangisidir?

A) Topraklama B) Sıkıştırma C) Ekleme

D) Bükme E) Sigorta kullanma

6. ÖĞRENME BİRİMİ

AYDINLATMA BAĞLANTILARI



KONULAR

6.1. ELEKTRİKLE ÇALIŞAN ÜNİTE SEMBOLLERİ

6.2. ELEKTRİK DİYAGRAMLARI

6.3. ZAYIF AKIM DEVRELERİ

6.4. AYDINLATMA DEVRELERİ

6.5. UÇAKTAKİ HARİCÎ VE DÂHİLÎ AYDINLATMALAR

6.6. UÇAKTAKİ HARİCÎ VE DÂHİLÎ LAMBA BAĞLANTILARI

6.7. LAMBA FLAMENT DEĞİŞİMİ

ANAHTAR KAVRAMLAR

- anahtar
- beacon (bikon) ışıkları
- buton
- devre kesici
- flament
- iniş ışıkları
- komutatör
- navigasyon ışıkları
- strobe ışıkları
- vaviyen
- taksi ışıkları

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- elektrikle çalışan ünite sembollerini açıklamanız
- tipik elektrik diyagramlarını açıklamanız
- zayıf akım devrelerini çalıştırmanız
- aydınlatma devrelerini çalıştırmanız
- uçaktaki haricî ve dâhilî aydınlatmaları açıklamanız
- uçaktaki haricî ve dâhilî lamba bağlantılarını yapmanız
- lamba-flament değişimlerini yapmanız

beklenmektedir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Uçağın hem havadan hem karadan kolay fark edilebilmesi için aydınlatma bakımından uçak gövdesine nasıl bir işlem uygulanabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**
2. **Günlük hayatta sıkça kullanılan sembollerin tüm dünyada aynı şekilde yorumlanmasının avantajları nelerdir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

6.1. ELEKTRİKLE ÇALIŞAN ÜNİTE SEMBOLLERİ

Elektrik-elektronik devre sembolleri, elektrik ve elektronikte kullanılan devre elemanlarının devre şemalarında standart ve görsel bir dille gösterilmesini sağlayan işaretlerdir. Elektrik ve elektronik devrelerin tasarlanması, anlaşılması, analizi ve arıza tespiti için oluşturulan teknik dil dünya genelinde tüm teknik çizimlerde ortak şekilde kullanılır.

Her bir elektrik-elektronik devre elemanı için bir görsel oluşturulur. Oluşturulan görsel Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI), Alman Standardizasyon Enstitüsü (DIN) ve Avrupa Standartı (EN) gibi kuruluşlarla standart bir sembole dönüştürülür. ANSI veya DIN standardında bazı elektrik-elektronik devre elemanlarının sembol çizimlerinde farklılık olsa da devre içindeki görev tanımları aynıdır. Bu sebeple bazı devre şeması çizimlerinde bir elektrik-elektronik devre elemanının farklı iki sembolüyle karşılaşılabilir. Bu durumun standart farkından kaynaklı olduğu hatırlanmalıdır.

Bu öğrenme biriminde zayıf akım, genel aydınlatma ve uçak aydınlatmasında kullanılan elektrik-elektronik semboller üzerinde durulacaktır. Başlıca kullanılacak semboller; besleme ve güç elemanları sembolleri, anahtar sembolleri, aydınlatma elemanları sembolleri, konnektör sembolleri, transformatör, sesli ve görsel uyarı devre sembolleri olarak sınıflandırılmıştır.

6.1.1. Besleme ve Güç Devre Elemanları Sembolleri

Elektrik-elektronik devrelere besleme sağlamak ve sinyal uygulamak için kullanılan devre elemanlarına ait sembollerdir. Besleme ve güç devresi sembolleri şehir elektrik şebekesinden veya güç ünitelerinden uygulanan alternatif gerilimleriyle DC güç kaynakları veya akümülatörlerden uygulanan DC gerilimleri belirtir. Bunlara ek olarak zayıf akım devrelerinde kullanılan kare dalga veya üçgen dalga osilatör sinyalleri de besleme sembolleri arasında yer alır (Tablo 6.1).

Tablo 6.1: Besleme ve Güç Sembolleri

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
R	1.faz	S	2.faz
T	3.faz	Mp	Nötr
	Pil		Batarya
	DC güç kaynağı		AC güç kaynağı
	Kare dalga üreteci		Üçgen dalga üreteci

Tablo 6.1'de verilen besleme ve güç sembollerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- **R, S, T:** Şehir şebekesi gerilimi olan 230 V AC gerilim hatlarının fazını gösterir.
- **Mp:** Şehir şebekesi nötr hattını gösterir.

- **Pil:** Bir adet pili gösterir.
- **Batarya:** Pillerin bir araya gelerek oluşturduğu besleme kaynağını gösterir.
- **DC Güç Kaynağı:** Elektrik-elektronik devrelerde kullanılan DC besleme kaynağını gösterir.
- **AC Güç Kaynağı:** Elektrik-elektronik devrelerde kullanılan AC besleme kaynağını gösterir.
- **Kare Dalga Üreteci:** Elektrik-elektronik devrelerin çalışmasında kullanılan düşük veya yüksek frekanslı kare dalga üretecini (kare dalga osilatörü) gösterir.
- **Üçgen Dalga Üreteci:** Elektrik-elektronik devrelerin çalışmasında kullanılan düşük veya yüksek frekanslı üçgen dalga üretecini (üçgen dalga osilatörü) gösterir.

6.1.2. Anahtar Sembolleri

Elektrik-elektronik devrelerde elektrik sinyallerini devreye uygulamak veya devreden kesmek için kullanılan mekanik yönlendirici devre elemanlarına ait sembollerdir. Anahtarlar kullanım amaçlarına göre sadece belirli kısmı kontrol etmek için tek kontaklı veya birden fazla kısmı kontrol etmek için çok kontaklı olarak üretilir. Seçici anahtarlarla elektrik sinyaliyle farklı elektrik devreleri kontrol edilebilir. Bunlara ek olarak röle veya termik anahtarlarla da devre kontrolleri sağlanır. Tablo 6.2'de çeşitli anahtar sembolleri yer almaktadır.

Tablo 6.2: Anahtar Sembolleri

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Push buton (NO)		Push buton (NC)
	SPST anahtar		SPDT anahtar
	DPST anahtar		DPDT anahtar
	Seçici anahtar		Termal anahtar
	Röle		Limit anahtar

Tablo 6.2'de verilen anahtar sembollerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

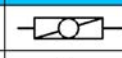
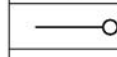
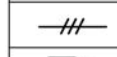
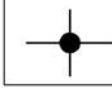
- **Push Buton (NO):** Basıldığında devreye elektrik sinyali uygulayan, bırakıldığında ise devrenin elektrik sinyalini kesen basmalı butondur.
- **Push Buton (NC):** Basıldığında devredeki elektrik sinyalini kesen, bırakıldığında ise devreye elektrik sinyalini uygulayan basmalı butondur.
- **SPST Anahtar:** Bir giriş ve bir çıkış terminaline sahip devreleri açıp kapatan açma-kapama (ON-OFF) anahtarıdır.
- **SPDT Anahtar:** Bir giriş (ortak) ve iki farklı çıkış terminaline sahip anahtardır. Girişteki elektrik sinyalini sadece seçilen terminale aktarır.
- **DPST Anahtar:** İki giriş ve iki çıkış terminaline sahip anahtardır. Anahtar kapatıldığında girişteki elektrik sinyallerini çıkışa aktarır.
- **DPDT Anahtar:** Birbirinden bağımsız iki giriş ve birbirinden bağımsız dört farklı çıkış terminallerine sahip anahtardır. Anahtar kapatıldığında iki bağımsız devreyi aynı anda kontrol eder.
- **Seçici Anahtar:** Bir giriş ve ikiden fazla farklı çıkış terminaline sahip anahtardır. Girişteki elektrik sinyalini sadece seçilen terminale aktarır.
- **Termal Anahtar:** Sıcaklık değişimlerini algılayarak elektrik devrelerini otomatik olarak açıp kapatan, aşırı ısınmayı önlemek ve yangın riskini azaltmak için kullanılan güvenlik ve koruma anahtarıdır.
- **Limit Anahtar:** Hareketli bir makine parçasının konumuna göre veya bir parçayla fiziksel temas sağlayıp elektrik devresini açıp kapatan anahtardır.

- **Röle:** Düşük güçlü bir elektrik sinyali kullanarak yüksek güçlü devreleri açıp kapatmaya (anahtarlamaya) yarayan elektromanyetik anahtardır.

6.1.3. Bağlantı Sembolleri

Elektrik-elektronik devrelerde devre elemanları arasındaki bağlantı durumlarını gösteren sembollerdir. Tablo 6.3'te anahtar sembolleri yer almaktadır.

Tablo 6.3: Anahtar Sembolleri

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Sigorta		Otomatik sigorta
	Terminal		İki hat
	Üç hat		Dört hat
	Bus girişi		Bus çıkışı
	Bus hattı		Şasi toprağı
	Toprak		Sinyal toprağı
	Besleme hattı		Bağlantı
	Bağlantı var		Bağlantı yok

Tablo 6.3'te verilen anahtar sembollerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- **Sigorta:** Devreyi aşırı akımdan koruyan telli sigortadır. Sigorta yandığında yenisiyle değiştirilir.
- **Otomatik Sigorta:** Devreyi aşırı akımdan koruyan elektromanyetik sigortadır. Sigorta attığında anahtarından yeniden kapatılır.
- **Terminal:** Elektrik-elektronik devrelerde besleme hattını veya devre elemanlarının bağlantı kısımlarını gösterir.
- **Hatlar:** Devre elemanlarının birbirine bağlantısını gösteren çizgilerdir. Çizgi üzerindeki çentikler veya rakam, hat sayısını gösterir.
- **Bus Girişi:** Elektrik-elektronik devrelere gelen besleme hattını veya farklı sistemlerden gelen (işlemci, bellek, giriş-çıkış birimleri vb.) veri, adres veya kontrol sinyallerini birbirleriyle paylaşmak için kullandıkları ortak iletişim yoludur.
- **Bus Çıkışı:** Elektrik-elektronik devrelerden giden besleme hattını veya farklı sistemlere giden veri, adres veya kontrol sinyallerini birbirleriyle paylaşmak için kullandıkları ortak iletişim yoludur.
- **Toprak:** Doğrudan topraktan alınan bağlantı hatlarıdır.
- **Şasi Toprağı:** Elektrikli cihazların metal dış kasasının (şasi) güvenli bir referans noktasına veya doğrudan toprak hattına bağlanmasıdır.
- **Sinyal Toprağı:** Elektronik devrelerdeki sinyallerin (voltaj) referans aldığı, genellikle 0 V olarak kabul edilen ortak dönüş yoludur.
- **Besleme Hattı:** Elektrik-elektronik devrelerde giden besleme hattını gösterir.
- **Bağlantı:** Elektrik-elektronik devrelerde konnektör bağlantı kısımlarını gösterir.
- **Bağlantı Durumları:** Bağlantı hatlarının üst üste geldiği durumlarda hatlar arasındaki bağlantı durumunu gösterir. Kesişen hatlar üzerinde nokta varsa bağlantının olduğunu, kesişen hatlar üzerinde nokta yoksa bağlantı olmadığını ifade eder.

6.1.4. Konnektör Sembolleri

Elektrik-elektronik devrelerde devre elemanları arasındaki güç, sinyal veya veri iletimini sağlayan, güvenli ve sökülüp takılabilir bağlantı parçalarını gösteren sembollerdir. Tablo 6.4'te konnektör sembolleri yer almaktadır.

Tablo 6.4: Konnektör Sembolleri

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Dişi jak		Erkek jak
	Dişi koaksiyel jak		Erkek koaksiyel jak
	Dişi fiş		Erkek fiş
	Bağlı fiş		Devre kesici

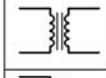
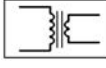
Tablo 6.4'te verilen konnektör sembollerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- **Jak:** Elektrik-elektronik devrelerde genellikle ses sinyallerini veya zayıf akım sinyallerini aktaran bağlantı parçalarıdır. Dişi ve erkek farklı sembollerle gösterilir.
- **Koaksiyel Jak:** Elektrik-elektronik devrelerde radyo frekanslı (RF) sinyalleri, televizyon yayınlarını veya yüksek hızlı internet verilerini iletmek için kullanılan bağlantı parçalarıdır. Dişi ve erkek farklı sembollerle gösterilir.
- **Fiş:** Besleme hattını elektrik-elektronik devrelere bağlayan bağlantı parçalarıdır. Dişi ve erkek farklı sembollerle gösterilir.
- **Bağlı Fiş:** Besleme hattını alıcıya (cihaz, devre) bağlayan parçadır.
- **Devre Kesici:** Elektrik-elektronik devrelerde aşırı yük veya kısa devre durumlarında akımı otomatik olarak keserek sistemi koruyan, manuel olarak da açılıp kapanabilen koruma şalterleridir.

6.1.5. Bobin ve Transformatör Sembolleri

Elektrik-elektronik devrelerde kullanılan besleme transformatörleri veya şok bobinlerini gösteren sembollerdir. Tablo 6.5'te bobin ve transformatör sembolleri yer almaktadır.

Tablo 6.5: Bobin ve Transformatör Sembolleri

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Demir nüveli bobin		Ferit nüveli bobin
	Transformatör		Orta uçlu transformatör
	Düşürücü transformatör		Yükseltici transformatör

Tablo 6.5'te verilen bobin ve transformatör sembollerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- **Demir Nüveli Bobin:** Düşük frekanslı devrelerde yüksek manyetik akım elde etmek için ince, yalıtılmış demir sacların üst üste yığılmasıyla oluşturulan, çekirdek (nüve) üzerine sarılan iletken tellerden oluşan bobinlerdir.
- **Ferit Nüveli Bobin:** Yüksek frekanslı devrelerde az iletken sargısıyla yüksek manyetik akım elde etmek için demir oksit ve nikel, çinko, mangan gibi metallerin karışımından üretilen, seramik benzeri ferit çekirdek üzerine sarılan iletken tellerden oluşan bobinlerdir.
- **Transformatör:** Alternatif akım (AC) devrelerinde, frekansı değiştirmeden gerilim ve akım değerlerini elektromanyetik indüksiyon yoluyla değiştiren elektrik makinesidir.

- **Orta Uçlu Transformatör:** Alternatif akım devrelerinde, primer girişine uygulanan gerilimin frekansını değiştirmeden sekonder çıkışında simetrik gerilim oluşturan elektrik makinesidir.
- **Düşürücü Transformatör:** Alternatif akım devrelerinde, primer girişine uygulanan yüksek gerilimin frekansını değiştirmeden sekonder çıkışında daha düşük bir AC gerilimine dönüştüren elektrik makinesidir.
- **Yükseltici Transformatör:** Alternatif akım devrelerinde, primer girişine uygulanan düşük gerilimin frekansını değiştirmeden sekonder çıkışında daha yüksek bir AC gerilimine dönüştüren elektrik makinesidir.

6.1.6. Işık, Ses ve Ölçme Devre Elemanları Sembolleri

Elektrik-elektronik devrelerde kullanılan besleme transformatörleri veya şok bobinlerini gösteren sembollerdir. Tablo 6.6'da ışık, ses ve ölçme devre elemanları sembolleri yer almaktadır.

Tablo 6.6: Işık, Ses ve Ölçme Devre Elemanları Sembolleri

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
	Ampul		Neon lamba
	Armatür		Motor
	Ampermetre		Voltmetre
	Led		Elektret mikrofon
	Buzer		Kulaklık
	Hoparlör		Siren

Tablo 6.6'da verilen ışık, ses ve ölçme devre elemanları sembollerinin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

- **Ampul:** Elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren, cam veya plastik bir muhafaza içinde bulunan aydınlatma aracıdır. Ampulün yapısında filaman veya LED kullanılır.
- **Neon Lamba:** Yapısında düşük basınçlı neon veya farklı asal gazları içeren ve elektrik akımıyla zayıf kırmızı bir ışık yayan soğuk katotlu gaz deşarj lambasıdır.
- **Armatür:** Ampul, sabitleme ve ışık yönlendirme parçalarının bir arada bulunduğu aydınlatma aracıdır.
- **Ampermetre:** Elektrik akımını ölçen ölçü aletidir.
- **Voltmetre:** Elektrik gerilimini ölçen ölçü aletidir.
- **LED:** Elektrik enerjisini ışığa dönüştüren yarı iletken devre elemanıdır.
- **Elektret Mikrofon:** Ses dalgalarını elektrik sinyallerine dönüştüren kondenser mikrofondur.
- **Buzer:** Elektrik sinyallerini tiz ses dalgalarına dönüştüren elektronik devre elemanıdır.
- **Kulaklık:** Ses frekans seviyesindeki AC sinyallerini işitilebilir ses dalgalarına dönüştüren, kulağa takılabilir elektroakustik bir devre elemanıdır.
- **Hoparlör:** Ses frekans seviyesindeki AC sinyallerini işitilebilir ses dalgalarına dönüştüren elektroakustik bir devre elemanıdır.
- **Siren:** Acil durumlarda uyarı amacıyla kullanılan, ikaz sesi üreten cihazdır.

SIRA SİZDE

Tablo 6.7'de verilen sembollerin isimlerini açıklama kısmına yazınız.

Tablo 6.7: Sembol İsimlerinin Açıklanması

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
			
			
			
			
			

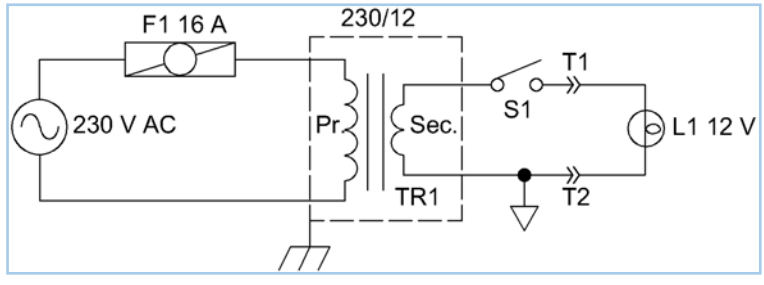
6.2. ELEKTRİK DİYAGRAMLARI

Elektrik-elektronik devrelerdeki devre elemanlarını ve devre elemanları arasındaki bağlantıları standart semboller kullanarak gösteren teknik çizimlere **elektrik diyagramları** denir. Elektrik diyagramları teknik elemanlar tarafından devrelerin tasarlanması, devre montajı, arıza tespiti, bakım ve onarım süreçlerinde kullanılır. Elektrik diyagramları okunurken dikkat edilecek kısımlar şu şekildedir:

- **Besleme Kaynaklarını Belirleme:** Devrede hangi tür besleme kaynaklarının kullanıldığı belirlenir. AC kaynaklar için faz ve nötr terminalleri, DC kaynakları için +V ve toprak (GND) terminalleri tespit edilir.
- **Akım Yönünü Belirleme:** Akımın faz ve +V pozitif terminalinden başlayıp devre elemanları üzerinden geçtikten sonra toprağa veya negatif terminale nasıl ulaştığı tespit edilir.
- **Sembolleri Belirleme:** Elektrik diyagramı üzerinde bulunan devre sembollerinin hangi devre elemanlarına ait olduğu ve devre elemanlarının görevleri belirlenir.
- **Bağlantıları Belirleme:** Elektrik diyagramı üzerinde bulunan devre sembollerinin birbirleriyle olan bağlantıları belirlenir.
- **Devre Çalışma Akışını Belirleme:** Devre elemanlarının bağlantıları, kontrol sinyalleri ve geri besleme bağlantılarından devre çalışması tespit edilir.

6.2.1. Genel Aydınlatmada Kullanılan Elektrik Diyagramlarının Okunması

Görsel 6.1'de yer alan 12 V lamba aydınlatma devresi elektrik diyagramının okunması şu şekildedir:



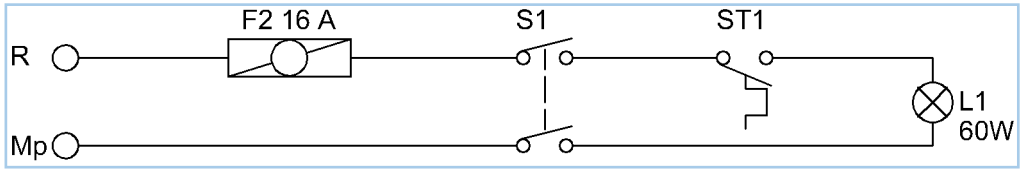
Görsel 6.1: 12 V lamba aydınlatma devresi elektrik diyagramı

- Aydınlatma devresinde 230 V AC besleme kaynağı kullanılmaktadır.
- AC gerilim kaynağında oluşabilecek gerilim yükselmesi veya devreden aşırı akım çekilmesine karşı F1 koduyla 16 A'lik sigorta kullanılmaktadır.

- Devrede lamba beslemesinde kullanılmak üzere TR1 koduyla 230 / 12 V gerilim dönüşümü sağlayan düşürücü tip transformatör kullanılmaktadır.
- Transformatörün sekonder çıkışında lambanın kontrolünü sağlamak için S1 koduyla SPST anahtar kullanılmaktadır.
- Lambanın sökülüp takılmasını kolaylaştırmak için T1 ve T2 koduyla geçmeli terminaller kullanılmaktadır.
- Devrenin çalışma mantığı ise 12 V AC gerilimde çalışan lambanın şehir şebekesinde çalışabilmesinin sağlanmasıdır. Bu işlem için düşürücü tip transformatör kullanılmış olup devre güvenliği sigorta ve lamba kontrolü anahtarla sağlanmaktadır.

1. ÖRNEK

Görsel 6.2'de yer alan 12 V lamba aydınlatma devresi elektrik diyagramını okuyunuz.



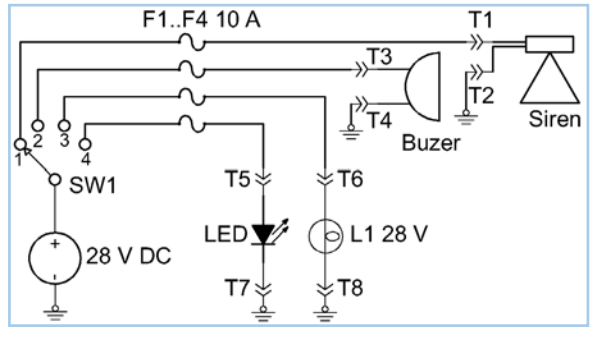
Görsel 6.2: 230 V lamba aydınlatma devresi elektrik diyagramı

ÇÖZÜM

- Aydınlatma devresinde 230 V AC şehir şebekesi gerilimi kullanılmaktadır.
- Şehir şebekesinde oluşabilecek gerilim yükselmesi veya devreden aşırı akım çekilmesine karşı F2 koduyla 16 A'lik sigorta kullanılmaktadır.
- Lambanın kontrolünü sağlamak için S1 koduyla DPST anahtar kullanılmaktadır.
- Ortam ısısı yükselince lambanın otomatik olarak yanması için ST1 koduyla termal anahtar kullanılmaktadır.
- Devrenin çalışma mantığında S1 anahtarı kapalı olduğunda ve ortam sıcaklığı arttığında 220 V AC gerilimde çalışan lambanın yanması sağlanmaktadır. Devre güvenliği sigortayla lamba kontrolü DPST ve termal anahtarla sağlanmaktadır.

SIRA SİZDE

Görsel 6.3'te yer alan aydınlatma ve ikaz devresi elektrik diyagramının okunuşunu maddeler hâlinde yazınız.

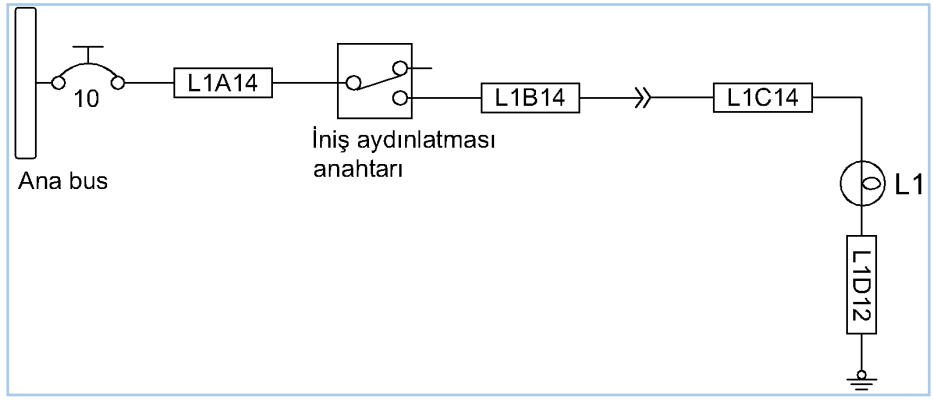


Görsel 6.3: Aydınlatma ve ikaz devresi elektrik diyagramı

1. .....
2. .....
3. .....
4. .....
5. .....
6. .....
7. .....
8. .....
9. .....

6.2.2. Uçak Aydınlatmasında Kullanılan Elektrik Diyagramlarının Okunması

Görsel 6.4'te yer alan iniş aydınlatma devresinin elektrik diyagramının okunması şu şekildedir:

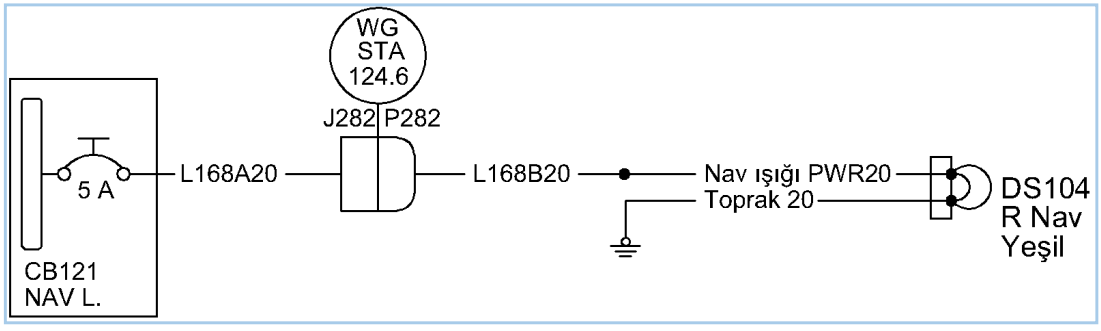


Görsel 6.4: İniş aydınlatma devresi elektrik diyagramı

- Aydınlatma devresinde ana bus besleme kaynağı kullanılmaktadır.
- Devreden aşırı akım çekilmesine karşı 10 A'lik devre kesici kullanılmaktadır.
- Devre kesici ile iniş aydınlatması anahtarı arasında L1A14 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. L1A; L1 lambasının 1. bölge kablosunu, 14 rakamı kullanılan kablonun AWG14 (2 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- Anahtar ile erkek geçmeli terminalin arasında L1B14 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. L1B; L1 lambasının 2. bölge kablosunu, 14 rakamı kullanılan kablonun AWG14 (2 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- Dişi geçmeli terminal ile lamba arasında L1C14 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. L1C; L1 lambasının 3. bölge kablosunu, 14 rakamı kullanılan kablonun AWG14 (2 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- Lamba ile toprak arasında L1D12 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. L1D; L1 lambasının 4. bölge kablosunu, 12 rakamı kullanılan kablonun AWG12 (3,31-4 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- Devrenin çalışma mantığı iniş aydınlatma lambasının iniş aydınlatma anahtarından çalışabilmesinin sağlanmasıdır. Tüm kablolara etiket yazılmasının sebebi kablo ve arıza takibini kolaylaştırmak içindir. Toprak kablosunun kalın seçilmesi ise lambanın toprağa daha fazla temas etmesini sağlamaktır.

2. ÖRNEK

Görsel 6.5'te yer alan sağ seyrüsefer (R NAV) lamba aydınlatma devresi elektrik diyagramını okuyunuz.



Görsel 6.5: Sağ seyrüsefer aydınlatma devresi elektrik diyagramı

ÇÖZÜM

- Aydınlatma devresi beslemesinde NAV L. (NAV LIGHT) BUS hattı kullanılmaktadır.
- Devreden aşırı akım çekilmesine karşı CB121 koduyla 5 A'lik devre kesici kullanılmaktadır.
- Devre kesici ile J282 erkek jak arasında L168A20 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. L168A; sağ seyrüsefer lambasının 1. bölge kablosunu, 20 rakamı kullanılan kablonun AWG20 (0,5 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- WG STA 124.6 kanat bölgesinde bulunan jak ve fişi belirtir.
- P282 dişi fiş ile bağlantı noktası (siyah nokta) arasında L168B20 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. L168B; sağ seyrüsefer lambasının 2. bölge kablosunu, 20 rakamı kullanılan kablonun AWG20 (0,5 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- Bağlantı noktası ile lamba arasında PWR20 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. 20 rakamı kullanılan kablonun AWG20 (0,5 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- Lamba ile toprak arasında Toprak 20 etiketine sahip kablo bağlantısı vardır. 20 rakamı kullanılan kablonun AWG20 (0,5 mm^2) kablo olduğunu belirtir.
- Lamba üzerinde yazan DS104 lamba modelini, R Nav sağ seyrüsefer lambası olduğunu, yeşil ise lambanın yeşil renkte olduğunu belirtir.
- Devrenin çalışma mantığı ise bus hattından besleme gerilimi uygulandığında uçağın sağ kanadında bulunan yeşil renkli seyrüsefer lambasının yanmasını sağlamaktır. Devre güvenliği devre kesiciyle sağlanmaktadır.

SIRA SİZDE

Aşağıda verilen yönergeler doğrultusunda uçağın sol kanadında (L Nav) bulunan kırmızı renkli (R) ve DS104 model seyrüsefer lambasının elektrik diyagramını verilen boş alana çiziniz.

- Aydınlatma devresi beslemesinde NAV L. BUS hattı kullanılacaktır.
- Lamba C121 devre kesiciye bağlanacaktır.
- WG STA 124.6 kanat bölgesinde bulunan J281 jak ve P281 fiş kullanılacaktır.

- Lamba hattı dört bölgeden oluşup birinci bölge L168F koduyla başlayacaktır.
- Kablo bağlantılarında AWG20 kablo kullanılacaktır.

DİKKAT

288. sayfadaki 6.1. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

6.3. ZAYIF AKIM DEVRELERİ

Genellikle 50 V AC (12 V, 24 V, 48 V) veya 120 V DC altındaki düşük gerilimlerle çalışan zil, yangın alarmı, CCTV kamera, telefon ve veri ağları gibi uygulamalarda kullanılan devrelerdir. **Zayıf akım devreleri** enerji iletiminden ziyade veri, sinyal, görüntü ve ses iletimi sağlamak için kullanılır. Zayıf akım devrelerinden olan çağırma ve bildirim tesisatları arasında yer alan zil devreleri, tesisatların en temel olanıdır.

6.3.1. Zayıf Akım Devrelerini Kurma

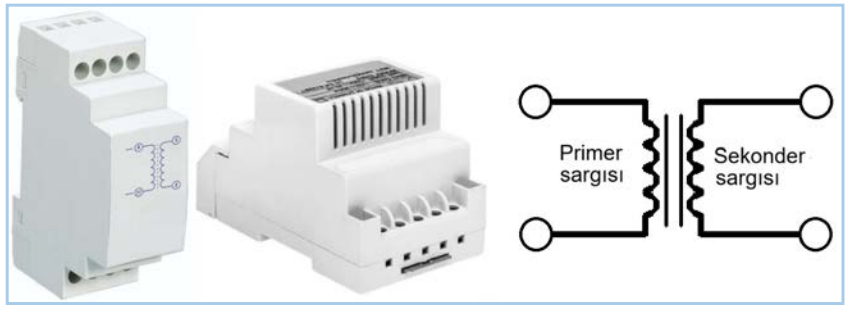
Zil devreleri 12-48 V arası bir gerilim ile çalışan zayıf akım devrelerinden biridir. Zil devreleri temel olarak sigorta, transformatör, buton ve zilden oluşur. Ayrıca elektrik tesisatını sabitlemek ve tesisat üzerindeki kablolardan ek almak için kasa ve buatlar da kullanılır.

a) Sigorta: Elektrik devrelerinde devre elemanlarını ve kullanıcıyı, devrenin taşıyabileceğinden daha yüksek akımlara karşı koruyan devre elemanına **sigorta** denir. Sigorta üzerine sigortanın çalışacağı maksimum akım yazılır. Sigorta üzerinde yazılan akımdan daha yüksek bir akım sigortadan çekilirse sigorta, devreleri açarak korur. Sigorta çeşitleri arasında cam, butonlu, otomatik, bıçaklı ve yüksek gerilim sigortaları bulunur. Otomatik sigortalar manyetik etkiyle devreleri açarken diğer sigortalar içindeki bir telin (iletkenin) erimesiyle devreleri açar. Görsel 6.6'da çeşitli sigortalar yer almaktadır. Kullanıldığı yerlere göre sigorta çeşitleri şunlardır:



Görsel 6.6: Sigorta çeşitleri

b) Transformatör: Alternatif akım devrelerinde frekansı değiştirmeden elektrik enerjisinin voltaj (gerilim) ve akım seviyelerini elektromanyetik indüksiyon yoluyla yükseltmeye veya düşürmeye yarayan devre elemanlarına **transformatör** denir. Transformatörler, elektrik enerjisinin santrallerden konutlara kayıpsız iletilmesini ve cihazların uygun gerilimde çalışmasını sağlar. Transformatör gerilim düşürücü / yükseltici, güç ve dağıtım transformatörleri olarak sınıflandırılır. Transformatörlerde primer ve sekonder olmak üzere iki ana sargı bulunur. Gerilimi veya akımı dönüştürülecek elektrik enerjisi primer sargıya uygulanır. Dönüştürülen elektrik enerjisi sekonder sargısından alınır. Zayıf akım devrelerinde düşürücü tip transformatörler kullanılır. Görsel 6.7'de zayıf akım transformatörü (zil trafosu) ve yapısı yer almaktadır.



Görsel 6.7: Transformatör çeşitleri

c) Buton: Zayıf akım devrelerinde devre elemanlarını çalıştırmak veya durdurmak için kullanılan devre elemanlarına **buton** denir. Butonun yapısında yay ve bir adet açık kontak bulunur. Butona basıldığında kontak konum değiştirir. Buton bırakıldığında yay vasıtasıyla kontak ilk konumuna geri döner. Butonlar açık kontak ve kapalı kontak olarak üretilir. Görsel 6.8'de bazı butonlar yer almaktadır.



Görsel 6.8: Buton çeşitleri

ç) Zil: Elektrik devrelerinde bildirim amacı ile kullanılan cihazlara **zil** denir. Mekanik zil veya elektronik zil olmak üzere iki çeşittir. Mekanik ziller yapısında bulunan bobin grubu sayesinde elektromanyetik (elektromıknatıs) olarak çalışır. Elektronik ziller ise yapısında bulunan elektronik devreler ile çeşitli ses tonlarını üretecek şekilde çalışır. Günümüzde zil gruplarına RF devreler, ses veya görüntü cihazları da eklenmiştir. Görsel 6.9'da zil çeşitleri yer almaktadır.



Görsel 6.9: Zil çeşitleri

d) Buat: Elektrik devrelerinde kablo dağıtımlarının ve eklerinin yapıldığı kutulara **buat** denir. Buatlar, **ek kutusu** olarak da isimlendirilebilir. Kullanım amacına göre daire, kare veya dikdörtgen şeklinde üretilir. Görsel 6.10'da bazı buat çeşitleri yer almaktadır.



Görsel 6.10: Buat çeşitleri

e) Kasa: Sıva altı tesisatında anahtar, priz vb. elemanların duvara sabitlenmesi amacıyla kullanılan anahtar ve priz kutularıdır. Görsel 6.11'de farklı kasalar yer almaktadır.



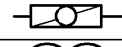
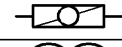
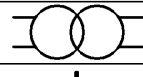
Görsel 6.11: Kasa çeşitleri

6.3.2. Zayıf Akım Devreleri Yapılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler

Zayıf akım devreleri yapılırken dikkat edilmesi gereken kısımlar şu şekildedir:

- İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınmalıdır.
- Zayıf akım devrelerinde hangi butonun hangi zili çalıştırdığı isimler yardımıyla belirtilmelidir.
- Devreyi doğru şekilde takip edebilmek için bir noktanın başlangıç alınması gerekir. Başlangıç noktası olarak üzerinde sigortanın bağlı olduğu faz (R) ucu tercih edilmelidir.
- Transformatörün primer sargısı bağlantıları (230 V AC) yapılmalıdır.
- Zayıf akım devre bağlantıları transformatörün sekonder sargısından alınmalıdır.
- +V ucu devrede butonlara bağlanmalıdır.
- 0 V ucu zile bağlanmalıdır.
- Elemanların boşta kalan uçları da hangi buton, hangi zili çalıştırıyorsa onlarla birleştirilmelidir.
- Bağlantılar yapılırken kablo iletkeni bağlantı noktasından taşmayacak şekilde bağlanmalıdır.
- Bağlantı noktalarındaki vidalar gerektiği kadar sıkılmalıdır. Bağlantı noktasındaki vidalar az sıkılırsa kablo yerinden çıkabilir. Bağlantı noktasındaki vidalar fazla sıkılırsa kablo ezilip kırılabilir.
- Elektrik diyagramları (şema) çizimlerinde Tablo 6.8'de görülen zayıf akım devre elemanlarına ait semboller dikkate alınmalıdır.

Tablo 6.8: Zayıf Akım Devrelerinde Kullanılacak Elemanların Kapalı ve Açık Devre Sembolleri

Açık Şema Sembolü	Kapalı Şema Sembolü	Açıklama
		Otomatik sigorta
		Zil transformatörü
		Buton
		Zil
		Buat

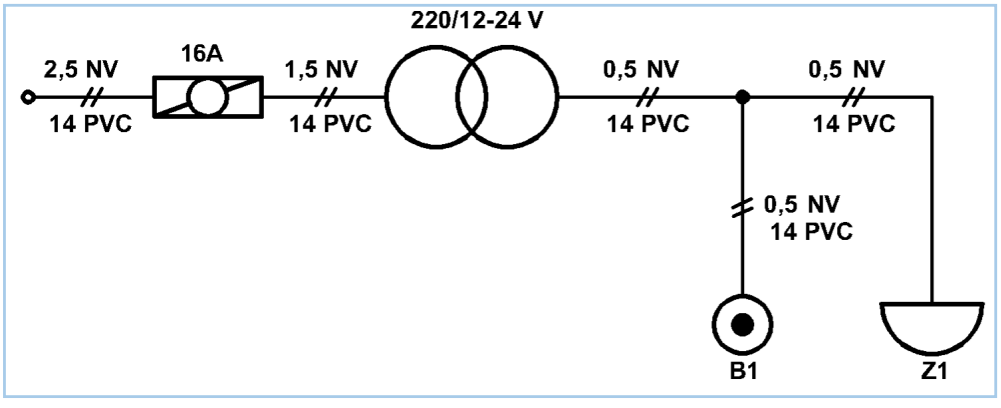
6.3.3. Zayıf Akım Devre Çizimleri

Çağırma ve bildirim tesisatı uygulamalarında kullanılan temel zayıf akım devreleri bir buton bir zil, iki buton bir zil, bir buton iki zil ve iki buton iki zil devreleridir.

a) Bir Buton Bir Zil Devresi: Bir butonla bir zilin çalıştırıldığı zayıf akım devresidir. Butona basıldığında zil çalar. Bir buton bir zil devresinde 16 A otomatik sigorta, zil transformatörü, buton, zil, 2,5 mm^2 1,5 mm^2 tek damar H07V-U (NV) kablo, 0,5 mm^2 tek damar H05V-U (NV) ve 14 PVC boru kullanılır. Bir buton bir zil devresi şu yöntemle oluşturulur:

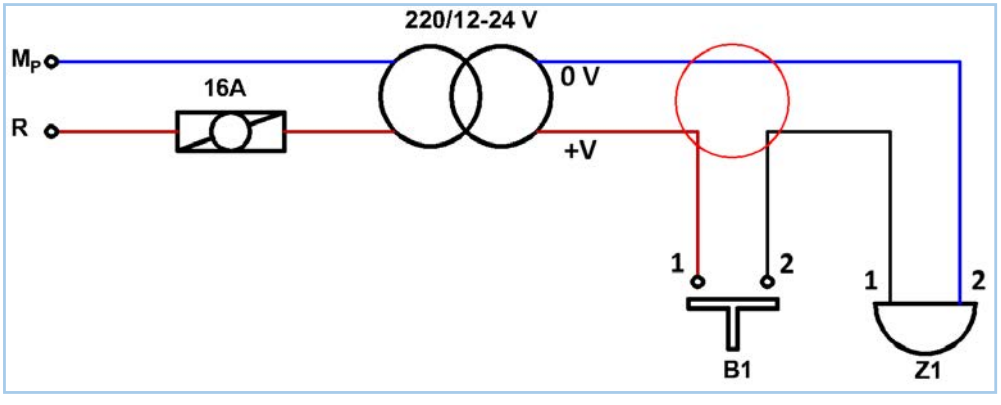
- Faz (R) hattından gelen 2,5 mm^2 kablo, sigortaya bağlanır.
- Sigortadan çıkan 1,5 mm^2 kablo, transformatörün primer sargısının klemensine bağlanır.
- Nötr (Mp) hattından gelen 1,5 mm^2 kablo, primer sargısının diğer klemensine bağlanır.
- Transformatörün +V klemensinden çıkan 0,5 mm^2 kablo, B1 butonunun birinci klemensine bağlanır.
- Transformatörün 0 V klemensinden çıkan 0,5 mm^2 kablo, zilin ikinci klemensine bağlanır.
- B1 butonunun ikinci klemensinden çıkan 0,5 mm^2 kablo, zilin birinci klemensine bağlanır.

Görsel 6.12'de bir buton bir zil tesisatının kapalı şeması yer almaktadır.



Görsel 6.12: Bir buton bir zil tesisatı kapalı şeması

Görsel 6.13'te bir buton bir zil tesisatının açık şeması yer almaktadır.



Görsel 6.13: Bir buton bir zil tesisatı açık şeması

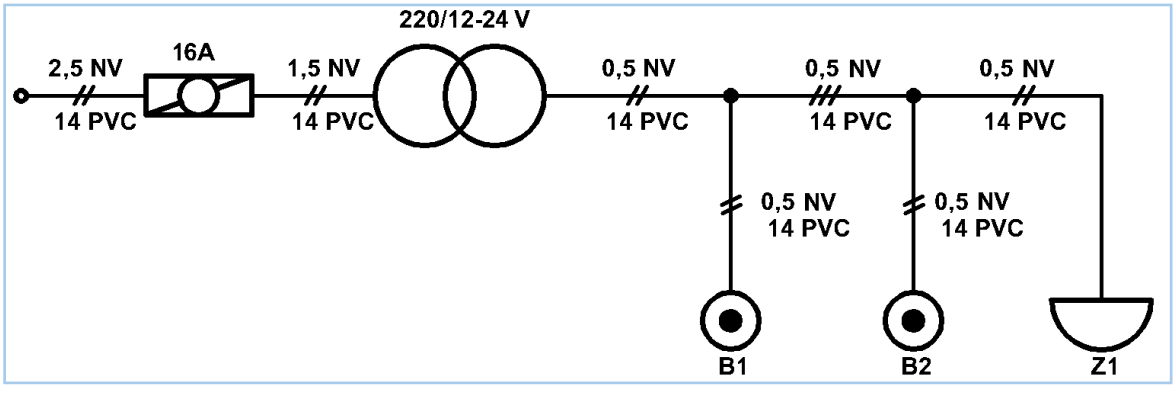
DİKKAT

290. sayfadaki 6.2. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

b) İki Buton Bir Zil Devresi: İki butonla bir zilin çalıştırıldığı zayıf akım devresidir. 1. veya 2. butona ayrı ayrı veya aynı anda basıldığında zil çalar. İki buton bir zil devresinde 16 A otomatik sigorta, zil transformatörü, iki buton, zil, 2,5 mm^2 1,5 mm^2 tek damar H07V-U kablo, 0,5 mm^2 tek damar H05V-U ve 14 PVC boru kullanılır. İki buton bir zil devresi şu yöntemle oluşturulur:

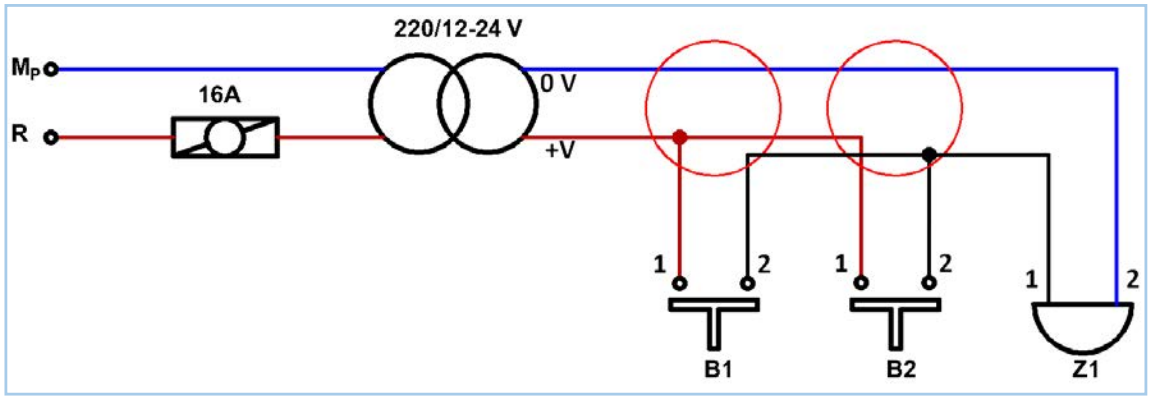
- Faz (R) hattından gelen 2,5 mm^2 kablo, sigortaya bağlanır.
- Sigortadan çıkan 1,5 mm^2 kablo, transformatörün primer sargısının klemensine bağlanır.
- Nötr (Mp) hattından gelen 1,5 mm^2 kablo, primer sargısının diğer klemensine bağlanır.
- Transformatörün +V klemensinden gelen 0,5 mm^2 kablo, önce buata sonrasında B1 butonunun birinci klemensine bağlanır.
- Buattaki +V hattından gelen 0,5 mm^2 kablo ile ek alınıp B2 butonun birinci klemensine bağlanır.
- Transformatörün 0 V klemensinden çıkan 0,5 mm^2 kablo, zilin ikinci klemensine bağlanır.
- B1 butonunun ikinci klemensinden çıkan 0,5 mm^2 kablo, önce buata sonrasında zilin birinci klemensine bağlanır.
- Buattaki B1 buton hattından gelen 0,5 mm^2 kablo ile ek alınıp B2 butonunun ikinci klemensine bağlanır.

Görsel 6.14'te iki buton bir zil tesisatının kapalı şeması yer almaktadır.



Görsel 6.14: İki buton bir zil tesisatı kapalı şeması

Görsel 6.15'te iki buton bir zil tesisatının açık şeması yer almaktadır.



Görsel 6.15: İki buton bir zil tesisatı açık şeması

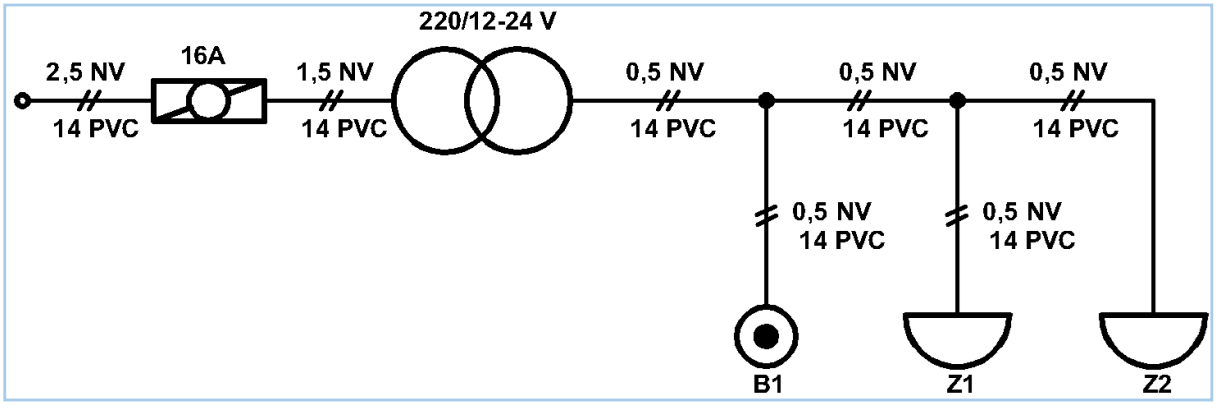
DİKKAT

292. sayfadaki 6.3. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

c) Bir Buton İki Zil Devresi: Bir butonla iki zilin çalıştırıldığı zayıf akım devresidir. Butona basıldığında her iki zil de çalar. Bir buton iki zil devresinde 16 A otomatik sigorta, zil transformatörü, bir buton, iki zil, 2,5 mm² 1,5 mm² tek damar H07V-U kablo, 0,5 mm² tek damar H05V-U ve 14 PVC boru kullanılır. Bir buton iki zil devresi şu yöntemle oluşturulur:

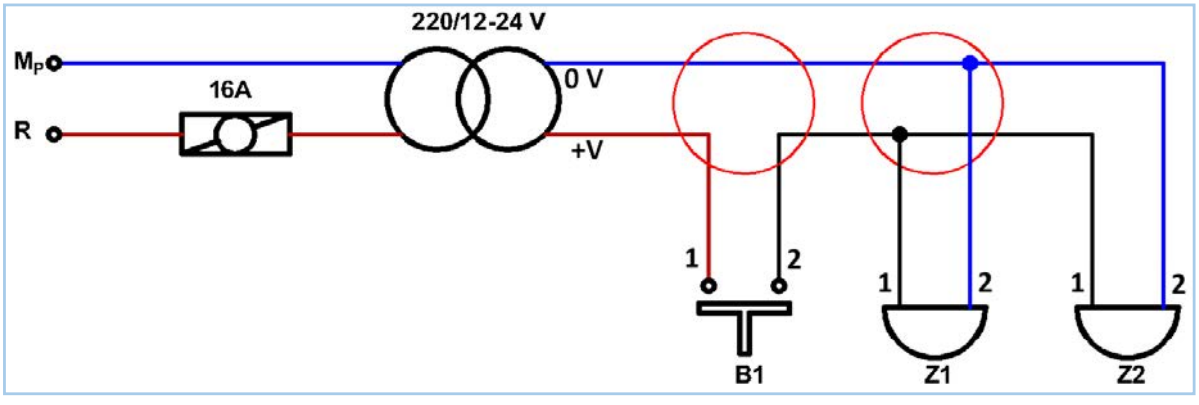
- Faz (R) hattından gelen 2,5 mm² kablo, sigortaya bağlanır.
- Sigortadan çıkan 1,5 mm² kablo, transformatörün primer sargısının klemensine bağlanır.
- Nötr (Mp) hattından gelen 1,5 mm² kablo, primer sargısının diğer klemensine bağlanır.
- Transformatörün +V klemensinden çıkan 0,5 mm² kablo, B1 butonunun birinci klemensine bağlanır.
- Transformatörün 0 V klemensinden çıkan 0,5 mm² kablo, önce buata sonrasında Z1 zilinin ikinci klemensine bağlanır.
- Buattaki Z1 hattından çıkan 0,5 mm² kablo ile ek alınıp Z2 zilinin ikinci klemensine bağlanır.
- B1 butonunun ikinci klemensinden çıkan 0,5 mm² kablo, önce buata sonrasında Z1 zilinin birinci klemensine bağlanır.
- Buattaki B1 hattından çıkan 0,5 mm² kablo ile ek alınıp Z2 zilinin birinci klemensine bağlanır.

Görsel 6.16'da bir buton iki zil tesisatının kapalı şeması yer almaktadır.



Görsel 6.16: Bir buton iki zil tesisatı kapalı şeması

Görsel 6.17'de bir buton iki zil tesisatının açık şeması yer almaktadır.



Görsel 6.17: Bir buton iki zil tesisatı açık şeması

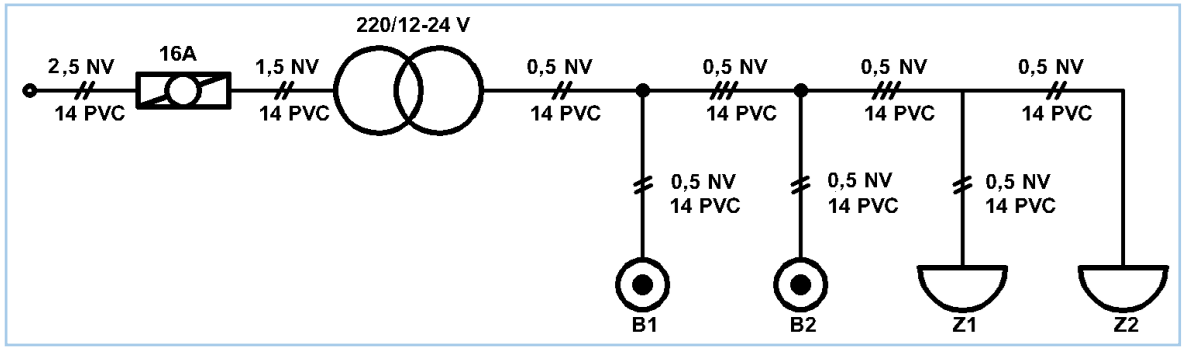
DİKKAT

294. sayfadaki 6.4. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

ç) İki Buton İki Zil Devresi: Birinci butonla birinci zillin, ikinci butonla ikinci zilin çalıştırıldığı zayıf akım devresidir. Birinci butona basıldığında birinci zil, ikinci butona basıldığında ikinci zil çalar. İki buton iki zil devresinde 16 A otomatik sigorta, zil transformatörü, iki buton, iki zil, 2,5 mm² 1,5 mm² tek damar H07V-U (NV) kablo, 0,5 mm² tek damar H05V-U (NV) ve 14 PVC boru kullanılacaktır. İki buton iki zil devresinin oluşturulma yöntemi şu şekildedir:

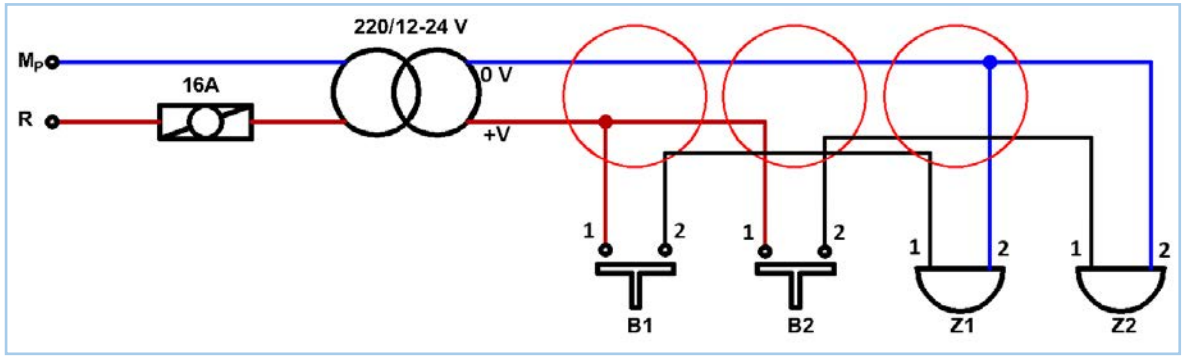
- Faz (R) hattından gelen 2,5 mm² kablo sigortaya bağlanır.
- Sigortadan çıkan 1,5 mm² kablo transformatörün primer sargısının klemensine bağlanır.
- Nötr (Mp) hattından gelen 1,5 mm² kablo primer sargısının diğer klemensine bağlanır.
- Transformatörün +V klemensinden çıkan 0,5 mm² kablo önce buata sonrasında B1 butonunun birinci klemensine bağlanır.
- Buattaki B1 hattından 0,5 mm² kablo ile ek alınıp B2 butonunun birinci klemensine bağlanır.
- Transformatörün 0 V klemensinden çıkan 0,5 mm² kablo önce buata sonrasında Z1 zilinin ikinci klemensine bağlanır.
- Buattaki Z1 hattından 0,5 mm² kablo ile ek alınıp Z2 zilinin ikinci klemensine bağlanır.
- B1 butonunun ikinci klemensinden çıkan 0,5 mm² kablo, Z1 zilinin birinci klemensine bağlanır.
- B2 butonunun ikinci klemensinden çıkan 0,5 mm² kablo, Z2 zilinin birinci klemensine bağlanır.

Görsel 6.18'de iki buton iki zil tesisatının kapalı şeması yer almaktadır.



Görsel 6.18: İki buton iki zil tesisatı kapalı şeması

Görsel 6.19'da iki buton iki zil tesisatının açık şeması yer almaktadır.



Görsel 6.19: İki buton iki zil tesisatı açık şeması

DİKKAT

296. sayfadaki 6.5. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

SIRA SİZDE

Üç buton üç zil devresinin açık şemasını aşağıda verilen boşluğa çiziniz.

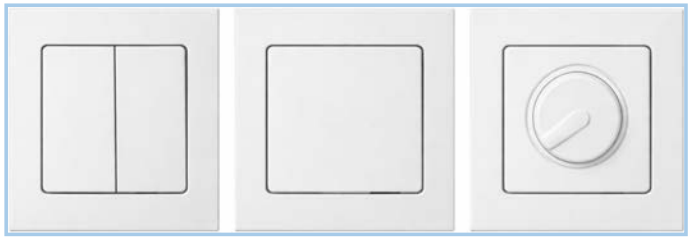
6.4. AYDINLATMA DEVRELERİ

Elektrik enerjisinin ampul, lamba veya diğer ışık kaynaklarına güvenli ve kontrollü şekilde iletilmesini sağlayan elektrik devrelerine **aydınlatma devreleri** denir. Bir ortamın aydınlatılması için kullanılan devrelerdir.

6.4.1. Aydınlatma Devrelerini Kurma

Aydınlatma devreleri 230 V AC şehir şebekesi gerilimi ile çalışan devrelerdir. Aydınlatma devreleri genellikle enerji kaynağı, sigorta, anahtar, iletken kablolar ve aydınlatma elemanlarından oluşur. Aydınlatma elemanları temel olarak duy, buat, kasa, klemens ve lambalardan oluşur.

a) Anahtar: Üzerinde bulunan kontak veya kontaklar yardımıyla kendinden sonra gelen elemana gidecek elektriği kontrol eder. Aydınlatma devrelerinde lambayı çalıştırmak veya durdurmak için kullanılır. Anahtarlar kullanım yerine göre **sıva altı** ve **sıva üstü** olmak üzere iki çeşit üretilir. Anahtarlar mekanik olarak bir kutuplu, komütatör ve vaviyen anahtar olarak üretilirken elektronik olarak dimmer, energy saver (enerci seyvır) ve akıllı ev sistemi anahtarları olarak üretilir. Görsel 6.20'de çeşitli anahtarlar yer almaktadır.



Görsel 6.20: Anahtar çeşitleri

Bir kutuplu, komütatör, vaviyen ve dimmer anahtarların kullanım alanları şu şekildedir:

- **Bir Kutuplu Anahtar:** Bir yerden bir lamba veya lamba grubunun çalışmasını sağlamak için kullanılır.
- **Komütatör Anahtar:** Bir yerden iki lamba veya lamba grubunun çalışmasını sağlamak için kullanılır.
- **Vaviyen Anahtar:** İki farklı yerden bir lamba veya lamba grubunun çalışmasını sağlamak için kullanılır.
- **Dimmer Anahtar:** Aydınlatmayı sağlayan lambaya uygulanan gerilimin ayarlanması ile ışığın şiddetini de ayarlayan anahtar çeşididir.

b) Duy: Lambayı (ampul) sabitlemek ve elektrik bağlantısını yapmak amacıyla kullanılan elektrik devresi elemanına **duy** denir. Duylar yapıldığı malzemeye, kullanıldıkları yere ve kullanım tipine göre farklı şekillerde sınıflandırılır. Görsel 6.21'de farklı duy tipleri verilmiştir. Kullanıldıkları yerlere göre duylar **asma duy**, **tavan duy**, **donanma duy**, **brocal duy** ve **duvar duy** olarak sınıflandırılır. Ayrıca duy ve lambayı bir arada bulunduran lamba sistemlerine de **armatür** denir.



Görsel 6.21: Duy çeşitleri

c) Lamba: Elektrik enerjisini **ışık enerjisine dönüştüren** aydınlatma elemanıdır. Lambalar üretildikleri yapıya göre akkor filamanlı, floresan, gaz deşarjlı ve LED lamba olarak çeşitlendirilebilir. Görsel 6.22'de farklı lamba çeşitleri yer almaktadır.



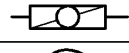
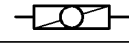
Görsel 6.22: Lamba çeşitleri

6.4.2. Aydınlatma Devreleri Yapılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler

Aydınlatma devreleri yapılırken dikkat edilmesi gereken kısımlar şu şekildedir:

- İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınmalıdır.
- Devreyi doğru şekilde takip edebilmek için bir nokta başlangıç olarak alınmalıdır. Başlangıç noktası olarak üzerinde sigortanın bağlı olduğu faz (R) ucu tercih edilmelidir.
- Faz anahtara bağlanmalıdır.
- Anahtardan gelen (faz) iletken mutlaka duyun orta ucuna bağlanmalıdır.
- Nötr (Mp) duyun kenardaki ucuna bağlanmalıdır.
- Duy kablo bağlantıları, iletken bağlantı noktasından taşmayacak şekilde yapılmalıdır.
- Bağlantı noktalarındaki vidalar gerektiği kadar sıkılmalıdır. Bağlantı noktasındaki vida az sıkılırsa kablo yerinden çıkabilir. Bağlantı noktasındaki vidalar fazla sıkılırsa kablo iletkeni ezilip kırılabilir.
- Duy; tavan, duvar gibi sabit kalacağı yere montajlanmalıdır.
- Şema çizimlerinde Tablo 6.9'da görülen aydınlatma devre elemanlarına ait semboller dikkate alınmalıdır.

Tablo 6.9: Aydınlatma Devre Elemanlarına Ait Semboller

Açık Şema Sembolü	Kapalı Şema Sembolü	Açıklama
		Otomatik sigorta
		Bir kutuplu anahtar
		Komütatör anahtar
		Vaviyen anahtar
		Lamba
		Buat

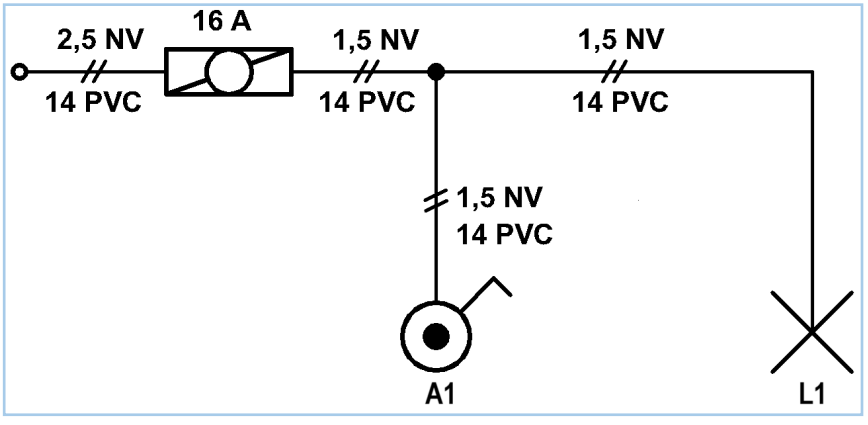
6.4.3. Aydınlatma Devre Çizimleri

Aydınlatma tesisatı uygulamalarında kullanılan temel devreler bir kutuplu anahtarlı (adi anahtar), komütatör anahtarlı ve vaviyen anahtarlı aydınlatma devreleridir.

a) Bir Kutuplu Anahtarlı Aydınlatma Devresi: Bir kutuplu anahtarla bir lambanın çalıştırıldığı aydınlatma devresidir. Anahtar kapatıldığında lamba yanar. Bir kutuplu anahtarlı aydınlatma devresinde 16 A otomatik sigorta, bir kutuplu anahtar, duvar duy, lamba, 2,5 mm^2, 1,5 mm^2 tek damar H07V-U kablo ve 14 PVC boru kullanılır. Bir kutuplu anahtarla aydınlatma devresinin oluşturulma yöntemi şu şekildedir:

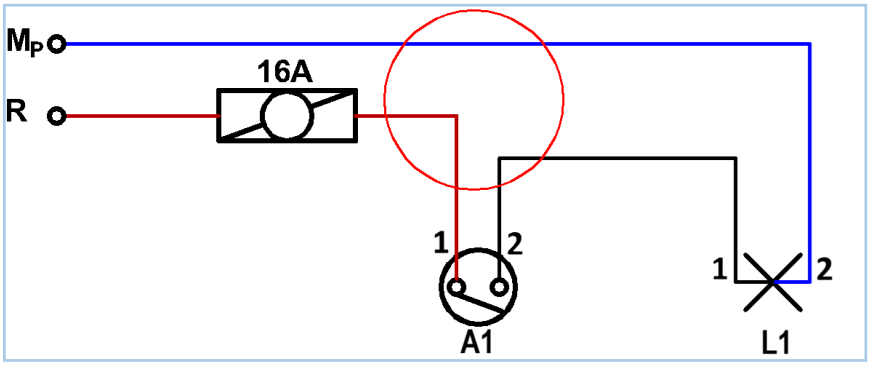
- Faz (R) hattından gelen 2,5 mm^2 kablo, sigortaya bağlanır.
- Sigortadan çıkan 1,5 mm^2 kablo, bir kutuplu anahtarın birinci klemensine bağlanır.
- Nötr (Mp) hattından gelen 1,5 mm^2 kablo, duyun ikinci klemensine bağlanır.
- Bir kutuplu anahtarın ikinci klemensinden çıkan 1,5 mm^2 kablo, duyun birinci klemensine bağlanır.
- Duy sabitlendikten sonra duya lamba takılarak devre tamamlanır.

Görsel 6.23'te bir kutuplu anahtarlı aydınlatma tesisatının kapalı şeması yer almaktadır.



Görsel 6.23: Bir kutuplu anahtarlı aydınlatma tesisatının kapalı şeması

Görsel 6.24'te bir kutuplu anahtarlı aydınlatma tesisatının açık şeması yer almaktadır.



Görsel 6.24: Bir kutuplu anahtarlı aydınlatma tesisatının açık şeması

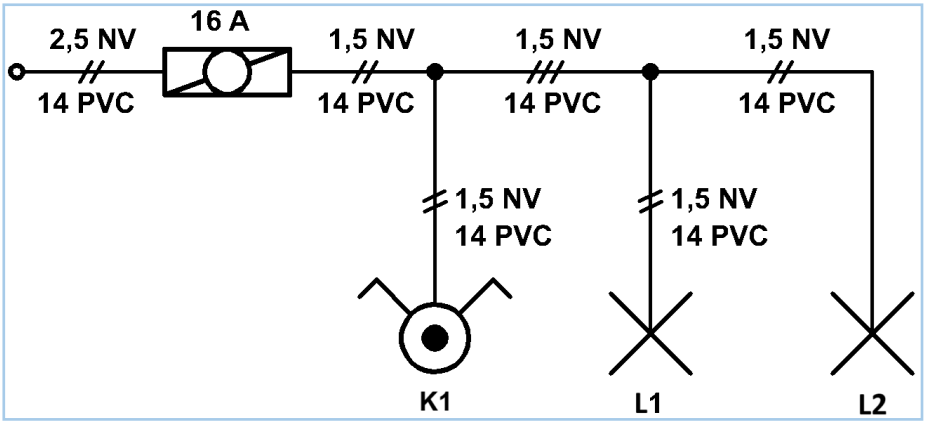
DİKKAT

298. sayfadaki 6.6. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

b) Komütatör Anahtarlı Aydınlatma Devresi: Komütatör anahtarla iki lambanın çalıştırıldığı aydınlatma devresidir. Komütatör anahtarın birinci düğmesi kapatıldığında L1 lambası yanar. Komütatör anahtarın ikinci düğmesi kapatıldığında L2 lambası yanar. Komütatör anahtarlı aydınlatma devresinde 16 A otomatik sigorta, komütatör anahtar, duvar duy, iki adet lamba, 2,5 mm², 1,5 mm² tek damar H07V-U kablo ve 14 PVC boru kullanılır. Komütatör anahtarla aydınlatma devresinin oluşturulma yöntemi şu şekildedir:

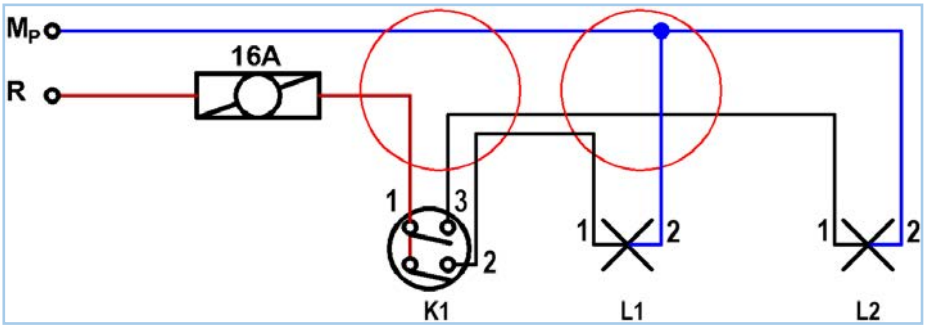
- Faz (R) hattından gelen 2,5 mm² kablo, sigortaya bağlanır.
- Sigortadan çıkan 1,5 mm² kablo, komütatör anahtarın birinci (ortak faz) klemensine bağlanır.
- Nötr (Mp) hattından gelen 1,5 mm² kablo, önce buata sonrasında L1 lamba duyunun ikinci klemensine bağlanır.
- Buattaki nötr hattından gelen 1,5 mm² kablo ile ek alınıp L2 lamba duyunun ikinci klemensine bağlanır.
- Komütatör anahtarın ikinci klemensinden çıkan 1,5 mm² kablo, önce buata sonrasında L1 duyunun birinci klemensine bağlanır.
- Komütatör anahtarın üçüncü klemensinden çıkan 1,5 mm² kablo, önce buata sonrasında L2 duyunun birinci klemensine bağlanır.
- Duylar sabitlendikten sonra duylara lamba takılarak devre tamamlanır.

Görsel 6.25'te komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatının kapalı şeması yer almaktadır.



Görsel 6.25: Komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatının kapalı şeması

Görsel 6.26'da komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatının açık şeması yer almaktadır.



Görsel 6.26: Komütatör anahtarlı aydınlatma tesisatının açık şeması

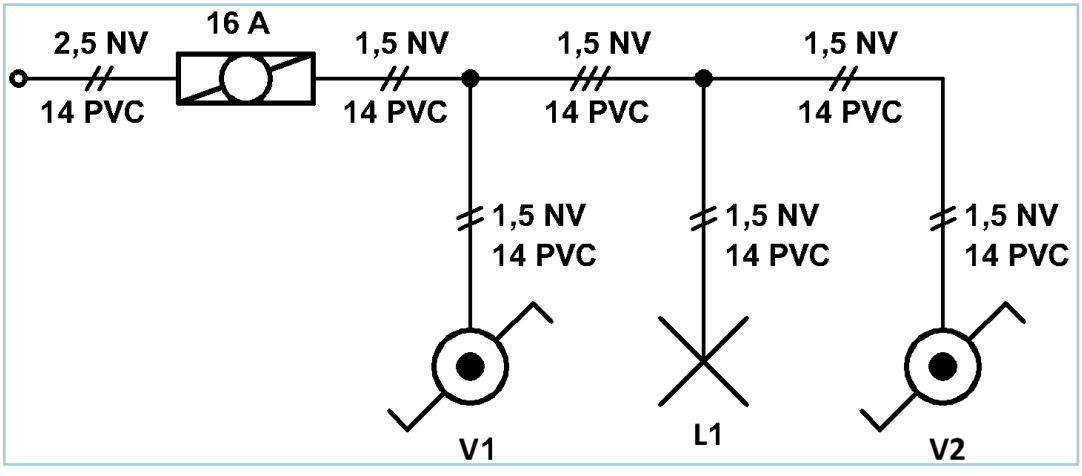
DİKKAT

300. sayfadaki 6.7. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

c) Vaviyen Anahtarlı Aydınlatma Devresi: Vaviyen anahtarla lambanın çalıştırıldığı aydınlatma devresidir. V1 vaviyen anahtarı lambayı yakıyorsa V2 vaviyen anahtarı lambayı söndürür veya tam tersi V2 vaviyen anahtarı lambayı yakıyorsa V1 vaviyen anahtarı lambayı söndürür. Vaviyen anahtarlı aydınlatma devresinde 16 A otomatik sigorta, iki adet vaviyen anahtar, duvar duy, lamba, 2,5 mm^2, 1,5 mm^2 tek damar H07V-U kablo ve 14 PVC boru kullanılır. Vaviyen anahtarla aydınlatma devresinin oluşturulma yöntemi şu şekildedir:

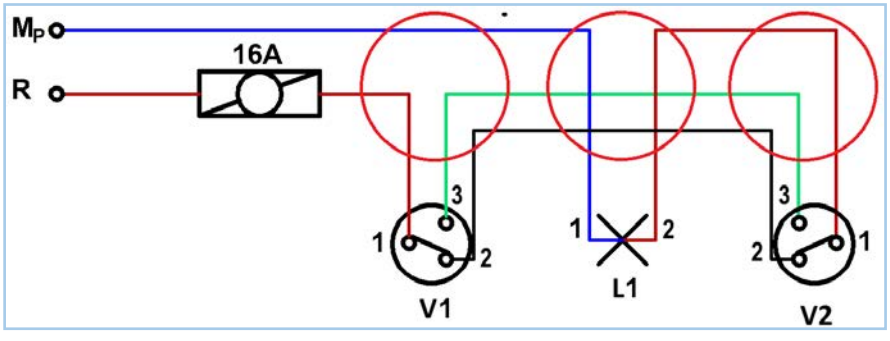
- Faz (R) hattından gelen 2,5 mm^2 kablo, sigortaya bağlanır.
- Sigortadan çıkan 1,5 mm^2 kablo, V1 vaviyen anahtarın birinci klemensine bağlanır.
- Nötr (Mp) hattından çıkan 1,5 mm^2 kablo, L1 lamba duyunun birinci klemensine bağlanır.
- L1 lamba duyunun ikinci klemensinden çıkan kablo, V2 vaviyen anahtarın birinci (ortak nötr) klemensine bağlanır.
- V1 vaviyen anahtarın ikinci klemensinden çıkan kablo, V2 vaviyen anahtarın ikinci klemensine bağlanır.
- V1 vaviyen anahtarın üçüncü klemensinden çıkan kablo, V2 vaviyen anahtarın üçüncü klemensine bağlanır.
- Duy sabitlendikten sonra duya lamba takılarak devre tamamlanır.

Görsel 6.27'de vaviyen anahtarlı aydınlatma tesisatının kapalı şeması yer almaktadır.



Görsel 6.27: Vaviyen anahtarlı aydınlatma tesisatının kapalı şeması

Görsel 6.28'de vaviyen anahtarlı aydınlatma tesisatının açık şeması yer almaktadır.



Görsel 6.28: Vaviyen anahtarlı aydınlatma tesisatının açık şeması

DİKKAT

302. sayfadaki 6.8. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

SIRA SİZDE

Tablo 6.10'da aydınlatma tesisatında kullanılan temel elemanların tanımları yapılmıştır. Tanımı verilen eleman adını karşısındaki alana yazınız.

Tablo 6.10: Aydınlatma tesisatında kullanılan temel elemanlar

Lamba-Duy-Buat-Armatür-Anahtar-Sigorta-İletken	
Tanımı	**Eleman**
Lambayı açıp kapatmaya yarayan kontrol elemanıdır.	
Elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren devre elemanıdır.	
Lambanın sabitlendiği ve elektrik bağlantısının yapıldığı tesisat elemanıdır.	
Elektrik kablolarının ek yapıldığı ve dağıtıldığı bağlantı kutusudur.	
Lamba ve duyun bir arada bulunduğu aydınlatma gövdesidir.	

6.5. UÇAKTAKİ HARİCÎ VE DÂHİLÎ AYDINLATMALAR

Uçak aydınlatmaları; gövde, kanat, kuyruk ve iniş takımları gibi uçak dışı [haricî, exterior lights (ikstiriır layts)], kokpit, kabin, kargo bölümü ve acil durum gibi iç aydınlatma [dâhilî, interior lights (intiriır layts)] aydınlatması kısımlarından oluşur. Uçak içi aydınlatmaları aydınlatma bağlantıları; uçak, marka, model, tip vb. özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Uçak aydınlatmasında genellikle 14 V ve 28 V AC veya DC gerilim kaynakları kullanılmaktadır. Bazı yolcu uçaklarının aydınlatmasında ise 110 V gerilimler de kullanılmaktadır.

6.5.1. Haricî Aydınlatma

Uçağın dış kısmında bulunan aydınlatmalardır. Haricî aydınlatma uçağın dışarıdan fark edilmesini sağlamak amacıyla kullanılır. Bu ışıkların yapısı; lamba sayıları ve güçlerine, uçağın tipine ve modeline göre değişiklik gösterebilir. Uçağın dış kısmında işaretleme amacıyla kullanılan bu ışıklar 1800'lü yıllarda deniz taşıtlarındaki kurallardan esinlenerek oluşturulmuştur. Haricî ışıklar şunlardır:

- Seyrüsefer ışıkları [Navigation lights (Nevigeyşın layts)]
- Motor çalışıyor ışıkları [Beacon lights (Bikon layts)]
- Çarpışma önleme ışıkları [Strobe lights (sıtrop layts)]
- Taksi ışıkları [Taxi lights (Taksi layts)]
- İniş ışıkları [Landing lights (Lendin layts)]
- Logo ışıkları [Logo lights (Lögö layts)]
- Buzlanma ışıkları [İcing lights (Ayzin layts)]

Görsel 6.29'da uçak dış aydınlatması kontrolünde kullanılan örnek bir dış aydınlatma kontrol paneli yer almaktadır.

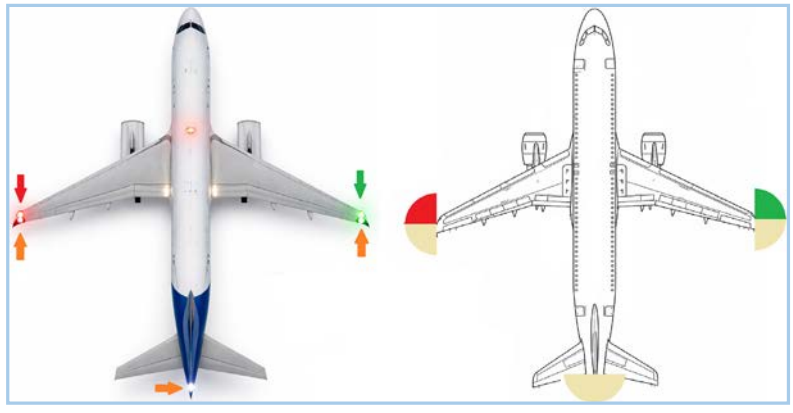


Görsel 6.29: Örnek bir haricî aydınlatma paneli

a) Seyrüsefer Işıkları: Pilotun uçakta ilk açtığı ve en son kapattığı ışıklardır. Uçak, gemi veya uzay araçlarının gece veya görüşün kısıtlı olduğu durumlarda; araçların konumlarını, rotalarını ve türlerini diğer araçlara bildirmek için kullandıkları standart renkli ışıklardır. Uçaklarda bulunan seyrüsefer ışıklarının konumları ve renkleri şu şekildedir:

- **Sol Kanat (Kırmızı):** Uçağın sol kanat ucunda ileriye bakan kırmızı ve geriye bakan beyaz renkli seyrüsefer ışığı sürekli yanar.
- **Sağ Kanat (Yeşil):** Uçağın sağ kanat ucunda ileriye bakan yeşil ve geriye bakan beyaz renkli seyrüsefer ışığı sürekli yanar.
- **Kuyruk / Arka (Beyaz):** Uçağın kuyruk kısmında veya kanatların arka uçlarında beyaz renkli seyrüsefer ışığı sürekli yanar.

Seyrüsefer ışıkları çarpışmayı önler, yol hakkını gösterir ve araçlar arası mesafeyi tahmin etmeye yardımcı olur. Görsel 6.30'da uçak üzerindeki seyrüsefer ışıkları yer almaktadır.



Görsel 6.30: Seyrüsefer ışıkları

b) Motor Çalışıyor Işıkları: Motor çalışıyor ışıkları (Beacon) genellikle uzak mesafelerden fark edilmek üzere tasarlanmış, yüksek görünürlüğe sahip, yanıp sönen veya dönen güçlü ışık kaynaklarıdır. Uçaklarda gövdenin üstünde ve altında bulunur. Motorlar çalışmaya başladığında aktif hâle gelir, kırmızı renkte yanıp söner. Görsel 6.31'de uçak üzerindeki motor çalışıyor ışıkları yer almaktadır.



Görsel 6.31: Motor çalışıyor ışıkları

c) Çarpışma Önleme Işıkları: Çarpışma önleme ışıkları [strobe (sıtrob)] kanat uçlarında ve kuyruk konisinde bulunan, çok yüksek yoğunlukta beyaz ışık yayan, senkronize yanıp sönen (çakar) lambalardır. Çarpışma önleme ışıkları genellikle uçak pistte kalkış için sıraya girdiğinde (pist içine girerken) açılır. Uçuş boyunca aktif kalır. Pistten çıkıp taksi yoluna girildiğinde kapatılır. Çarpışma önleme ışıklarının görevleri şunlardır:

- **Görünürlüğü Artırma:** Çarpışma önleme ışıklarının temel amacı, özellikle gece veya düşük görüş şartlarında uçağın yerini ve hareketini diğer hava araçlarına göstermektir.
- **Çarpışmayı Önleme:** Anti-kollizyon (çarpışma önleyici) sistemin bir parçasıdır.
- **Uçak Türünü Belirleme:** Yanıp sönme şekliyle pilotların diğer uçakları fark etmesini kolaylaştırır.

Görsel 6.32'de uçak üzerindeki çarpışma önleme ışıkları yer almaktadır.



Görsel 6.32: Çarpışma önleme ışıkları

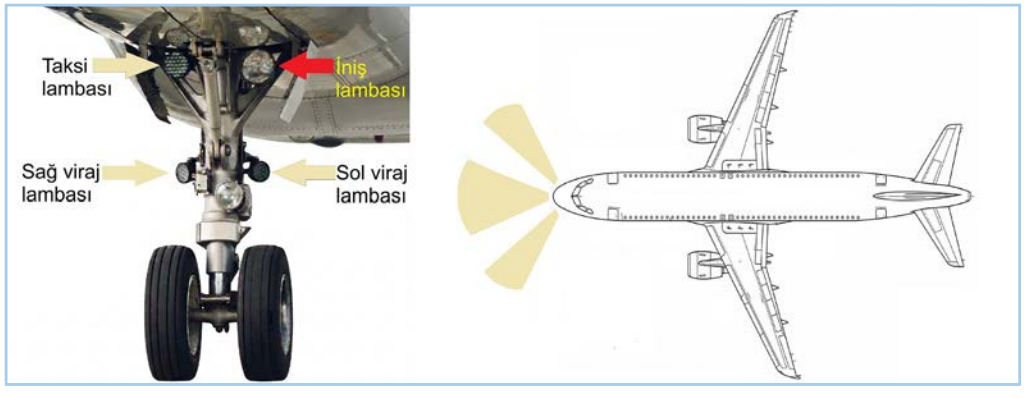
NOT

Çarpışma önleme ışıklarıyla gövdenin altında / üstünde bulunan ve motorlar çalışırken sürekli yanan kırmızı motor çalışıyor ışıkları birbirine karıştırılmamalıdır. Çarpışma önleme ışıkları daha parlaktır ve sadece pist operasyonlarında kullanılır.

ç) Taksi Işıkları: Uçağın, havaalanı içerisinde aprondan pist başına veya pistten park yerine giderken (taksi yaparken) önünü görmesini ve diğer hava aracı / araçları tarafından fark edilmesini sağlayan beyaz renkli, genellikle ön iniş takımına veya burun kısmına monte edilmiş güçlü ışıklardır. Uçak piste ulaştığında kapatılır. Taksi ışıklarının kullanıldığı yerler şunlardır:

- **Taksi Yolları [Taxiway (taksivey)]:** Uçak, apron bölgesi ile pist arasındaki bağlantı yollarında hareket ederken güvenli görüş sağlar.
- **Park Yeri / Apron:** Uçak park pozisyonuna yanaşırken veya park pozisyonundan ayrılırken apron sahasının aydınlatılması ve uçağın görünürlüğü için kullanılır.
- **Pistten Çıkış:** İniş sonrası uçağın pistten taksi yoluna dönüş noktalarında rehberlik eder.
- **Gece / Düşük Görüş Şartları:** Gece, sisli veya düşük görüş şartlarında uçağın yerdeki hareketlerini güvenli hâle getirmek için zorunludur.

Görsel 6.33'te uçak üzerindeki taksi ışıkları yer almaktadır.

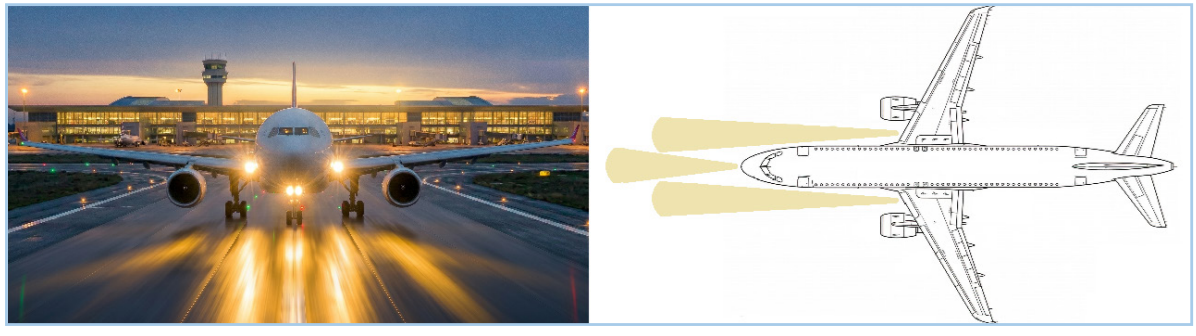


Görsel 6.33: Taksi ışıkları

d) İniş Işıkları: Uçaklarda iniş ışıkları [landing (landin)]; uçağın özellikle kalkış, iniş ve alçak irtifa uçuşları sırasında pisti, çevreyi ve hava trafiğini görmesini sağlayan, kanatlarda veya gövdede bulunan çok güçlü beyaz ışıklardır. Bu lambalar, uçuş güvenliği için kritik bir öneme sahiptir. Uçuş ekibi, iniş ışıklarının standart operasyon prosedürlerine göre yakılmasını veya söndürülmesini şu şekilde gerçekleştirir:

- **Kalkış Öncesi ve Kalkış [Take-off (teykof)]:** Pist çizgisine girildiğinde [line up (laynap)] veya kalkış izni alındığında pilotlar iniş lambalarını yakar. Bu, uçağın görünürlüğünü maksimuma çıkarır.
- **Tırmanış [Climb (kılaymb)]:** Kalkıştan sonra belirli bir irtifaya [genellikle 10.000 feet (fit)] kadar veya uçuş ekibinin kararına göre güvenli irtifaya çıkana kadar açık kalabilir.
- **Alçalış ve Yaklaşma [Approach (eproç)]:** Uçak iniş için alçalmaya başladığında, özellikle 10.000 feet'in altına indiğinde veya piste son yaklaşma aşamasında (final approach) yakılır.
- **İniş (Landing):** Pist yüzeyine temas edilene ve uçak taksi hızına düşene kadar açık kalır.
- **Taksi ve Park:** Pistten çıkıp taksi yoluna girildiğinde iniş lambaları kapatılır ve bunun yerine taksi ışıkları [taxi lights (taksi layts)] kullanılır.

Görsel 6.34'te iniş ışıkları yer almaktadır.

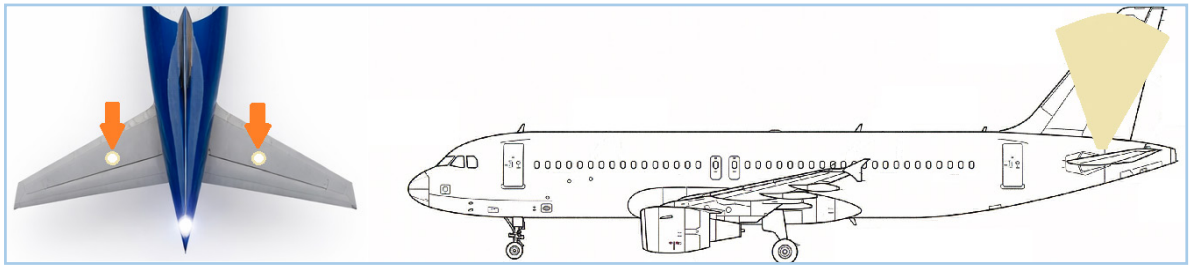


Görsel 6.34: İniş ışıkları

e) Logo Işıkları: Havayolu şirketlerinin uçaklarının kuyruk kısmında (dikey stabilize) bulunan logolarını aydınlatan, genellikle uçak kanatlarının kök kısmına veya yatay stabilizeye yerleştirilmiş ışıklardır. Genellikle uçağın gece operasyonlarında, taksi (yerde hareket) sırasında, kalkış ve iniş aşamalarında kullanılır. Uçak logo ışıklarının temel kullanımı şunlardır:

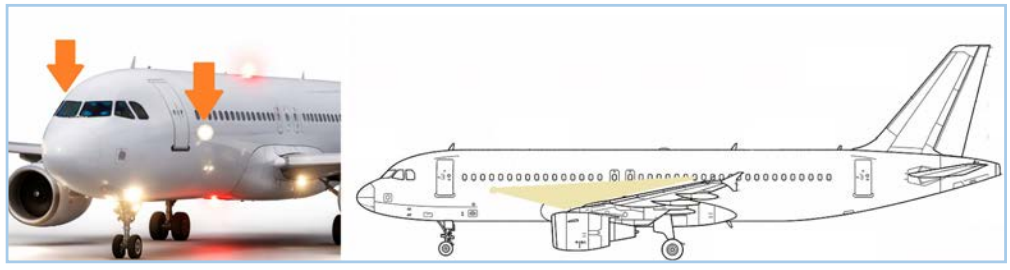
- **Görünürlük ve Markalama:** Temel amacı, gece uçuşlarında şirketin logosunun diğer uçaklar, hava trafik kontrolörleri ve yer ekibi tarafından rahatça görülmesini sağlamaktır.
- **Görsel Referans:** Diğer uçaklara görsel bir referans sağlayarak havada veya taksi sırasında uçağın yerini belli eder.
- **Reklam:** Şirket markasının gece de görünür kalmasını sağlar.

Görsel 6.35'te logo ışıkları yer almaktadır.



Görsel 6.35: Logo ışıkları

f) Buzlanma Işıkları: Kanatların ve motorların durumunu görmek amacıyla uçak gövdesinin yan taraflarına yerleştirilen ışıklardır. Uçak buzlanma ışıkları, özellikle gece uçuşlarında kanatların ön kısımlarında buz oluşumunu tespit etmek için kullanılan, gövdeye monte edilmiş beyaz ışıklardır. Görsel 6.36'da buzlanma ışıkları yer almaktadır.



Görsel 6.36: Buzlanma ışıkları

ARAŞTIRMA

Sınıf mevcuduna göre 3-4 kişilik gruplar oluşturunuz. Farklı uçak modellerindeki haricî aydınlatma ışıkları hakkında dijital ortamda bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri bir kâğıda yazınız. Bilgileri diğer bir grupla karşılaştırınız. Farklı olan bilgiler varsa tespit edip nedenlerini tartışınız.

6.5.2. Dâhilî Aydınlatma

Uçağın iç kısmında bulunan aydınlatmalardır. Personele ve yolculara uçak içinde görüş sağlamak amacıyla kullanılır. Bunların aynı zamanda estetik olarak iyi görünmeleri istenir. Dâhilî ışıklar şunlardır:

- Kokpit aydınlatması [Cockpıt lighting (Kakpi laydin)]
- Kabin aydınlatması [Cabin lighting (Kaben laydin)]
- Kargo aydınlatması [Cargo lighting (Kargou laydin)]

a) Kokpit Aydınlatması: Pilotların uçağı kullandığı bölüme **kokpit** denir. Kokpit aydınlatması, pilotların uçağı yönetmesi için gereken ışıklardır ve üç ana kısımdan oluşur. Bu kısımlar şunlardır:

- **Kokpit Genel Aydınlatması:** Kokpitin içini aydınlatan lambalardır.
- **Gösterge Panel Aydınlatmaları:** Göstergelerin, panellerin ve düğmelerin okunabilirliğini sağlayan lambalardır.
- **Harita Işıkları:** Pilotların doküman incelemesi için kullanılan yönü ayarlanabilir odaklı ışıklardır.

Bir kokpitin içi Görsel 6.37'de yer almaktadır.



Görsel 6.37: Örnek bir kokpit

b) Kabin Aydınlatması: Uçaklarda yolcuların bulunduğu bölüme **kabin** denir. Kabin aydınlatması, yolcuların konforlu ve güvenli bir şekilde seyahat etmeleri için tasarlanan ışıklandırma sistemidir. Kabin aydınlatma sistemini oluşturan kısımlar şu şekildedir:

- **Genel Kabin Aydınlatması (Tavan Işıkları):** Kabinin genel aydınlatmasını sağlayan, iniş-kalkış veya servis zamanlarında açılıp kapanan ana ışıklardır.
- **Okuma Işıkları:** Yolcuların koltuk başlarında bulunan, bireysel kullanıma yönelik odaklanmış ışıklardır.
- **Ambiyans Aydınlatması:** Modern uçaklarda (özellikle LED teknolojisiyle) kabin atmosferini değiştirmek (kırmızı, beyaz, mavi vb.) için kullanılan renkli ışıklandırmalardır.
- **Acil Çıkış Işıkları:** Acil durumlarda yolcuların çıkışlara yönelmesini sağlayan ışıklardır. Acil durum aydınlatması haricî ve dâhilî aydınlatma olarak iki kısımdan oluşur. Haricî aydınlatma, tahliyenin yapılacağı kapıların ve uçağın etrafını aydınlatır. Dâhilî aydınlatma ise kabin zemininde, koltuk hizalarında (koltukların üst kısımları), koridor üstlerinde, çıkışlarda yönlendirme ve aydınlatma görevi yapar. Acil durum ışıkları, uçağın genel aydınlatma sisteminin dışında haricî bir kaynakla da beslenir. Bu kaynağa **batarya bus** adı verilir. Batarya bus, uçakta oluşacak acil durumlarda uçağın ışıklandırılmasının devamını sağlar.
- **Mutfak ve Lavabo Işıkları:** Mutfak (Galley) ve lavabo bölümlerindeki aydınlatmalardır.

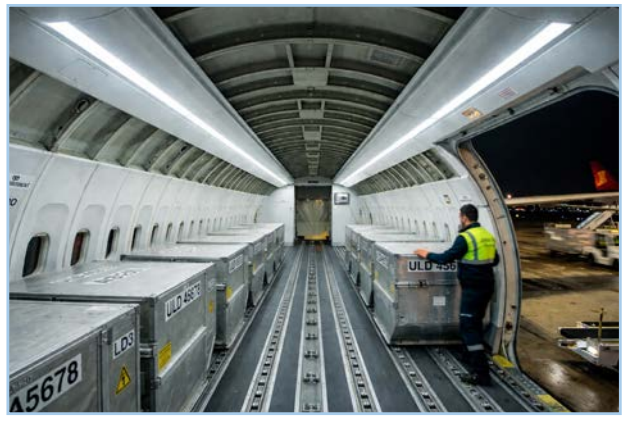
Görsel 6.38'de bir yolcu uçağı kabininin aydınlatması yer almaktadır.



Görsel 6.38: Yolcu uçağının kabin aydınlatması

c) Kargo Aydınlatması: Kargo, uçağın bagaj bölümünü ifade eder. Kargo aydınlatması, kargo ve servis bölümünün aydınlatmasını sağlayan ışıklardır. Kargo aydınlatmasını oluşturan kısımlar şu şekildedir:

- **Kargo Bölmesi Işıkları:** Kargo yüklemesi ve boşaltması esnasında kullanılan ışıklardır (Görsel 6.39).
- **Teknik Bölme Işıkları:** Elektrik ve elektronik cihazların bulunduğu aviyonik bölmeleri gibi servis alanlarındaki ışıklardır.



Görsel 6.39: Kargo bölümü aydınlatması

6.5.3. ATA 100 Işık Bölümü

Air Transport Association Chapters (Eir Trenspoor Asoseyşıns Çeptırs) Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliğinin baş harflerini ifade eder. Kısaltması **ATA 100 Chapters** olarak kullanılır. ATA 100 sistemiyle uçak veya helikopter sistemleri **00**'dan **100**'e kadar rakamlarıyla ifade edilir. Üretici firmalar bu rakamlara uygun olarak **Aircraft Maintenance Manuals** (Eirkraft Meynıns Menuls) uçak bakım el kitabı çıkarır. Bu bakım kitaplarıyla teknisyenler uçağa veya helikoptere müdahale ederler. Uçağın haricî ve dâhilî ışıkları **ATA 33 Işık** bölümünün kapsamındadır. Tablo 6.11'de ATA CH 33 alt bölümleri verilmiştir.

Tablo 6.11: ATA CH 33 Alt Bölümleri

33	**00**	Genel
33	**10**	Uçuş bölmesi ve duyuru paneli
33	**20**	Yolcu bölmesi
33	**30**	Kargo ve servis bölmeleri
33	**40**	Dış aydınlatma
33	**50**	Acil aydınlatma

SIRA SİZDE

Tablo 6.12'de uçak aydınlatmasında kullanılan ışıkların tanımları yapılmıştır. Tanımı verilen ışığın adını karşısındaki alana yazınız.

Tablo 6.12: Uçak Aydınlatmasında Kullanılan Işıklar

İniş-Taksi-Kabin-Viraj-Çarpışma önleyici	
Tanımı	**Işık Adı**
Hava araçlarının çarpmasını engellemek amacıyla kullanılan ışıklardır.	
Apron ile pist arasında uçağın gidiş yolunu aydınlatan ışıktır.	
Uçak yerde sağa veya sola dönerken çevreyi aydınlatan ışıklardır.	
Uçak piste yaklaşırken veya pistten ayrılırken ileriyi aydınlatan ışıklardır.	
Yolcuların bulunduğu alanı aydınlatan ışıklardır.	

ARAŞTIRMA

Sınıf mevcuduna göre 3-4 kişilik gruplar oluşturunuz. Farklı uçak modellerindeki dâhilî aydınlatma ışıkları hakkında dijital ortamda bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri bir kâğıda yazınız. Bilgileri diğer bir grupla karşılaştırınız. Farklı olan bilgiler varsa tespit edip nedenlerini tartışınız.

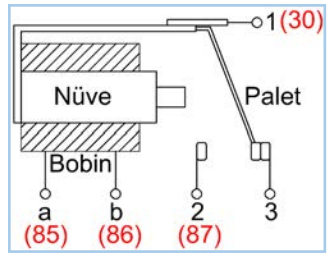
6.6. UÇAKTAKİ HARİCÎ VE DÂHİLÎ LAMBA BAĞLANTILARI

Uçak aydınlatma bağlantıları; gövde, kanat, kuyruk, iniş takımları, kabin, kargo bölümü, acil durum vb. aydınlatılacak kısımlarının lamba, kablo tesisatı, konnektör, anahtar ve röle bağlantılarının yapılmasıdır. Uçağın aydınlatma bağlantılarının elektrik diyagramları çizilirken dikkat edilecek hususlar şu şekildedir:

- Elektrik diyagramı çizimine bustan başlanmalıdır.
- Bustan sonra mutlaka bir devre kesici kullanılmalıdır.
- Aydınlatma lambasını kontrol etmek amacıyla en az bir anahtar kullanılmalıdır.

- Gerilim farklılığı varsa araya gerilim transformatörü konulmalıdır.
- Kontrol edilecek lamba veya lamba grubu bağlanmalıdır.
- Lamba gerilimi bus geriliminden düşükse lambanın önüne gerilim transformatörü konulmalıdır.
- Farklı bir gerilim veya güce ihtiyaç varsa ilave güç kaynağı kullanılmalıdır.
- Kullanılan lamba grubu ise anahtardan direkt olarak değil bir röle yardımıyla devreye alınmalıdır.

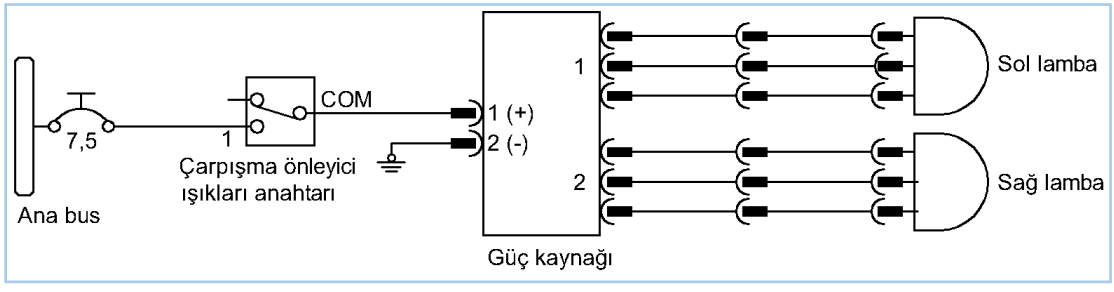
Aydınlatma devreleri elektrik diyagramlarının çiziminde kullanılacak rölenin yapısı Görsel 6.40'ta yer almaktadır.



Görsel 6.40: Rölenin yapısı

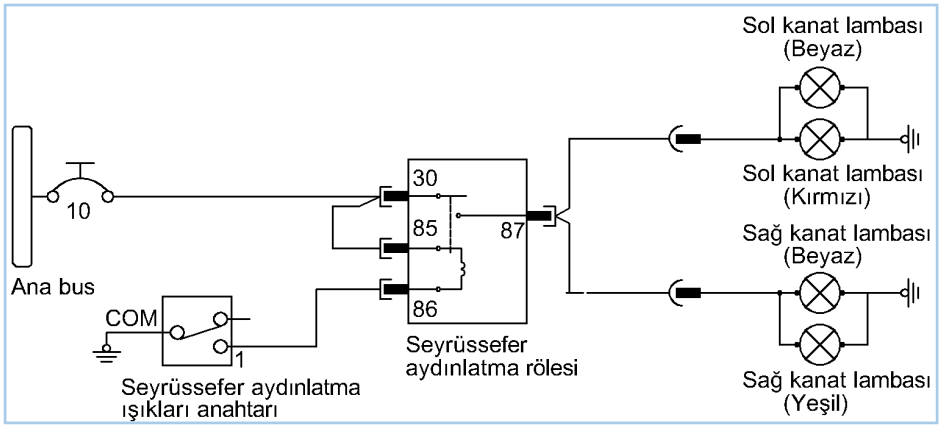
6.6.1. Uçaktaki Haricî Aydınlatma Bağlantıları

Görsel 6.41'de çarpışma önleyici ışıkların elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 7,5 A'lik devre kesiciyle çarpışma önleyici ışık anahtarına bağlanır. Anahtar ortak ucu güç kaynağına bağlanır. Güç kaynağı çıkışları sağ ve sol çarpışma önleyici lambalarına bağlanır.



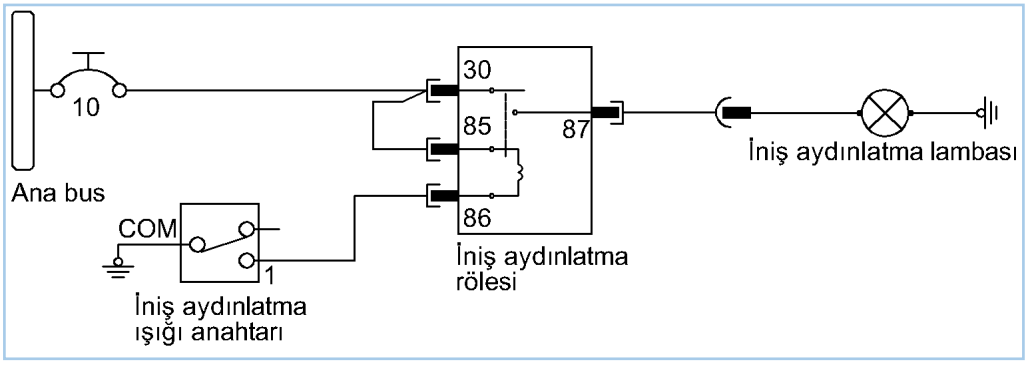
Görsel 6.41: Çarpışmayı önleyici ışıkların elektrik diyagramı

Görsel 6.42'de seyrüsefer ışıklarının elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 7,5 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu seyrüsefer aydınlatma anahtarının 1 (ON) pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu (COM) toprağa bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı sağ ve sol seyrüsefer lambalarına bağlanır.



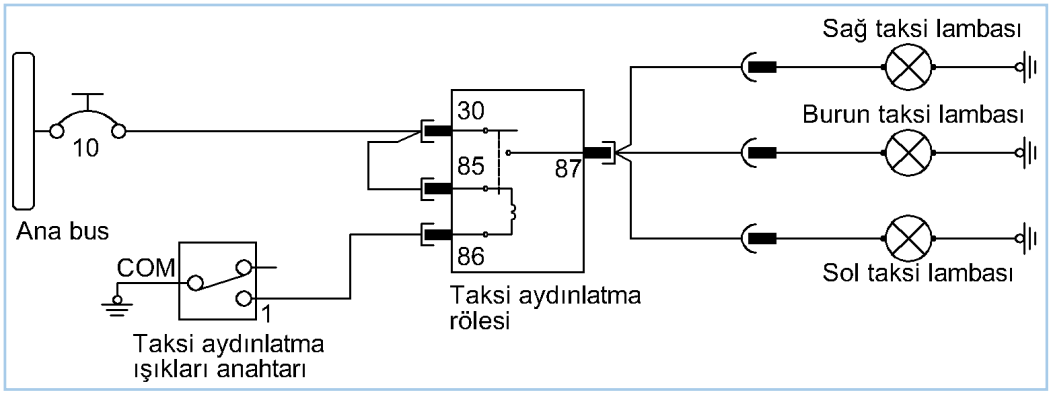
Görsel 6.42: Seyrüsefer ışıklarının elektrik diyagramı

Görsel 6.43'te iniş ışıkların elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 10 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu seyrüsefer aydınlatma anahtarının 1 pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu toprağa bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı sağ ve sol seyrüsefer lambalarına bağlanır.



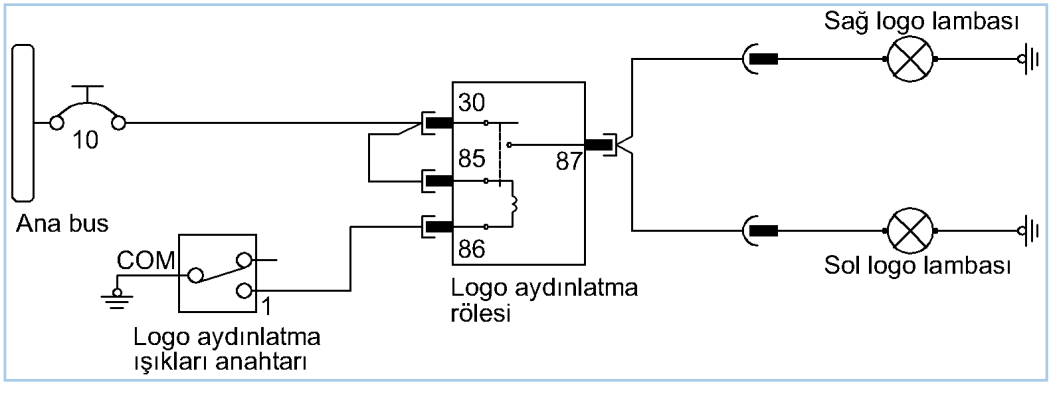
Görsel 6.43: İniş ışıklarının elektrik diyagramı

Görsel 6.44'te taksi ışıkların elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 10 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu taksi aydınlatma anahtarının 1 pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu toprağa bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı sağ, sol ve burun taksi lambalarına bağlanır.



Görsel 6.44: Taksi ışıklarının elektrik diyagramı

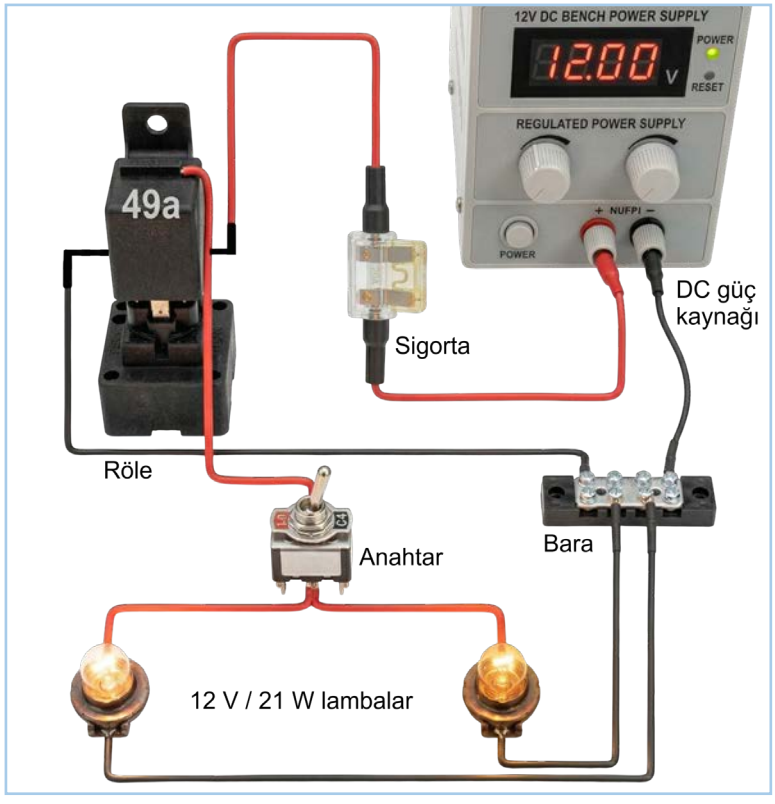
Görsel 6.45'te logo ışıkların elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 10 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu taksi aydınlatma anahtarının 1 pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu toprağa bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı sağ ve sol logo aydınlatma lambalarına bağlanır.



Görsel 6.45: Logo ışıklarının elektrik diyagramı

ETKİNLİK

Uçakta çarpışma önleyici ışık bağlantılarını modellemek için Görsel 6.46'da yer alan devreyi aşağıda verilen yönergeleri dikkate alarak oluşturunuz.

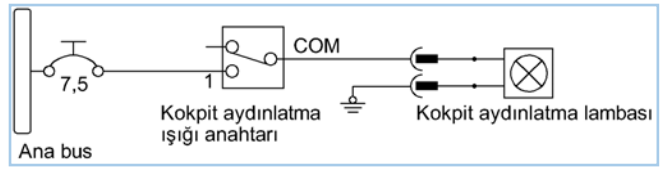


Görsel 6.46: Çarpışma önleyici ışık modellemesi

- 10 A konnektörlü otomobil sigortası, 12 V / 21 W flaşör ampulleri, ampul duyları, 12 V üç pin flaşör rölesi, ON-OFF anahtar, hakla, erkek ve dişi tipi 4,8 mm geçmeli konnektörler, 17AWG kablo, alüminyum profil, 6 mm sac vidaları ve 12 V güç kaynağı hazırlayınız.
- Lamba duy kablo uçlarının birine 4,8 mm dişi, diğerine halka tipi geçmeli konnektör sıkıştırınız (Anahtar üzerinde tek çıkış varsa iki duydaki birer kabloyu birleştirip tek konnektöre sıkıştırınız.).
- Anahtar kablosunun (49a veya L) iki ucuna dişi geçmeli konnektör sıkıştırınız.
- Röle ile sigorta arası besleme kablosunun (49, + veya P) iki ucuna dişi geçmeli konnektör sıkıştırınız.
- Röle şase arası dönüş kablosunun (31, - veya X) bir ucuna dişi geçmeli konnektör, diğerine halka tipi geçmeli konnektör sıkıştırınız.
- Güç kaynağı eksi hattı ile dönüş barası kablosunun (49, + veya P) iki ucuna halka tipi geçmeli konnektör sıkıştırınız.
- Güç kaynağı artı hattı ile sigorta giriş kablosunun bir ucuna dişi geçmeli konnektör, diğerine halka tipi geçmeli konnektör sıkıştırınız.
- Lambayı duya takıp sabitleyiniz.
- Tüm bileşenlerin kablo bağlantılarını yapıp eksi dönüş hatlarını alüminyum profile (baraya) vidalayınız.
- Devreye enerji uygulayıp anahtarı ON pozisyona getiriniz.
- Lambaların belirli periyotlarda yanıp sönme durumunu kontrol ediniz.

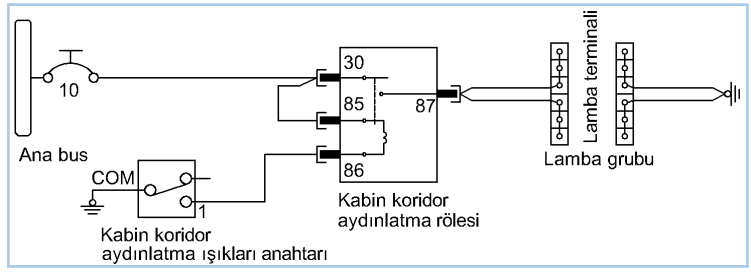
6.6.2. Uçaktaki Dâhilî Aydınlatma Bağlantıları

Görsel 6.47'de kokpit aydınlatma ışıklarının elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 7,5 A'lik devre kesiciyle anahtarın 1 pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu kokpit aydınlatma lambasının bir ucuna bağlanır. Lambanın diğer ucu toprağa bağlanır.



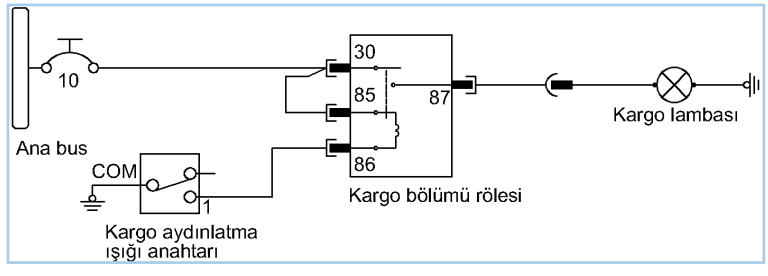
Görsel 6.47: Kokpit aydınlatma ışıklarının elektrik diyagramı

Görsel 6.48'de kabin koridor ışıklarının elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 10 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu, koridor aydınlatma anahtarının 1 pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu, toprağa bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı kabin koridor aydınlatma lambalarına bağlanır.



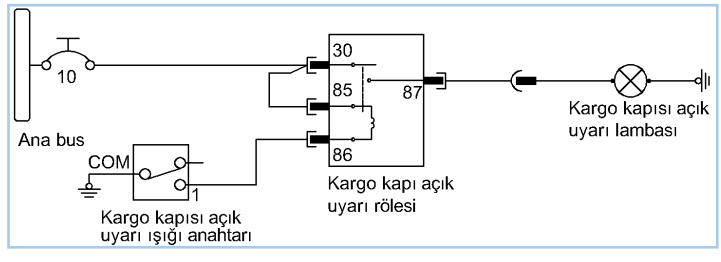
Görsel 6.48: Kabin koridor ışıklarının elektrik diyagramı

Görsel 6.49'da kargo aydınlatma ışıklarının elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 10 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu, kargo aydınlatma anahtarının 1 (ON) pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu, toprağa (COM) bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı, kargo lambasına bağlanır.



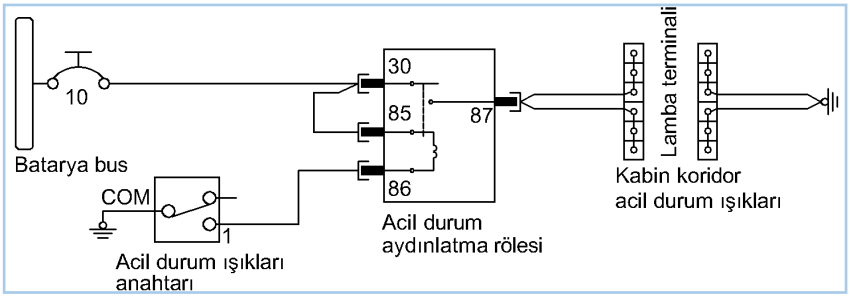
Görsel 6.49: Kargo ışığı elektrik diyagramı

Görsel 6.50'de kargo kapısı uyarı ışığının elektrik diyagramı yer almaktadır. Ana bustan alınan besleme gerilimi 10 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu, kargo kapısı açık uyarı anahtarının 1 pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu, toprağa bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı, kargo kapısı açık uyarı lambasına bağlanır.



Görsel 6.50: Kargo kapısı açık uyarı ışığının elektrik diyagramı

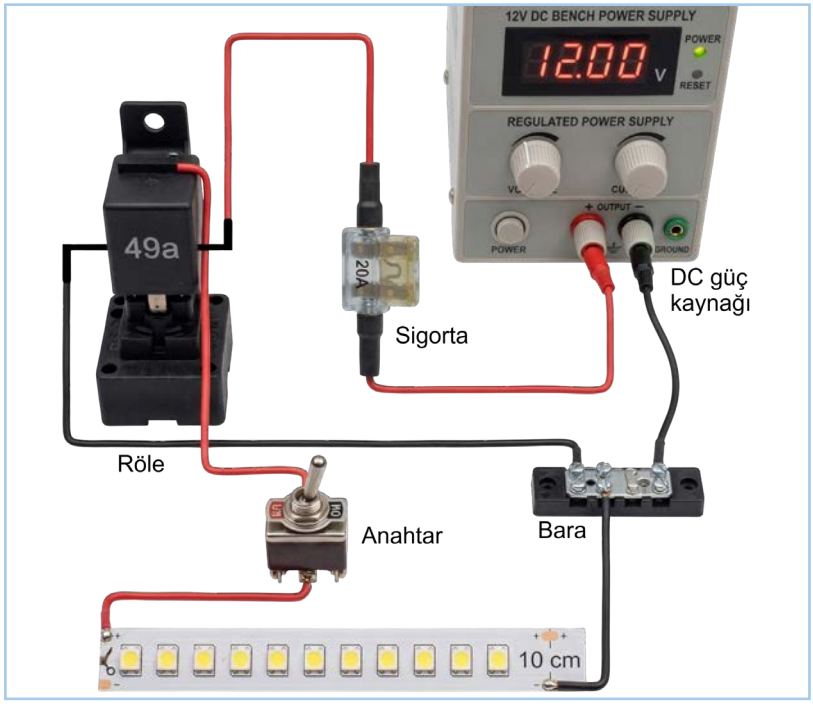
Görsel 6.51'de kabin koridor acil durum ışığının elektrik diyagramı yer almaktadır. Batarya bustan alınan besleme gerilimi 10 A'lik devre kesiciyle rölenin 30 numaralı ortak kontak ve 85 numaralı bobin girişi ucuna bağlanır. Bobinin 86 numaralı çıkış ucu, acil durum ışıkları anahtarının 1 pozisyonuna bağlanır. Anahtarın ortak ucu, toprağa bağlanır. Rölenin 87 numaralı kontağı, kabin koridor acil durum lambalarına bağlanır.



Görsel 6.51: Acil durum ışıklarının elektrik diyagramı

ETKİNLİK

Uçakta kabin içi ışık bağlantılarını modellemek için Görsel 6.52'de yer alan devreyi aşağıda verilen yönergeleri dikkate alarak oluşturunuz.



Görsel 6.52: Kabin içi aydınlatma modellemesi

- Çarpışma önleyici ışık modellemesinde kullanılan malzemelere ek olarak 10 cm uzunluğunda 12 V beyaz şerit LED hazırlayınız.
- Lamba duy kablo uçlarının birine 4,8 mm dişi, diğerine halka tipi geçmeli konnektör sıkıştırınız (Anahtar üzerinde tek çıkış varsa iki duydaki birer kabloyu birleştirip tek konnektöre sıkıştırınız.).
- Anahtar kablosundan şerit LED'e bağlanacak kablonun ucundaki konnektörü kesip kabloyu 5 mm sıyırınız.
- Dönüş barasından şerit LED'e bağlanacak kablonun ucundaki konnektörü kesip kabloyu 5 mm sıyırınız.

- Öğretmeniniz kablo uçlarını şerit LED'e lehimlerken dikkatle izleyiniz.
- Tüm bileşenlerin kablo bağlantılarını yapıp eksi dönüş hatlarını baraya vidalayınız.
- Devreye enerji uygulayıp anahtarı ON pozisyona getiriniz.
- Lambaların belirli periyotlarda yanıp sönme durumunu kontrol ediniz.

SIRA SİZDE

Tablo 6.13'te belirtilen kısımlara haricî ve dâhilî aydınlatma bağlantılarının benzerliklerini ve farklılıklarını yazınız.

Tablo 6.13: Haricî ve Dâhilî Aydınlatmaların Karşılaştırılması

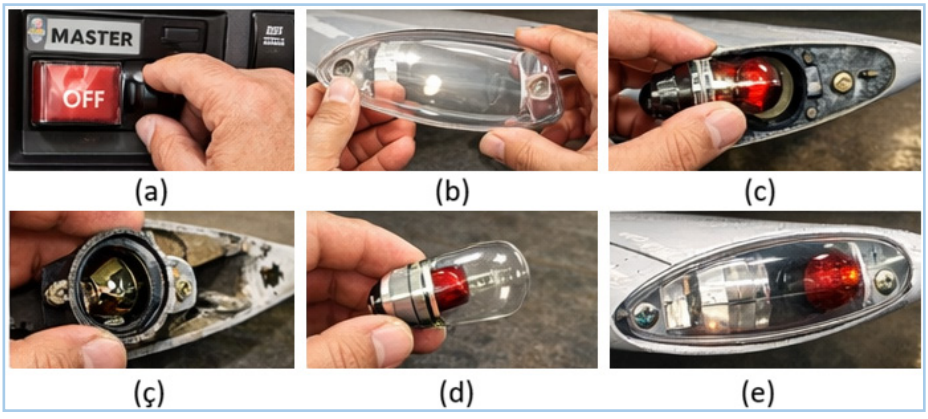
Benzerlikler	Farklılıklar

6.7. LAMBA FLAMENT DEĞİŞİMİ

Uçakların aydınlatma lambalarında flament (akkor flamentli ampul) veya yeni gelişen teknolojilerle LED lambalar kullanılmaktadır. Küçük uçaklarda arızalanan flament lambalar, pilot tarafından değiştirilebilir. Ancak ticari uçaklarda flament veya LED lambanın gövdeyle modifiye edilmesinde A&P teknisyenlerinin (hava çerçevesi ve güç aktarım sistemi yetki lisansı) onayı alınması gerekir. Genel olarak uçak lambasının değiştirilmesinde izlenecek adımlar şu şekildedir:

- Uçağın ana şalteri veya lambaya ait devre kesici açılır.
- Uçak modeline göre lambayı koruyan muhafaza parçasının vidası, kelepçesi veya segmanı uygun tornavida veya segman pensesiyle yerinden sökülür.
- Muhafaza parçasının altındaki plastik conta yerinden çıkartılır.
- Flament, bayonet (tırnaklı) çeşitse üzerine hafifçe bastırılıp saat yönünün tersine çevrilir. Tırnak kanalı içinden yukarı doğru çekilerek yerinden sökülür. Flament, vidalı çeşitse saat yönünün tersine çevrilerek çıkartılır.
- Lamba soketinde veya kablolarında yıpranma veya korozyon varsa kablo ve soketler yenilenir.
- Lamba modeline uygun yeni flament temin edilir.
- Bayonet tip flament tırnak kanalından içeri doğru itilir. Üzerine hafifçe bastırılıp saat yönünde çevrilerek yerine yerleştirilir. Flament, vidalı çeşitse saat yönünde çevrilerek yerine yerleştirilir.
- LED lambalarda lamba gövdesinin yenisi takılır.
- Yeni plastik conta yerine yerleştirilir.
- Muhafaza parçası contaya zarar vermeden yerine yerleştirilir.
- Muhafaza parçasının vidası, kelepçesi veya segmanı uygun tornavida veya segman pensesiyle yerine takılır.
- Uçağın ana şalteri veya lambaya ait devre kesici kapatılır.
- Lambanın çalışıp çalışmadığı test edilir.
- Yapılan işlem bakım defterine yazılır.

Görsel 6.53'te seyrüsefer ışığı filament değiştirme işlem adımları yer almaktadır. Bataryanın kapatılması (Görsel 6.53.a), lamba muhafaza kapağının vidalarının sökülerek çıkartılması (Görsel 6.51.b), flamentin sökülmesi (Görsel 6.53.c) ve soket kontrolünün yapılması (Görsel 6.53.ç) işlemlerinden sonra flamentin hazırlanması (Görsel 6.53.d) ve flamentin yerine takıldıktan sonra lamba muhafaza kapağının takılarak işlemin sonlandırılması (Görsel 6.53.e) yer almaktadır.



Görsel 6.53: Seyrüsefer ışığı filament değişimi işlem adımları

NOT

Flament değiştirme sırasında sökülen bozuk flamenti ve eski contayı geri dönüşüm kutusuna bırakınız. Doğanın temiz kalmasına katkıda bulununuz.

NOT

Bildirim ve aydınlatma devrelerinin farklı uygulamalarını bilgisayar ortamında elektronik çizim programlarını çizip test edebilirsiniz. Elektronik çizim programları sizleri zaman kaybından ve malzeme maliyetlerinden kurtarır.

DİKKAT

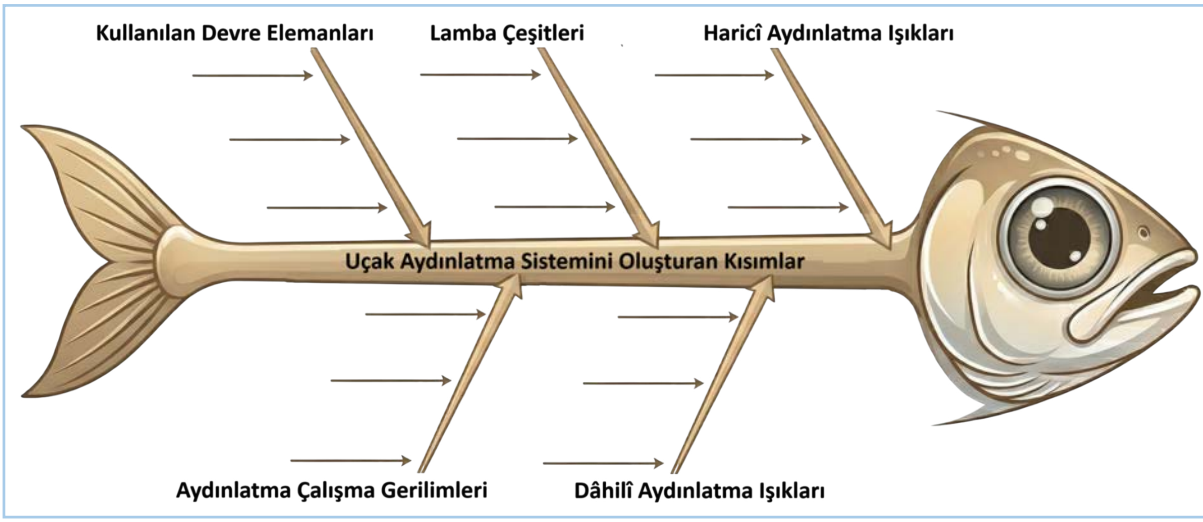
304. sayfasındaki 6.9. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

DİKKAT

Tüm çağırma, bildirim ve aydınlatma uygulamalarında faz hattı bağlantılarını yaparken ana panodan sigortayı açıp elektriği kesiniz.
Sigorta açık: Devrede enerji yok.
Sigorta kapalı: Devrede enerji var.
Anahtar açık: Devrede enerji yok.
Anahtar kapalı: Devrede enerji var.
Elektrik kablolarını uygun uzunlukta kesiniz. Kablo üretiminde kullanılan bakır, plastik ve diğer malzemelerle enerji tüketim maliyetlerinin olduğunu hatırlayınız.

SIRA SİZDE

Öğrendiklerinizden yola çıkarak uçak aydınlatmasını oluşturan kısımlara ilişkin balık kılçığı diyagramını doldurunuz.



Görsel 6.54: Uçak aydınlatmasını oluşturan kısımlar

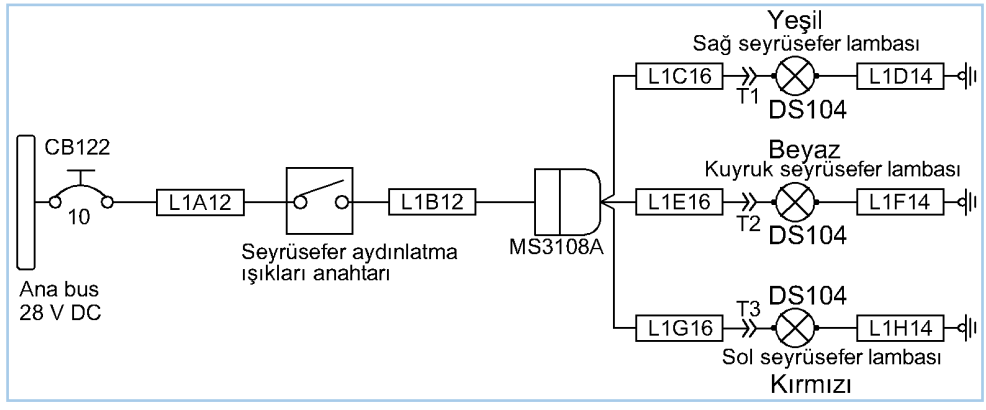
NOTLAR

6.1. UYGULAMA

Adı	ELEKTRİK DİYAGRAM OKUMA
Süresi	40 dakika

Amaç: Elektrik diyagramlarını okumak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 6.55'te görülen elektrik diyagramıyla ilgili soruları cevaplandırınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.55: Seyrüsefer aydınlatması elektrik diyagramı

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kalem	Kurşun	1 adet
Silgi	PVC free	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. NAV BUS hattındaki besleme gerilimi değerini yazınız.
3. Devre kesici akım değerini yazınız.
4. Devre kesici kodunu yazınız.
5. Seyrüsefer kontrol anahtarı çeşidini yazınız.
6. Kablo ve konnektör bağlantılarına göre beş bölge oluşturunuz.
7. 1. bölgede kullanılan kablo çeşidini yazınız.
8. 2. bölgede kullanılan kablo çeşidini yazınız.
9. 3. bölgede kullanılan kablo çeşidini yazınız.
10. 4. bölgede kullanılan kablo çeşidini yazınız.
11. 5. bölgede kullanılan kablo çeşidini yazınız.
12. Sağ seyrüsefer konnektörünün kodunu yazınız.
13. Sol seyrüsefer konnektörünün kodunu yazınız.
14. Kuyruk seyrüsefer konnektörünün kodunu yazınız.

15. Sağ seyrüsefer lamba rengini yazınız.
16. Sol seyrüsefer lamba rengini yazınız.
17. Kuyruk seyrüsefer lamba rengini yazınız.
18. Lambaların modelini yazınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Tüm lambaların tek bir anahtar üzerinden kontrol edilmesinin sebebi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Anahtara gelen kablo kesitinin çıkan kabloların kesitinden büyük olmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

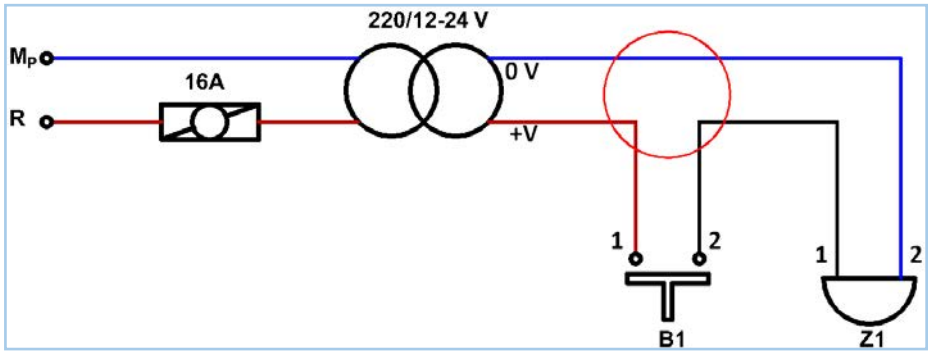
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.2. UYGULAMA

Adı	BİR BUTON BİR ZİL UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Bir buton bir zil devresi kurup çalıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak bir buton bir zil devresini plançete veya çağırma ve bildirim deney seti üzerine kurunuz. Butona basıldığında zilin çaldığını zilin çalma durumunu kontrol ediniz. Uygulamada kullanılan bir buton bir zil devresinin açık şeması Görsel 6.56'da yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.56: Bir buton bir devresi zil açık şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Sigorta ve rayı	16 A otomatik	1 adet
Zil transformatörü	220 V / 12 V ray tipi	1 adet
Buton	Bas-çek mekanizmalı (yaylı)	1 adet
Zil	Elektronik veya mekanik	1 adet
Kablo	H05V-U (0,5 mm^2), H07V-U (1,5 mm^2) 5 farklı renkte	İkişer metre
PVC boru	14 inç PVC yangına dayanıklı boru	5 metre
Kasa, buat	Sıva altı norm kasa, sıva altı norm buat	Birer adet
Kroşe	14 antigron (plastik)	10 adet
Ağaç vidası	4 x 20	10 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik hattında faz olup olmadığını kontrol kalemiyle kontrol ediniz.
3. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.

4. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına buatı vidalayınız.
5. Buatın 0,5 metre alt tarafına kasayı vidalayınız.
6. Buatın yanına zili vidalayınız.
7. Sigorta, buat ve kasa arasına uygun ölçülerde 14 PVC boru yerleştiriniz.
8. PVC boruya 150 mm aralıklarla kroşe çakınız.
9. Sigorta rayı üzerine sigorta ve zil transformatörünü yerleştiriniz.
10. Faz hattından sigorta giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
11. Sigorta çıkış klemensinden zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
12. Nötr hattından zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
13. Zil transformatörünün 12 V çıkışından kasaya H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
14. Zil transformatörünün 0 V çıkışından buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce buat içinden geçirilip buat dışına çekilecek.).
15. Kasadan buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce buat içinden geçirilip buat dışına çekilecek.).
16. Kasada bulunan iki kabloyu B1 buton klemenslerine bağlayınız.
17. Buat dışına çekilen iki kabloyu zil klemenslerine bağlayınız.
18. Açık şema üzerinden devre kablo bağlantılarının doğru olduğunu kontrol ediniz.
19. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji uygulayınız.
20. Butona basıp zilin çalıştığını gözlemleyiniz.
21. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Elektrik tesisatlarında ek alınmasının amacı nedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....

2. Bir butonla bir zil çalıştırılmasının amacı ne olabilir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....

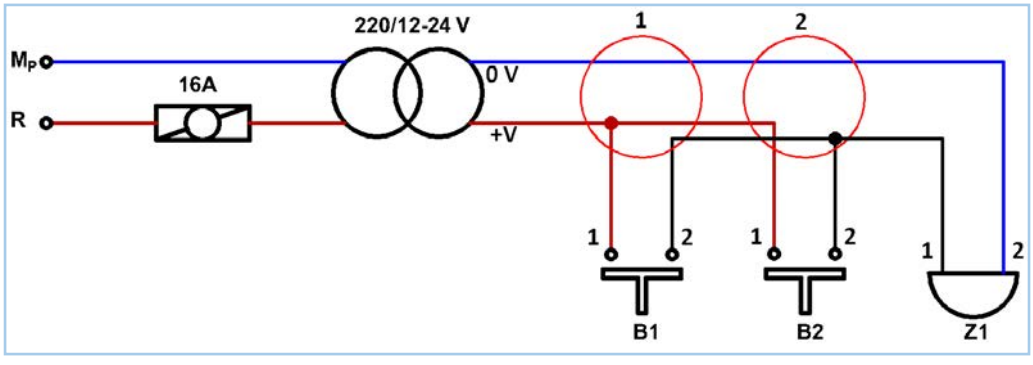
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.3. UYGULAMA

Adı	İKİ BUTON BİR ZİL UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: İki buton bir zil devresi kurup çalıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak iki buton bir zil devresini plançete veya çağırma ve bildirim deney seti üzerine kurunuz. Butonlardan herhangi birine basıldığında zilin çalma durumunu kontrol ediniz. Uygulamada kullanılan iki buton bir zil devresinin açık şeması Görsel 6.57'de yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.57: İki buton bir devresi zil açık şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Sigorta ve rayı	16 A otomatik	1 adet
Zil transformatörü	220 V / 12 V ray tipi	1 adet
Buton	Bas-çek mekanizmalı (yaylı)	2 adet
Zil	Elektronik veya mekanik	1 adet
Kablo	H05V-U (0,5 mm^2), H07V-U (1,5 mm^2) 5 farklı renkte	İkişer metre
PVC boru	14 inç PVC yangına dayanıklı boru	5 metre
Kasa, buat	Sıva altı norm kasa, sıva altı norm buat	İkişer adet
Kroşe	14 antigron (plastik)	10 adet
Ağaç vidası	4 x 20	10 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik hattında faz olup olmadığını kontrol kalemiyle kontrol ediniz.
3. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.

4. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına 1. buatı vidalayınız.
5. Buatın 0,5 metre alt tarafına 1. kasayı vidalayınız.
6. Buatın 0,5 metre sağ tarafına 2. buatı vidalayınız.
7. 2. buatın 0,5 metre alt tarafına 2. kasayı vidalayınız.
8. 2. buatın yanına zili vidalayınız.
9. Sigorta, buatlar ve kasa arasına uygun ölçülerde 14 PVC boru yerleştiriniz.
10. PVC boruya 150 mm aralıklarla kroşe çakınız.
11. Sigorta rayı üzerine sigorta ve zil transformatörünü yerleştiriniz.
12. Faz hattından sigorta giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
13. Sigorta çıkış klemensinden zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
14. Nötr hattından zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
15. Zil transformatörünün 12 V çıkışından 1. kasaya H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
16. 1.buattaki 12 V hattından ek alarak 2. kasaya H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 2. buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
17. Zil transformatörünün 0 V çıkışından 2.buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. ve 2. buat içinden geçirilip 2. buat dışına çekilecek.).
18. 1. kasadan 2. buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. ve 2. buat içinden geçirilip 2. buat dışına çekilecek.).
19. 2. buatın içindeki buton hattından H05V-U kablo ile ek alarak 2. kasaya hat çekiniz.
20. 2. buat dışına çekilen iki kabloyu zil klemenslerine bağlayınız.
21. 1. kasada bulunan iki kabloyu B1 buton klemenslerine bağlayınız.
22. 2. kasada bulunan iki kabloyu B2 buton klemenslerine bağlayınız.
23. Açık şema içinden devre kablo bağlantılarının doğru olduğunu kontrol ediniz.
24. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji uygulayınız.
25. 1. butona basıp zilin çalıştığını gözlemleyiniz.
26. 2. butona basıp zilin çalıştığını gözlemleyiniz.
27. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Elektrik tesisatlarında yapılan ek sayılarının uygulamalara göre farklılık göstermesinin nedenini kısaca açıklayınız.

.....

.....

2. İki butonla bir zil çalıştırılmasının amacı ne olabilir? Açıklayınız.

.....

.....

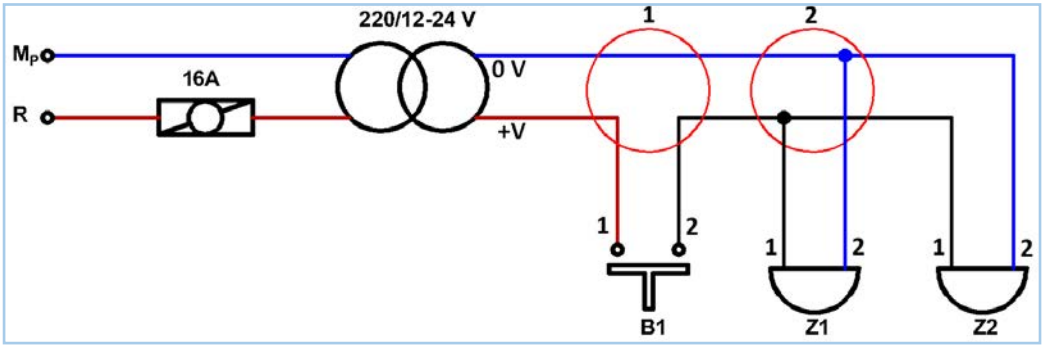
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.4. UYGULAMA

Adı	BİR BUTON İKİ ZİL UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Bir buton iki zil devresi kurup çalıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak bir buton iki zil devresini plançete veya çağırma ve bildirim deney seti üzerine kurunuz. Butona basıldığında iki zilin çaldığını kontrol ediniz. Uygulamada kullanılan bir buton iki zil devresinin açık şeması Görsel 6.58'de yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.58: Bir buton iki zil devresi açık şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Sigorta ve rayı	16 A otomatik	1 adet
Zil transformatörü	220 V / 12 V ray tipi	1 adet
Buton	Bas-çek mekanizmalı (yaylı)	1 adet
Zil	Elektronik veya mekanik	2 adet
Kablo	H05V-U (0,5 mm^2), H07V-U (1,5 mm^2) 5 farklı renkte	İkişer metre
PVC boru	14 inç PVC yangına dayanıklı boru	5 metre
Kasa, buat	Sıva altı norm kasa, sıva altı norm buat	İkişer adet
Kroşe	14 antigron (plastik)	10 adet
Ağaç vidası	4 x 20	10 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik hattında faz olup olmadığını kontrol kalemiyle kontrol ediniz.
3. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.

4. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına 1. buatı vidalayınız.
5. Buatın 0,5 metre alt tarafına kasayı vidalayınız.
6. Buatın 0,5 metre sağ tarafına 2. buatı vidalayınız.
7. 2. buatın yanına 2 zili yan yana vidalayınız.
8. Sigorta, buatlar ve kasa arasına uygun ölçülerde 14 PVC boru yerleştiriniz.
9. PVC boruya 150 mm aralıklarla kroşe çakınız.
10. Sigorta rayı üzerine sigorta ve zil transformatörünü yerleştiriniz.
11. Faz hattından sigorta giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
12. Sigorta çıkış klemensinden zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
13. Nötr hattından zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
14. Zil transformatörünün 12 V çıkışından kasaya H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
15. Zil transformatörü 0 V çıkışından 2. buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. ve 2. buat içinden geçirilip 2. buat dışına çekilecek.).
16. 1. kasadan 2. buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. ve 2. buat içinden geçirilip 2. buat dışına çekilecek.).
17. 2. buattaki buton hattından ek alarak 2. kasa dışına H05V-U kablo ile hat çekiniz.
18. 2. buattaki 0 V hattından ek alarak 2. kasa dışına H05V-U kablo ile hat çekiniz.
19. 2. buat dışına çekilen iki kabloyu Z1 zil klemenslerine bağlayınız.
20. 2. buat dışına ek alınarak çekilen iki kabloyu Z2 zil klemenslerine bağlayınız.
21. Kasada bulunan iki kabloyu B1 buton klemenslerine bağlayınız.
22. Açık şema üzerinden devre kablo bağlantılarının doğru olduğunu kontrol ediniz.
23. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji uygulayınız.
24. Butona basıp iki zilin çalıştığını gözlemleyiniz.
25. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. 2. zil kablo eklerinin buat içinden alınmasının amacı nedir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

2. Bir butonla iki zil çalıştırılmasının amacı ne olabilir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

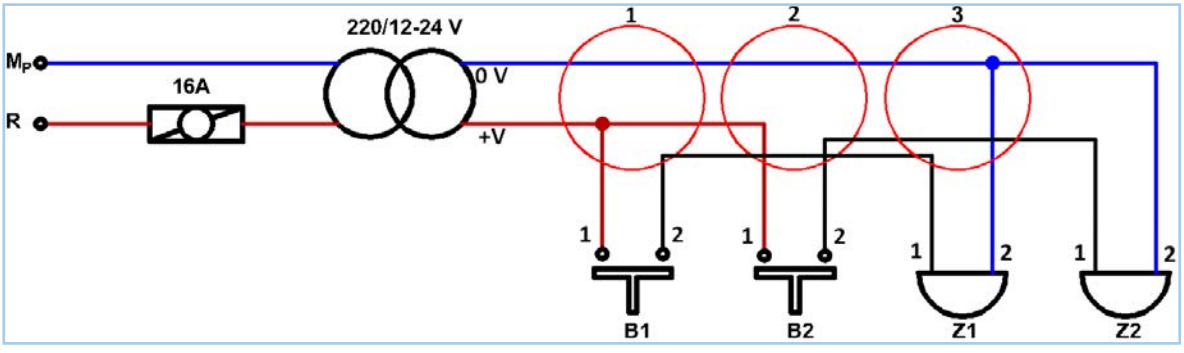
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.5. UYGULAMA

Adı	İKİ BUTON İKİ ZİL UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: İki buton iki zil devresi kurup çalıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak iki buton iki zil devresini plançete veya çağırma ve bildirim deney seti üzerine kurunuz. Butonlara basıldığında zilin çaldığını kontrol ediniz. Uygulamada kullanılan iki buton bir zil devresinin açık şeması Görsel 6.59'da yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.59: İki buton iki zil devresi açık şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Sigorta ve rayı	16 A otomatik	1 adet
Zil transformatörü	220 V / 12 V ray tipi	1 adet
Buton	Bas-çek mekanizmalı (yaylı)	2 adet
Zil	Elektronik veya mekanik	2 adet
Kablo	H05V-U (0,5 mm^2), H07V-U (1,5 mm^2) 6 farklı renkte	İkişer metre
PVC boru	14 inç PVC yangına dayanıklı boru	5 metre
Kasa, buat	Sıva altı norm kasa, sıva altı norm buat	İkişer adet
Kroşe	14 antigron (plastik)	10 adet
Ağaç vidası	4 x 20	10 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik hattında faz olup olmadığını kontrol kalemiyle kontrol ediniz.
3. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.

4. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına 1. buatı vidalayınız.
5. Buatın 0,5 metre alt tarafına 1. kasayı vidalayınız.
6. 1. buatın 0,5 metre sağ tarafına 2. buatı vidalayınız.
7. 2. buatın 0,5 metre alt tarafına 2. kasayı vidalayınız.
8. 2. buatın 0,5 metre sağ tarafına 3. buatı vidalayınız.
9. 3. buat yanına 2 zili yan yana vidalayınız.
10. Sigorta, buatlar ve kasa arasına uygun ölçülerde 14 PVC boru yerleştiriniz.
11. PVC boruya 150 mm aralıklarla kroşe çakınız.
12. Sigorta rayı üzerine sigorta ve zil transformatörünü yerleştiriniz.
13. Faz hattından sigorta giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
14. Sigorta çıkış klemensinden zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
15. Nötr hattından zil transformatörü AC giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
16. Zil transformatörünün 12 V çıkışından 1. kasaya H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
17. 1. buattaki 12 V hattından ek alarak 2. kasaya H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 2. buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
18. Zil transformatörü 0 V çıkışından 3. buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. 2. ve 3. buat içinden geçirilip 3. buat dışına çekilecek.).
19. 3. buattaki 0 V hattından 3. buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz.
20. 1. kasadan 3. buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. 2. ve 3. buat içinden geçirilip 3. buat dışına çekilecek.).
21. 2. kasadan 3. buatın dışına çıkacak şekilde H05V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 2. ve 3. buat içinden geçirilip 3. buat dışına çekilecek.).
22. 3. buattan dışarı çekilen B1 butonu ve 0 V hattından gelen iki kabloyu Z1 zil klemenslerine bağlayınız.
23. 3. buattan dışarı çekilen B2 butonu ve 0 V hattından gelen iki kabloyu Z2 zil klemenslerine bağlayınız.
24. Açık şema üzerinden devre kablo bağlantılarının doğru olduğunu kontrol ediniz.
25. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji uygulayınız.
26. 1. butona basıp zilin çalıştığını gözlemleyiniz.
27. 2. butona basıp zilin çalıştığını gözlemleyiniz.
28. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Zil kablo bağlantıları klemenste yer değiştirirse zilin çalışmasında nasıl bir değişiklik olur? Açıklayınız.

.....

2. İki butonla iki zil devresinin kullanım amacı ne olabilir? Açıklayınız.

.....

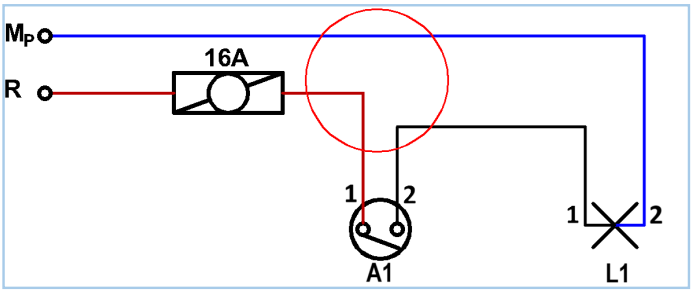
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.6. UYGULAMA

Adı	BİR KUTUPLU ANAHTARLI AYDINLATMA DEVRE UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Bir kutuplu anahtarlı aydınlatma devresi kurup çalıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak bir kutuplu anahtarlı aydınlatma devresini plançete veya aydınlatma deney seti üzerine kurunuz. Anahtar kapatıldığında lambanın yandığını kontrol ediniz. Uygulamada kullanılan bir kutuplu anahtarlı aydınlatma devresinin açık şeması Görsel 6.60'ta yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.60: Bir kutuplu anahtarlı aydınlatma tesisatı açık şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Sigorta ve rayı	16 A otomatik	1 adet
Anahtar	Bir kutuplu	1 adet
Lamba	230 V AC LED veya flamanlı	1 adet
Kablo	H07V-U (1,5 mm^2) 3 farklı renkte	Üçer metre
PVC boru	14 inç PVC yangına dayanıklı boru	4 metre
Kasa, buat	Sıva altı norm kasa, sıva altı norm buat	Birer adet
Duy	Duvar tipi	1 adet
Kroşe	14 antigron (plastik)	10 adet
Ağaç vidası	4 x 20	10 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik hattında faz olup olmadığını kontrol kalemiyle kontrol ediniz.
3. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.
4. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına buatı vidalayınız.

5. Buatın 0,5 metre alt tarafına kasayı vidalayınız.
6. Buatın yanına duyu vidalayınız.
7. Sigorta, buatlar ve kasa arasına uygun ölçülerde 14 PVC boru yerleştiriniz.
8. PVC boruya 150 mm aralıklarla kroşe çakınız.
9. Sigorta rayı üzerine sigortayı yerleştiriniz.
10. Faz hattından sigorta giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
11. Sigorta çıkış klemensinden kasaya H07V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
12. Nötr hattından H07V-U kablo ile buatın dışına çıkacak şekilde hat çekiniz (Hat önce buat içinden geçirilip buat dışına çekilecek.).
13. Kasadan buatın dışına çıkacak şekilde H07V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce buat içinden geçirilip buat dışına çekilecek.).
14. Buat dışına çekilen iki kabloyu duy klemenslerine bağlayınız.
15. Duya 230 V lamba takınız.
16. Kasada bulunan iki kabloyu bir kutuplu anahtar klemenslerine bağlayınız.
17. Açık şema üzerinden devre kablo bağlantılarının doğru olduğunu kontrol ediniz.
18. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji uygulayınız.
19. Anahtarı kapatıp lambanın çalıştığını gözlemleyiniz.
20. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Faz hattının anahtara bağlanmasının amacı nelerdir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Lamba takılırken veya sökülürken anahtar konumu (açık-kapalı) ne olmalıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

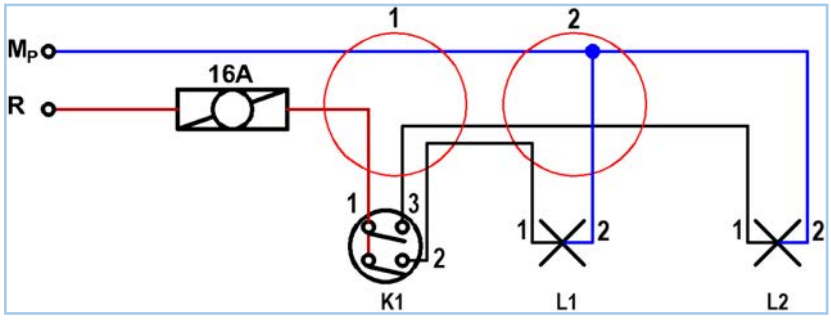
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.7. UYGULAMA

Adı	KOMÜTATÖR ANAHTARLI AYDINLATMA DEVRE UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Komütatör anahtarlı aydınlatma devresi kurup çalıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak komütatör anahtarlı aydınlatma devresini plançete veya aydınlatma deney seti üzerine kurunuz. Komütatör anahtarın 1. anahtarı kapatıldığında L1 lambasının ve 2. anahtarı kapatıldığında L2 lambasının yandığını görünüz. Uygulamada kullanılan komütatör anahtarlı aydınlatma devresinin açık şeması Görsel 6.61'de yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.61: Komütatör anahtarlı aydınlatma devresi açık şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Sigorta ve rayı	16 A otomatik	1 adet
Anahtar	Komütatör	1 adet
Lamba	230 V AC LED veya flamanlı	2 adet
Kablo	H07V-U (1,5 mm^2) 4 farklı renkte	İkişer metre
PVC boru	14 inç PVC yangına dayanıklı boru	4 metre
Kasa, buat	Sıva altı norm kasa, sıva altı norm buat	İkişer adet
Duy	Duvar tipi	2 adet
Kroşe	14 antigron (plastik)	10 adet
Ağaç vidası	4 x 20	10 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik hattında faz olup olmadığını kontrol kalemiyle kontrol ediniz.
3. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.

4. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına 1. buatı vidalayınız.
5. Buatın 0,5 metre alt tarafına 1. kasayı vidalayınız.
6. Buatın 0,5 metre sağ tarafına 2. buatı vidalayınız.
7. 2. buatın yanına her iki duyu vidalayınız.
8. Sigorta, buatlar ve kasa arasına uygun ölçülerde 14 PVC boru yerleştiriniz.
9. PVC boruya 150 mm aralıklarla kroşe çakınız.
10. Sigorta rayı üzerine sigortayı yerleştiriniz.
11. Faz hattından sigorta giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
12. Sigorta çıkış klemensinden kasaya H07V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce buat üzerinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
13. Nötr hattından H07V-U kablo ile 2. buatın dışına çıkacak şekilde hat çekiniz (Hat önce 1. buat üzerinden geçirilip 2. buat dışına çekilecek.).
14. Kasadan 2. buatın dışına çıkacak şekilde H07V-U kablo ile L1 lamba hattını çekiniz (Hat önce 1. buat içinden geçirilip 2. buatın dışına çekilecek.).
15. Kasadan buatın dışına çıkacak şekilde H07V-U kablo ile L2 lamba hattını çekiniz (Hat önce 1. buat içinden geçirilip 2. buatın dışına çekilecek.).
16. Buattaki nötr hattından ek alarak buatın dışına H07V-U kablo ile hat çekiniz.
17. 2. buatın dışına çekilen L1 ve nötr hattını 1. duyun klemenslerine bağlayınız.
18. 2. buatın dışına çekilen L2 ve nötr hattını 2. duyun klemenslerine bağlayınız.
19. 1. kasada bulunan faz hattını anahtarın 1 numaralı (ortak faz) klemensine bağlayınız.
20. 1. kasada bulunan L1 hattını anahtarın 2 numaralı klemensine bağlayınız.
21. 1. kasada bulunan L2 hattını anahtarın 3 numaralı klemensine bağlayınız.
22. Duylara 230 V lambaları takınız.
23. Açık şema üzerinden devre kablo bağlantılarının doğru olduğunu kontrol ediniz.
24. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji uygulayınız.
25. 1. anahtarı kapatıp L1 lambasının yandığını gözlemleyiniz.
26. 2. anahtarı kapatıp L1 lambasının yandığını gözlemleyiniz.
27. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Komütatör anahtarda ortak faz klemensinin bulunmasının amacı nedir? Açıklayınız.

.....

.....

2. Komütatör anahtarla aydınlatma devresinin kullanım alanları nerelerdir? Açıklayınız.

.....

.....

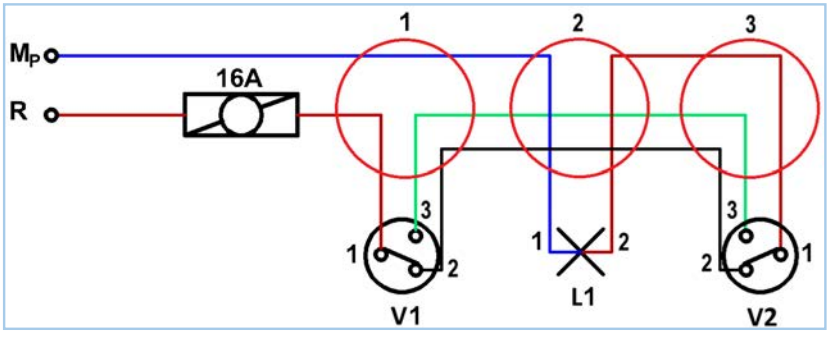
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.8. UYGULAMA

Adı	VAVİYEN ANAHTARLI AYDINLATMA DEVRE UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Vaviyen anahtarlı aydınlatma devresi kurup çalıştırmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak vaviyen anahtarlı aydınlatma devresini plançete veya aydınlatma deney seti üzerine kurunuz. V1 vaviyen anahtarın kapatıldığında L1 lambasının yandığını ve V2 vaviyen anahtarı açıldığında L1 lambasının söndüğünü ya da tam tersi çalışma durumunu kontrol ediniz. Uygulamada kullanılan vaviyen anahtarlı aydınlatma devresinin açık şeması Görsel 6.62'de yer almaktadır. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.62: Vaviyen anahtarlı aydınlatma devresi açık şeması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Sigorta ve rayı	16 A otomatik	1 adet
Anahtar	Vaviyen	2 adet
Lamba	230 V AC LED veya flamanlı	1 adet
Kablo	H07V-U (1,5 mm^2) 4 farklı renkte	İkişer metre
PVC boru	14 inç PVC yangına dayanıklı boru	4 metre
Kasa, buat	Sıva altı norm kasa, sıva altı norm buat	Üçer adet
Duy	Duvar tipi	1 adet
Kroşe	14 antigron (plastik)	10 adet
Ağaç vidası	4 x 20	10 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Elektrik hattında faz olup olmadığını kontrol kalemiyle kontrol ediniz.

3. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.
4. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına 1. buatı vidalayınız.
5. Sigorta rayını plançete üzerine vidalayınız.
6. Sigorta rayının 0,5 metre sağ tarafına 1. buatı vidalayınız.
7. 1. buatın 0,5 metre alt tarafına 1. kasayı vidalayınız.
8. 1. buatın 0,5 metre sağ tarafına 2. buatı vidalayınız.
9. 2. buatın 0,5 metre sağ tarafına 3. buatı vidalayınız.
10. 3. buatın 0,5 metre alt tarafına 2. kasayı vidalayınız.
11. 2. buatın 200 mm altına duyu vidalayınız.
12. Sigorta, buatlar ve kasa arasına uygun ölçülerde 14 PVC boru yerleştiriniz.
13. PVC boruya 150 mm aralıklarla kroşe çakınız.
14. Sigorta rayı üzerine sigortayı yerleştiriniz.
15. Faz hattından sigorta giriş klemensine H07V-U kablo ile hat çekip vidalayınız.
16. Sigorta çıkış klemensinden 1. kasaya H07V-U kablo ile hat çekiniz (Hat önce 1. buat içinden geçirilerek kasaya çekilecek.).
17. Nötr hattından H07V-U kablo ile 2. buatın dışına çıkacak şekilde hat çekiniz (Hat önce 1. buat içinden geçirilip 2. buat dışına çekilecek.).
18. 1. kasadan 2. kasaya kadar H07V-U kablo ile iki adet farklı renkte kabloyla hat çekiniz (Hat önce 1. 2. ve 3. buat içinden geçirilip 2. kasaya çekilecek.).
19. 2. kasadan 2. buatın dışına çıkacak şekilde H07V-U kablo L1 lamba hattını çekiniz (Hat önce 3. buat içinden geçirilip 2. buat dışına çekilecek.).
20. 2. buat dışına çekilen L1 ve nötr hattını duyun klemenslerine bağlayınız.
21. 1. kasada bulunan faz hattını vaviyen anahtarın 1 numaralı klemensine bağlayınız.
22. 1. kasada bulunan diğer kabloları renklerine dikkat ederek 2 ve 3 numaralı klemenslere bağlayınız.
23. 2. kasada bulunan L1 lamba hattını vaviyen anahtarın 1 numaralı klemensine bağlayınız.
24. 2. kasada bulunan diğer kabloları 1. kasadaki kablo renkleriyle aynı olacak şekilde 2 ve 3 numaralı klemenslere bağlayınız.
25. Duya 230 V lambaları takınız.
26. Açık şema üzerinden devre kablo bağlantılarının doğru olduğunu kontrol ediniz.
27. Öğretmeninizin kontrolünde sigortayı kapatarak devreye enerji uygulayınız.
28. V1 anahtarını kapatıp L1 lambasının yandığını gözlemleyiniz (veya tam tersi).
29. V2 anahtarını açıp L1 lambasının söndüğünü gözlemleyiniz (veya tam tersi).
30. Tüm malzemeleri öğretmeninize teslim ediniz ve ortamdaki son kontrolleri yapınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Vaviyen anahtarda ortak faz klemensinin bulunmasının amacı nedir? Açıklayınız.

.....

2. Vaviyen anahtarla aydınlatma devresinin kullanım alanları nerelerdir? Açıklayınız.

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

6.9. UYGULAMA

Adı	FLAMENT DEĞİŞTİRME UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Seyrüsefer lambası flament (ampul) değişimini yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 6.63'te yer alan seyrüsefer lambasının veya farklı model bir seyrüsefer lambasının flament değişimini yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 6.63: Seyrüsefer lambası

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Flament	Uçak modeline uygun seyrüsefer lambası	1 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kontrol kalemi, takım çantası vb.	Yeterince

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına dikkat ederek çalışma ortamını ayarlayınız.
2. Batarya veya devre kesiciyi açınız.
3. Seyrüsefer lambasına uygun olan el aletini hazırlayınız (tornavida, segman pensesi vb. el aletleri).
4. Lamba muhafaza kapağı vidalıysa vidalarını çıkartınız (Kelepçe veya segmanlı modellerde kelepçeyi veya segmanı çıkartınız.).
5. Lamba muhafaza kapağını yerinden sökünüz.
6. Flamenti soketinden çıkarınız.
7. Lamba soketini kontrol ediniz. Sokette paslanma veya deforme varsa soketi de değiştiriniz.
8. Yeni flamenti lamba soketine takınız.
9. Lambanın plastik contası varsa yeni contayı lambanın kasasına yerleştiriniz.
10. Lamba muhafaza kapağını yerine takınız.

11. Lamba muhafaza kapağı vidalıysa vidalarını takınız (Kelepçe veya segmanlı modellerde kelepçeyi veya segmanı takınız.).
12. Batarya veya devre kesiciyi kapatınız.
13. Seyrüsefer ışıklarını açınız.
14. Lambanın çalışma durumunu kontrol ediniz.
15. Bakım defterine lamba değişimi yapıldığını yazınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Flament değişimi öncesi batarya veya devre kesicinin açılmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

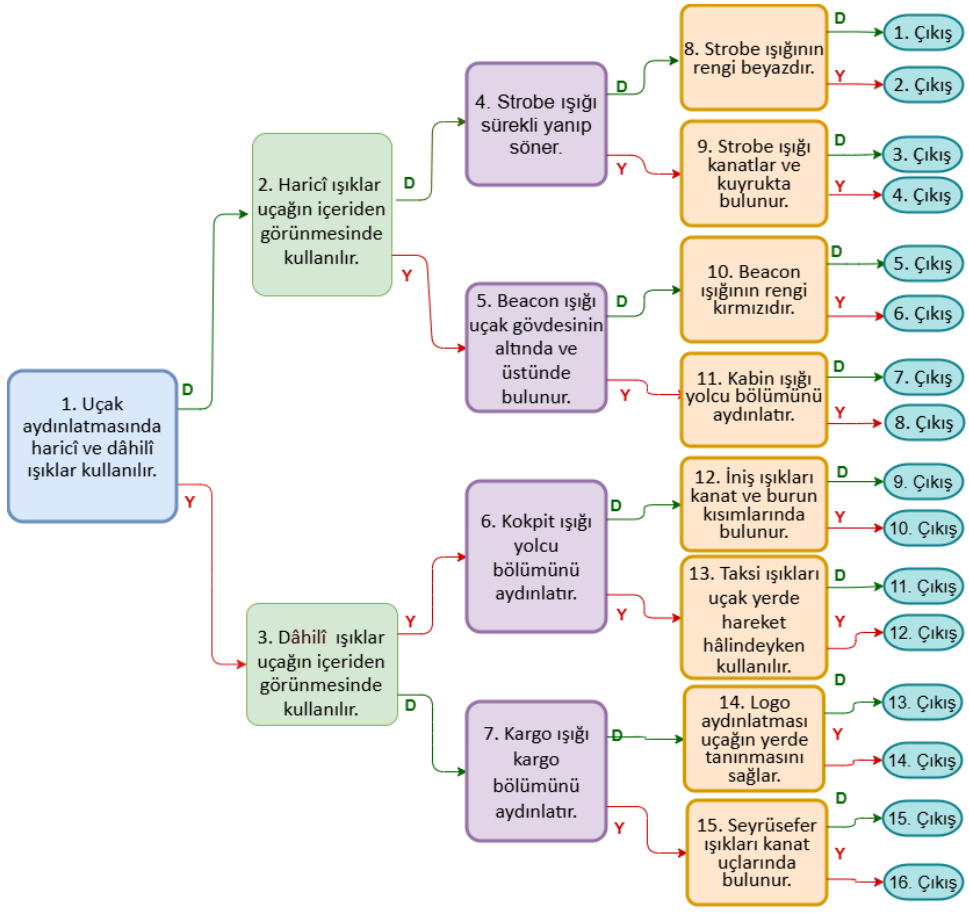
2. Flament değişiminin bakım defterine yazılmasının sebebi nedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

İfadeler	
Zil (1)	Transformatör (7)
Strobe (2)	Beacon (8)
Kokpit (3)	Komütatör (9)
Lamba (4)	Buton (10)
İniş (5)	Logo (11)
Sigorta (6)	Kabin (12)

1. Bir buton bir zil devresinde kullanılan devre elemanları hangileridir?

Cevap: .....

2. Komütatör anahtarlı aydınlatma devresinde kullanılan devre elemanları hangileridir?

Cevap: .....

3. Uçakta çarpışma önleyici olarak kullanılan ışık hangisidir?

Cevap: .....

4. Uçakta kullanılan dâhilî ışıklar hangileridir?

Cevap: .....

5. Uçakta kullanılan haricî ışıklar hangileridir?

Cevap: .....

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıda verilenlerden hangisi zayıf akım devrelerini kurarken kullanılacak elemanlardan biri değildir?

A) Sigorta B) Transformatör C) Ohmmetre

D) Buton E) Zil

7. Aşağıda verilenlerden hangisi bir lambayı iki ayrı yerden kontrol etmek için kullanılan anahtardır?

A) Vaviyen B) Buton C) Komutatör D) Bir kutuplu E) Röle

8. Aşağıda verilenlerden hangisi uçağın bagaj bölümünü ifade eder?

A) Kabin B) Kanat C) Kokpit

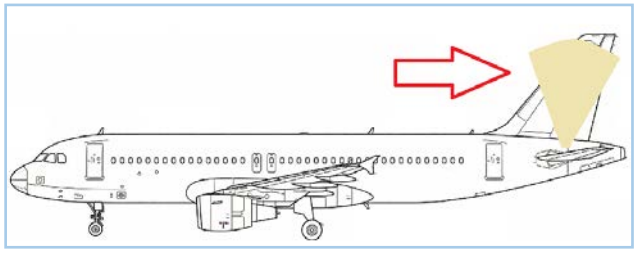
D) Kargo E) Kuyruk

9. Aşağıda verilenlerden hangisi uçağın apron ile pist arasındaki yolu aydınlatmada kullanılan ışıktır?

A) Taksi B) İniş C) Kuyruk

D) Buzlanma E) Beacon

10.



Görselde kırmızı ok ile gösterilen ışığın adı nedir?

A) Beacon B) Taksi C) Logo

D) Seyrüsefer E) Strobe

7. ÖĞRENME BİRİMİ

YARI İLETKENLER



KONULAR

7.1. YARI İLETKEN DEVRE ELEMANLARI

7.2. DİYOT ÇEŞİTLERİ VE KARAKTERİSTİKLERİ

7.3. DİYOTLARIN SAĞLAMLIK KONTROLÜ

7.4. DİYOTLARIN DEVREYE SERİ VE PARALEL BAĞLANTISI

7.5. TRANSİSTÖRLERİN SAĞLAMLIK KONTROLÜ

7.6. TRANSİSTÖRLERİ DEVREYE BAĞLAMA

7.7. ENTEGRE DEVRELER

ANAHTAR KAVRAMLAR

- anahtarlama
- analog entegre
- dijital entegre
- entegre devreler
- eşik gerilimi
- LED diyot
- NPN-PNP transistör
- op-amp (işlemsel yükselteç)
- P ve N yarı iletken
- polarma
- sağlamlık testi
- transistör
- yarı iletken
- zener diyot

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- yarı iletken temel kavramları ve malzeme özelliklerini bilmeniz
- N-P tipi yarı iletken oluşumunu anlamanız
- diyodun yapısını, sembolünü ve temel özelliklerini bilmeniz
- diyotlarda ileri-ters polarmasını ve karakteristiklerini çıkarmanız
- diyot çeşitlerini ve kullanım alanlarını bilmeniz
- diyotlarda sağlamlık kontrolünü ve bağlantı türlerini öğrenmeniz
- transistörlerin yapısını, türlerini ve çalışma prensiplerini anlamanız
- transistörlerde sağlamlık kontrolünü ve devre bağlantılarını yapmanız
- entegre devrelerin yapısını, çeşitlerini ve temel uygulamalarını yapmanız

beklenmektedir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Piller ters takıldığında cihazın zarar görmesini engelleyen "tek yönlü elektrik kapısı" sizce nasıl bir parçadır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**
2. **Bir musluğu hafifçe çevirerek tazyikli suyu kontrol etmek gibi elektrik bağlantısıyla suyun akışını kontrol eden bir "elektronik musluk" olsaydı faydaları neler olabilirdi? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**
3. **Geçmişte büyük boyutlarda üretilen radyo ve müzik çalar gibi cihazların, günümüzde telefon, tablet ve akıllı saat gibi küçük cihazların içine sığabilmesi hangi teknolojik gelişmeler sayesinde mümkün olmuştur? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

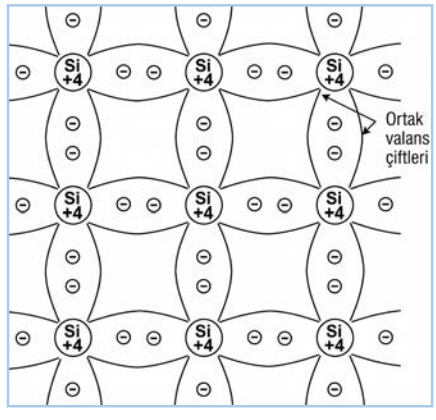
7.1. YARI İLETKEN DEVRE ELEMANLARI

Modern teknoloji çağında kullanılan akıllı telefonlardan elektrikli araçlara, insansız hava araçlarından endüstriyel otomasyon sistemlerine kadar neredeyse her cihazın kalbinde **yarı iletken devre elemanları** yer alır. İletkenlerle yalıtkanlar arasında köprü kuran bu özel maddeler, elektrik akımını sadece taşımakla kalmaz; onu yönlendirir, kontrol eder ve işler.

Elektriksel özellikleri iletkenler ile yalıtkanlar arasında olan maddelere **yarı iletken** denir. Yarı iletkenler normal şartlarda zayıf iletken davranışı gösterirken dış etkenler (ısı, ışık veya katkılama vb.) altında iletkenlikleri artabilir. Elektronik devre elemanlarının üretiminde en yaygın kullanılan yarı iletken maddeler **silisyum (Si)** ve **germanyumdur (Ge)**.

7.1.1. N ve P Tipi Yarı İletken

Yarı iletken maddelerde atomlar, valans elektronlarını komşu atomlarla ortaklaşa kullanarak bağ yapar. Bu bağa **kovalent bağ** denir. Silisyum atomu, çevresindeki dört atom ile dört kovalent bağ oluşturur (Şekil 7.1).



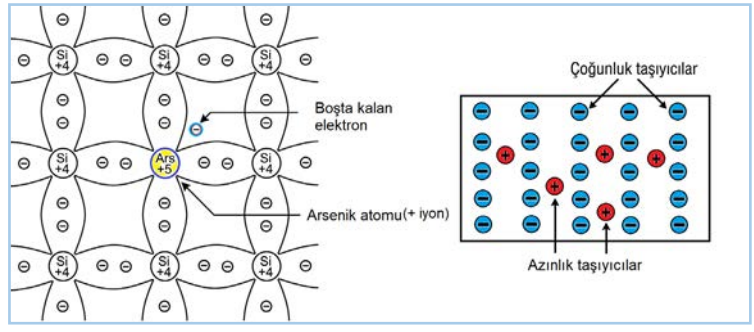
Görsel 7.1: Silisyum atomu kovalent bağ ile kristal yapısı

Bu bağ yapısı nedeniyle yarı iletkenlerde elektronların serbest hâle geçmesi zordur. Elektronların hareket edebilmesi için ısı veya elektriksel etkiyle bu bağların zayıflatılması gerekir. Bu nedenle saf yarı iletkenler normal şartlarda zayıf iletkenlik gösterir. Bu maddelere bazı katkı atomları eklenerek elektriksel özellikleri istenilen şekilde düzenlenir. Bu işleme **katkılama (doping)** denir ve bu yöntemle **N tipi** ve **P tipi** olmak üzere iki farklı yarı iletken elde edilir.

a) N Tipi Yarı İletken

Yarı iletken maddeye, son yörüngesinde beş valans elektronu bulunan atomlar (örneğin arsenik, fosfor vb.) katıldığında N tipi yarı iletken elde edilir. Bu atomların dört elektronu kovalent bağ oluştururken bir elektron serbest kalır.

Serbest kalan bu elektronlar elektrik akımını taşıyan temel yüklerdir. Bu nedenle N tipi yarı iletkende çoğunluk taşıyıcılar, **elektronlar**dır (Görsel 7.2).

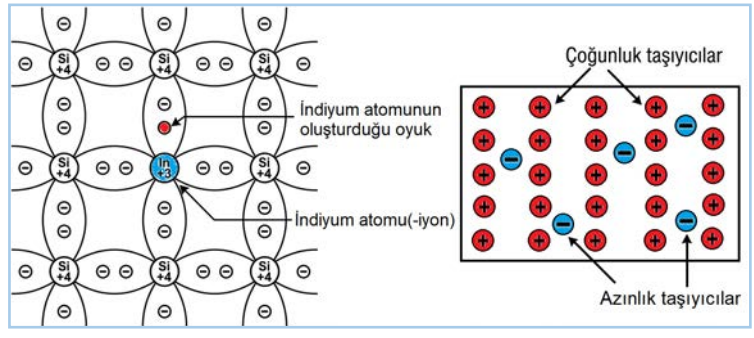


Görsel 7.2: N tipi yarı iletken oluşumu

b) P Tipi Yarı İletken

Yarı iletken maddeye, son yörüngesinde üç valans elektronu bulunan atomlar (örneğin galyum, indiyum vb.) katıldığında P tipi yarı iletken elde edilir. Bu durumda kovalent bağ yapısında bir elektron eksikliği oluşur. Bu eksikliğe **oyuk (hole)** denir.

Oyuklar, pozitif yük taşıyormuş gibi davranır ve elektrik akımının oluşmasına katkı sağlar. Bu nedenle P tipi yarı iletkende çoğunluk taşıyıcılar, **oyuklar**dır (Görsel 7.3).

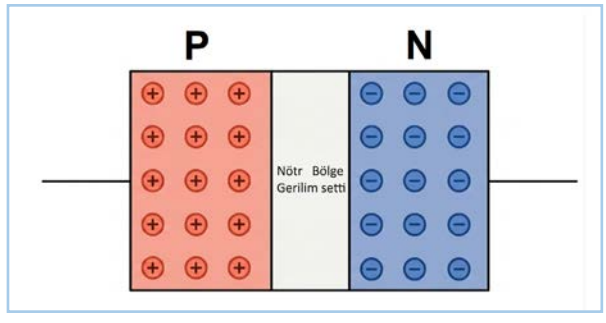


Görsel 7.3: P tipi yarı iletken oluşumu

7.1.2. Yarı İletkende PN Birleşimi

P ve N tipi yarı iletken maddeler, elektriksel özelliklerinden daha verimli yararlanabilmek için birlikte kullanılır. Bu iki yarı iletkenin birleştirilmesiyle **PN birleşimi** oluşur. PN birleşimi, diyot gibi yarı iletken devre elemanlarının temelini oluşturur.

P ve N tipi maddeler bir araya getirildiğinde, N bölgesindeki serbest elektronlar P bölgesine doğru hareket eder. Aynı şekilde P bölgesindeki oyuklar da N bölgesine doğru hareket eder. Bu karşılıklı hareket sonucunda birleşim yüzeyinde elektron ve oyuklar birleşerek nötr hâle gelir (Görsel 7.4).



Görsel 7.4: P ve N tipi yarı iletken maddelerin birleştirilmesi

Bu olay sonucunda birleşim bölgesinde serbest taşıyıcıların bulunmadığı bir alan oluşur. Bu bölgeye **boşaltılmış bölge** denir. Boşaltılmış bölge, akım geçişine karşı bir engel oluşturur ve bu bölgede bir **potansiyel engel (bariyer gerilimi)** meydana gelir. P ve N tipi maddelerde görsellerin anlaşılır olması açısından çoğunluk akım taşıyıcıları gösterilmektedir.

SIRA SİZDE

Aşağıdaki verilen kavramları inceleyiniz. Bu kavramları ait olduğu konu başlıkları ve kategorilerle eşleştirerek ilgili kavramlar bölümüne yazınız.

Kavramlar: Silisyum, germanyum, kovalent bağ, serbest elektron, oyuk, fosfor, arsenik, galyum, indiyum, çoğunluk taşıyıcı, boşaltılmış bölge, potansiyel engel, doping

Kategori Başlığı	İlgili Kavramlar
Saf yarı iletken yapısı	
Katkılama işlemi	
N tipi yarı iletken	
P tipi yarı iletken	
PN birleşimi	

7.2. DİYOT ÇEŞİTLERİ VE KARAKTERİSTİKLERİ

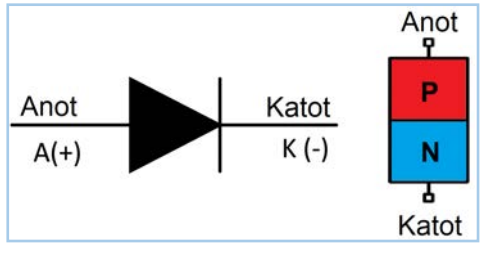
PN birleşimi, yarı iletken devre elemanlarının temelini oluşturur. Bu birleşimin kontrollü bir şekilde kullanılmasıyla elde edilen en temel devre elemanlarından biri **diyot**tur. Diyotlar, elektrik akımını belirli bir yönde iletme özelliğine sahip yarı iletken elemanlardır.

Diyotlar, elektronik devrelerde akımın yönünü kontrol etmek, alternatif akımı doğru akıma çevirmek (doğrultma), gerilimi sabitlemek ve sinyalleri işlemek amacıyla yaygın olarak kullanılır. Farklı kullanım amaçlarına göre çeşitli diyot türleri geliştirilmiştir. Diyotların çalışma davranışı ise uygulanan gerilim ile üzerinden geçen akım arasındaki ilişkiyle belirlenir.

7.2.1. Diyodun Yapısı

Diyotlar, P tipi ve N tipi yarı iletken maddelerin birleştirilmesiyle oluşturulan iki uçlu devre elemanlarıdır. Bu iki yapının birleştiği bölgeye **PN birleşimi** denir (Görsel 7.5). Diyodun iki ucu bulunur:

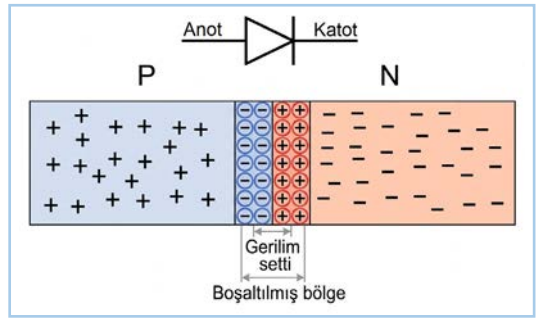
- **Anot (A):** P tipi yarı iletkenin bağlı olduğu uç.
- **Katot (K):** N tipi yarı iletkenin bağlı olduğu uç.



Görsel 7.5: Diyot sembolü ve yapısı

PN birleşimi sonucunda meydana gelen boşaltılmış bölge diyodun akım geçişini ve iletim özelliklerini belirler. Bu bölgede oluşan potansiyel engel sebebiyle dışarıdan bir gerilim uygulanmadıkça diyot üzerinden akım geçmez. Diyotlar, uygulanan gerilimin yönüne bağlı olarak akımı iletir veya engeller.

Diyotlar, akımın yalnızca belirli bir yönde geçmesine izin vererek devrede akım kontrolünü sağlar (Görsel 7.6).



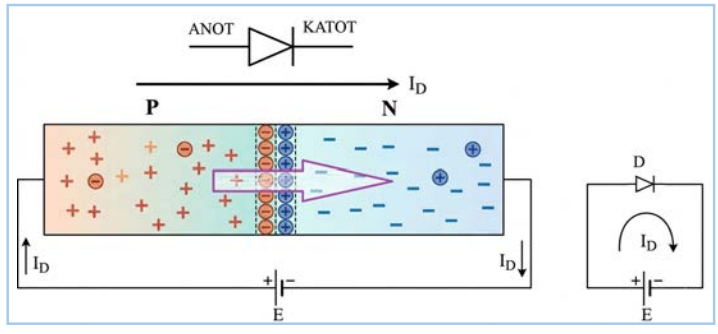
Görsel 7.6: PN birleşimi ve gerilim setti oluşumu

7.2.1.1. Diyotlarda Polarma

Diyodun çalışabilmesi için uçlarına bir gerilim uygulanması gerekir. Diyot uçlarına uygulanan bu gerilime **polarma** denir. Polarma, diyodun akım geçirip geçirmeyeceğini belirleyen en önemli etkendir. Diyotlarda polarma iki şekilde yapılır:

İleri Polarma (Doğru Polarma): Diyodun anot ucuna pozitif (+), katot ucuna negatif (–) gerilim uygulandığında oluşur. Bu durumda PN birleşimindeki boşaltılmış bölge daralır (Görsel 7.7).

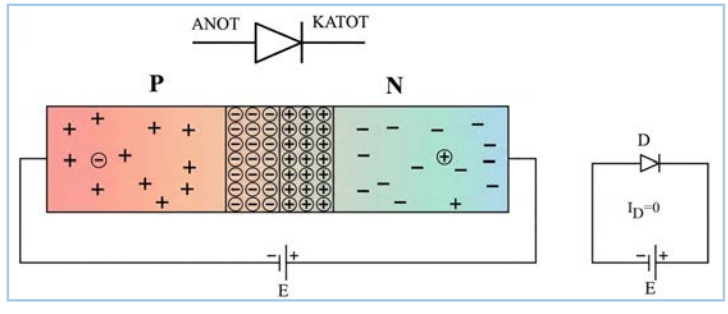
Uygulanan gerilim belirli bir değeri aştığında diyot iletime geçer ve üzerinden akım akmaya başlar. Bu gerilim değerine **eşik gerilimi** denir. Silisyum diyotlarda bu değer yaklaşık 0,7 V, germanyum diyotlarda ise yaklaşık 0,3 V civarındadır.



Görsel 7.7: Diyotta doğru polarma

Ters Polarma (Ters Besleme): Diyodun anot ucuna negatif (–), katot ucuna pozitif (+) gerilim uygulandığında oluşur. Bu durumda boşaltılmış bölge genişler ve diyot akım geçişine izin vermez. Ancak çok küçük bir akım oluşabilir. Bu akıma **sızıntı akımı** denir ve değeri mikroamperler seviyesindedir (Görsel 7.8).

Ters polarmada uygulanan gerilim belirli bir değeri aşarsa diyot zarar görebilir. Bu değere **kırılma gerilimi** denir.



Görsel 7.8: Diyotta ters polarma

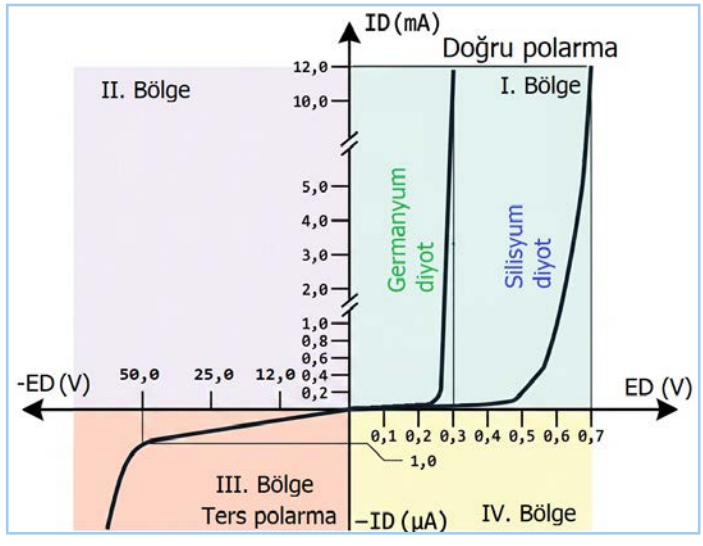
7.2.1.2. Diyot Karakteristikleri

Diyodun uçlarına uygulanan gerilim ile üzerinden geçen akım arasındaki ilişki, **diyot karakteristiği** olarak adlandırılır. Bu ilişki genellikle akım-gerilim (I-V) grafiğiyle ifade edilir. Diyot karakteristiği, ileri ve ters polarma durumlarına göre iki bölgede incelenir (Görsel 7.9).

İleri Polarma Bölgesi: İleri polarmada, uygulanan gerilim arttıkça başlangıçta diyot üzerinden çok küçük bir akım geçer. Gerilim belirli bir değere ulaştığında diyot iletime geçer ve akım hızla artmaya başlar. Bu gerilim değerine **eşik gerilimi** denir. Bu eşik gerilim değeri:

- Silisyum diyotlar için yaklaşık 0,7 V
- Germanyum diyotlar için yaklaşık 0,3 V'tur.

Eşik gerilimi aşıldıktan sonra diyot düşük direnç gösterir ve akımı iletir.



Görsel 7.9: Diyot karakteristik grafiği

Ters Polarma Bölgesi: Ters polarmada diyot üzerinden normalde akım geçmez ancak çok küçük bir akım oluşur. Bu akım, **azınlık taşıyıcıların** hareketi sonucu meydana gelir ve **sızıntı akımı** olarak adlandırılır.

Ters yönde uygulanan gerilim artırıldığında, belirli bir değerden sonra diyot ani olarak iletime geçer. Bu noktaya **kırılma gerilimi** denir. Bu gerilim değeri diyot özelliklerine göre değişiklik gösterir. Örneğin 1N4001 diyodunun kırılma gerilimi 50 V iken 1N4007 diyodunun kırılma gerilimi 1000 V'tur. Kırılma gerilimi diyodun delinmesine neden olacak gerilim değeridir. Ters gerilim, kırılma değerine kadar arttırılırsa diyot delinecek ve çığ akımı denen ters yönde büyük bir akım geçişi olacaktır. O anda diyot kullanılamaz hâle gelir ancak bazı özel diyotlar ters kırılma gerilimi aşılsa bile bozulmaz (örneğin zener diyotlar) ve bu özelliği kullanılacak şekilde üretilir.

Diyot karakteristiği incelendiğinde karşılaşılan durumlar şunlardır:

- İleri polarmada belirli bir eşik geriliminden sonra akım hızla artar.
- Ters polarmada ise çok çok küçük bir akım vardır ve diyot büyük direnç gösterir.

7.2.2. Diyotların Çeşitleri

Diyotlar, kullanım amaçlarına ve çalışma özelliklerine göre farklı türlerde üretilir. Temel yapıları aynı olmakla birlikte, her diyot türü belirli bir görevi yerine getirecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle bazı diyotlar doğrultma işlemlerinde kullanılırken bazıları gerilim sabitleme, ışık üretme, algılama veya yüksek frekanslı uygulamalarda tercih edilir.

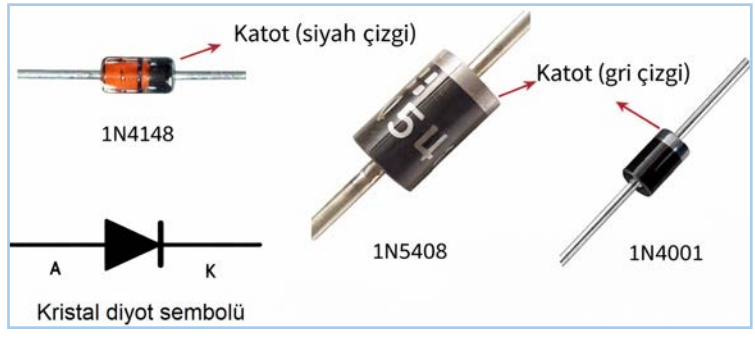
a) Kristal Diyot

Kristal diyotlar, P ve N tipi yarı iletken maddelerin birleştirilmesiyle elde edilen ve en yaygın kullanılan diyot türüdür. Genellikle silisyum veya germanyum malzemeden üretilir. Temel yapıları PN birleşimine dayanır ve elektrik akımını yalnızca tek yönde iletme özelliğine sahiptir.

Kristal diyotlar, en çok **doğrultma işlemlerinde** kullanılır. Alternatif akımı (AC), doğru akıma (DC) dönüştürmek amacıyla güç kaynaklarında yaygın olarak tercih edilir. Bunun yanında devrelerde akım yönünü kontrol etmek ve koruma sağlamak amacıyla da kullanılır.

Silisyum kristal diyotlar, daha yüksek sıcaklık ve gerilim dayanımına sahip oldukları için daha yaygın kullanılır. Germanyum diyotlar ise daha düşük eşik gerilimine sahip olmaları nedeniyle bazı hassas devrelerde tercih edilir.

Kristal diyotlar, basit yapıları ve güvenilir çalışmaları sayesinde elektronik devrelerin temel elemanlarından biri olarak kabul edilir. Kristal diyotlarda katotları gösteren gri veya siyah çizgi kullanılır. Kristal diyotlar elektronik devrelerde **D** harfiyle gösterilir (Görsel 7.10).



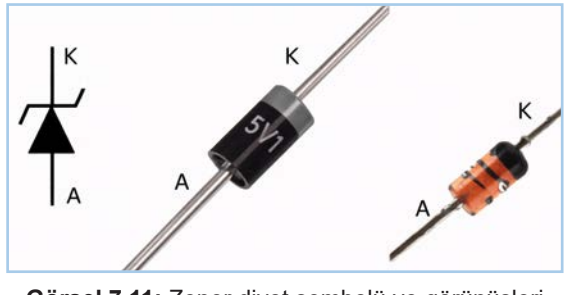
Görsel 7.10: Kristal diyot sembolü ve görünüşleri

b) Zener Diyot

Zener diyotlar, ters polarma altında belirli bir gerilim değerinde çalışacak şekilde özel olarak üretilmiş diyotlardır. Normal diyotlar ters gerilim altında zarar görebilirken zener diyotlar bu bölgede güvenli bir şekilde çalışabilir.

Zener diyotların en önemli özelliği, ters polarmada belirli bir gerilim değerine ulaşıldığında iletime geçmesidir. Bu gerilim değerine **zener gerilimi** denir. Zener diyot, bu gerilim değerini sabit tutarak devrede gerilim değişimlerini dengeler. Bu özellikleri sayesinde zener diyotlar en çok **gerilim sabitleme (regülasyon)** amacıyla kullanılır. Güç kaynaklarında, hassas elektronik devrelerin korunmasında ve referans gerilimi elde edilmesinde önemli bir görev üstlenir.

Zener diyotların bir diğer önemli özelliği **güç değerleri**dir. Her zener diyot belirli bir maksimum güç değeri için üretilir. Bu güç değeri, diyodun zarar görmeden çalışabileceği sınırı ifade eder. Yaygın olarak piyasada **0,25 W**, **0,5 W**, **1 W**, **5 W** gibi farklı güç değerlerine sahip zener diyotlar bulunur. Güç değeri arttıkça diyodun fiziksel boyutu da genellikle büyür (Görsel 7.11).



Görsel 7.11: Zener diyot sembolü ve görünüşleri

Uygulamada zenerler çoğunlukla çalışma voltajlarıyla adlandırılır (3,3 V zener, 5,1 V zener, 9,1 V zener, 12 V zener vb.). Model numaraları ile adlandırılanlar için mutlaka diyodun bilgi sayfalarından özelliklerine bakılmalıdır (örneğin 1N4733A = 5.1 V / 1W, 1N4742A = 12 V / 1 W).

Zener diyodun anoduna artı (+), katoduna eksi (-) gerilim uygulanırsa normal diyot gibi çalışır.

c) LED Diyot

LED diyot; doğru kutuplama altında çalıştırıldığı zaman ışık yayan, diğer bir deyişle elektriksel enerjiyi ışık enerjisi hâline dönüştüren özel katkı maddeli diyottur. İngilizce Light Emitting Diode [Layt Emiting Dayod (Işık Yayan Diyot)] kelimelerinin kısaltılması ile **LED** ismi verilmiştir. Standart LED diyotlarda da normal diyotlarda olduğu gibi anot ve katot olmak üzere iki uç bulunur. Uzun olan diyot ucu anot, kısa olan katottur. LED diyotlar ön direnç bağlanarak elektronik devrelerde kullanılır (Görsel 7.12).



Görsel 7.12: LED diyot sembolü ve görünüşleri

LED'ler **akım kontrollü elemanlar**dır. Direkt bağlanırsa fazla akım çekerek yanabilir. Bu yüzden seri bir direnç kullanılır. Bu direnci hesaplarken $R = V_{kaynak} - V_{LED} / I_{LED}$ formülü kullanılır. LED'lerin ileri yön gerilimleri, kullanılan yarı iletken malzemeye ve renk dalga boyuna bağlıdır. Tablo 7.1'de en yaygın LED renklerine göre yaklaşık ileri yön gerilim değerleri yer almaktadır.

Tablo 7.1: LED Diyot Çalışma Gerilimleri

Renk	Ortalama Gerilim
Kırmızı	1,8-2,2 V
Sarı	2,0-2,4 V
Yeşil	2,0-3,0 V
Mavi / Beyaz	3,0-3,6 V

1. ÖRNEK

5 V bir kaynak ile 2 V gerilime ve 20 mA (0,02A) akıma sahip kırmızı bir LED için bağlanacak seri direnç değeri nedir?

ÇÖZÜM

Direnç hesabında yandaki formül kullanılır: $R = (V_{kaynak} - V_{LED}) / I_{LED}$

Formülde değerler yerine yazıldığında R = 5 V - 2 V / 0,02 A R = 150 Ω olarak bulunur.

SIRA SİZDE

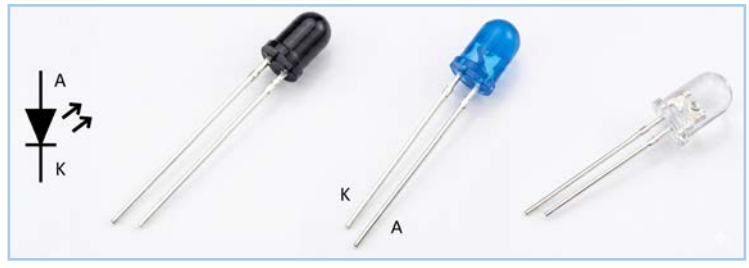
9 V pil ile iki adet 30 mA akım ve 3 V gerilim değerine sahip mavi LED seri bağlanarak çalıştırılmak istenmektedir. Bağlanacak seri direnci hesaplayarak aşağıda verilen boşluğa yazınız.

……

……

ç) IR LED Diyot (Infrared Diyot)

Infrared LED, LED diyodun birleşim yüzeyine galyum arsenit maddesinin katılmamış hâlidir. Infrared diyot doğru kutuplama altında çalıştırıldığı zaman görünmez (morötesi, kızılötesi) ışık yayar. Sembolü LED diyotla aynıdır (Görsel 7.13).



Görsel 7.13: IR LED diyot sembolü ve görünüşleri

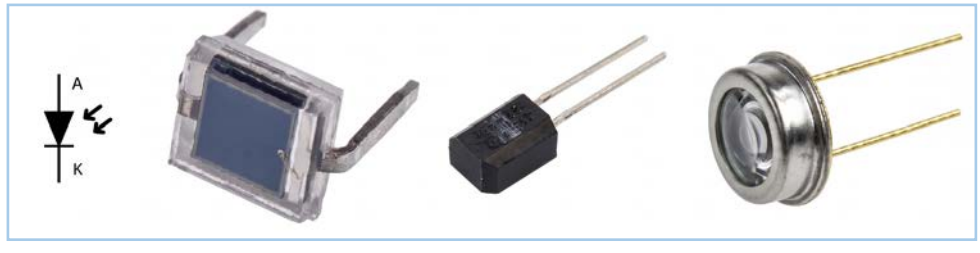
IR LED diyotlarda da normal diyotlarda olduğu gibi anot ve katot olmak üzere iki uç bulunur. Uzun olan diyot uç anot, kısa olan katottur. Infrared LED diyotlar, ön direnç bağlanarak elektronik devrelerde kullanılır. Bu diyotlar en çok **uzaktan kumanda sistemlerinde** kullanılır. Televizyon, klima vb. cihazların kumandalarından gönderilen sinyaller IR LED aracılığıyla iletilir. Ayrıca **sensör sistemleri**, **güvenlik cihazları**, **hareket algılama sistemleri** ve **endüstriyel otomasyon uygulamalarında** da yaygın olarak kullanılır.

d) Foto Diyot

Foto diyotlar, üzerine düşen ışığa bağlı olarak elektriksel özellikleri değişen yarı iletken diyotlardır. Bu diyotlar, ışık enerjisini elektrik sinyaline dönüştürerek çalışan **ışık algılayıcı** elemanlardır.

Foto diyotlar genellikle **ters polarma** altında çalıştırılır. Üzerine ışık düştüğünde yarı iletken yapıda serbest elektron-oyuk çiftleri oluşur ve bu durum diyot üzerinden geçen akımın artmasına neden olur. Işık şiddeti arttıkça oluşan akım da artar. Bu nedenle foto diyotlar ışık şiddetini algılamak için kullanılır.

Foto diyotlar; **ışık sensörleri**, **uzaktan kumanda alıcıları**, **optik haberleşme sistemleri**, **güvenlik** ve **otomasyon sistemleri** gibi birçok alanda kullanılır. Ayrıca sayıcı sistemler ve ışığa duyarlı kontrol devrelerinde de önemli bir yere sahiptir. Hızlı tepki süreleri ve hassas algılama özellikleri sayesinde foto diyotlar, modern elektronik sistemlerde yaygın olarak tercih edilen algılayıcı elemanlardır (Görsel 7.14).



Görsel 7.14: Foto diyot sembolü ve görünüşleri

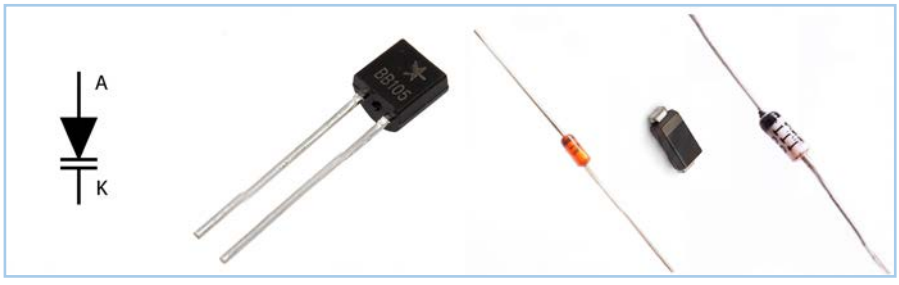
e) Varikap Diyot

Varikap diyotlar, ters polarma altında çalıştırıldığında **kapasitans (sığa) değeri değişen** özel diyotlardır. Bu nedenle **değişken kapasitör** gibi davranır ve "varaktör diyot" olarak da adlandırılır (Görsel 7.15).

Varikap diyotlarda PN birleşimindeki boşaltılmış bölgenin genişliği, uygulanan ters gerilime bağlı olarak değişir. Ters gerilim arttıkça boşaltılmış bölge genişler ve diyodun kapasitansı azalır. Ters gerilim azaldıkça kapasitans artar. Bu özellik sayesinde kapasitans değeri gerilimle kontrol edilebilir.

Varikap diyotlar en çok **frekans ayarlama (tuning)** işlemlerinde kullanılır. Özellikle radyo, televizyon alıcıları ve haberleşme devrelerinde frekans ayarı yapmak amacıyla tercih edilir. Ayrıca **osilatör devreleri**, **faz kilitlemeli döngüler (PLL)** ve **RF uygulamalarında** yaygın olarak kullanılır.

Küçük boyutları, mekanik parça içermemeleri ve hassas ayar imkânı sağlamaları nedeniyle elektronik devrelerde önemli bir yere sahiptir.



Görsel 7.15: Varikap diyot sembolü ve görünüşleri

f) Tünel Diyot

Tünel diyotlar, çok yüksek oranda katkılanmış PN birleşimine sahip özel diyotlardır. Bu yapıları sayesinde klasik diyotlardan farklı olarak çok hızlı çalışabilir ve düşük gerilimlerde iletime geçebilir.

Tünel diyotların en önemli özelliği, akım-gerilim karakteristiğinde **negatif direnç bölgesi** bulunmasıdır. Bu bölgede gerilim artarken akımın azalması söz konusudur. Bu özellik, kuantum mekaniğinde açıklanan **tünelleme (tunneling)** etkisinden kaynaklanır. Elektronlar, normalde aşamayacakları enerji engelini "tünelleyerek" geçebilir.

Tünel diyotlar genellikle çok düşük gerilimlerde çalışır ve çok hızlı tepki verir. Bu nedenle özellikle **yüksek frekanslı devrelerde**, **osilatörlerde**, **mikrodalga uygulamalarında** ve bazı özel anahtarlama devrelerinde kullanılır (Görsel 7.16).

Ancak kullanım alanları diğer diyot türlerine göre daha sınırlıdır. Bunun nedeni, üretimlerinin zor olması ve hassas çalışma koşulları gerektirmeleridir.



Görsel 7.16: Tünel diyot sembolü ve görünüşleri

g) Schottky Diyot

Schottky (şotki) diyotlar, klasik PN birleşimi yerine **metal-yarı iletken birleşimi** ile oluşturulan özel diyotlardır. Bu yapıları sayesinde diğer diyotlara göre farklı elektriksel özellikler gösterir.

Schottky diyotların en önemli özelliği, **düşük eşik gerilimine** sahip olmalarıdır. Genellikle **0,2-0,3 V** seviyesinde iletime geçer. Ayrıca çok hızlı anahtarlama yapabilir ve geri toparlanma (yalıtkan olma) süreleri oldukça kısadır. Bu özellikleri sayesinde **yüksek frekanslı devrelerde**, **anahtarlamalı güç kaynaklarında**, **dijital devrelerde** ve **hızlı doğrultma işlemlerinde** yaygın olarak kullanılır. Ancak ters polarma altında diğer diyotlara göre daha fazla sızıntı akımı oluşturur ve dayanabilecekleri ters gerilim değerleri genellikle daha düşüktür. Buna rağmen hızlı ve verimli çalışmaları nedeniyle elektronik devrelerde önemli bir yere sahiptir (Görsel 7.17).



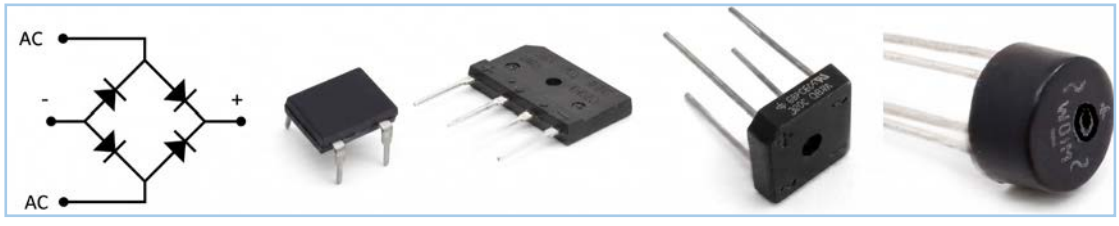
Görsel 7.17: Schottky diyot sembolü ve görünüşleri

ğ) Köprü Diyot

Köprü diyot, dört adet diyodun uygun şekilde bağlanmasıyla elde edilen ve **alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC) çeviren** devre elemanıdır. Köprü diyotlar **tam dalga doğrultma** yapar. Bir başka ifadeyle AC gerilimin her iki yönünde de yük üzerinden akımın **aynı yönde geçmesini** sağlar. Bu sayede yarım dalga doğrultmaya göre daha **verimli** ve **düzgün** bir doğru akım elde edilir.

Köprü diyotlar genellikle **tek bir kılıf içinde dört diyot** olarak üretilir. Bu yapı devre kurulumunu kolaylaştırır. Köprü diyot **dört bacaklıdır**. İki bacağı **AC giriş**, diğer iki bacağı ise **DC çıkış**tır.

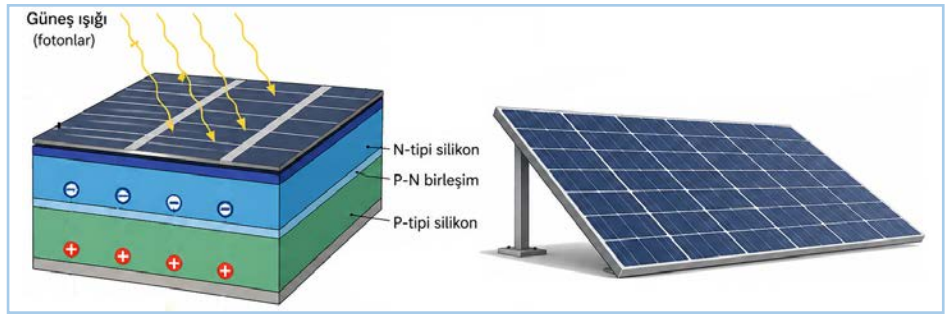
En çok **güç kaynaklarında**, **adaptörlerde** ve **besleme devrelerinde** kullanılır (Görsel 7.18).



Görsel 7.18: Köprü diyot sembolü ve görünüşleri

MERAKLISINA **Yarı İletken Güneş Paneli Hücreleri**

Güneş panelleri, **yarı iletken** malzemeler kullanılarak üretilen ve ışık enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Bu dönüşüm, **fotovoltaik etki** adı verilen fiziksel bir olay sayesinde gerçekleşir (Görsel 7.19).



Görsel 7.19: Yarı iletken güneş paneli ve yapısı

Güneş hücrelerinin temelinde genellikle **silisyum (Si)** bulunur. Silisyum, **P tipi** ve **N tipi** olmak üzere iki farklı şekilde katkılanarak (doping) bir **PN birleşimi** oluşturur. Güneş ışığı hücre üzerine düştüğünde fotonlar yarı iletken içindeki elektronlara enerji verir ve bu elektronlar serbest hâle geçer. PN birleşimi sayesinde elektronlar belirli bir yönde hareket ederek **elektrik akımı** oluşturur.

Bu sistem aslında bir bakıma **transistör** ve **diyotların çalışma prensibine benzer.** Çünkü hepsinde temel yapı **yarı iletken PN birleşimi**dir ancak güneş hücrelerinde amaç akımı kontrol etmek değil **ışığı elektriğe dönüştürmek**tir.

Günümüzde kullanılan başlıca güneş hücresi türleri şunlardır:

- **Monokristal Silisyum Hücreler:** Yüksek verimli, daha yüksek maliyetli
- **Polikristal Silisyum Hücreler:** Orta verimli, daha ekonomik
- **İnce Film Hücreler:** Esnek yapı, düşük maliyet

Güneş panelleri, fosil yakıt kullanımını azaltarak **yeşil dönüşüm** ve sürdürülebilir enerji üretimi açısından temel ürünlerden biridir.

SIRA SİZDE

Aşağıdaki ifadelerin karşısına ilgili diyot çeşidini yazınız.

Diyot Özelliği	Diyot Çeşidi
Ters polarma altında belirli bir gerilim değerinde iletime geçerek gerilim sabitleme amacıyla kullanılan diyottur.	
Doğru polarma altında çalıştırıldığında ışık yayan diyottur.	
Görünmez kızılötesi ışık yayarak uzaktan kumanda ve sensör sistemlerinde kullanılır.	
Üzerine düşen ışığa bağlı olarak elektriksel özellikleri değişen ve ışık algılamada kullanılan diyottur.	
Ters polarma altında kapasitans değeri değişen ve frekans ayarlama devrelerinde kullanılan diyottur.	
Düşük eşik gerilimine sahip, hızlı anahtarlama yapabilen metal-yarı iletken birleşimli diyottur.	

7.3. DİYOTLARIN SAĞLAMLIK KONTROLÜ

Diyotların anot ve katot uçlarından dijital veya analog multimetre (avometre) kullanılarak ölçümler yapılır. Bu ölçümlerle anot-katot arası kısa devre, anot-katot arası açık devre veya anot-katot arası direnç gösterme durumlarına göre sağlamlık testi kontrolleri yapılabilir.

7.3.1. Kristal Diyotun Sağlamlık Testinin Yapılması

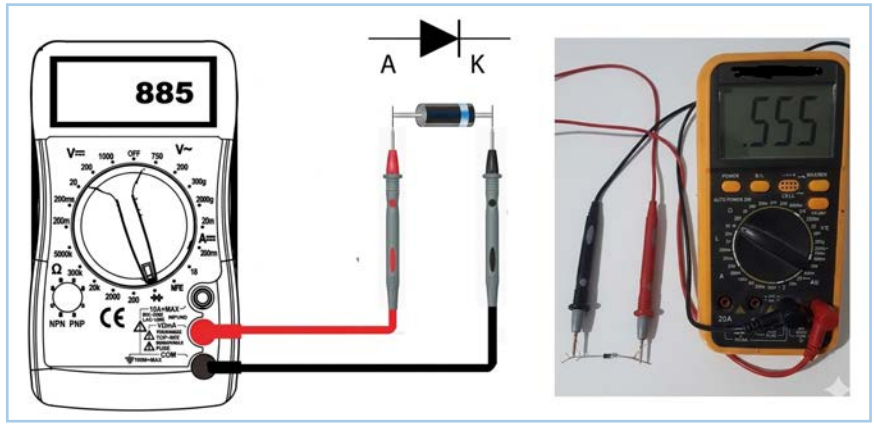
Diyotların sağlamlık kontrolü, cihazın türüne (dijital veya analog) göre farklılık gösterir. Temel prensip, diyodun tek yönde akım geçirip geçirmediğini doğrulamaktır.

7.3.1.1. Dijital Avometre ile Ölçüm

Dijital avometre ile diyotların sağlamlık kontrolü yapılırken ölçü aletinin uçlarına dikkat edilmelidir. Ölçü aletinde kırmızı prob (+), siyah prob (–) ucu temsil eder. Kırmızı prob **VΩmA**, siyah prob ise **COM** girişine takılır.

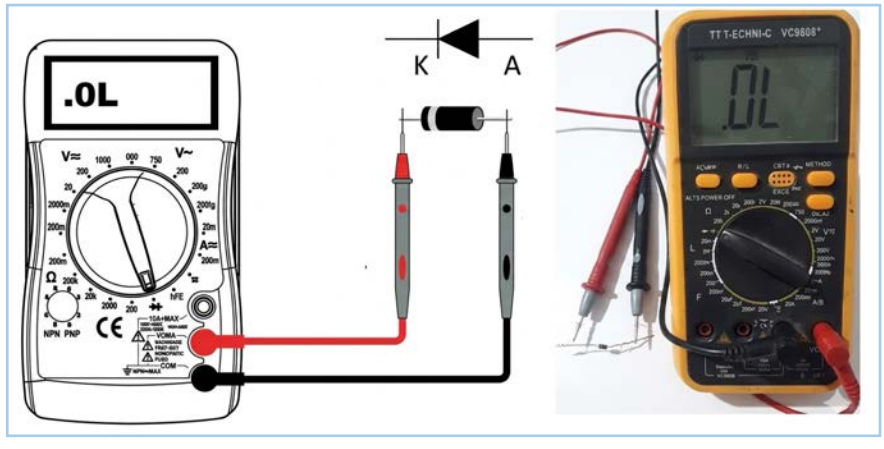
Öncelikle ölçü aletinin seçici anahtarı **diyot test kademesine** alınır.

Diyodun **anot ucu kırmızı proba, katot ucu siyah proba** bağlandığında diyot doğru polarma yapılmış olur. Bu durumda ölçü aletinin ekranında yaklaşık **0,5-0,8 V** (silisyum diyotlar için milivolt cinsinden eşik gerilimi) arasında bir değer görülür (Görsel 7.20).



Görsel 7.20: Dijital avometre ile kristal diyodun doğru polarmada ölçümü

Diyot uçları ters çevrildiğinde diyot ters polarma yapılmış olur. Bu durumda ölçü aletinin ekranında "**OL**" [Open Line (opın layn)-açık devre], "**1---**" veya benzeri bir ifade görülür (Görsel 7.21). Bu iki ölçüm sonucuna göre diyodun yalnızca tek yönde iletim yaptığı anlaşılır ve diyodun **sağlam olduğu** kabul edilir. Her iki yönde de **değer** gösteriyorsa veya buzzer'dan (bazır'dan) ses geliyorsa diyot kısa devre olmuştur. Her iki yönde de "**1 / OL**" gösteriyorsa diyot açık devre (kopuk) olmuştur ve bozuktur.



Görsel 7.21: Avometre ile kristal diyodun ters polarmada ölçümü

7.3.2. Zener Diyodun Sağlamlık Testinin Yapılması

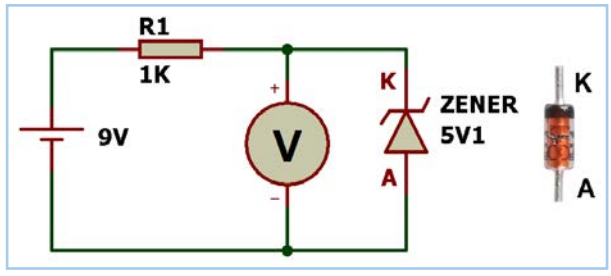
Zener diyotların sağlamlık kontrolü, kristal diyotlara benzer şekilde **avometre** kullanılarak yapılır. Ancak zener diyotların temel çalışma özelliği ters polarmada ortaya çıktığı için ölçüm sonuçları bu özellik dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Dijital avometre diyot test kademesine alınır. Diyodun **anot ucu kırmızı proba, katot ucu siyah proba** bağlandığında diyot **doğru polarma** altında olur ve ölçü aletinin ekranında yaklaşık **0,6-0,7 V** civarında bir değer görülür.

Diyot uçları ters çevrildiğinde diyot **ters polarma** altında olur ve ölçü aletinin ekranında "**OL**" (**açık devre**) veya benzeri bir ifade görülür.

Bu ölçüm sonuçları elde ediliyorsa zener diyodun PN birleşimi sağlam kabul edilir. Her iki yönde iletim görülmesi veya her iki yönde iletim görülmemesi durumunda zener diyot **arızalı**dır.

Zener diyodun **zener gerilimi** değeri, avometre ile doğrudan ölçülemez. Bu değerin kontrol edilebilmesi için diyodun uygun bir devrede ters polarma altında çalıştırılması gerekir. Bunun için zener diyodun çalışma geriliminin üzerindeki bir gerilim, seri direnç yardımıyla zener diyoda uygulanır. Zener diyodun katodunun +V gerilimine bağlanacağı unutulmamalıdır. Zener diyot üzerinde yazılı gerilim değeri voltmetreden ölçülebiliyorsa zener diyot sağlamdır. Görsel 7.22'deki devrede zener diyot üzerinde 5,1 V gerilim ölçülüyorsa diyot sağlamdır.



Görsel 7.22: Zener diyot sağlamlık kontrol devresi

2. ÖRNEK

Bir devrede 12 V besleme gerilimi ile **5,1 V zener diyot** kullanılarak sabit gerilim elde edilmek istenmektedir. Zener diyodun güvenli çalışması için üzerinden yaklaşık **20 mA** akım geçmesi istenmektedir. Bu devrede kullanılacak **seri direnç değerini** hesaplayınız.

ÇÖZÜM

Seri direnç, besleme gerilimi ile zener gerilimi arasındaki farkı üzerinde düşürür. Bu nedenle önce direnç üzerinde düşecek gerilim bulunur.

Verilenler

Besleme gerilimi: **12 V**

Zener gerilimi: **5,1 V**

Zener akımı: **20 mA = 0,02 A**

Direnç üzerinde düşen gerilim

$$V_R = V_{besleme} - V_Z$$

$$V_R = 12 - 5,1 = 6,9\ V$$

Seri direnç değeri Ohm Kanunu ile bulunur.

$$R = V_R / I_Z$$

$$R = 6,9 / 0,02 = 345\ \Omega$$

Standart direnç değeri olarak **330 Ω** veya **360 Ω** seçilebilir. Daha güvenli çalışma için akımı biraz azaltacağından **360 Ω** tercih edilebilir.

SIRA SİZDE

Bir devrede **15 V** besleme gerilimi ile **6,2 V zener diyot** kullanılarak sabit gerilim elde edilmek istenmektedir. Zener diyodun üzerinden yaklaşık **25 mA** akım geçmesi isteniyor. Buna göre devrede kullanılacak **seri direnç değerini** hesaplayarak aşağıdaki boşluğa yazınız.

.....

.....

7.3.3. LED Diyodun Sağlamlık Testinin Yapılması

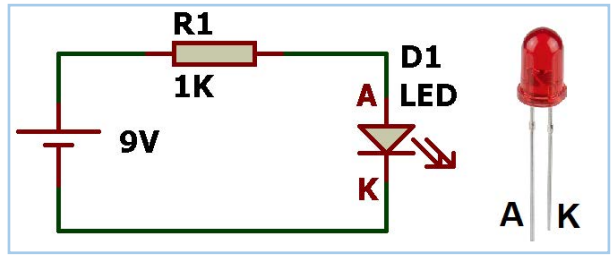
LED diyodun sağlamlık kontrolü yapılırken uygulanan yöntem kristal diyottaki ölçümlerin yapılmasıyla aynıdır. Bir başka ifadeyle avometrenin probları LED diyodun iki bacağına temas ettirilerek LED diyodun ışık verip vermediği gözlenir. LED diyot ışık veriyorsa sağlamdır. LED diyot ışık vermiyorsa problar yer değiştirilerek LED diyodun bacaklarına temas ettirilip tekrar ışık verip vermediği gözlenir. LED diyot ışık veriyorsa sağlamdır. Her iki durumda da LED diyot ışık vermiyorsa bozuktur (Görsel 7.23).



Görsel 7.23: LED diyodun avometre ile sağlamlık kontrolü

LED diyotlar, diğer diyotlara göre daha yüksek eşik gerilimine sahiptir. Bu nedenle bazı ölçü aletlerinde LED'in ışık vermesi gözlemlenmeyebilir. Bu durumda ölçü aletinde görülen değer dikkate alınarak değerlendirme yapılır. Her iki yönde de iletim görülmesi veya her iki yönde de iletim görülmemesi durumunda LED diyot **arızalıdır**.

İkinci yöntem ise LED diyodu, bir gerilim kaynağına seri direnç yardımıyla bağlamaktır. LED diyot doğru kutuplamada ışık veriyorsa sağlamdır. Gerilim kaynağı 5 V ise direnci 470 ohm, gerilim kaynağı 9 V ise direnci 1K ohm bağlamak uygundur (Görsel 7.24).



Görsel 7.24: LED diyodun sağlamlık kontrol devresi

DİKKAT

342. sayfadaki 7.1. ve 344. sayfadaki 7.2. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

7.4. DİYOTLARIN DEVREYE SERİ VE PARALEL BAĞLANTISI

Diyotlar, elektronik devrelerde akımın yönünü kontrol etmek amacıyla kullanılan yarı iletken devre elemanlarıdır. Tek başına kullanılabildikleri gibi farklı uygulamalarda istenen elektriksel özellikleri elde etmek amacıyla **seri** veya **paralel** olarak bağlanabilir. Bu bağlantı türleri gerilim dayanımı, akım kapasitesi ve devre davranışı üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu nedenle elektronik devre tasarımlarında dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri de diyotların devredeki çalışma mantığına uygun ve doğru yönde bağlanmasıdır.

Diyotların bağlantı yönü, türlerine göre farklılık gösterebilir. Kristal diyot, LED diyot, Schottky diyot ve tünel diyot gibi elemanlar genellikle anot ucuna pozitif (+) gerilim uygulanacak şekilde bağlanır. Zener diyot, foto diyot ve varikap diyot gibi elemanlar çoğunlukla anot ucuna negatif (−) gerilim gelecek şekilde (ters polarmada) çalıştırılır. Köprü diyotlarda ise alternatif gerilim (AC), üzerinde belirtilen giriş uçlarına uygulanmalıdır. Bununla birlikte, bazı uygulamalarda koruma amacıyla kullanılan kristal diyotlar devreye ters bağlanarak da kullanılabilir.

Elektronik kartlar üzerinde devre elemanlarının bağlantı yönleri genellikle baskı devre (PCB) üzerine işaretlenmiştir. Bu nedenle arızalı bir diyot değiştirilirken kart üzerindeki yön işaretlerine dikkat edilmesi büyük önem taşır. Yanlış bağlantı, devrenin çalışmamasına veya devre elemanlarının zarar görmesine neden olabilir (Görsel 7.25).



Görsel 7.25: Çeşitli diyot tipleri

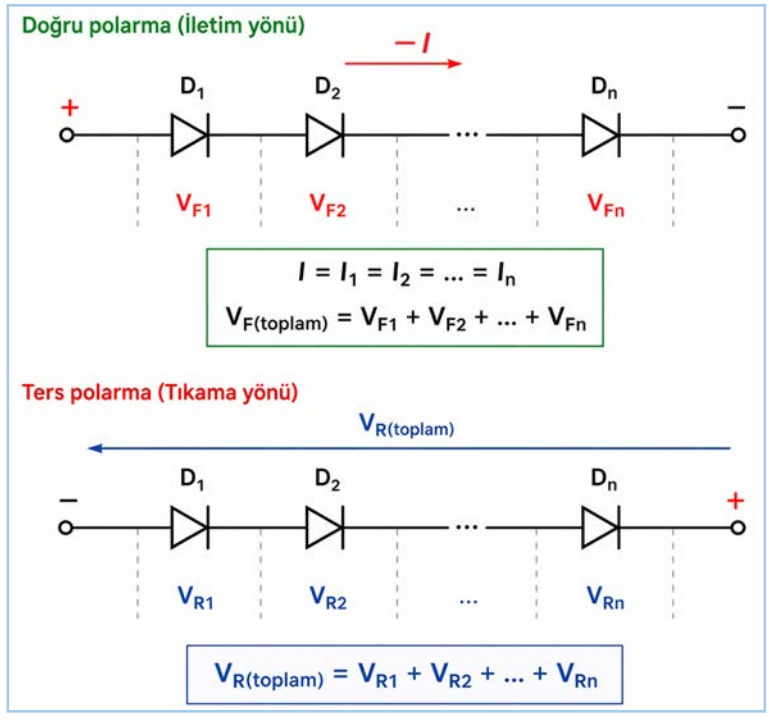
7.4.1. Diyotların Seri Devre Bağlantıları

Diyotların seri bağlanması, genellikle devrenin dayanabileceği toplam ters gerilimi artırmak amacıyla tercih edilir. Seri bağlantıda diyotlar uç uca bağlanır ve aynı akım tüm diyotlar üzerinden geçer.

Seri bağlı diyotların temel özellikleri şunlardır:

- Devreden geçen akım tüm diyotlar için aynıdır.
- Toplam gerilim, diyotlar arasında paylaşılır.
- Ters polarma durumunda her bir diyot üzerine düşen gerilim, toplam gerilimin bir kısmını oluşturur.
- İdeal durumda, her diyot üzerine eşit gerilim düşmesi beklenir ancak pratikte üretim toleransları nedeniyle bu dağılım eşit olmayabilir.

Örneğin her biri belirli bir ters gerilim dayanımına sahip diyotlar seri bağlandığında, toplam dayanım teorik olarak diyot sayısı ile orantılı olarak artar. Bu yöntem, yüksek gerilim uygulamalarında tercih edilir (Görsel 7.26).



Görsel 7.26: Seri bağlı diyotlar

3. ÖRNEK

Bir endüstriyel doğrultucu devresinde 3000 V ters gerilime dayanması gereken bir blok oluşturulacaktır. Elinizde her biri 1000 V / 1 A özelliklerine sahip özdeş diyotlar bulunmaktadır.

1. Güvenlik payı bırakmadan en az kaç diyot seri bağlanmalıdır?
2. %20 güvenlik marjı (tolerans) eklendiğinde kaç diyot gereklidir?

ÇÖZÜM

1. **Minimum Diyot Sayısı:** 3000 V / 1000 V = 3 adet
2. **Güvenlik Marjlı Hesaplama:** Güvenlik marjı, bileşenlerin sınır değerlerinde çalıştırılmamasını sağlar. %20 pay için toplam dayanım 3000 V x 1,2 = 3600 V olmalıdır. Bu değeri aşmak için 4 diyot kullanılmalıdır.

SIRA SİZDE

Bir yüksek gerilim devresinde, her biri en fazla 400 V ters gerilime dayanabilen (kırılma gerilimi) üç adet özdeş kristal diyot seri olarak bağlanmıştır. Verilen bilgilere göre aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

1. Bu sistemin toplam ters gerilim dayanımı teorik olarak kaç V olur?

   .....

2. Diyotlardan biri üretim hatası nedeniyle daha düşük direnç gösterirse diğer diyotların üzerine düşen gerilim nasıl etkilenir? Tartışınız.

   .....

   .....

7.4.2. Diyotların Paralel Devre Bağlantıları

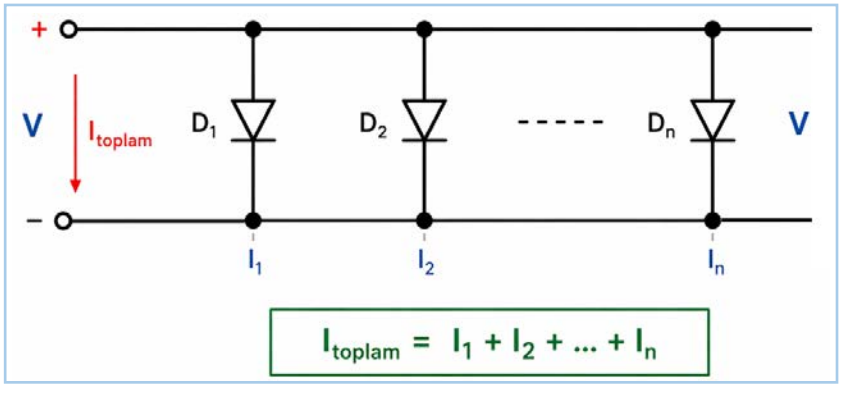
Diyotların paralel bağlanması, devreden geçebilecek toplam akım kapasitesini artırmak amacıyla kullanılır. Paralel bağlantıda diyotların anotları kendi aralarında, katotları ise kendi aralarında birleştirilir.

Paralel bağlı diyotların temel özellikleri şunlardır:

- Tüm diyotların uçlarındaki gerilim aynıdır.
- Devreden geçen toplam akım, diyotlar arasında paylaşılır.
- Teorik olarak akımın eşit bölünmesi beklenir ancak pratikte bu durum tam olarak gerçekleşmez.

Gerçek devrelerde diyotların iç dirençleri ve ileri yön gerilim düşümleri (VF) birbirinden farklı olabilir. Bu nedenle bazı diyotlar diğerlerine göre daha fazla akım çekebilir. Bu durum, ilgili diyodun aşırı ısınmasına ve arızalanmasına yol açabilir. Bu sorunu azaltmak için aynı özelliklere sahip (eşlenmiş) diyotlar tercih edilmelidir.

Paralel bağlantı, özellikle yüksek akım gerektiren güç elektroniği uygulamalarında yaygın olarak kullanılır (Görsel 7.27).



Görsel 7.27: Paralel bağlı diyotlar

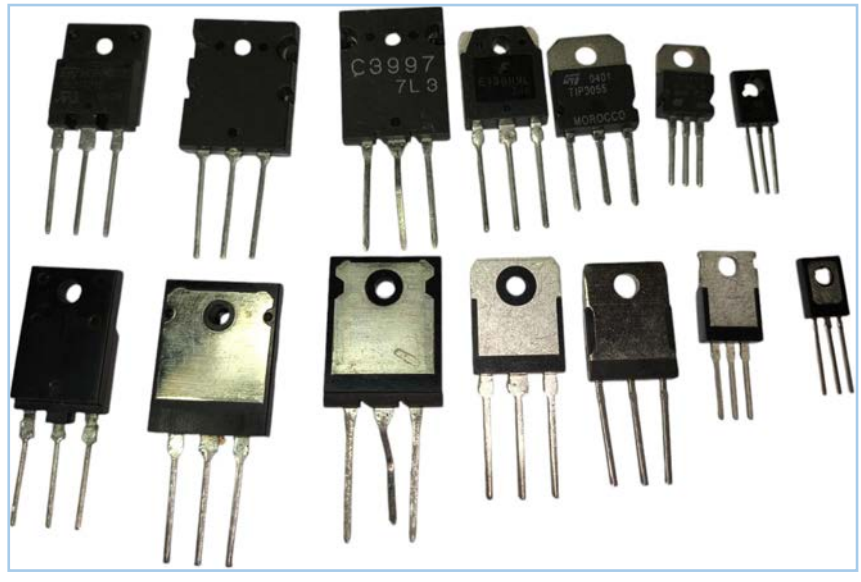
DİKKAT

347. sayfadaki 7.3. ve 349. sayfadaki 7.4. Uygulamaları yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

7.5. TRANSİSTÖRLERİN SAĞLAMLIK KONTROLÜ

Transistör, küçük yapılı ve üç bacaklı yarı iletken devre elemanıdır. Elektronik devrelerde akım, gerilim, güç yükseltici ve yüksek hızlı anahtar olarak kullanılır. Germanyum ve silisyumdan yapılır. Silisyum yapılı olanlar, daha kararlı çalışmaları ve yüksek giriş-çıkış empedanslarına sahip olmaları nedeniyle günümüzde daha yaygın olarak kullanılır.

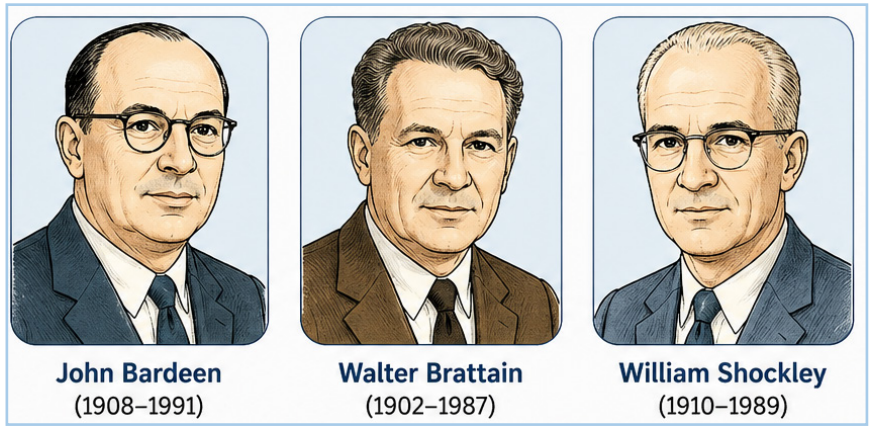
1947 yılında geliştirilen nokta temaslı ilk transistörden yaklaşık iki yıl sonra bugün yaygın olarak kullanılan iki kutuplu birleşim transistörleri [Bipolar Junction Transistor (bipolar jonksiyon transistör)-BJT] geliştirilmiştir. BJT dışında UJT, FET, MOSFET ve IGBT gibi farklı transistör türleri de bulunur. Ancak BJT'ler en yaygın kullanılan transistör çeşididir. Bu sebeple anlatımlarda BJT için sadece "transistör" ifadesi kullanılmaktadır (Görsel 7.28).



Görsel 7.28: Transistörler

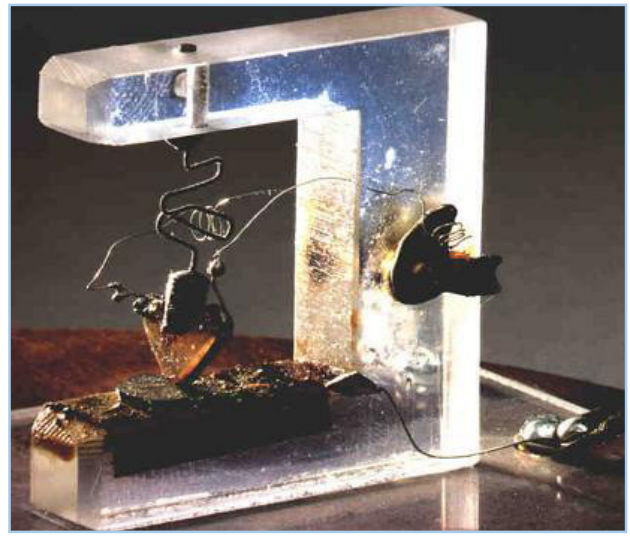
BİLGİ KUTUSU — Transistörün Keşfi

Transistör, 1947 yılında **John Bardeen** (Can Bardin), **Walter Brattain** (Voltır Bretın) ve **William Shockley** (Vilyım Şakli) tarafından **Bell Laboratuvarları** bünyesinde geliştirilmiştir (Görsel 7.29). Bu buluş, elektronik dünyasında devrim yaratmış ve vakum tüplerinin yerini alarak daha küçük, daha dayanıklı ve daha az enerji tüketen devrelerin yapılmasını mümkün kılmıştır.



Görsel 7.29: Transistörü keşfeden bilim insanları

İlk geliştirilen transistör, “nokta temaslı transistör” olarak adlandırılır (Görsel 7.30) ve günümüzdeki modern transistörlerin temelini oluşturur. Bu önemli keşif sayesinde bilim insanları 1956 yılında Nobel Fizik Ödülü’nü kazanmıştır [Görsel Kaynak: Wikimedia Commons (Public Domain)].



Görsel 7.30: Nokta temaslı ilk transistör

7.5.1. Transistörlerin Yapısı, Çeşitleri ve Sembolleri

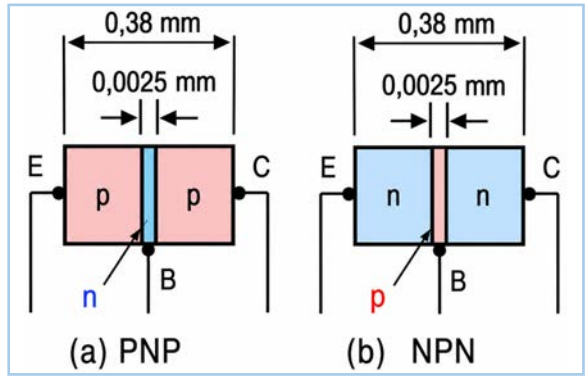
Transistörler, yarı iletken malzemeler kullanılarak üretilen ve elektrik akımını kontrol etme, yükseltme ve anahtarlama işlemlerinde kullanılan devre elemanlarıdır. Temel olarak iki farklı yarı iletken tipinin (P ve N tipi) bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Bu yapı sayesinde transistörler, küçük bir giriş sinyali ile daha büyük bir çıkış akımını kontrol edebilir. Ortada olan beyz katmanı emiter ve kollektöre göre çok daha dardır (Görsel 7.31).

Transistörlerin Yapısı

BJT [Bipolar Junction Transistor (Bipolar Jankçın Tıransistör)] transistörler üç katmandan oluşur ve üç bacaklıdır.

- **Beyz (B):** Transistörün kontrol ucudur. Küçük akım bu uçtan uygulanır.
- **Kollektör (C):** Akımın büyük kısmının geçtiği uçtur.
- **Emiter (E):** Akımın çıktığı uçtur.

BJT transistörler, iki PN birleşiminden oluşur. Bu birleşimler beyz-emiter ve beyz-kollektör jonksiyonlarıdır.



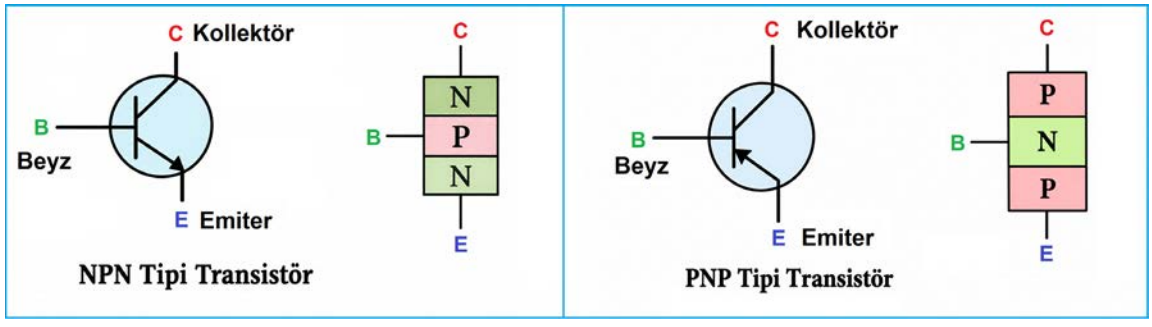
Görsel 7.31: PNP-NPN transistör iç yapısı ve fiziksel boyutları

Transistör Çeşitleri

Transistörler yapı ve çalışma prensiplerine göre farklı türlere ayrılır:

1. BJT-Bipolar Jonksiyon Transistörler

- **NPN Transistör:** En yaygın kullanılan türdür. Elektron akışı ile çalışır.
- **PNP Transistör:** Delik (hole) akışı ile çalışır (Görsel 7.32).



Görsel 7.32: NPN-PNP Transistör sembolü ve yarı iletken eş değeri

2. UJT (Unijunction Transistor): Tek PN birleşimine sahip olup genellikle tetikleme ve zamanlama devrelerinde kullanılır.

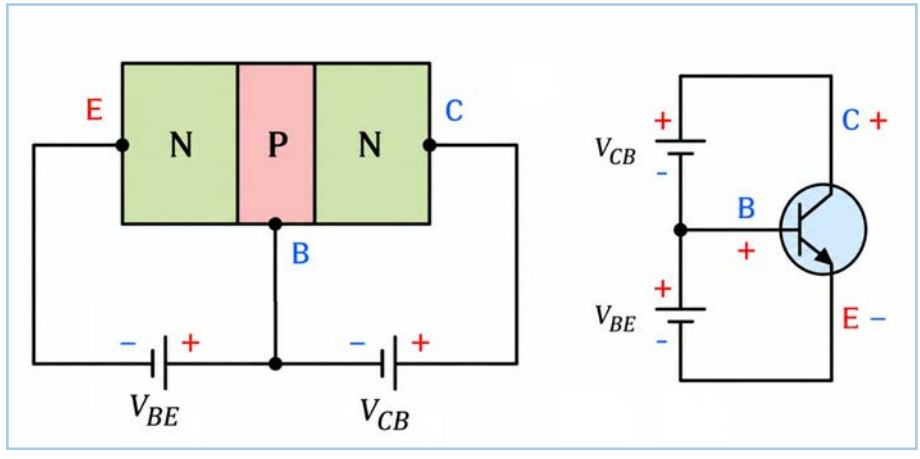
3. FET (Field Effect Transistor): Elektrik alan etkisi ile çalışan, giriş empedansı yüksek olan transistör türüdür.

4. MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor): FET'in gelişmiş bir türü olup çok yüksek giriş empedansına sahiptir ve anahtarlama devrelerinde yaygın olarak kullanılır.

5. IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor): MOSFET ve BJT özelliklerini birleştiren, özellikle güç elektroniğinde tercih edilen transistör türüdür.

7.5.2. Transistörlerin Çalışması

Transistörler akım tabanlı çalıştıkları için beyze uygulanan akım ile kollektörden geçen akım kontrol edilmiş olur. Transistörlerin beyz bacağı doğru yönde kutuplanırsa kollektör ile emiter arası bir akım geçişi sağlanır. Bir transistörün iletime geçebilmesi için beyz-emiter arası (B-E) **doğru**, beyz-kollektör (B-C) arası **ters** kutuplanmalıdır (Görsel 7.33).



Görsel 7.33: NPN transistörün doğru kutuplanması

NPN tipi transistörlerde doğru kutuplamayı sağlamak için V_{BE} arasına bağlı gerilim kaynağının pozitif kutbu P tipi maddeden oluşan beyze (B), kaynağın negatif kutbu N tipi maddeden oluşan emitere (E) bağlanmalıdır.

V_{CB} arasına bağlı gerilim kaynağının pozitif kutbu N tipi maddeden oluşan kollektöre (C), kaynağın negatif kutbu N tipi maddeden oluşan beyze (B) bağlanmalıdır. Bu şekilde gerilim kaynağı bağlantılarının yapılmasıyla NPN transistörün iletime geçmesi sağlanır. Kollektör (C) +, beyz (B) +, emiter (E) –'ye bağlı olduğu sürece transistör iletimde kalır.

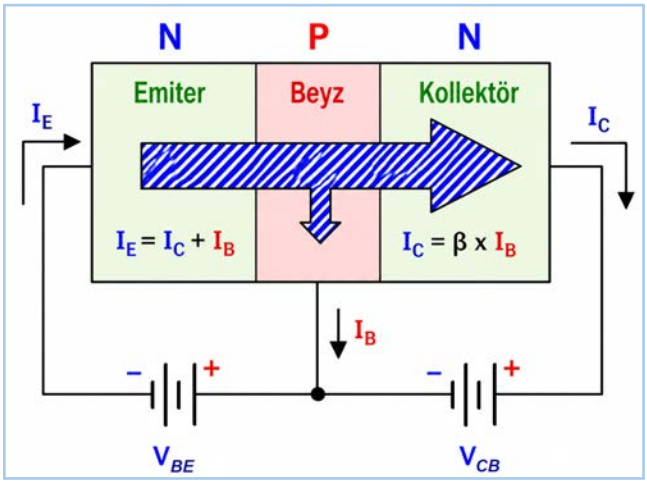
NPN transistörün beyz bacağına negatif, emiter bacağına pozitif gerilim uygulanırsa transistöre ters kutuplama yapılır. Transistör kesime gider ve akım geçişi durur.

Görsel 7.34'teki akım yönlerinden de görüleceği gibi emiter akımı (I_E), kollektör akımı (I_C) ile beyz akımının (I_B) toplamına eşittir ($I_E = I_C + I_B$). Bir transistörün kollektöründen geçecek akım transistörün beyzine uygulanan enerji ile kontrol edilir. Transistörün beyz akımında meydana getirilecek küçük bir değişim, kollektör akımından çok daha büyük değişim olmasını sağlar. Bir başka ifadeyle kollektör akımı beyz akımına bağlı olarak değişir. Beyz akımındaki değişim miktarının, (ΔI_b) kollektör akımında meydana getireceği değişim miktarı (ΔI_c) her transistör için farklıdır ve transistörün yapısına bağlıdır. Bu **transistörün akım kazancı** olarak bilinir ve "β" sembolü ile gösterilir (Görsel 7.34).

Akım Kazancı (β): $\beta = I_C / I_B$

Kollektör akımı: $I_C = \beta \cdot I_B$

Emiter akımı: $I_E = I_C + I_B$ veya $I_E = (\beta + 1) \cdot I_B$



Görsel 7.34: İletimdeki transistörde akım yönleri ve büyüklükleri

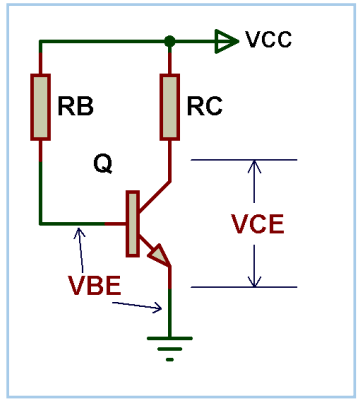
PNP tipi transistörlerde doğru kutuplamayı sağlamak için V_{BE} arasına bağlı gerilim kaynağının negatif kutbu N tipi maddeden oluşan beyze (B), kaynağın pozitif kutbu P tipi maddeden oluşan emitere (E) bağlanmalıdır. V_{CB} arasına bağlı gerilim kaynağının negatif kutbu P tipi maddeden oluşan kollektöre (C), kaynağın pozitif kutbu P tipi maddeden oluşan beyze (B) bağlanmalıdır. Bu şekilde gerilim kaynağı bağlantılarının yapılmasıyla PNP transistörün iletime geçmesi sağlanır.

7.5.2.1. Transistör Polarma Yöntemleri

Transistörlerin üzerinden geçebilecek akım değerleri ile uçlarına uygulanabilecek, bozulmadan çalışabilecek maksimum gerilim değerleri imalatçı firmalar tarafından belirlenir ve katalog bilgileri olarak kullanıcıya sunulur. Bir transistörün devrede istenen çalışma koşullarında kullanılabilmesi için uygun polarmalandırma yapılması gerekir. Bu amaçla devrede kullanılan dirençler yardımıyla transistörün üzerinden geçecek akım ve uçlarındaki gerilim değerleri kontrol altına alınır.

Transistörün çalıştırılması için ayrı ayrı kaynaklar kullanmak maliyetli ve uygulamada zorluk oluşturduğundan, pratikte polarmalandırma işlemi tek bir besleme kaynağı ($\mathbf{V}_{CC}$) ile gerçekleştirilir. Beyz ucunun ihtiyaç duyduğu gerilim ve akım değerleri ise dirençler yardımıyla sınırlandırılarak bu kaynaktan sağlanır.

Görsel 7.35, Görsel 7.36 ve Görsel 7.37'de temel transistör polarma yöntemleri ve bunlara ait hesaplama formülleri verilmiştir.

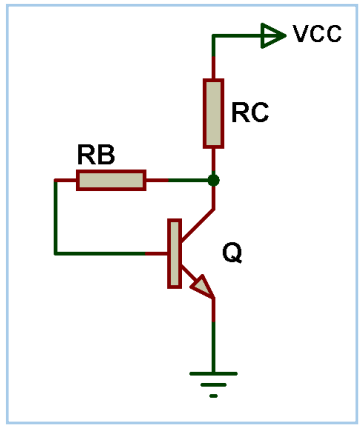


Görsel 7.35: Sabit polarma

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_c = \beta \cdot I_B$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C)$$

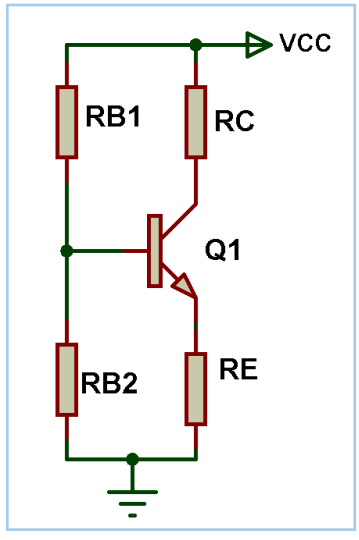


Görsel 7.36: Kollektörden geri beslemeli polarma

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b + (\beta+1)R_c}$$

$$I_c = \beta \cdot I_b$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E \cdot R_C$$



Görsel 7.37: Gerilim bölücü (β'dan bağımsız) polarma

$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} . V_{CC}$$

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C . R_C - I_E . R_E$$

$$I_B = \frac{V_B - V_{BE}}{R_{BB} + (\beta+1)R_E}$$

$$I_C = \beta . I_b$$

$$R_{BB} = R_{B1} // R_{B2}$$

3. ÖRNEK

Görsel 7.35'te verilen sabit polarma devresinde beyz akımı 50 mA, emitör akımı ise 5 A olduğuna göre kollektör akımını ve akım kazancını bulunuz.

ÇÖZÜM

Verilenlere göre I_B = 50 mA = 0,05 A ve I_E = 5 A ise

$$I_E = (\beta+1)\cdot I_B \Rightarrow \beta = \frac{E}{B} - 1 = \frac{5}{0,05} - 1 = 99$$

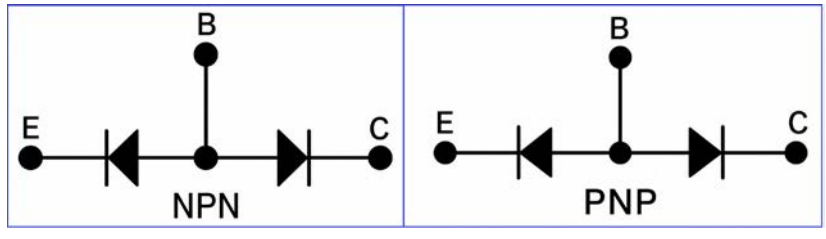
$$I_c = \beta \cdot I_B = 99 \cdot 0,05 = 4,95 \text{ A}$$

SIRA SİZDE

Görsel 7.35'te verilen sabit polarma devresinde V_{CC} = 12 V, R_C = 100 Ω, I_B = 2 mA ve transistörün akım kazancı β = 50 olduğuna göre kollektör akımını ve V_{CE} gerilimini bulunuz.

7.5.3. BJT Transistörlerin Bacak Bağlantılarının Bulunması ve Sağlamlık Testi

Transistörün sağlamlık ve bağlantı terminal tespit işlemleri dijital avometre veya analog avometre kullanılarak yapılabilir. Transistör ölçümleri anlaşılamaz veya zor gibi görülse de pratik yapılarak zamanla ölçümlerin ne kadar kolay olduğu anlaşılır. Transistör, ölçüm yaparken Görsel 7.38'deki gibi iki adet diyodun bağlantısına benzetilebilir.



Görsel 7.38: Transistörün diyot eş değeri

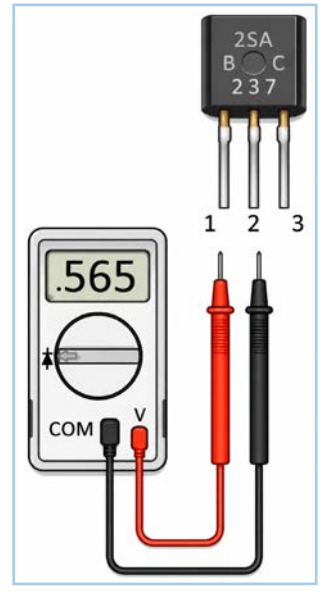
Dijital avometre diyot kademesine alınır. Kırmızı probun artıyı, siyah probun eksiyi belirttiği unutulmamalıdır. Kırmızı prob transistörün bir numaralı bacağına, siyah prob transistörün iki numaralı bacağına temas ettirilerek ölçüm yapılır. Dijital avometre ekranında sayısal bir değer olup olmadığına bakılır.

Dijital avometre değer gösteriyorsa kaydedilir, göstermiyorsa diğer ölçümlere geçilir (Görsel 7.39). Tablo 7.2'de gösterilen tüm bağlantılar sırayla yapılır.

Toplamda en fazla altı ölçüm sonucunda Tablo 7.2'deki ölçüm değerlerine benzer sonuçlar elde edilmelidir. Kırmızı prob ikide iken siyah prob üç ve siyah prob bir de ölçme değerleri vardır. Kırmızı prob ortak olduğu için transistörün iki numaralı ucu beyzdir. Prob kırmızı, beyz pozitifte iletime geçtiği için transistörün tipi NPN'dir. Transistör sağlamdır. Tabloya dikkat edilirse ölçülen değerler birbirinden farklıdır. Sayısal olarak küçük olan değer kollektör, sayısal olarak büyük olan değer emiterdir. Sonuç olarak şekilde verilen transistör NPN tipi bir transistördür. Bir numaralı bacak kollektör (C), iki numaralı bacak beyz (B) ve üç numaralı bacak emiterdir (E). Ölçüm sonuçları Tablo 7.2'den oldukça farklı örneğin tamamen kısa devre (.000 gibi) veya tüm konumlarda değer göstermez şeklinde ise ölçülen transistör arızalıdır.

Tablo 7.2: Prob-Pin Bağlantısı ve Okunan Değer

PROB RENGİ	PİN NO.	PROB RENGİ	PİN NO.	ÖLÇÜ ALETİ EKRANI
KIRMIZI	1	SİYAH	2	Değer göstermez.
KIRMIZI	1	SİYAH	3	Değer göstermez.
KIRMIZI	2	SİYAH	3	.511
KIRMIZI	2	SİYAH	1	.509
KIRMIZI	3	SİYAH	1	Değer göstermez.
KIRMIZI	3	SİYAH	2	Değer göstermez.



Görsel 7.39: Dijital avometre ile transistörün sağlamlık tespiti

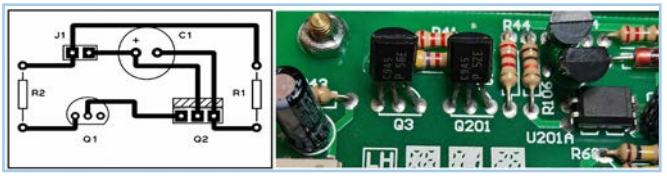
DİKKAT

351. sayfadaki 7.5. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

7.6. TRANSİSTÖRLERİ DEVREYE BAĞLAMA

Transistörler, elektronik devrelerde anahtarlama ve yükseltme (amplifikasyon) amaçlarıyla kullanılan yarı iletken devre elemanlarıdır. Bir transistörün devrede doğru ve güvenli şekilde çalışabilmesi için uygun bağlantı yapılması ve doğru polarmalandırılması gerekir. Bu amaçla devrede kullanılan dirençler yardımıyla transistörün üzerinden geçen akım ve uçlarındaki gerilim değerleri kontrol altına alınır.

Elektronik kartlar üzerinde bulunan transistörlerin **kılıf yapıları (TO-92, TO-220 vb.)** ve **bacak dizilimleri** üreticiye göre farklılık gösterebilir. Bu nedenle arızalı bir transistör değiştirilirken elemanın kılıf yapısı ve bacak bağlantıları dikkatle incelenmeli ve aynı özelliklere sahip uygun bir transistör kullanılmalıdır. Yanlış bağlantı yapılması durumunda devre çalışmayacağı gibi transistör de zarar görebilir. Transistörler devre şemalarında genellikle **Q harfi** ile gösterilir. Transistör tipleri ise üretici firmalar tarafından belirlenen kodlarla ifade edilir. Bu kodlar genellikle **AC**, **BC**, **BD**, **BF**, **BU**, **2N**, **2S** gibi harf ve rakam kombinasyonlarıyla başlar ve transistörün yapısı ile kullanım alanı hakkında bilgi verir (Görsel 7.40).



Görsel 7.40: Transistörün PCB üzerinde gösterilmesi

7.6.1. BJT Transistörlerin Anahtar Olarak Kullanılması

BJT transistörler, elektronik devrelerde **anahtarlama elemanı** olarak oldukça yaygın şekilde kullanılır. Bu kullanımda transistör, devrenin çalışma durumuna göre akımı geçirir veya keser. Anahtarlama uygulamalarında transistör **kesim** ve **doyum bölgeleri** olmak üzere iki temel çalışma bölgesinde değerlendirilir.

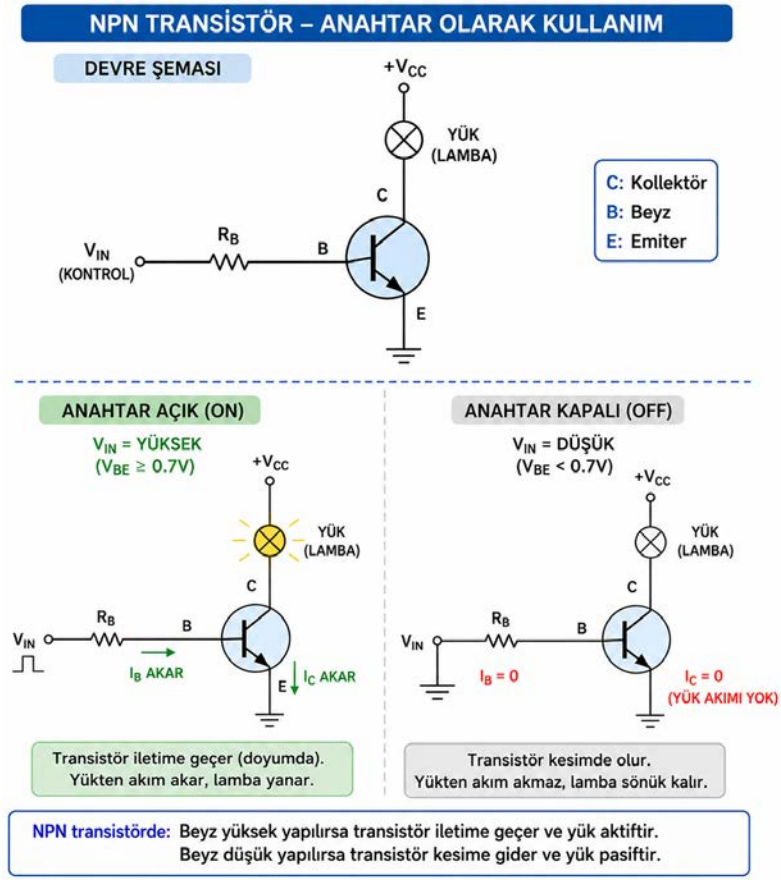
Transistörün **beyz-emiter (V_{BE})** gerilimi belirli bir seviyeye ulaştığında (Silisyum transistörler için yaklaşık **0,6-0,7 V**, bazı durumlarda 0,2 V civarında iletime başlama görülse de pratikte ~0,7 V esas alınır.) beyz-emiter arasında akım akışı başlar. Bu durumda transistör iletime geçer ve kollektörden emitere doğru yüksek bir akım akışı oluşur. Transistör bu durumda **doyum bölgesinde** çalışır. Transistörün doyum durumunda karşılaşılan özellikler şunlardır:

- Kollektör-emiter gerilimi (V_{CE}) yaklaşık sıfıra yakındır (~0- 0,2 V).
- Kollektör akımı (I_C) maksimum seviyeye ulaşır.
- Transistör kapalı anahtar (iletimde) gibi davranır.

Buna karşılık, beyz-emiter gerilimi sıfır volt seviyesinde olduğunda beyz akımı oluşmaz. Bu durumda kollektör ile emiter arasında da akım akışı gerçekleşmez ve transistör iletime geçemez. Transistör bu durumda **kesim bölgesinde** çalışır. Transistörün kesim durumunda karşılaşılan özellikler şunlardır:

- Kollektör-emiter gerilimi (V_{CE}) maksimum seviyededir (yaklaşık V_{CC}).
- Kollektör akımı (I_C) sıfıra yakındır.
- Transistör açık anahtar (iletimde değil) gibi davranır.

Bu çalışma prensibi sayesinde BJT transistörler; **LED**, **röle**, **motor** ve **çeşitli yüklerin kontrolünde** güvenle kullanılabilir. Anahtarlama devrelerinde genellikle **ortak emiter bağlantısı** tercih edilir ve beyz akımı bir direnç yardımıyla sınırlandırılarak transistörün güvenli çalışması sağlanır (Görsel 7.41).



Görsel 7.41: Transistörün anahtar olarak kullanılması

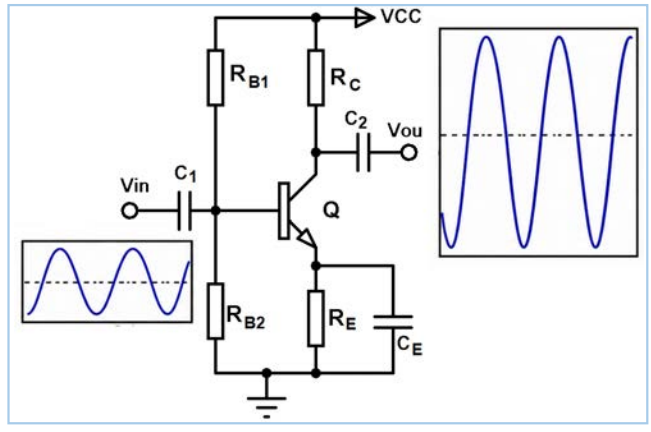
7.6.2. BJT Transistörlerin Yükselteç Olarak Kullanılması

BJT transistörler, elektronik devrelerde zayıf elektriksel sinyalleri büyütmek (yükseltmek) amacıyla yaygın olarak kullanılır. Bu kullanımda transistör, anahtarlama uygulamalarından farklı olarak kesim ve doyum bölgelerinde değil **aktif bölgede** çalışacak şekilde polarmalandırılır. Aktif bölgede çalışan bir transistörde beyz-emiter birleşimi doğru polarmalı (yaklaşık 0,7 V), kollektör-beyz birleşimi ise ters polarmalıdır. Bu sayede transistör, giriş sinyaline lineer tepki vererek yükseltme işlemini gerçekleştirebilir.

Yükselteç devresinde giriş sinyali genellikle beyz ucuna uygulanır. Beyz akımında meydana gelen küçük değişimler, transistörün akım kazancı (β) etkisiyle kollektör akımında daha büyük değişimlere neden olur. Bu durum, girişteki zayıf sinyalin çıkışta daha güçlü bir hâle getirilmesini sağlar. Çıkış sinyali çoğunlukla kollektör ucundan alınır ve bu sinyalin genliği giriş sinyaline göre daha büyüktür. Böylece transistör hem gerilim hem de akım kazancı sağlayarak etkili bir yükselteç görevi görür.

Yükselteç devrelerinde en yaygın kullanılan bağlantı türü **ortak emiter (CE)** bağlantısıdır. Bu bağlantıda emiter ucu ortak (şase) alınır, giriş sinyali beyz ucuna uygulanır ve çıkış sinyali kollektör ucundan alınır. Ortak emiter bağlantısının en önemli özelliği hem gerilim hem akım kazancı sağlaması ve çıkış sinyalinin giriş sinyaline göre 180° faz tersliğine sahip olmasıdır. Bu özellik, özellikle analog sinyal işleme devrelerinde büyük avantaj sağlar (Görsel 7.42).

Transistörün yükselteç olarak doğru çalışabilmesi için devrede uygun polarmalandırma yapılması büyük önem taşır. Bu amaçla kullanılan dirençler sayesinde transistörün çalışma noktası (Q noktası) belirlenir ve transistörün aktif bölgede kalması sağlanır. Ayrıca devrede kullanılan kapasitörler, alternatif akım (AC) sinyallerin geçişine izin verirken doğru akım (DC) bileşenlerini engelleyerek devrenin kararlı çalışmasına katkı sağlar.



Görsel 7.42: Emiteri ortak yükselteç ile AC sinyal yükseltilmesi

DİKKAT

353. sayfadaki 7.6. Uygulamayı yapınız.

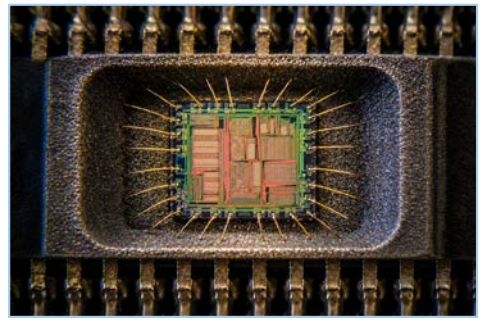
7.7. ENTEGRE DEVRELER

Elektronik devrelerde kullanılan çok sayıda aktif ve pasif devre elemanı, belirli bir işlevi yerine getirmek amacıyla tek bir kılıf içerisinde bir araya getirilerek **entegre devreler [IC-Integrated Circuit** (integreytıd sörkıt)] oluşturulur. Bu sayede hem devrelerin kapladığı alan küçülür hem de maliyet, zaman ve hata oranı önemli ölçüde azalır. Ayrıca entegre devreler, dış etkenlere karşı daha dayanıklı olup **kararlı (stabil) çalışma** özelliği gösterir.

7.7.1. Entegrelerin Yapısı

Entegre devreler, genellikle **silisyum kristali (çip)** üzerine çok sayıda elektronik devre elemanının (transistör, diyot, direnç, kondansatör vb.) mikro ölçekte yerleştirilmesi ile oluşturulur.

Bu yapı, dışarıdan bakıldığında tek bir eleman gibi görünse de aslında içinde karmaşık bir devre barındırır (Görsel 7.43).

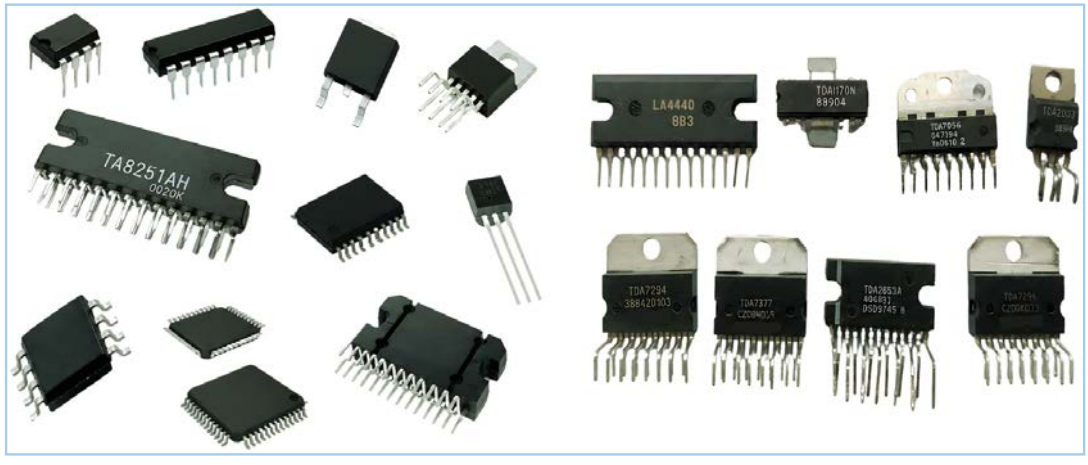


Görsel 7.43: Entegre iç görünümü

Bu devreler:

- Plastik veya metal bir kılıf içerisine alınır.
- Dış bağlantılar için pin (bacak) uçları oluşturulur.
- Kullanıcıya hazır bir devre olarak sunulur.

Entegre devreler **IC**, **çip** veya **mikroçip** olarak da adlandırılır. Entegre devreler bakır plaket üzerinde yerden tasarruf, maliyetlerin düşürülmesi, zamandan kazanç ve stabil çalışan devreler tasarlanmasına imkân sağlar. Bazı entegre devreler tek başına doğrudan bazıları ise dışarıdan diyot, transistör, direnç, kondansatör gibi devre elemanları eklenerek kullanılmaktadır. Günümüzde birkaç bacaktan başlayıp yüzlerce hatta binlerce pine sahip olan entegreler bulunur (Görsel 7.44).



Görsel 7.44: Çeşitli entegre devre görünümleri

Entegre devrelerin doğru ve güvenli şekilde kullanılabilmesi için üretici firmalar tarafından hazırlanan teknik dokümanlara **bilgi sayfası** veya **veri sayfası [datasheet (deyta şiit)]** adı verilir. Bilgi sayfası, bir entegre devrenin tüm elektriksel, mekanik ve fonksiyonel özelliklerini içeren en önemli referans kaynağıdır. Bir entegre devre, devreye bağlanmadan önce bilgi sayfası incelenmeli ve tüm bağlantılar bu bilgilere göre yapılmalıdır.

Bilgi sayfası içerisinde genellikle entegre devrenin pin (bacak) bağlantıları, besleme gerilimleri, maksimum dayanabileceği akım ve gerilim değerleri, çalışma sıcaklık aralığı ve iç yapısına ait blok diyagramlar yer alır.

Ayrıca bilgi sayfası içerisinde entegre devrenin nasıl kullanılacağını gösteren **örnek uygulama devreleri [Application Circuit (eplikeyşın sörkıt)]** ve **çalışma prensibini açıklayan grafikler** de bulunur.

7.7.2. Entegre Devre Çeşitleri, Sembolleri ve Çalışmaları

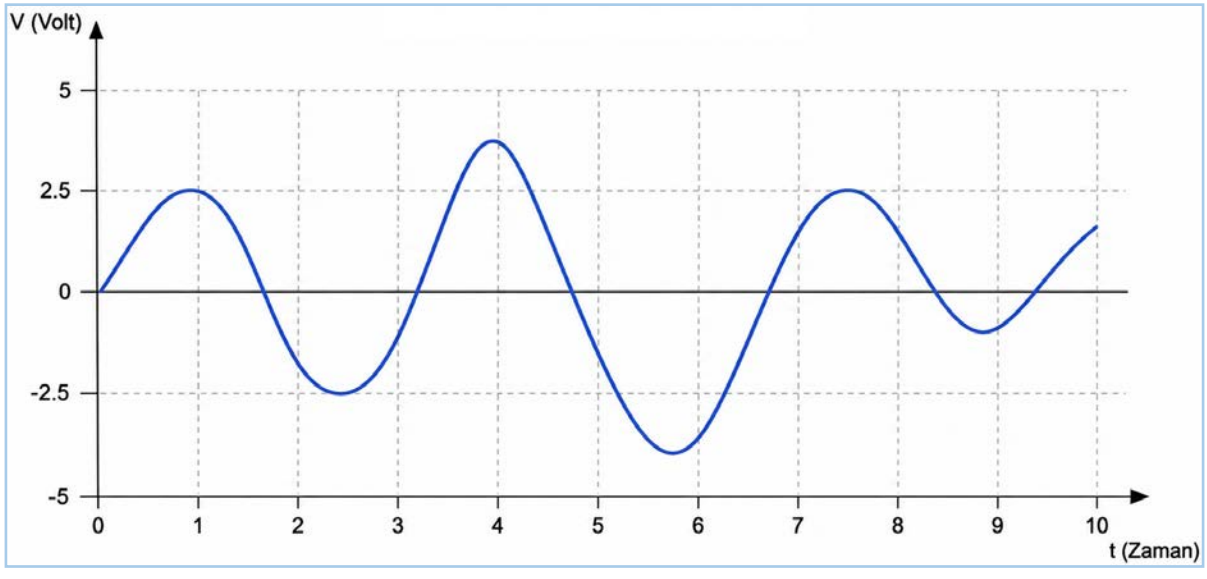
Elektronik teknolojisinin gelişmesiyle birlikte milyonlarca farklı entegre devre üretilmiştir. Bu entegreler; yapılarına, çalışma prensiplerine ve kullanım alanlarına göre sınıflandırılır. Temel olarak entegre devreler çalışma biçimlerine göre iki ana gruba ayrılır:

- **Analog entegre devreler**
- **Dijital entegre devreler**

Entegre devreler; analog sinyalleri işleme, dijital verileri saklama, sinyal dönüştürme ve kontrol işlemleri gibi çok çeşitli görevleri yerine getirir.

7.7.2.1. Analog Entegre Devre Çeşitleri

Analog sinyaller zamanla sürekli değişen, kesintisiz sinyallerdir (Görsel 7.45). Doğadaki ses, ışık ve sıcaklık gibi fiziksel büyüklükler analog sinyallere örnektir. Analog entegre devreler, bu tür sinyalleri **bozmadan işleyen** devrelerdir.



Görsel 7.45: Analog sinyal

Analog entegre devrelerin görevleri şunlardır:

- Sensörlerden gelen sinyalleri işler.
- Sinyalleri yükseltir veya düzenler.
- Fiziksel olayları elektriksel sinyallere dönüştürür.

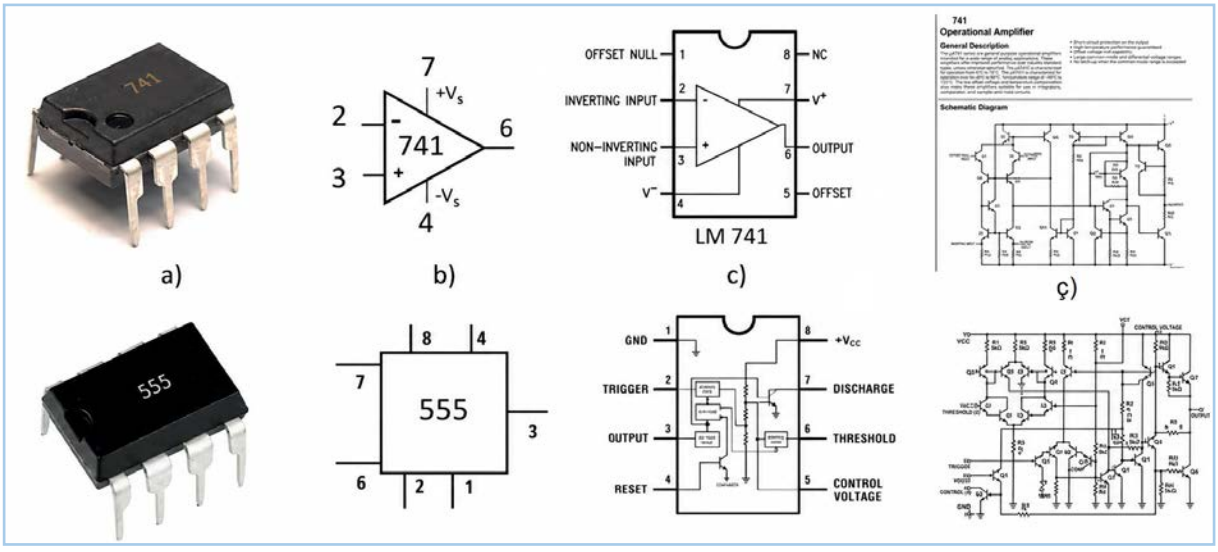
Yaygın analog entegre örnekleri şunlardır:

- **Op-amp (işlemsel yükselteçler) (LM741, LM358 vb.)**
- **Zamanlayıcı entegreler (NE555)**
- **Gerilim regülatörleri (7805, 7812, LM317 vb.)**
- **Ses yükselteç entegreleri (TDA, LM, STK serisi)**

Analog entegrelerin devre şemalarında gösterimi genellikle şöyledir:

- **Op-amplar ve yükselteçler → üçgen sembol**

- **Diğerleri → dikdörtgen / kare sembol ile gösterilir (Görsel 7.46).**

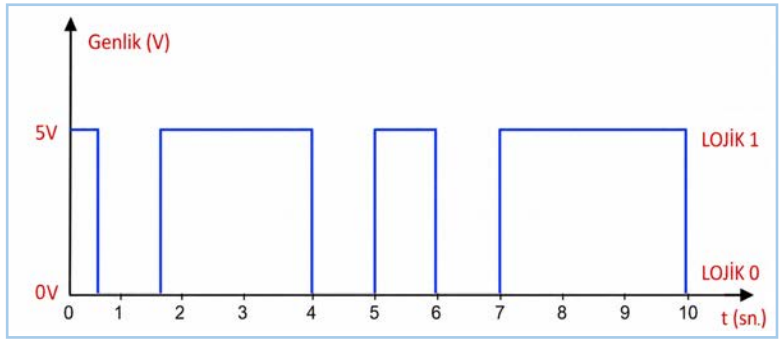


Görsel 7.46: 741 ve 555 Entegre devresinin a) Görünüşü b) Sembolü c) Pin bağlantısı ç) İç yapısı

7.7.2.2. Dijital Entegre Devre Çeşitleri

Dijital sinyaller, yalnızca **0** ve **1** değerlerinden oluşan kesikli sinyallerdir. Bu sinyallerde,

- **Lojik 0 → 0 V**
- **Lojik 1 → genellikle 5 V** olarak kabul edilir (Görsel 7.47).



Görsel 7.47: Dijital sinyal

Dijital entegre devreler, bu sinyaller üzerinde işlem yaparak veri işleme, saklama ve kontrol işlemlerini gerçekleştirir.

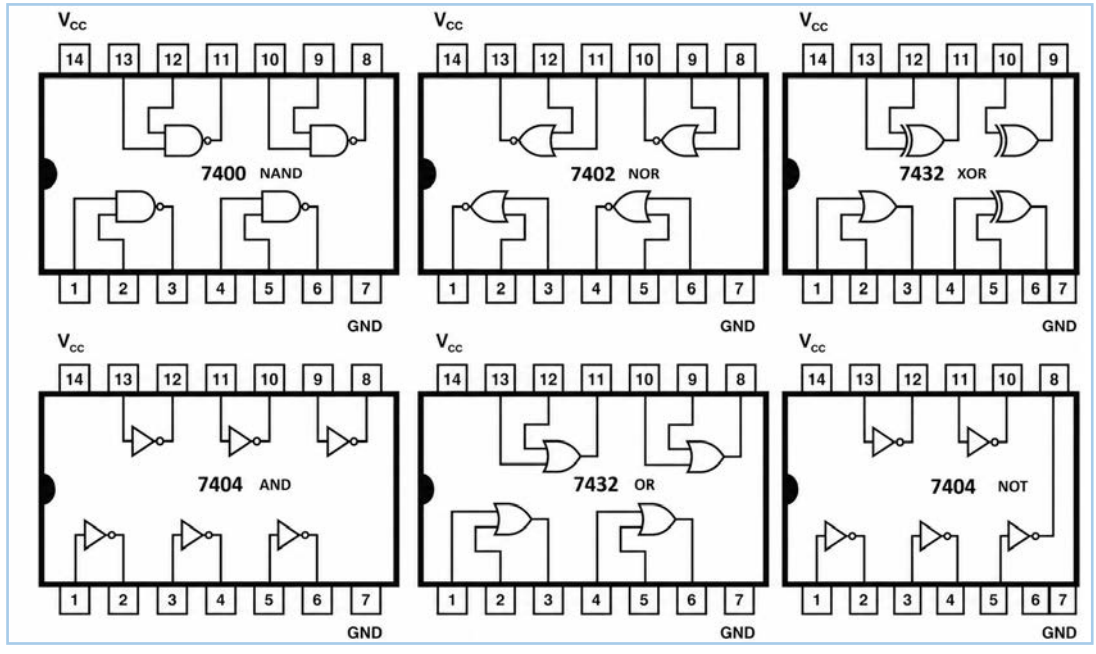
Başlıca dijital entegre çeşitleri şunlardır:

- **Lojik kapılar (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR)**
- **Sayıcılar ve flip-floplar**
- **Mikroişlemciler ve mikrodenetleyiciler**
- **ADC ve DAC çeviriciler**

Dijital entegreler iki ana teknolojiye göre üretilir:

1. **TTL (Transistör-Transistör Lojik)**
   - BJT tabanlıdır.
   - Genellikle **5 V** ile çalışır.

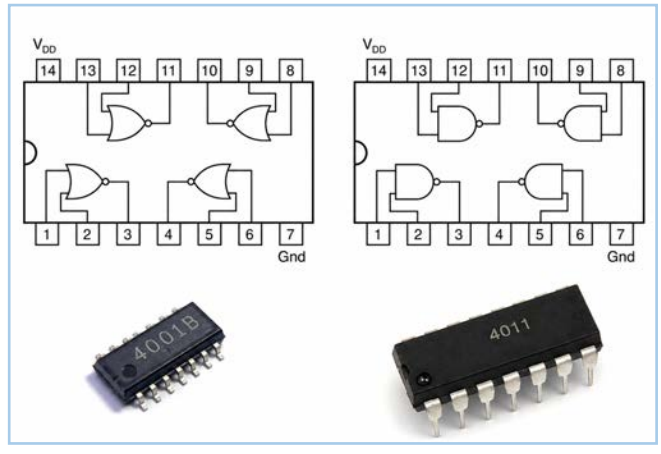
- Hızlıdır ancak güç tüketimi daha fazladır.
- **74xx** serisi (7400, 7404, 7432 vb.)
- Kendi içerisinde hız ve güç tüketimine göre farklı türleri vardır. 74'ten sonra gelen harfler yapısını belirlerken rakamlar entegre devre içindeki lojik kapının türünü belirler (**74LSXXX**, **74ALSXXX**, **74HXX** vb.). Görsel 7.48'de yaygın kullanılan 74 serisi lojik kapı entegrelerinin iç yapıları yer almaktadır.



Görsel 7.48: Çeşitli 74xx serisi entegre devrelerin iç yapısı

2. CMOS [Complementary Metal Oxide Semiconductor (Komplemantıri Metal Oksayt Semikondaktör)]

- FET tabanlıdır.
- **Düşük güç tüketimi** vardır.
- Yüksek giriş empedansına sahiptir.
- Daha geniş voltaj aralığında çalışır (3 V-15 V).
- **40xx** serisi (4011, 4017 vb.)
- Görsel 7.49'da CD4001 ve CD4011 entegrelerinin DIP ve SMD kılıfları ve iç yapıları yer almaktadır.



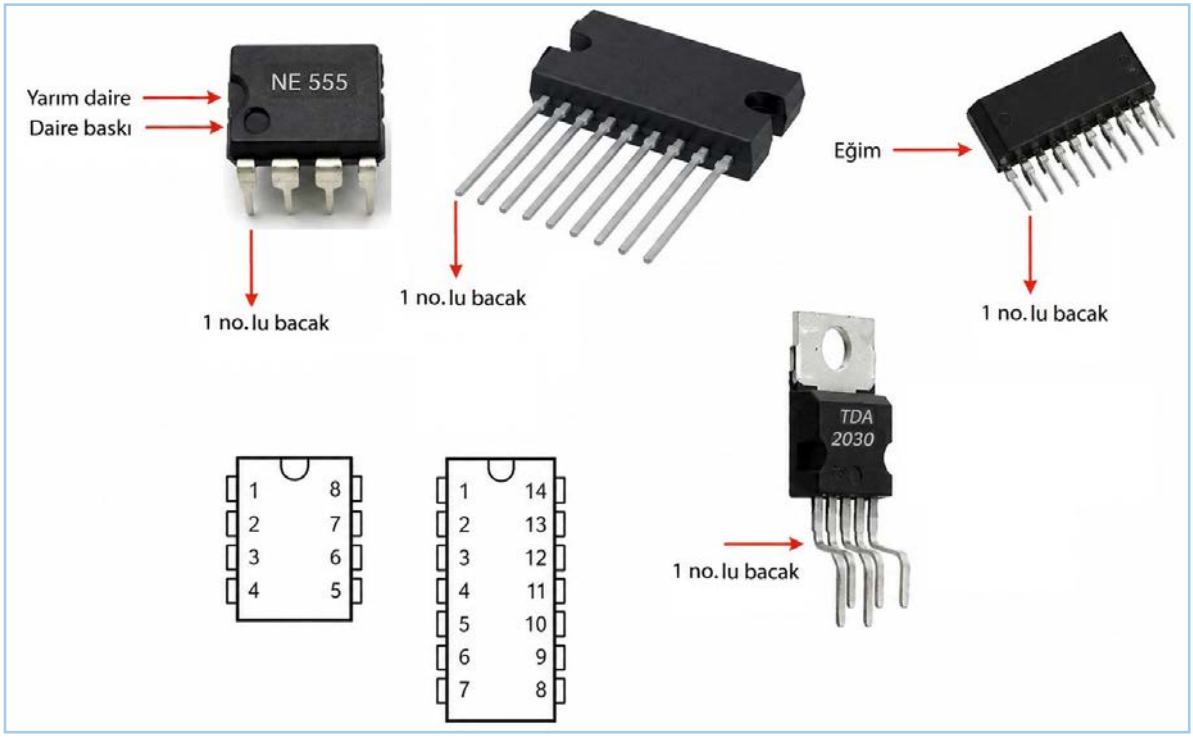
Görsel 7.49: 4001 ve 4011 entegrelerinin görünümü ve iç yapıları

7.7.3. Entegrelerin Sağlamlık ve Bağlantı Terminal Tespit İşlemleri

Entegre devrelerin **bilgi sayfalarındaki** açıklamalar dikkate alınmadan yapılan bağlantılar, devrenin çalışmamasına veya entegre devrenin kalıcı olarak zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle bir entegre devrenin sağlamlık kontrolü ve bağlantı terminal tespit işlemleri, devre kurulmadan önce dikkatle yapılmalıdır. Entegre devreler, iç yapılarında çok sayıda aktif ve pasif eleman barındırdıkları için diyot veya transistörlerde olduğu gibi basit ölçü aletleriyle doğrudan test edilemez.

Entegre devrelerin sağlamlık kontrolü için en güvenilir yöntem, özel olarak üretilmiş **entegre test cihazları** kullanmaktır ancak bu tür cihazların bulunmadığı durumlarda, entegre devre kart üzerindeyken dolaylı yöntemlerle de kontrol edilebilir. Bu yöntemlerde avometre ile entegre devrenin besleme uçları ve önemli pinlerindeki gerilim değerleri ölçülerek beklenen değerlerle karşılaştırılır. Ayrıca **osiloskop** kullanılarak giriş ve çıkış sinyalleri incelenebilir. Giriş sinyali mevcut olmasına rağmen çıkışta beklenen değişim gözlenmiyorsa entegre devrenin arızalı olabileceği değerlendirilir.

Entegre devrelerin doğru şekilde devreye bağlanabilmesi için öncelikle **bağlantı terminallerinin (pinlerin)** doğru tespit edilmesi gerekir. Bu işlemde entegre devre kılıfı üzerinde bulunan referans işaretleri dikkate alınır. Çoğu entegrede kılıf üzerinde bulunan yarım daire şeklindeki çentik referans alınır ve bu çentiğin sol tarafındaki bacak **1 numaralı pin** olarak kabul edilir. Pin numaralandırması genellikle saat yönünün tersine doğru yapılır. Bazı entegrelerde ise nokta işareti veya eğimli kenar gibi farklı referanslar kullanılarak **1 numaralı pin** belirlenir. Bağlantı terminalleri tespit edildikten sonra entegre devrenin besleme uçları **(VCC ve GND)** doğru şekilde belirlenmelidir. Özellikle ters besleme uygulanması veya yanlış pine gerilim verilmesi durumunda entegre devre kısa sürede zarar görebilir (Görsel 7.50).



Görsel 7.50: Çeşitli entegrelerin 1 numaralı bacak tespiti

DİKKAT

356. sayfadaki 7.7. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

ETKİNLİK: Elektronik Devre Elemanlarının Etkileri Süre: 80 dk.

İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak yarı iletkenlerin (diyot, transistör, entegre vb.) üretim ve kullanım süreçlerinde oluşan çevresel etkileri araştırınız. Elde ettiğiniz bilgileri geri dönüşüm yöntemleriyle tablo hâline getiriniz. Çalışmanızı hazırlarken verilen değerlendirme ölçütlerini dikkate alınız.

İşlem Basamakları

1. Yarı iletken malzemelerin kullanım alanlarını araştırınız.
2. Üretim sürecinde çevreye verilen zararları belirleyiniz.
3. Elektronik atıkların doğaya etkilerini inceleyiniz.
4. Yarı iletkenlerin geri dönüşüm yöntemlerini araştırınız.
5. Elde ettiğiniz bilgileri tablo hâline getiriniz.
6. Grup içinde görev paylaşımı yaparak çalışmayı tamamlayınız.

Kontrol Listesi

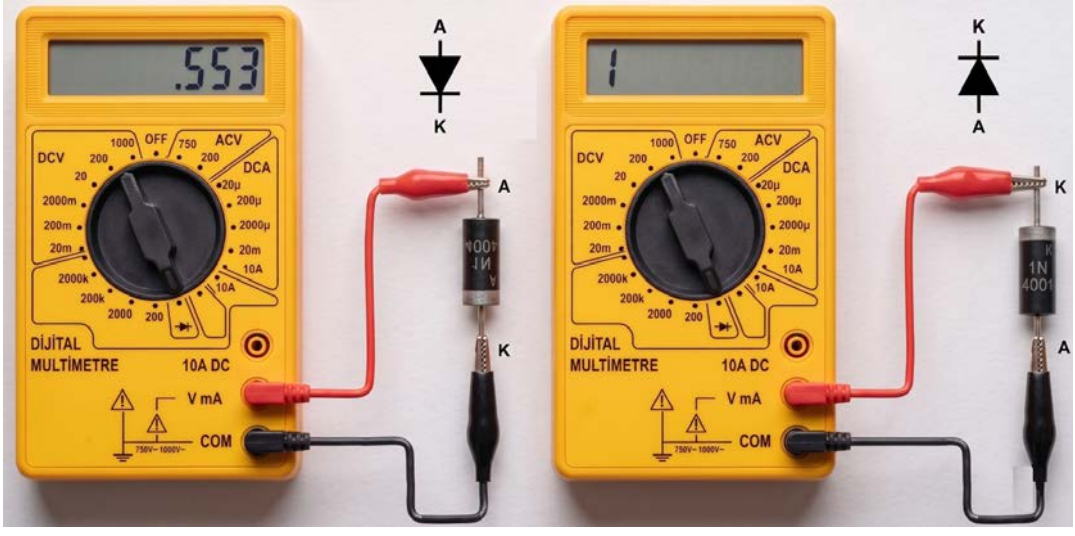
No.	Ölçütler	Evet	Hayır
1	Yarı iletkenlerin kullanım alanlarını araştırdı.		
2	Diyot, transistör ve entegre örneklerini inceledi.		
3	Yarı iletken üretiminin çevresel etkilerini araştırdı.		
4	Elektronik atıkların doğaya zararlarını açıkladı.		
5	Geri dönüşüm yöntemlerini araştırdı.		
6	Çevreyi korumaya yönelik önlemleri belirtti.		
7	Bilgileri tablo hâline getirdi.		
8	Tabloyu düzenli ve anlaşılır hazırladı.		
9	Grup içinde görev paylaşımı yaptı.		
10	Çalışma süresini etkin kullandı.		

7.1. UYGULAMA

Adı	DİYOTLARIN SAĞLAMLIK TESTİ VE AYAKLARININ TESPİTİ
Süresi	40 dakika

Amaç: Diyotların sağlamlık kontrollerini yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 7.51'de gösterilen şekilde diyot sağlamlık kontrolü ve ayaklarının tespiti uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 7.51: Multimetre ile diyot ölçümü

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Kristal diyot	1N4001 ve 1N4007	2 adet
Zener diyot	4,7 V veya benzeri	1 adet
LED diyot	Kırmızı, yeşil ve mavi	3 adet
Multimetre	Dijital	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Multimetreyi diyot kademesine alınız ve diyodun uçlarını her iki yönde ölçünüz (Görsel 7.51).
3. Diyodun uçlarını tespit ediniz ve sağlamlık durumunu Tablo 7.3'e yazınız.
4. Aynı işlemi diğer diyotlar için de gerçekleştiriniz ve ölçüm sonuçlarını Tablo 7.3'e yazınız.
5. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 7.3: Diyotların Sağlamlık Kontrolü ve Ayaklarının Tespiti

Diyotlar	Sağlam / Arızalı	Katot pini
1N4001		
1N4007		
Zener		
Kırmızı LED		
Yeşil LED		
Mavi LED		

UYGULAMA SORULARI

1. Zener diyodun diğer diyotlardan farkı nedir?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Farklı renk LED diyotları ölçerken ekranda farklı değerler çıkmasını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

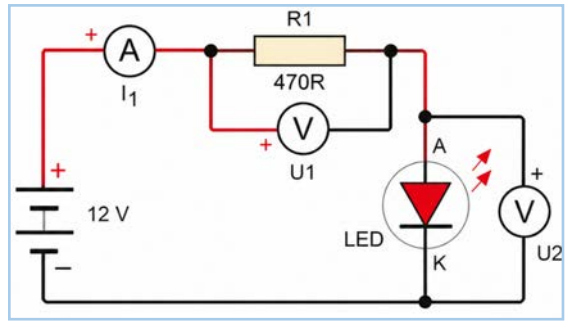
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

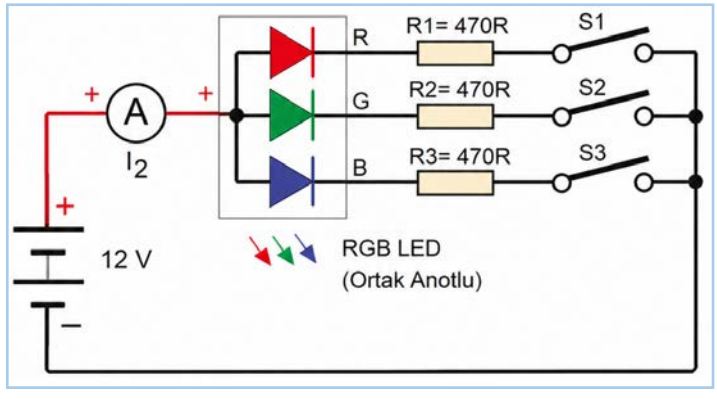
Adı	LED DİYOT UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: LED diyot bağlantılarını yaparak çalışmasını gözlemlemek

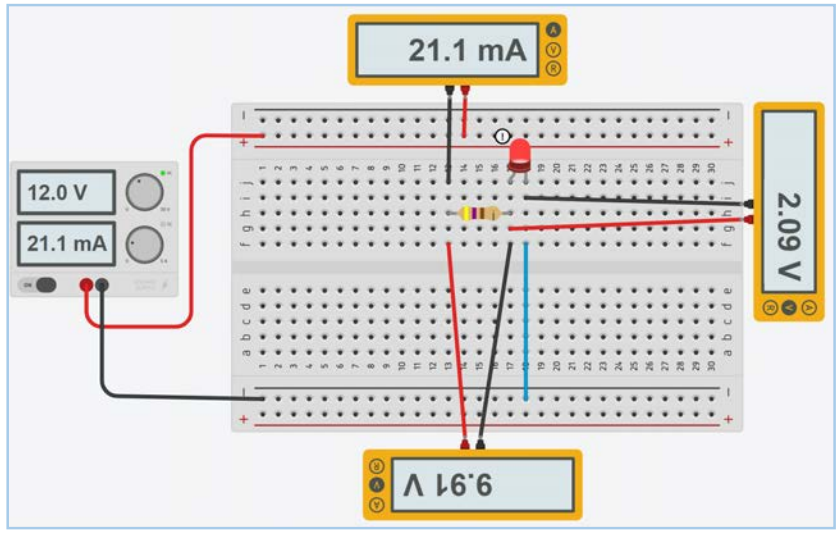
Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 7.52 ve 7.53'te verilen şemalara bakarak LED diyot uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 7.52: LED diyot devresi



Görsel 7.53: Üç renkli (RGB) LED diyot devresi



Görsel 7.54: Breadboard üzerine kurulmuş LED diyot devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Breadboard	Standart boy	1 adet
LED diyot	Kırmızı, mavi ve yeşil LED	3 adet
Direnç	470 Ω	3 adet
Anahtar	Dip Switch	3 adet
RGB LED diyot	Üç renkli LED (ortak anotlu)	1 adet
Multimetre		2 adet
Zil teli	0,5 mm^2	50 cm
DC güç kaynağı	12 V	1 adet
El aletleri	Kargaburnu, yan keski	2 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Görsel 7.52'deki devreyi kırmızı LED ile breadboard üzerine Görsel 7.54'teki gibi kurunuz ve çalıştırınız.
3. LED diyot üzerindeki gerilimi, devreden geçen akımı ölçünüz.
4. Ölçülen değerleri Tablo 7.4'e yazınız.
5. Enerjiyi keserek kırmızı LED yerine sırasıyla mavi ve yeşil LED'leri bağlayarak LED diyotlar üzerindeki gerilimi ve devreden geçen akımı ölçüp değerleri Tablo 7.4'e yazınız.
6. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri sökünüz.
7. Görsel 7.53'teki devreyi breadboard üzerinde kurunuz.
8. Tablo 7.5'te verilen anahtar durumlarına göre devreyi çalıştırınız.
9. LED renk durumunu ve bu anda devreden geçen akımı ölçerek ölçülen akım değerlerini Tablo 7.5'e yazınız.

Tablo 7.4: LED Ölçüm Sonuçları

LED Renkleri	I_1 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)
Kırmızı			
Mavi			
Yeşil			

Tablo 7.5: RGB LED Ölçüm Sonuçları

S1 Anahtarı	S2 Anahtarı	S3 Anahtarı	RGB LED	I_2 (mA)
Açık	Açık	Açık		
Açık	Açık	Kapalı		
Açık	Kapalı	Açık		
Açık	Kapalı	Kapalı		
Kapalı	Açık	Açık		
Kapalı	Açık	Kapalı		
Kapalı	Kapalı	Açık		
Kapalı	Kapalı	Kapalı		

UYGULAMA SORULARI

1. LED'lerin renklerine göre çalışma gerilimlerini belirtiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. RGB LED'lerde her renkte eşit parlaklık elde etmek için ne yapılmalıdır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

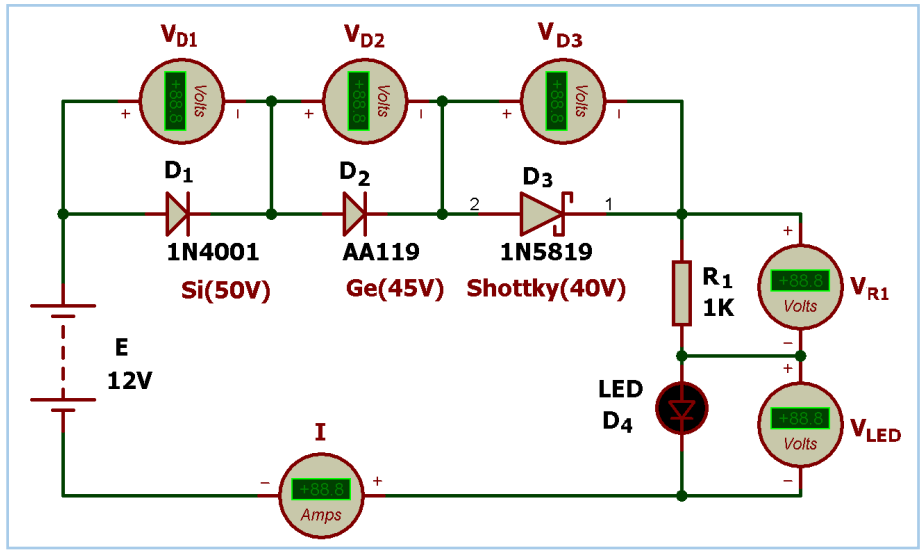
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

Adı	DİYOTLARIN SERİ BAĞLANTILARININ YAPILMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Diyotların seri bağlantılarını yaparak çalışmasını gözlemlemek

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 7.55'te verilen diyotların seri bağlantısı uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 7.55: Diyotların seri bağlantı uygulaması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Silisyum diyot	1N4001	1 adet
Germanyum diyot	AA119 veya benzeri	1 adet
Shottky diyot	1N5819 veya benzeri	1 adet
LED diyot	Kırmızı	1 adet
Direnç	1 KΩ	1 adet
Multimetre		2 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Görsel 7.55'teki devreyi diyot yönlerine dikkat ederek breadbord üzerine kurunuz. Güç kaynağını 12 V'a ayarlayarak devreye enerji veriniz.
3. Multimetreyi uygun DC gerilim kademesine ayarlayınız.

4. Sırayla V_{D1}, V_{D2}, V_{D3}, V_{R1} ve V_{LED} gerilimlerini ölçerek Tablo 7.6'ya kaydediniz. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri sökünüz.
5. Ölçü aletini uygun DC miliamper kademesine alınız ve devre akımını ölçerek Tablo 7.6'ya kaydediniz.
6. Güç kaynağını 15 V'a ayarlayarak devreye enerji veriniz. 3, 4 ve 5. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 7.6: Seri Bağlı Diyotlar Devresinin Ölçme Sonuçları

E1 (Volt)	V_{D1} (Volt)	V_{D1} (Volt)	V_{D2} (Volt)	V_{D3} (Volt)	V_{R1} (Volt)	V_{LED} (Volt)	I (mA)
12 V							
15 V							

UYGULAMA SORULARI

1. Devrede D_1 1N4001 diyodu ters bağlanırsa devre nasıl çalışır?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Görsel 7.55'teki devreye ters olarak en fazla kaç volt uygulanabilir?

.....
.....
.....
.....
.....

3. Doğru polarmada diyotlar üzerindeki farklı gerilim değerlerinin sebepleri nedir?

.....
.....
.....
.....
.....

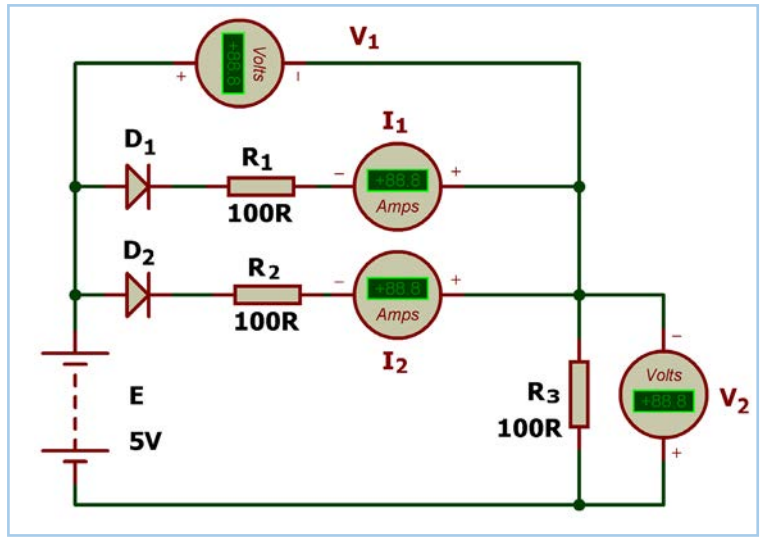
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

7.4. UYGULAMA

Adı	DİYOTLARIN PARALEL BAĞLANTILARININ YAPILMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Diyotların paralel bağlantılarını yaparak çalışmasını gözlemlemek

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 7.56'da verilen diyotların paralel bağlantısı uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 7.56: Diyotların paralel bağlantı uygulaması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Silisyum diyot	1N4001	2 adet
Shottky diyot	1N5819 veya benzeri	2 adet
Direnç	100 Ω / 1 W	3 adet
Multimetre		2 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Görsel 7.56'daki devreyi D_1 ve D_2 diyotlarını 1N4001 ile breadbord üzerine kurunuz.
3. Güç kaynağını 5 V'a ayarlayarak devreye enerji veriniz.
4. Multimetreyi uygun DC gerilim kademesine ayarlayınız.
5. Sırayla V_1, V_2 gerilimlerini ölçerek Tablo 7.7'ye kaydediniz.
6. Ölçü aletini uygun DC miliamper kademesine alınız ve I_1, I_2 akımlarını ölçerek Tablo 7.7'ye kaydediniz. $\mathbf{I = I_1 + I_2}$ formülü ile toplam akımı hesaplayarak Tablo 7.7'ye kaydediniz.

7. Güç kaynağını 10 V'a ayarlayarak devreye enerji veriniz. 3, 4, 5 ve 6. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
8. D_1 ve D_2 diyotlarını 1N5819 ile değiştiriniz. 3, 4 ve 5. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
9. D_1 = 1N4001 ve D_2 = 1N5819 olacak şekilde devreyi yeniden düzenleyiniz. 3, 4 ve 5. işlem basamaklarını tekrarlayınız.
10. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 7.7: Paralel Bağlı Diyotlar Devresinin Ölçme Sonuçları

Diyot Tipi	E = 5 V				E = 10 V			
	V1 (Volt)	V2 (Volt)	I1 (mA)	I2 (mA)	V1 (Volt)	V2 (Volt)	I1 (mA)	I2 (mA)
D_1 = 1N4001 D_2 = 1N4001								
D_1 = 1N5819 D_2 = 1N5819								
D_1 = 1N4001 D_2 = 1N5819								

UYGULAMA SORULARI

1. Diyotların paralel bağlanması hangi amaçla kullanılabilir?

.....
.....
.....
.....
.....

2. Farklı diyotların paralel bağlanmasında ne tür sakıncalar olabilir?

.....
.....
.....
.....
.....

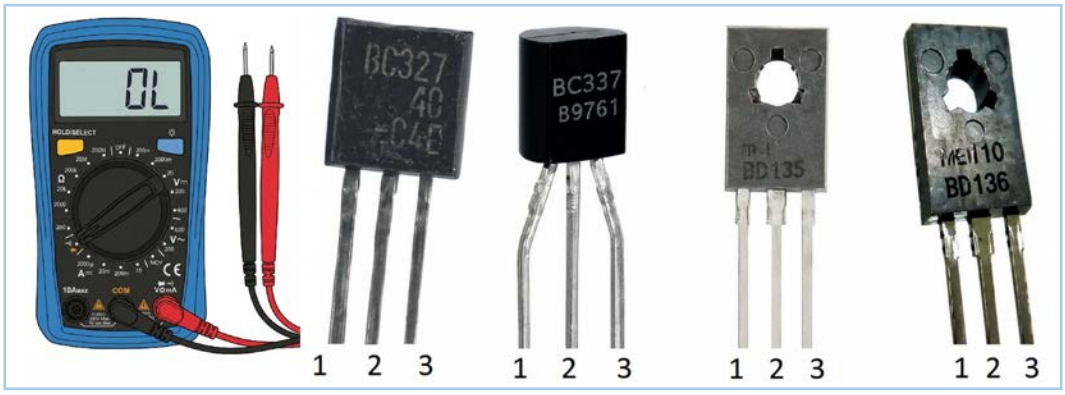
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

7.5. UYGULAMA

Adı	TRANSİSTÖRÜN SAĞLAMLIK TESTİ VE AYAKLARININ TESPİTİ
Süresi	40 dakika

Amaç: BJT transistörlerin tipini ve ayaklarını bulmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 7.57'de gösterilen transistörlerin sağlamlık testi ve ayaklarının tespitini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 7.57: Test edilecek transistörler

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Transistör	BC327, BC337, BD135, BD136	4 adet
Multimetre		1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Multimetreyi diyot test moduna alınız ve probları siyah → COM, kırmızı → VΩ olacak şekilde takınız.
3. Transistörün bacaklarını Görsel 7.57'deki gibi 1, 2, 3 olarak numaralandırınız.
4. Tablo 7.8'de verilen sıraya göre probları ilgili pinlere bağlayınız. Ölçüm sonuçlarını Tablo 7.8'e kaydediniz. Muhtemel ölçüm değerleri açık devre (0L), kısa devre (0) veya 0,7 V olacaktır.
5. Ölçümlerde 0,6-0,7 V çıkan bağlantıları belirleyiniz (iletim olanlar).
6. Aynı pinin, diğer iki pine karşı iletim verdiği pini beyz olarak belirleyiniz.
7. İletim kırmızı prob beyzdeyken oluyorsa transistör tipini NPN olarak belirleyiniz.
8. İletim siyah prob beyzdeyken oluyorsa transistör tipini PNP olarak belirleyiniz.
9. Beyz ile ölçülen iki değeri karşılaştırınız. Sayısal olarak küçük değer gösteren pini kollektör, büyük değer gösteren pini emiter olarak belirleyerek Tablo 7.8'e kaydediniz.
10. Son olarak Kollektör-Emiter arasında (beyz boşta iken) iletim olup olmadığını kontrol ediniz. İletim yoksa ve diğer ölçümler de normalse transistör durumunu sağlam olarak belirleyiniz. Tüm yönlerde veya ölçümlerin hiç birinde iletim yoksa transistör durumunu arızalı olarak kaydediniz.
11. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

Tablo 7.8: Transistör Ölçüm Sonuçları

Kırmızı prob→pin no.	Siyah prob→pin no.	BC327	BC337	BD135	BD136
1	2				
1	3				
2	3				
2	1				
3	1				
3	2				
Transistör tipi					
Ayak tespiti		1 =	1 =	1 =	1 =
		2 =	2 =	2 =	2 =
		3 =	3 =	3 =	3 =

UYGULAMA SORULARI

1. Transistörün tipi nasıl belirlenir? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

2. NPN transistörün sağlamlık testinin nasıl yapıldığını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

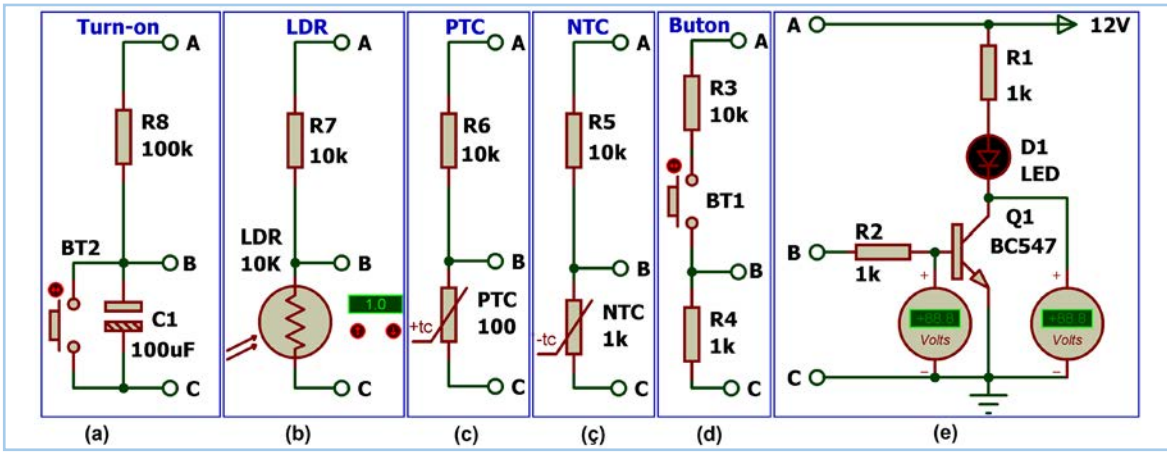
Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

7.6. UYGULAMA

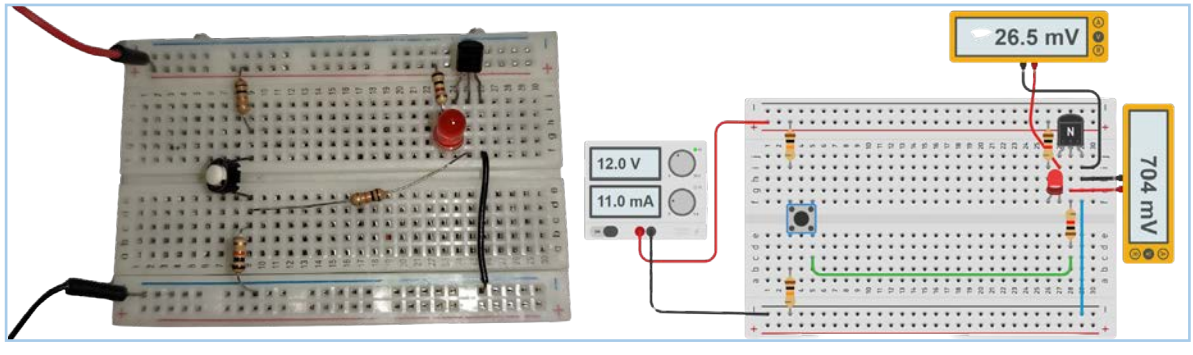
Adı	TRANSİSTÖRÜN ANAHTAR OLARAK KULLANILMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: Transistörü kesim ve doyumda çalıştırarak anahtarlama özelliğini kullanmak

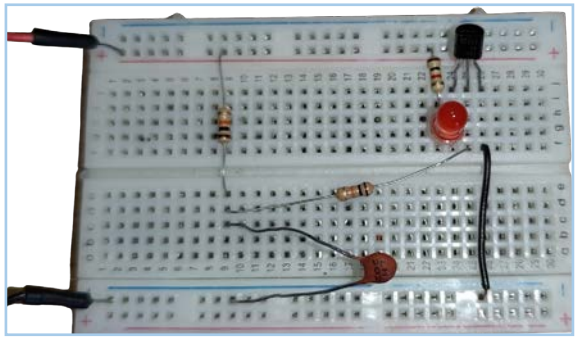
Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 7.58'de gösterilen transistörün anahtar olarak kullanılması uygulamalarını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



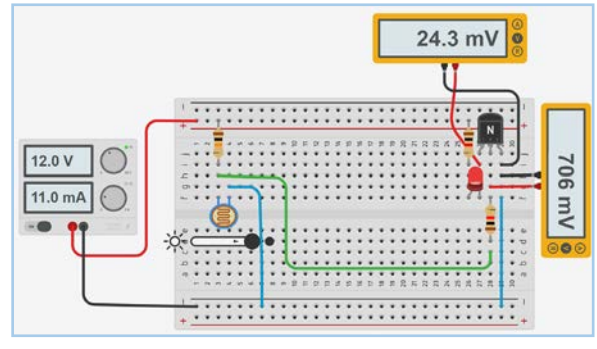
Görsel 7.58: Transistörün anahtar olarak kullanılması



Görsel 7.59: Transistörün butonla çalıştırılması



Görsel 7.60: Transistörün NTC ile çalıştırılması



Görsel 7.61: Transistörün LDR ile çalıştırılması

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Breadboard	Standart boy	1 adet
Multimetre	Dijital	1 adet
Güç kaynağı	12 V veya laboratuvar tipi ayarlı	1 adet
Transistör	BC547 veya benzeri NPN transistör	1 adet
Dirençler	1 KΩ (3), 10 KΩ, 100KΩ	1 adet
LED	Kırmızı	1 adet
Buton	2 veya 4 pin buton	1 adet
NTC	1K 2 mm NTC	1 adet
PTC	82R	1 adet
LDR	5 mm 10K	1 adet
Kondansatör	100 uF / 25 V elektrolitik	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Breadboard üzerine Görsel 7.58 (e)'de verilen şemadaki ana devreyi ve (d)'deki buton devresini Görsel 7.59'daki gibi kurunuz. Ana devrede A yazan pin (d)'deki buton devresinde A pini ile bağlanacaktır. Aynı şekilde B- B'ye, C-C'ye bağlanmalıdır.
3. Multimetreyi DC volt kademesine alarak V_{BE} ve V_{CE} gerilimlerini önce buton basılı değilken ölçünüz ve Tablo 7.9'a kaydediniz. Buton basılıyken aynı gerilimleri tekrar ölçerek Tablo 7.9'a kaydediniz. Aynı zamanda LED'in durumunu da kaydediniz.
4. Güç kaynağını kapatınız ve breadboard üzerindeki ana devreyi bozmadan butonlu devreyi söküp yerine Görsel 7.58 (ç)'deki devreyi ekleyiniz. Kurulan devre Görsel 7.60'taki gibi olacaktır. Enerjiyi keserek kırmızı LED yerine sırasıyla mavi ve yeşil LED'leri bağlayarak LED diyotlar üzerindeki gerilimi ve devreden geçen akımı ölçüp değerleri Tablo 7.4'e yazınız.
5. NTC normal oda sıcaklığındayken LED'in durumunu gözlemleyiniz. NTC'yi ısıtarak LED'in durumunu gözlemleyiniz. Gözlem sonuçlarınızı Tablo 7.10'a kaydediniz. Görsel 7.53'teki devreyi breadboard üzerinde kurunuz.
6. Güç kaynağını kapatınız ve breadboard üzerindeki ana devreyi bozmadan NTC'yi söküp yerine Görsel 7.58 (c)'deki gibi PTC'yi takınız.
7. PTC normal oda sıcaklığındayken LED'in durumunu gözlemleyiniz. PTC'yi ısıtarak LED'in durumunu tekrar gözlemleyiniz. Gözlem sonuçlarınızı Tablo 7.10'a kaydediniz.
8. Güç kaynağını kapatınız ve breadboard üzerindeki ana devreyi bozmadan NTC'yi söküp yerine Görsel 7.58 (b)'deki gibi LDR'yi takınız. Görsel 7.61'deki örnek kurulumu da rehber edinebilirsiniz.
9. LDR karanlıktayken LED'in durumunu gözlemleyiniz. LDR üzerine ışık tutarak LED'in durumunu tekrar gözlemleyiniz. Gözlem sonuçlarınızı Tablo 7.10'a kaydediniz.

10. Güç kaynağını kapatınız ve breadboard üzerindeki ana devreyi bozmadan LDR'li devreyi söküp yerine Görsel 7.58 (a)'daki devreyi kurunuz.

11. Buton basılı değilken LED'in durumunu gözlemleyiniz. Butona kısa süreli basıp bırakınız ve LED'in durumunu gözlemleyiniz.

Tablo 7.9: Transistör Buton Ölçüm Sonuçları

Buton Durumu	V_{CE}	V_{BE}	LED'in Durumu
Basılı değil			
Basılı			

Tablo 7.10: Transistör NTC-PTC-LDR Gözlem Sonuçları

Sensör Durumu		LED'in Durumu
NTC	Soğuk	
	Sıcak	
PTC	Soğuk	
	Sıcak	
LDR	Karanlık	
	Aydınlık	

UYGULAMA SORULARI

1. NTC ve PTC ile transistörün anahtarlanması nerelerde kullanılabilir?

.....

.....

.....

.....

2. LDR ve Turn-on devresi nerelerde kullanılabilir?

.....

.....

.....

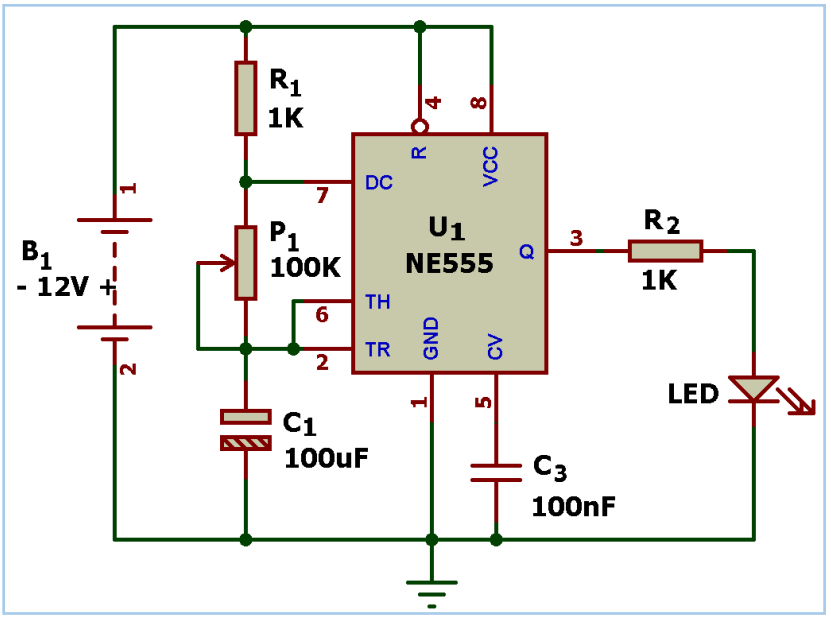
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

Adı	NE 555 ENTEGRESİ İLE OSİLATÖR UYGULAMASI
Süresi	40 dakika

Amaç: NE555 entegre bacaklarını doğru bağlayıp devre kurmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak Görsel 7.62'de verilen NE555 ile osilatör uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 7.62: NE555 ile kare dalga osilatör devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Breadboard	Standart boy	1 adet
LED	Kırmızı	1 adet
Direnç	1 KΩ	2 adet
Potansiyometre	100 KΩ	1 adet
Kondansatör	100 uF / 25 V	1 adet
DC güç kaynağı	12 V	1 adet
Bağlantı kablosu	0,5 mm tek damar	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, takım çantası vb.	-

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli araç gereci hazırlayınız.
2. Görsel 7.62'deki devreyi şemaya göre breadboard üzerine kurunuz.
3. Güç kaynağı gerilimini 12 V'a ayarlayınız. Daha sonra güç kaynağını devreye bağlayınız.
4. P1 pot değerini yavaş yavaş yükseltip azaltarak LED diyodun ışık verme durumunu inceleyiniz.
5. Güç kaynağının bağlantısını ayırınız ve 5 V'a ayarlayarak devreye tekrar bağlayınız. LED yanma hızında ve parlaklığında değişim olup olmadığını gözlemleyiniz.
6. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri sökünüz. Kullanılmayan cihazların enerjisini keserek tasarruf sağlayınız.

UYGULAMA SORULARI

1. LED diyot üzerindeki gerilim hangi sinyale uygundur? Gerekçesiyle açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

2. P1 potu 3 no.lu çıkıştaki gerilimin seviyesini etkileyip etkilemediğini gerekçesiyle açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

3. LED'in yanıp sönme hızını devredeki hangi elemanlar belirler?

.....

.....

.....

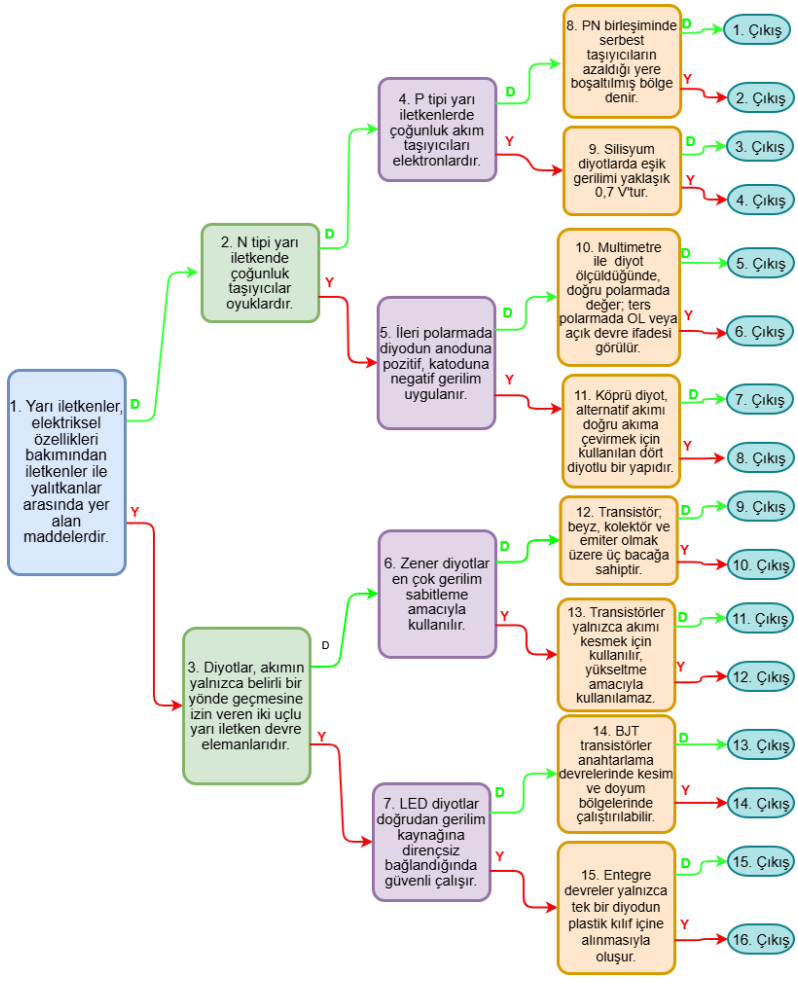
.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

No.	Kavram / İfade	No	Kavram / İfade
1	Katkılama	12	Zener diyot
2	N tipi yarı iletken	13	LED diyot
3	P tipi yarı iletken	14	Op-amp
4	Elektron	15	TTL
5	Oyuk	16	Kesim bölgesi
6	PN birleşimi	17	Doyum bölgesi
7	Boşaltılmış bölge	18	Aktif bölge
8	CMOS	19	İleri polarma
9	Ters polarma	20	Anot
10	Katot	21	Beyz
11	Kollektör	22	Emiter

1. Yarı iletken yapısı ve PN birleşimi ile ilişkili kavramlar hangileridir?

Cevap: ……

2. Diyotların çalışma prensibi ile ilgili kavramlar hangileridir?

Cevap: ……

3. Özel diyot türleri ile ilgili kavramlar hangileridir?

Cevap: ……

4. Transistörün yapısı ve çalışma bölgeleri ile ilgili kavramlar hangileridir?

Cevap: ……

5. Entegre devreler ile ilgili kavramlar hangileridir?

Cevap: ……

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi yarı iletken maddeye örnektir?

A) Silisyum B) Cam C) Bakır D) Plastik E) Su

7. Bir silisyum diyot doğru polarmada 0,7 V eşik gerilimi aşıldıktan sonra iletime geçmektedir.

Aşağıdakilerden hangisi bu durumun temel sebebidir?

A) Diyodun iç direncinin sonsuz olması
B) Boşaltılmış bölgedeki taşıyıcıların tamamen yok olması
C) PN birleşimindeki potansiyel engelin aşılması
D) Ters doyum akımının artması
E) Elektronların tamamen serbest kalması

8. Aynı özelliklere sahip iki diyot paralel bağlanmıştır. Ancak devrede diyotlardan biri diğerine göre daha fazla akım çekmektedir.

Bu durumun <u>en olası</u> nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

A) Diyotların ters polarmada çalıştırılması
B) Diyotların iç dirençlerinin ve VF değerlerinin tam eşit olmaması
C) Devredeki toplam gerilimin düşük olması
D) Paralel bağlantının sadece AC devrelerde çalışması
E) Diyotların anotlarının ters bağlanması

9. Bir NPN transistör, anahtarlama devresinde kullanılmaktadır.

Buna göre transistörün kesim bölgesinde kalması için aşağıdakilerden hangisi sağlanmalıdır?

A) VCE ≈ 0 V olmalıdır.
B) IB maksimum olmalıdır.
C) Kollektör akımı maksimum olmalıdır.
D) Beyz akımı sıfıra yakın olmalıdır.
E) Beyz-emiter arası doğru polarmalanmalıdır.

10. Bir transistörde β (beta) değeri 80'dir. Beyz akımı 0,2 mA olduğuna göre kollektör akımı yaklaşık kaç mA olur?

A) 4 B) 8 C) 16 D) 20 E) 80

8. ÖĞRENME BİRİMİ

NİTELİKLİ BASKI DEVRE



KONULAR

8.1. LEHİM TELİ SEÇİMİ

8.2. HAVYA ÇEŞİTLERİ VE HAVYA UÇLARI

8.3. LEHİMLEME İŞLEMİ

8.4. BASKI DEVRE ÇIKARMA

ANAHTAR KAVRAMLAR

- bakır plaket
- baskı devre
- DIP
- havya
- havya standı
- komponent
- lehim
- lehimleme
- PCB
- SMD

BEKLENTİLER

Bu öğrenme biriminde sizden

- lehim çeşitlerini bilmeniz
- havya çeşitlerini bilmeniz
- DIP ve SMD komponentleri tanımanız
- DIP ve SMD komponentleri lehimlemeniz ve sökmeniz
- açık devre şemasından baskı devresini çıkarmanız
- baskı devre kartını komponentler ölçüsünde delmeniz
- DIP ve SMD komponentli PCB kartın montajını yapmanız

beklenmektedir.

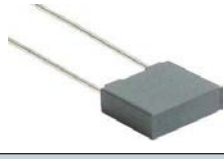
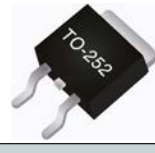
HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

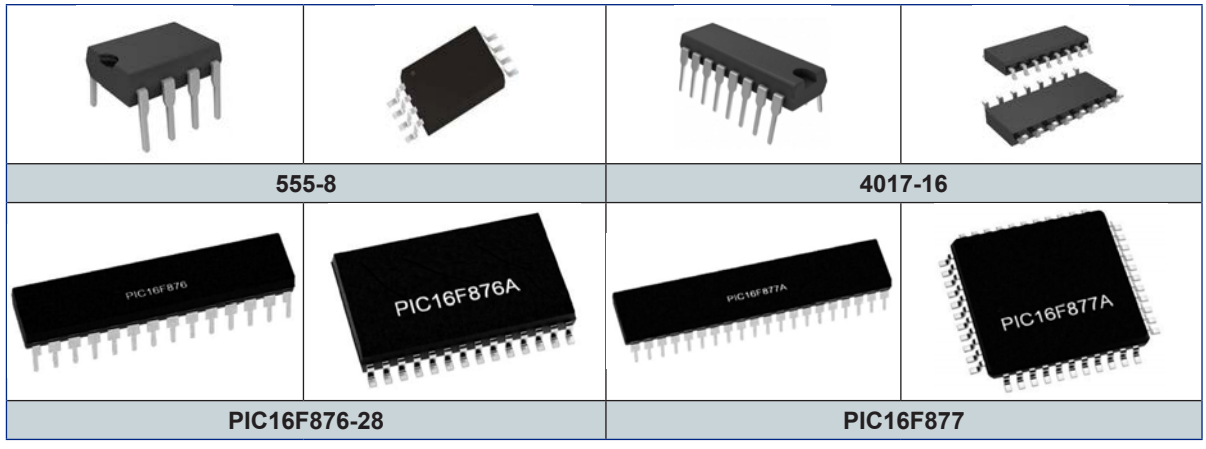
1. **Elektronik kartlar günlük hayatta sizce hangi cihazların içinde bulunur? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**
2. **Elektronik komponent dendiğinde aklınıza hangi komponentler gelir? Bu komponentler sektörde hangi amaçla kullanılmaktadır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

8.1. LEHİM TELİ SEÇİMİ

Elektronik devreler; baskı devre kartı [Printed Circuit Board-PCB (pi-si-bi)] oluşturulup üzerine komponentlerin (malzemelerin) yerleştirilmesi ve lehimleme yöntemlerinden biri uygulanarak sabitlenmesiyle oluşur. Elektronik komponentler Dual Inline Package-**DIP** [dip (çift sıralı bacaklı entegre kılıfı)] / Through Hole-**TH** [ti-eyç (delik içi montaj)] ve Surface Mount Device-**SMD** [es-em-di (yüzey montajlı devre elemanı)] kılıf / paket yapısından oluşur (Tablo 8.1).

Tablo 8.1: DIP ve SMD Komponentlerin Bir Kısmının Kılıf / Paket Karşılaştırma Şekilleri

 	 
LED	**1N4007**
 	 
1N4148	**Schottky 3A**
 	 
Direnç	**Trimpot**
 	 
Mercimek Kondansatör	**Elektrolitik Kondansatör**
 	 
Bobin 3A	**BC Kılıfı BJT**
 	 
Mosfet	**7805**



Üretilen PCB karta göre komponentler ilgili kılıfa uygun olarak seçilir ve lehimlenir. Elektronik devrelerde; PCB üzerine yerleştirilen komponentleri ve bağlantı (konnektör) noktalarını veya iletkenleri birbirine tutturmak amacıyla metal alaşımlarından yapılmış tellere **lehim teli** denir. Ayrıca lehimleme işleminde lehim teli görevi gören krem lehimler de bulunur. Lehimleme işleminde genellikle DIP komponentler için lehim teli kullanılırken SMD komponentler için daha çok krem lehim kullanılır (Görsel 8.1).



Görsel 8.1: Lehim çeşitleri

8.1.1. Lehimleme İçin Kullanılan Sarf Malzemeleri

Lehimleme için kullanılan sarf malzemeler, işlem sırasında tüketilen ve bağlantının düzgün oluşmasını sağlayan yardımcı malzemelerdir. Bir başka ifadeyle lehimleme yapılırken kullanılan ve zamanla biten, yenilenen ürünlerdir.

Lehim Teli: En temel sarf malzemedir. Elektronik komponentleri birbirine bağlar. İçinde genelde flaks [Flux (akı)] bulunur. Sektörde kurşunlu lehim (Sn-Pb) ve kurşunsuz lehim (Sn-Ag-Cu) olarak çeşitleri bulunur (Görsel 8.1). Lehim telleri genellikle 0,5 mmφ -0,75 mmφ-1 mmφ-1,20 mmφ-1,60 mmφ çaplarında üretilir.

Flaks (Lehim Pastası / Akı): Lehim yüzeyinin temizlenmesini sağlar (Görsel 8.2). Oksitlenmeyi önler. Lehim akışını kolaylaştırır. Özellikle SMD lehimlemede çok kullanılır.



Görsel 8.2: Flaks çeşitleri

Lehim Temizleme Malzemeleri: Havya ucunu temizlemek için sünger veya tel temizleyici kullanılır. PCB üzerindeki flaks kalıntılarını temizlemek için fırça, izopropil alkol veya temizleme spreyleri kullanılır (Görsel 8.3).



Görsel 8.3: Havya ucu ve PCB temizleme malzemeleri

Yardımcı Sarf Malzemeler: Lehimleme işlemini kolaylaştıran, bağlantı kalitesini artıran ve kullanım sırasında tüketilen destek malzemeleridir. Bunlar; kapton bant (ısıya dayanıklı izolasyon), lehim pastası, ısıyla daralan makaron, PCB tutucu (third hand) ve termal macundur (Görsel 8.4).



Görsel 8.4: Lehimlemede kullanılan yardımcı sarf malzemeleri

8.1.2. Lehimleme İçin Gerekli Sarf Malzemelerinin Seçilmesi

Lehimleme işlemi için sarf malzemesi seçerken malzemenin özellikleri de büyük önem taşır. Doğru özelliklere sahip malzeme seçimi; sağlam, iletken ve uzun ömürlü lehim bağlantıları sağlar. Lehimleme sarf malzemelerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken temel özellikler şunlardır:

- Lehim teli seçiminde telin **ergime sıcaklığı** (Düşük olursa lehimleme kolay olur.), **akışkanlığı** (yüzeye iyi yayılmalı), **çapı** (işe uygun seçilmeli), **flaks içeriği** (İçinde flaks bulunan teller işlem kalitesini artırır.) ve **oksitlenme direncine** (Kaliteli lehim telinde oksitlenme az olmalıdır.) dikkat edilmelidir.
- Flaks seçiminde flaksın **temizleme özelliği** (oksitleri yüzeyden temizlemeli), **ıslatma kabiliyeti** (lehim yüzeye kolay yayılmalı), **kalıntı durumu** (temizlik gerektirip gerektirmediği), **iletkenliği** (kuruduktan sonra iletken olmamalı) ve **asidik yapısına** (devreye zarar vermeyecek seviyede olmalı) dikkat edilmelidir.
- Temizlik malzemelerinin seçiminde malzemenin **temizleme etkinliği** (flaks ve kirleri tamamen temizlemeli), **yalıtkan özelliği** (elektriksel risk oluşturmamalı), **hızlı buharlaşma** (izopropil alkol gibi kalıntı bırakmamalı) ve **aşındırmama durumlarına** (PCB yüzeyine zarar vermemeli) dikkat edilmelidir.
- Yardımcı sarf malzemelerini seçerken malzemenin **ısı dayanımı** (yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı olmalı), **yalıtım özelliği** (elektriksel izolasyon sağlamalı), **mekanik dayanımı** (kolay yırtılmamalı / deforme olmamalı) ve **kullanım kolaylığına** (pratik ve güvenli olmalı) dikkat edilmelidir.

8.2. HAVYA ÇEŞİTLERİ VE HAVYA UÇLARI

Bakır plaket üzerindeki elektronik devre elemanlarını, iletkenleri veya metalleri birbirine lehimlemede kullanılan ısıtıcıya **havya** denir. Havyalar, ortalama 160 °C~480 °C arasında ısı yayabilecek şekilde üretilebilir. Havyaların güçleri ise 10 ile 500 W arasında değişebilir (Tablo 8.2). Genellikle elektronik devre lehimlemelerinde 60 W ve altı havyalar kullanılmaktadır.

Tablo 8.2: Havyaların Gücüne Göre Kullanımı

Havya Gücü (W)	Genel Kullanım Alanları
15	SMD elektronik devre elemanları, ince hatlar
30	Standart (through hole) elektronik devre elemanları
40	Bacakları kalın elektronik devre elemanları, terminaller ve 1,2 mm'lik ve altındaki iletkenler
60	Baskı devre kartı üzerinde geniş yüzeylere monte edilmiş elektronik devre elemanları, bacakları kalın terminaller ve 1,2 mm üstü iletkenler

Lehimlemede havya önemli olduğu kadar havya ucu da önemlidir. Lehim yapılacak veya sökülecek elemanın ayak şekline, ayak kalınlığına, lehimleneceği veya sökületeceği yüzeye göre uygun havya ucu seçilmelidir.

8.2.1. Havya Çeşitleri

Havyalar; kullanım amacı, güç ve teknolojisine göre kalem havya, ısı ayarlı havya, tabanca havya ve gazlı havya olmak üzere dörde ayrılır.

Kalem Havya (Standart Havya): En yaygın kullanılan lehimleme aracıdır (Görsel 8.5). İnce, kalem şeklinde tasarlanmıştır ve elektrik enerjisini ısıya çevirerek lehim telini eritir. Elektronik devrelerde komponentleri PCB üzerinde lehimleme işlemiyle birleştirmek için kullanılır.



Görsel 8.5: Kalem havya örnekleri

Kalem havyanın çalışması için içinde bulunan rezistans (ısıtıcı) elektrikle ısıtılır. Bu ısı, metal havya ucuna iletilir. Uç, lehim telini eritir ve bağlantı oluşur. Genel olarak elektronik devre (PCB) lehimleme, okul ve eğitim uygulamaları, hobi projeleri (arduino vb.) ve küçük tamir işlerinde kullanılır.

Isı Ayarlı Havya (Sıcaklık Kontrollü): Ayarlı havya, sıcaklığı kullanıcı tarafından ayarlanabilen ve sabit tutulabilen gelişmiş bir lehimleme aracıdır. Klasik kalem havyalardan farkı, ısının kontrol edilebilir olmasıdır (Görsel 8.6).



Görsel 8.6: Isı ayarlı kalem havyalar

Isı ayarlı havyanın çalışması için içindeki ısıtıcı (rezistans) ucu ısıtılır. Üzerindeki ayar düğmesi veya dijital panelle sıcaklık değeri belirlenir. Elektronik kontrol sistemi, havyanın sıcaklığını ayarlanan değerde sabit tutar. Genel olarak hassas elektronik devrelerde (PCB), SMD lehimleme, entegre devre (IC) çalışmaları, profesyonel tamir ve servis işlerinde kullanılır.

Havya İstasyonu: Lehimleme işlemleri için kullanılan gelişmiş ve profesyonel bir sistemdir (Görsel 8.7). Bir kalem havyadan farklı olarak; güç ünitesi (kontrol kutusu) + havya + stant şeklinde bir bütün olarak çalışır.



Görsel 8.7: Havya istasyonu çeşitleri

Havya istasyonunun çalışması için güç ünitesi, havya ucunun sıcaklığını ayarlar ve sıcaklığı sabit tutar. Kullanıcı, panel üzerinden istediği sıcaklığı seçer. Sistem, sıcaklığı sürekli ölçerek dalgalanmayı önler. Genel olarak elektronik kart (PCB) üretimi ve tamiri, SMD lehimleme, teknik servisler ve profesyonel atölyelerde kullanılır.

Tabanca Havya: Tetik mekanizmasıyla çalışan ve çok hızlı ısınan yüksek güçlü bir lehimleme aracıdır. Görünümü tabancaya benzediği için bu isimle bilinir (Görsel 8.8).



Görsel 8.8: Tabanca havya örnekleri

Tabanca havyanın çalışabilmesi için tetiğe basılır ve cihaz anında ısınır. Uç kısmı çok kısa sürede yüksek sıcaklığa ulaşır. Tetik bırakıldığında cihaz soğumaya başlar. Genel olarak kalın kablo lehimleme, büyük metal yüzeyler, elektrik tesisat işleri ve otomotiv tamirinde kullanılır.

Gazlı (Butan) Havya: Elektrik yerine butan gazı ile çalışan taşınabilir bir lehimleme aracıdır (Görsel 8.9). İçindeki gaz yakılarak ısı üretilir ve bu ısı havya ucuna iletilir.



Görsel 8.9: Gazlı havya seti

Gazlı havyanın çalışması için iç hazneye butan gazı doldurulur. Çakmak benzeri sistemle gaz ateşlenir. Oluşan alev, ucu ısıtır ve lehimleme yapılır. Genel olarak elektrik olmayan ortamlarda, saha çalışmaları (tamir, bakım), açık alan uygulamaları ve acil müdahale işleri için kullanılır.

Sıcak Hava (Hot Air) İstasyonu: Lehimleme ve özellikle lehim sökme işlemlerinde sıcak hava üfleyerek çalışan profesyonel bir cihazdır (Görsel 8.10). Klasik havyadan farkı, tek noktaya değil geniş bir alana ısı uygulamasıdır.



Görsel 8.10: Sıcak hava istasyonu örnekleri

Sıcak hava istasyonunun çalışabilmesi için cihaz içindeki rezistansın havayı ısıtması gerekir. Fan veya kompresörle bu sıcak hava **nozul (uç)** üzerinden üflenir. Lehimler ısınır ve erir. Böylece parçalar kolayca sökülür veya takılır. Genel olarak SMD (yüzey montaj) elemanların sökülmesi, entegre devre (IC) değişimi, PCB tamiri, telefon, laptop, elektronik kart onarımında kullanılır.

8.2.2. Havya Ucu Çeşitleri

Kalem havya uçları, farklı lehimleme ihtiyaçlarına uygun olarak çeşitli formlarda üretilir. Doğru havya ucu seçimi hem işlevsellik hem de işlemlerin kalitesi açısından büyük önem taşır. Görsel 8.11'de havya uçlarının çeşitleri yer almaktadır.



Görsel 8.11: Kalem havya ucu çeşitleri

Konik Uç: Hassas lehimleme işlemleri için uygundur. Küçük alanlarda yüksek kontrol sağlar. Özellikle mikro devreler ve küçük komponentlerle (SMD) çalışırken tercih edilir (Görsel 8.11.a).

Düz Uç: Daha geniş alanlarda lehim yapmak için tasarlanmıştır. Bileşenlerin lehim sökme işlemlerinde de sıklıkla kullanılır. Kablo lehimleme, genel elektronik birleştirme ve geniş padlere sahip bileşenlerin lehimlenmesi için tercih edilir (Görsel 8.11.b).

Eğik Uç: Büyük miktarda lehimi tutabildiği için çoklu pin lehimlemede ve bileşeni sökme (kalaylama) işleminde kullanılır. Kabloların ve tellerin lehimlenmesinde idealdir. Bu uçlar, bileşeni sabit tutarken ısı iletimini optimize eder (Görsel 8.11.c).

Bıçak Uç: Lehim fazlalıklarının temizlenmesi veya devreden sökülmesi gereken bileşenlerle çalışırken kullanılır. Geniş yüzeylerde tercih edilir (Görsel 8.11.ç).

SIRA SİZDE

Tablo 8.3'te sol bölümde verilen lehimleme malzemelerinin isimlerini ilgili numaraların karşısına yazınız.

Tablo 8.3: Lehimleme Malzemeleri

	1. 2. 3. 4. 5. 6.

8.2.3. İş Özelliğine ve Kalite Unsurlarına Göre Lehimleme Seçimi

Yapılacak elektronik işin tipine, hassasiyetine ve istenen kalite seviyesine göre en uygun lehimleme yönteminin, ekipmanın ve malzemenin belirlenmesi sürecidir. En doğru lehimleme yöntemini seçerken şu sorulara cevap verilerek seçim yapılmalıdır:

- Hangi işi yapıyorum?
- Yaptığım iş ne kadar kaliteli olmalı?
- Yaptığım işe hangi yöntem ve ekipman uygun?

Tablo 8.4'te işin yapısına göre lehimleme yöntemi ve Tablo 8.5'te kaliteli bir lehimleme için dikkate alınacak ölçütler yer almaktadır.

Tablo 8.4: İşin Yapısına Göre Lehimleme Yöntemi

Komponent Türüne Göre	SMD	Sıcak hava, reflow lehimleme
	DIP	Manuel lehimleme veya dalga lehimleme
Parça Boyutu ve Hassasiyet	Çok küçük ve hassas parçalar	Sivri (konik) havya ucu + düşük sıcaklık
	Büyük pad / kablo	Keski (düz) havya ucu + daha yüksek ısı
Üretim Türü	Tekli / tamir işi	Manuel lehimleme
	Seri üretim	Dalga lehimleme / reflow sistemi

Tablo 8.5: Kaliteli Bir Lehimlemede Dikkat Edilecek Ölçütler

Mekanik Dayanım	Lehim sağlam ve kopmaya karşı dirençli olmalıdır.
	Uygun lehim alaşımı ve doğru ısı seçilmelidir.
Elektriksel İletkenlik	Lehim yüzeyi düzgün ve boşluksuz olmalıdır.
	Soğuk lehim oluşmamalıdır.
Görsel Kalite	Parlak ve pürüzsüz yüzey olmalıdır.
	Taşma, köprüleme (kısa devre) olmamalıdır.
Isı Kontrolü	Aşırı ısıda komponent zarar görür.
	Düşük ısıda lehim tutmaz.

8.2.4. Havya Uçlarının Kullanım Yerlerine Göre Seçilmesi

Havya ucu seçimi; yapılacak lehimleme işinin büyüklüğü, hassasiyeti ve ısı ihtiyacına göre yapılır. Doğru uç seçimi hem iş kalitesini artırır hem de komponentlere zarar verilmesini önler.

Genellikle küçük işlerde ince konik havya ucu, büyük yüzeylerde geniş havya ucu (keski/bıçak) ve erişimi zor olan yerlerde kavisli havya ucu kullanılır.

8.2.5. Havya Ucunun Bakım ve Değişimi

Kalem havya uçları havya gövdesine bir vida veya somun yardımıyla tutturulmuştur. Havya ucu değiştirilmesi veya havya ucunun kısaltılıp uzatılması (vidalı tip) için bu somunun veya vidanın gevşetilmesi gerekir (Görsel 8.12).



Görsel 8.12: Kalem havya uçlarından değiştirilmesi

Kalem havya veya ucu ilk kez kullanılacaksa kalem havya ısıtıldıktan sonra havya ucu üzerinde bulunabilecek boya veya kimyasalların yanması için yaklaşık on dakika beklenmeli daha sonra lehim teli ve pasta yardımıyla havya ucu alıştırılmalıdır. Son olarak havya ucu nemli bez, ıslak sünger veya metal talaşı ile temizlenmelidir. Havya yüksek sıcaklıkta çalıştığı için çevreye ve çalışanlara zarar vermemesi ve iş güvenliği açısından havya standı dışında bir yere bırakılmamalıdır (Görsel 8.13).



Görsel 8.13: Kalem havya stantları

SIRA SİZDE

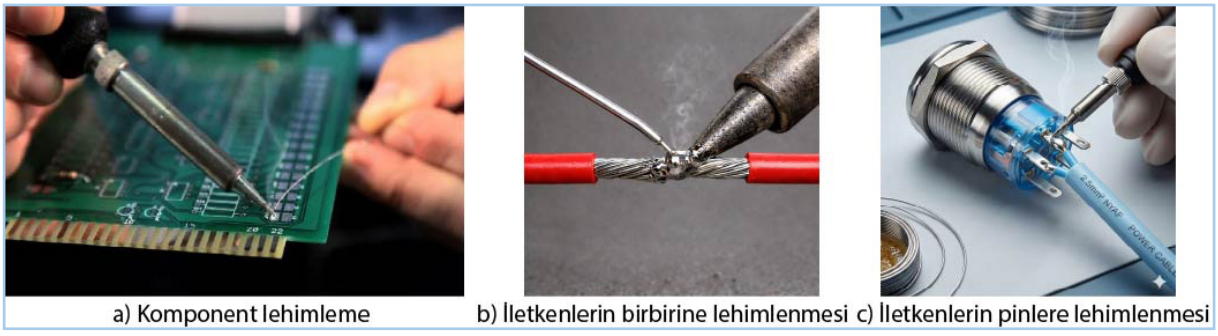
8 bacaklı SMD entegre, sıcak hava ve 240 °C'lik kalem havya desteğiyle devre kartı üzerine lehimlenecektir. Lehimin sadece SMD entegrenin bacağına ait pad üzerine sürülmesi istenmektedir. Buna göre kullanılacak uygun malzemelerin isimlerini ilgili satırlara yazınız.

Tablo 8.6: SMD Entegre Lehimleme İşleminde Kullanılacak Malzemeler

Havya Çeşitleri	
Havya Ucu	
Lehim	

8.3. LEHİMLEME İŞLEMİ

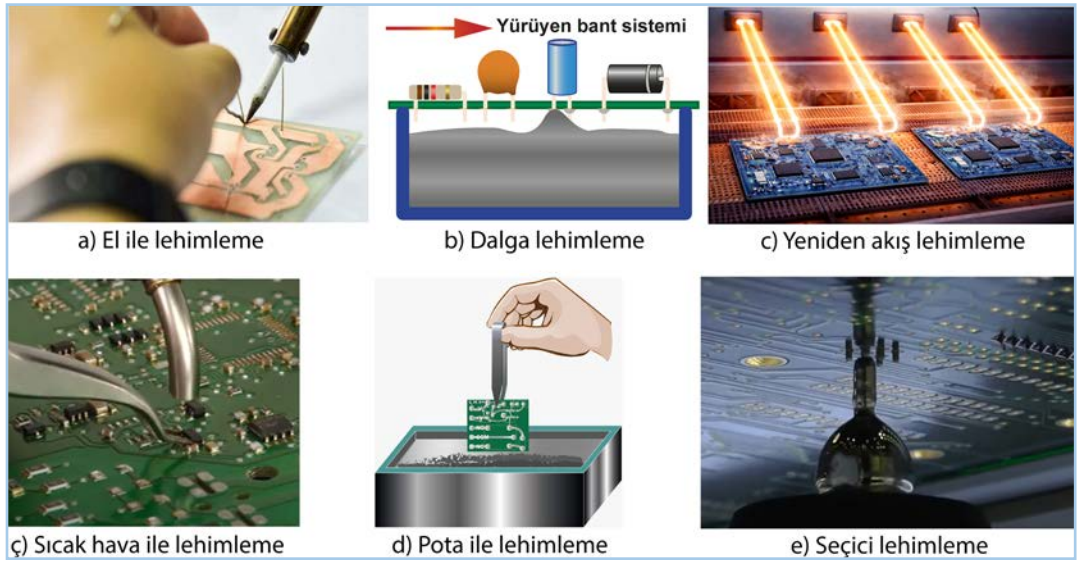
Metal yüzeylerin birbirine lehim teli ve havya kullanılarak ısı altında birleştirilme işine **lehimleme** denir. Elektrik elektronik alanında bakır plaket üzerine elektronik devre elemanının lehimlenmesi, iletken tellerin birbirine lehimlenmesi veya iletken tellerin konnektörlere lehimlemesi gibi lehimlemeler ile karşılaşılır (Görsel 8.14).



Görsel 8.14: Lehimleme çeşitleri

8.3.1. Lehimleme Yöntem, Teknik ve Evreleri

Lehimleme teknikleri, kullanılan yönteme ve üretim şekline göre farklılık gösterir. Görsel 8.15'te en yaygın lehimleme teknikleri yer almaktadır.



Görsel 8.15: Lehimleme teknikleri

El ile (Manuel) Lehimleme: Bir havya ve lehim teli kullanılarak elektronik komponentlerin devre kartına (PCB) insan eliyle tek tek lehimlenmesi işlemidir. Genellikle elektronik devre tamiri ve bakımında, prototip elektronik kart üretiminde, küçük ölçekli seri üretimlerde, eğitim ve atölye çalışmalarında kullanılır (Görsel 8.15.a).

Dalga Lehimleme (Wave Soldering): Dalga lehimleme makinesinin çalışması denizde yüzen kayığa benzetilebilir. Kayık denizde yüzerken kayığa dalgalar nasıl çarpıyorsa dalga lehim makinesinin lehim havuzunda komponentli PCB kartın bacaklı padlerine lehim dalgası vurdurularak / çarptırılarak lehimleme işlemi gerçekleştirilir. Genellikle DIP komponentli devrelerin seri üretiminde ve endüstriyel seri üretim hatlarında kullanılır (Görsel 8.15.b).

Yeniden Akış Lehimleme (Reflow Soldering): SMD (yüzey montaj) komponentlerin PCB'ye lehimlenmesinde kullanılır. Genel olarak işlem adımları şunlardır: PCB üzerindeki padlere krem

lehim sürülür. SMD komponentler krem lehim üzerine yerleştirilir. PCB fırına girer ve belirli bir ısı profiline göre ısıtılır. Krem lehim erir ve bağlantılar oluşur. Komponentli PCB kartı kontrollü şekilde soğutulur. Lehim katılaşır ve sağlam bağlantı oluşturulur. Bir başka ifadeyle krem lehimin fırında eritilerek bağlantı oluşturduğu otomatik bir lehimleme yöntemidir. Genellikle SMD komponentli PCB üretimi ve seri üretim hatlarında kullanılır (Görsel 8.15.c).

Sıcak Hava ile Lehimleme: Sıcak hava istasyonu kullanılarak lehimin eritilmesi ve özellikle SMD komponentlerin takılması veya sökülmesi işlemidir. Bu yöntemde havya yerine kontrollü sıcak hava akımı kullanılır. Genellikle SMD komponent lehimleme, sökme ve değiştirme işlemlerinde kullanılır (Görsel 8.15.ç).

Pota ile Lehimleme (Dip Soldering): Lehimlenecek kablo uçlarının veya DIP komponentli PCB'nin alt yüzeyinin eritilmiş lehim banyosuna kısa süreli daldırılmasıyla yapılan bir lehimleme yöntemidir. Bu sayede tüm lehim noktaları aynı anda ve hızlı şekilde lehimlenir. Genellikle DIP komponentli PCB kartların küçük ve orta ölçekli üretiminde kullanılır (Görsel 8.15.d).

Seçici Lehimleme (Selective Soldering): PCB üzerindeki sadece belirli lehim noktalarına otomatik olarak lehim uygulayan, özellikle SMD + DIP karışık komponentli kartlarda kullanılan hassas ve kontrollü bir lehimleme yöntemidir. Bir başka ifadeyle PCB kartındaki komponentlerin tamamı değil yalnızca istenen pinleri lehimleyen robot kontrollü bir sistemdir. Genellikle SMD + DIP komponentli hassas ve karışık PCB'lerde kullanılır (Görsel 8.15.e).

Lehimleme, belirli işlem adımları hâlinde yapılır. İhtiyaca göre tercih edilen lehimleme tekniklerine göre lehimleme aşamaları farklılık gösterse de temelde aynı mantıkta ilerler. Bunlar:

- Hazırlık aşaması (Yüzey Temizliği)
- Komponent yerleştirme
- Isıtma (Havya Teması)
- Lehim uygulama
- Soğuma
- Kontrol ve temizliktir.

8.3.2. Çeşitli Komponentlerin Lehimleme İşlemleri

Elektronik PCB kartın üzerine, tasarımı yapılan malzeme kılıflarına göre (DIP veya SMD) el yordamı ile lehimleme yapılarak ilgili elektronik kart üretilebilir.

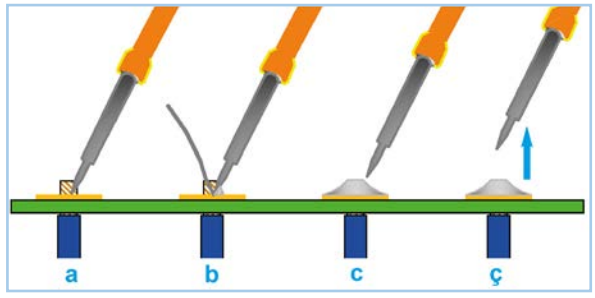
Başarılı bir lehimleme yapmak için dikkat edilmesi gereken birtakım kurallar vardır. Bu kurallar hem iş güvenliğini sağlamak adına hem de iyi bir lehimleme yapılması açısından büyük önem arz eder. Bu kurallar şunlardır:

- Lehimleme yapılacak yüzey ve eleman bacağı temiz olmalıdır. Çünkü yüzey ve eleman bacağı temiz olmadığında oluşturulacak bağlantıda sorunlar olabilir. Bu nedenle yüzeyde ve eleman bacaklarında oluşan pas ve kir, ince bir zımpara ile temizlenmelidir.
- Lehim teli kaliteli olmalıdır.
- Havya ucunun temiz olmasına dikkat edilmelidir.
- Havya çok fazla ısıtılmamalı, uygun sıcaklıkta kullanılmalıdır. Gereğinden fazla sıcaklık oluştuğu zaman kaliteli bir lehimleme işlemi gerçekleştirilemez. Lehimleme işlemi uzun sürer. Lehimlenecek bileşenler çok fazla ısıya maruz kalır.

Kaliteli yapılan lehimin yüzeyi parlak, temiz, kenarlara doğru dağılmış ve yukarıya doğru üçgen şeklindedir. Kaliteli lehimin aşamaları şunlardır:

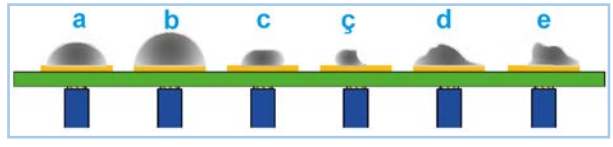
- Havya ucu lehimlenecek yüzeye ve komponentin bacağına değdirilir ve 2-3 sn. ısınması için beklenir (Görsel 8.16.a).
- Lehim teli, havya ucu ve lehimlenecek komponentin bacağının kesiştiği noktaya değdirilir (Görsel 8.16.b).

- Lehimin komponentin bacağı etrafında iyice dağılması beklenir ve lehim teli çekilir (Görsel 8.16.c).
- 1-2 sn. beklendikten sonra havya yukarı doğru kaldırılır (Görsel 8.16.ç).
- Kaliteli lehim yapma işlemi tamamlanmış olur.



Görsel 8.16: Kaliteli lehimin yapılma aşamaları ve lehimleme örnekleri

Lehim teli kalitesiz, fazla ya da az kullanılırsa veya elemanlar yeteri kadar ısınmadan havya ucu çekilecek olursa kalitesiz soğuk lehime sebep olur. Yine havya ısısı yeterli değilse havya sadece lehimlenecek devre elemanına veya yüzeye temas ediyorsa kalitesiz soğuk lehime sebep olur. Görsel 8.17.a ve Görsel 8.17.b'de çok fazla lehim teli kullanılan lehimleme örnekleri yer almaktadır. Görsel 8.17.c ve Görsel 8.17.ç'de kötü lehimleme (Yüzeye devre elemanı bacağına uygun lehimleme yapılmamıştır.) örnekleri yer almaktadır. Görsel 8.17.d ve Görsel 8.17.e'de soğuk lehimleme (Lehim üzerinde çatlaklar ve lehim uzantıları vardır.) örnekleri yer almaktadır.



Görsel 8.17: Kötü ve soğuk lehimleme örnekleri

DİKKAT

Lehimleme çalışmaları sırasında kullanılan flaks ve diğer kimyasalların ısı ile buharlaşması sonucunda açığa çıkan duman solunmamalıdır. Ortam havalandırılmalı veya duman çeken fan sistemi kullanılmalıdır (Görsel 8.18). Havya lehim teli eritebilecek kadar ısındığı için muhakkak plastik veya tahta sapından tutulmalıdır. Metal gövdeye temas etmek ciddi deri yanıklarına neden olur (Görsel 8.19).



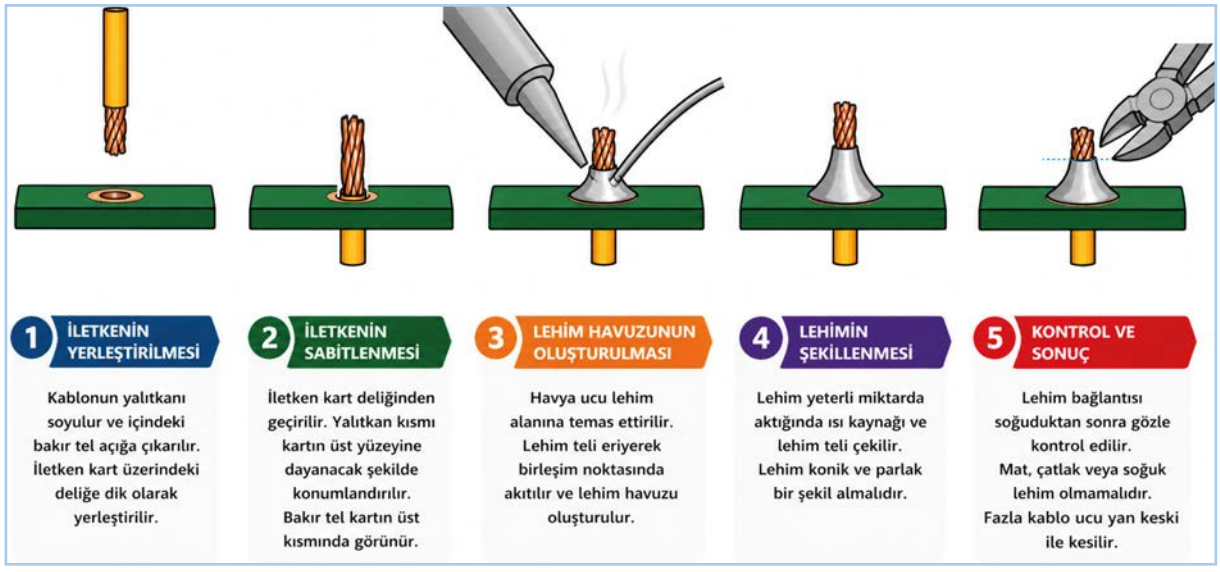
Görsel 8.18: Lehimleme yapılacak ortamın havalandırılması



Görsel 8.19: Lehimleme yaparken dikkat dağılması

8.3.2.1. İletken Tellerin Lehimlenmesi

İletken tellerin uçları 5 mm açılır ve açılan uçlara ön lehimleme yapılır. Uçlar 2,5 mm kesilir ve lehimlenecek elektronik kart üzerine yerleştirilerek lehimlenir, kablo fazlalığı kesilir (Görsel 8.20).



Görsel 8.20: İletken telin bakır plaket üzerine lehimlenmesi

İletken teller birbirleriyle lehimlenecekse iletken tellerin uçları 5 mm açılır ve açılan uçlara ön lehimleme yapılır. Uçlar 2,5 mm kesilir ve lehimlenecek iletken teller birbirine lehimlenir. Lehim soğuyuncaya kadar teller hareket ettirilmez (Görsel 8.21).



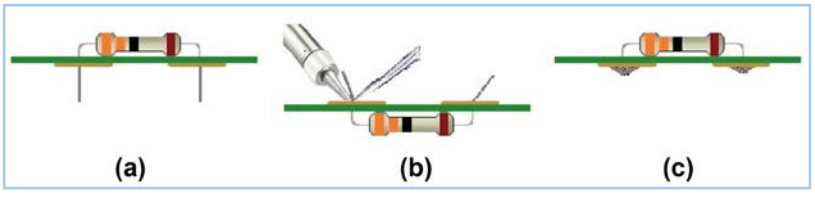
Görsel 8.21: İletken tellerin birbirine lehimlenmesi

8.3.2.2. DIP Komponentleri Elde Lehimleme

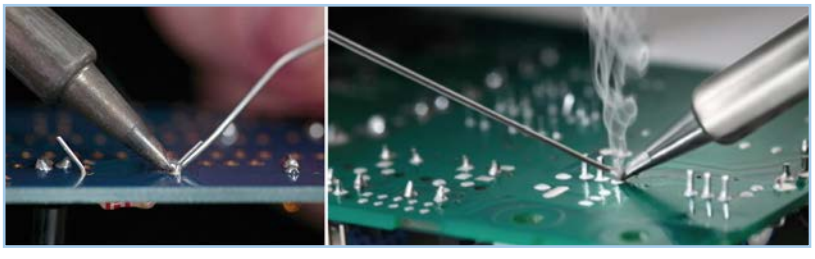
Tasarımı ve üretimi yapılmış PCB karta, DIP malzemelerin montajını yapmadan önce PCB kartın üzerindeki yerine ve yönüne dikkat etmek gerekir. Elektronik komponentler PCB kartının üst tarafından yüzeye yerleştirilir, bacakları PCB kartının diğer yüzeyinden lehimlenir.

DIP komponentlerin elde lehimlenme aşamaları şu şekildedir:

- DIP komponentleri elde lehimlemeye başlamadan önce ihtiyaç duyulacak elektronik takımlar (havya, lehim, lehim pompası, cımbız, yan keski vb.), PCB kartı ve elektronik komponentler hazırlanmalıdır.
- Havya lehimlenecek komponentin özelliğine göre sıcaklık derecesinde ısıtılmalıdır.
- DIP komponentlerin bacak yapısına göre lehim teli hazırlanmalıdır.
- DIP komponentler PCB kartına yerleştirilip lehimlenirken önce ufak kılıf / paket yapısına sahip malzemelerden başlanmalıdır.
- DIP komponent PCB kartındaki yerine bacakları delikten geçirilerek yerleştirilmelidir (Görsel 8.22.a).
- Yerleştirilen DIP komponent PCB kartına lehimlenebilmesi için ters çevrilmelidir.
- Kullanılan DIP komponentin bacak sayısına göre sırayla lehimlenerek PCB kartına montajı yapılmalıdır. DIP komponentlerin bacaklarının elde sıra ile lehimlemesi Görsel 8.22.b ve Görsel 8.23'te yer almaktadır.
- PCB kartına montajı yapılan DIP komponentin, lehimden daha uzun kalan ayakları yan keskiyle kesilerek montajı tamamlanır (Görsel 8.22.c).

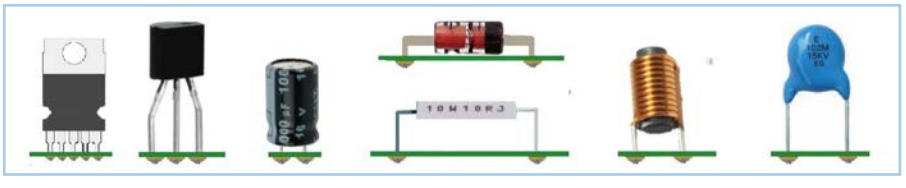


Görsel 8.22: DIP komponenti elde lehimleme aşamaları



Görsel 8.23: DIP komponentin elde lehimlenme görselleri

- PCB kartındaki diğer komponentler için de aynı işlem basamakları takip edilerek montaj yapılır (Görsel 8.24).



Görsel 8.24: Örnek DIP komponentlerin elde lehimlenmesi

- PCB kartına DIP komponentlerin montajı tamamlanınca tasarımı yapılan PCB kartın montajı tamamlanmış olur.
- PCB kartın izopropil alkol, selilozik tiner ve fırça yardımıyla temizliği yapılır.
- Göz yordamı veya büyüteçle PCB kartındaki lehimlemeler kontrol edilir. Hatalar varsa düzeltilir.

DİKKAT

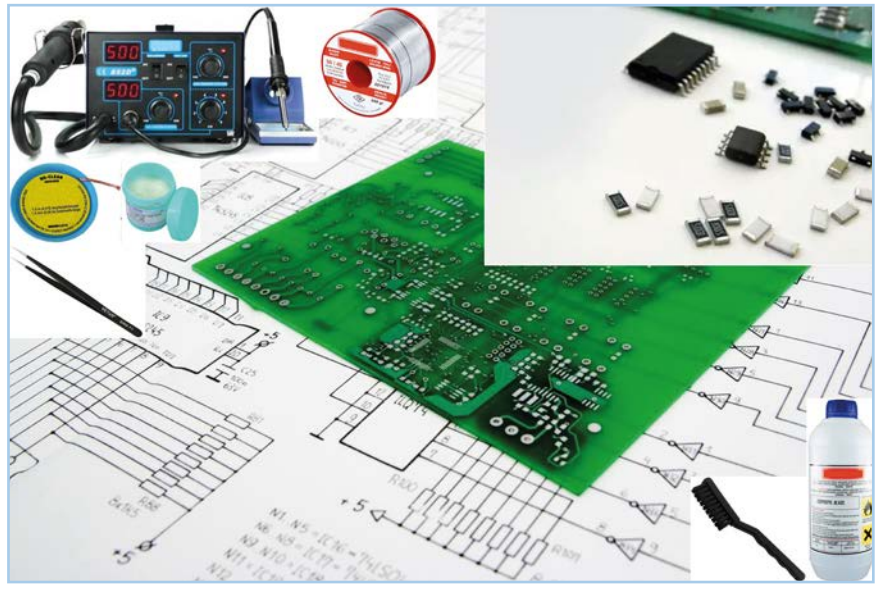
394. sayfadaki 8.1. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

8.3.2.3. SMD Komponentleri Elde Lehimleme

SMD komponentler, aynı DIP komponentlerin lehimlendiği gibi ince uçlu kalem havya ile elde lehimlenebilir. Biraz el pratiği yapmak, pratik sırasında SMD malzemeleri PCB üzerinde sabitlemek zor olabilir. Fakat lehimleme sırasında cımbız kullanarak bu sorun aşılabilir. Sektördeki jargon "Usta, yapa yapa usta olur." sözü unutulmamalıdır. Ne kadar çok pratik yapılırsa o kadar başarılı olunur. SMD komponentleri elde lehimlerken kullanılan lehimleme türüne göre iki yöntem kullanılır.

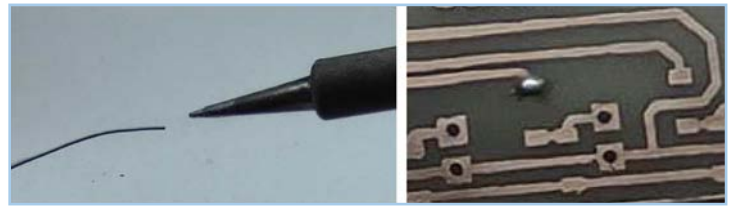
SMD komponentleri PCB karta ince uçlu kalem havyayla elde lehimleme aşamaları şöyledir:

- SMD komponentleri elde lehimlemeye başlamadan önce ihtiyaç duyulacak elektronik takımlar (kalem havya, lehim, lehim pompası, cımbız, yan keski vb.), PCB kartı ve elektronik komponentler hazırlanmalıdır.
- Havya, lehimlenecek komponentin özelliğine göre sıcaklık derecesinde ısıtılmalıdır.
- SMD komponentlerin bacak yapısına göre lehim teli hazırlanmalıdır (Görsel 8.25).



Görsel 8.25: SMD komponentleri kalem havyayla elde lehimleme öncesi hazırlık

- SMD komponentler PCB kartına yerleştirilip lehimlenirken önce ufak kılıf / paket yapısına sahip malzemelerden başlanmalıdır.
- PCB kartı atölye ve laboratuvar ortamında üretildiyse üretildiğinde / üretilmiş padlerin önce temizlenmesi, sonra da padlere flaks sürülmesi tavsiye edilir. PCB kartındaki montajı yapılacak ilgili pad takımından bir tanesi ufak bir şekilde lehimlenir (Görsel 8.26).



Görsel 8.26: Atölye ve laboratuvar ortamında üretilen PCB kartındaki padin lehimlenmesi

- PCB kart hazır üretimi yapılmışsa ilgili pad takımından bir tanesi ufak bir şekilde lehimlenir.
- Montajı yapılacak SMD komponent cımbız yardımıyla PCB karttaki padlerin yerine ve yönüne dikkat edilerek sabitlenir.
- Kalem havyanın ucuna çok az lehim alınır ve SMD komponentin lehimlenecek bacağı ile PCB kartın padine havya lehim yapmak için yaklaştırılır. SMD komponentin bir bacağı lehimlenir (Görsel 8.27).



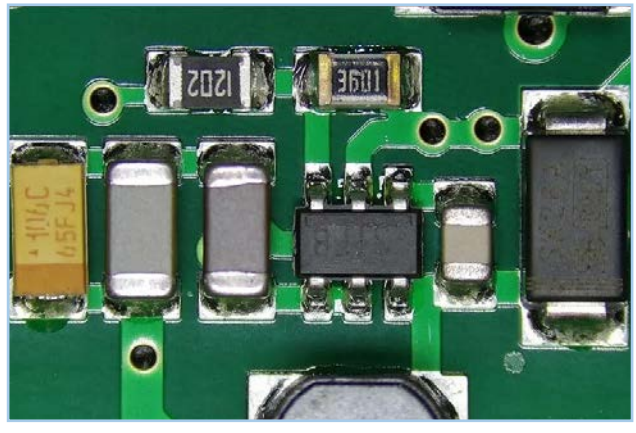
Görsel 8.27: SMD komponentin bir bacağının lehimlenmesi

- SMD komponent lehimleme sırasında kayacak olursa cımbız ile düzeltilip yerine sabitlenerek lehim yapılır.
- SMD komponenti PCB karta lehimlemede önemli olan SMD komponentin ilk bacağını düzgün lehimlemek ve aynı zamanda bacaklarının pade tam oturmasını sağlamaktır. SMD komponentin diğer bacağı da havyayla lehimlenir (Görsel 8.28).



Görsel 8.28: SMD komponentin diğer bacağının havyayla lehimlenmesi

- PCB kartındaki diğer SMD komponentler için de aynı işlem basamakları takip edilerek lehimleme yapılır (Görsel 8.29).



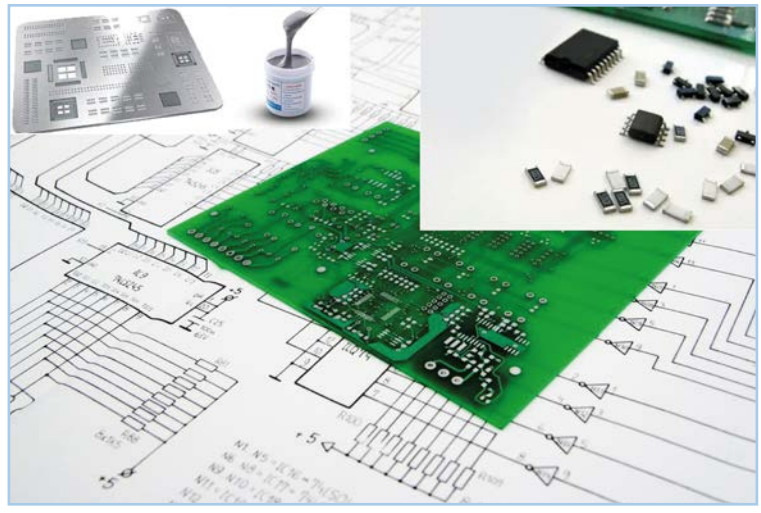
Görsel 8.29: PCB karta SMD komponentlerin lehimlenmiş hâli

- PCB kartın izopropil alkol ve fırça yardımıyla temizliği yapılır.
- Göz yordamı veya büyüteçle PCB kartındaki lehimlemeler kontrol edilir. Hatalar varsa düzeltilir.

SMD Komponentleri Isı İstasyonuyla Elde Lehimleme: SMD komponentleri, SMD PCB kartına dizme aşamasından önce krem lehim ve stencil (elek) kullanılır. **SMD stencil**, lehim pastasının yalnızca SMD padlerine oturacağı alanlara uygulanmasına izin veren, lazerle kesilmiş küçük deliklere sahip, paslanmaz, özel üretilmiş çelik veya plastik film bir levhadır.

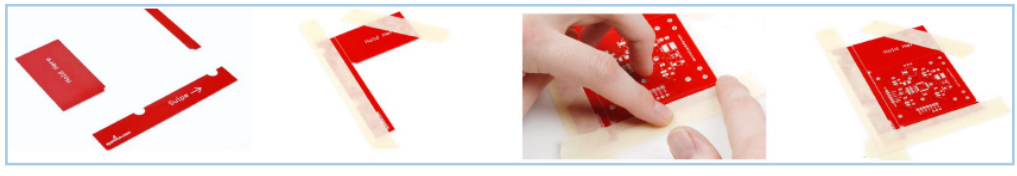
SMD komponentleri ısı istasyonu ile elde lehimleme aşamaları şöyledir:

- SMD komponentleri elde lehimlemeye başlamadan önce ihtiyaç duyulacak elektronik takımlar (stencil, ısı hava tabancası, kalem havya, krem lehim, lehim, lehim pompası, cımbız, yan keski vb.), PCB kart, elektronik komponentler ve tasarımı yapılan elektronik devre şeması hazırlanmalıdır (Görsel 8.30).



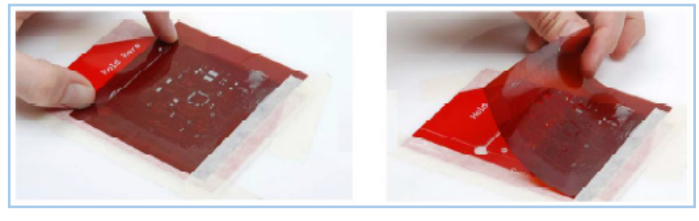
Görsel 8.30: SMD komponentleri ısı istasyonuyla elde lehimleme öncesi hazırlık

- SMD PCB kartını, üç tarafından parça plaketlerle dayama koyarak kâğıt bantlarla PCB kart sabitlenir. Dördüncü taraf PCB kartını değiştirebilme ihtimaline karşılık boş bırakılır. Bantlar sadece dayamalar üzerinde olmalıdır. Bir başka ifadeyle PCB kart dayamaların arasına yerleştirilir (Görsel 8.31).



Görsel 8.31: SMD PCB kartının sabitlenmesi

- Stencil, PCB kartını dayamalar arasına yerleştirerek her bir dayama üzerine tek tarafından bant ile sabitlenir. Stencilin delikleri SMD PCB kartındaki lehim tabanlarına (pad) denk getirilmelidir. Bu işlem başarılı bir lehimleme için çok önemlidir (Görsel 8.32).



Görsel 8.32: SMD PCB kartına stencil sabitlemesi

- Krem lehim (jel lehim veya lehim pastası), kutusunun kapağı açılıp ince bir tahta çubukla karıştırılarak alınır (Görsel 8.33).



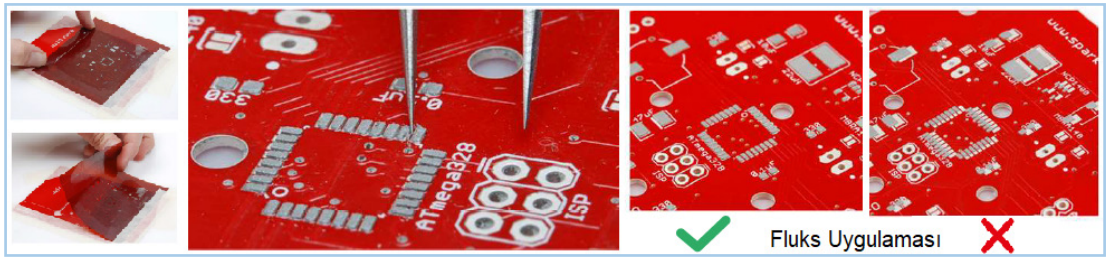
Görsel 8.33: Jel lehimin açılması ve tahta bir çubukla karıştırılması

- Krem lehim, rahle veya spatula (plastik) vb. ile stencil üzerinden SMD PCB kartının padlerine gelecek şekilde uygulanır. Krem lehim uygulaması rahleyle iyice sürülür. Lehimin fazlası yine rahleyle alınır (Görsel 8.34). Krem lehimin padlere tam sürülmesi çok önemlidir.



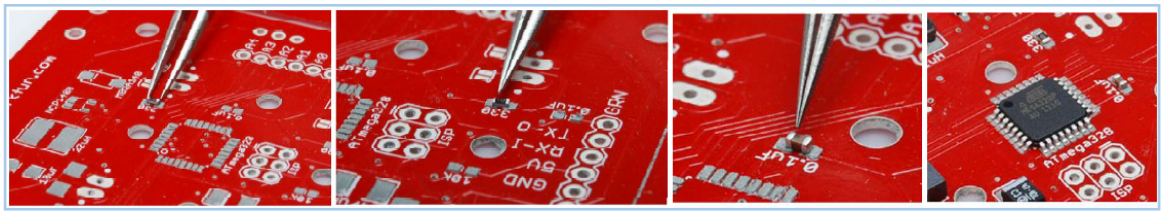
Görsel 8.34: Krem lehimin rahleyle uygulanması

- Stencil SMD PCB kartı üzerinden kaldırılır. Krem lehim, SMD malzeme yerleştirilmeden önce SMD PCB kartındaki padlere doğru sürülmüş mü diye kontrol edilmelidir. Stencil aracılığıyla SMD PCB kartının padlerine krem lehim doğru uygulanmışsa SMD komponentler dizilmeye başlanır. Krem lehim uygulaması hatalıysa PCB kartı ve stencil temizlenerek doğru krem lehim uygulaması yapılana kadar işlem tekrar edilmelidir (Görsel 8.35).



Görsel 8.35: Krem lehiminin SMD PCB kartına uygulanmasının kontrolü

- PCB kartına krem lehim uygulandıktan sonra SMD komponentler cımbız yardımı ile en küçük malzemeden başlanarak yerlerine ve yönlerine dikkat edilerek yerleştirilir (Görsel 8.36).



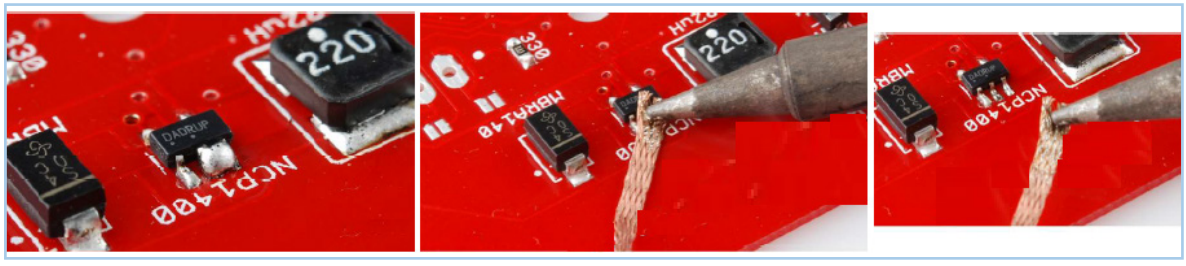
Görsel 8.36: SMD komponentlerin yerlerine yerleştirilmesi

- SMD komponentlerin PCB kartına yerleşimi bittikten sonra ısı tabancasıyla her bir komponent ısıtılarak lehimlenir. Lehimleme sırasında ısı tabancası SMD komponentin üzerine sabit olarak değil ayaklarına doğru hareket ettirilerek bütün ayakların aynı anda lehimlenmesi sağlanır. Lehimlenen SMD komponentlerin ayakları PCB kartındaki padlere doğru kısa devre olmadan lehimlenip lehimlenmediği büyüteç veya mikroskop aracılığıyla kontrol edilmelidir (Görsel 8.37).



Görsel 8.37: SMD komponentlerin ısı tabancasıyla lehimlenmesi

- SMD komponentlerin PCB kartına lehimlenmesi sırasında bir hata oluştuysa fazla lehim kalem havya, blendaj kablosu veya lehim pompasıyla düzeltilir (Görsel 8.38).



Görsel 8.38: SMD komponentlerin hatalı lehimlerinin düzeltilmesi

DİKKAT

397. sayfasındaki 8.2. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

8.3.3. Lehim Sökme Gereçleri

Lehim sökme [desoldering (disouldıring)], PCB kart üzerindeki lehimi temizleyerek komponenti zarar vermeden çıkarmayı sağlar. Bunun için kullanılan temel gereçler şunlardır:

Lehim Pompası [Desoldering Pump (Disouldıring Pamp)]: Elektronik devrelerde eritilmiş lehimi **vakum (emme)** yöntemiyle çekerek temizleyen bir el aletidir (Görsel 8.39). Özellikle DIP (bacaklı) komponentleri devre kartından sökmek için kullanılır. Lehim pompasının kullanımında havya ile lehim eritilir. Pompa ucu lehime yaklaştırılır. Tetiğe basılır ve lehim hızlıca çekilir.



Görsel 8.39: Lehim pompası örnekleri

Lehim Sökme Teli [Desoldering Wick (disouldıring wik)]: PCB üzerindeki eritilmiş lehimi **kılcal etki** ile içine emerek temizleyen **ince bakır örgü tel**dir (Görsel 8.40). Özellikle hassas lehim temizleme işlemlerinde kullanılır. Lehim sökme telini kullanabilmek için lehim sökme teli lehimli bölgenin üzerine yerleştirilir. Üzerine havya ucu temas ettirilir. Lehim erir ve lehim sökme teli tarafından emilir.



Görsel 8.40: Lehim sökme teli ve uygulaması

Lehim Sökme İstasyonu (Vakumlu Sistem): Lehimi eritip aynı anda **vakumla çeken** profesyonel bir cihazdır (Görsel 8.41). Bir başka ifadeyle **havya** ve **lehim pompası** tek bir sistemde birleşmiştir. Özellikle **THT [(Through Hole Technology (Turu Hol Teknologi)]** komponentlerin hızlı ve temiz şekilde sökülmesinde kullanılır. Lehim sökme istasyonunun kullanımı uygun sıcaklık (genelde 320-380 °C) değerine ayarlanır. Lehim sökme istasyonunun ucu lehimli pine temas ettirilir. Lehim eridiğinde tetik çekilir. Lehim vakumla çekilir ve pin tamamen temizlenir.



Görsel 8.41: Lehim sökme istasyonu

Sıcak Hava İstasyonu: Elektronik PCB kartlarında özellikle SMD (yüzey montajlı) komponentleri **lehimlemek** veya **sökmek** için kontrollü sıcak hava üfleyen profesyonel bir cihazdır. Sıcak hava istasyonunu kullanmak için PCB üzerine flaks uygulanır. Uygun sıcaklık (genelde 300-380 °C) değerine ayarlanır. Sıcak hava komponent üzerine dairesel hareketlerle tutulur. Lehim eridiğinde cımbızla komponent yerinden alınır.

Yardımcı El Aletleri: Flaks (lehim pastası / akı), cımbız (küçük parçaları tutmak için), yan keski (komponentlerin uzun bacaklarını kesmek için), fırça (temizlik için) ve izopropil alkol (lehim kalıntılarını temizlemek için) kullanılır.

8.3.4. Lehim Sökme Yöntemleri

PCB karttaki bir devre elemanını karta zarar vermeden çıkarmak veya fazla lehimi temizlemek için kullanılan uygulamalardır. Kullanılacak yöntem; komponentin tipi, lehim miktarı, PCB kart yapısı ve hassasiyetine göre değişiklik gösterir.

Lehim sökmede kullanılan en yaygın yöntemler; lehim pompası, lehim sökme teli, sıcak hava, vakumlu sökme istasyonu ve manuel havya uygulamalarıdır. Ancak belirlenecek yöntem, sökülecek komponentin DIP mi SMD mi olduğuna göre belirlenmelidir.

DIP komponentler için en uygun yöntemler; lehim pompası, vakumlu lehim sökme istasyonu ve havya ile manuel sökmedir. SMD komponentler için ise en uygun yöntemler lehim sökme teli ve sıcak hava istasyonu kullanılan yöntemlerdir.

Lehim sökerken dikkat edilmesi gerekenler noktalar şunlardır:

- Komponent bacaklarına gereğinden fazla ısı uygulanmamalıdır.
- PCB padlerini kaldırmamaya dikkat edilmelidir.
- Uygun havya ucu kullanılmalıdır.
- Isı transferini hızlandırmak için gerekirse flaks kullanılmalıdır.
- PCB kartta sökülen komponentin yeri (bağlantı padleri) işlem sonunda temizlenmelidir.
- Hassas elemanlarda cımbız ve ESD önlemleri kullanılmalıdır.

8.3.5. Lehim Sökme İşlemleri

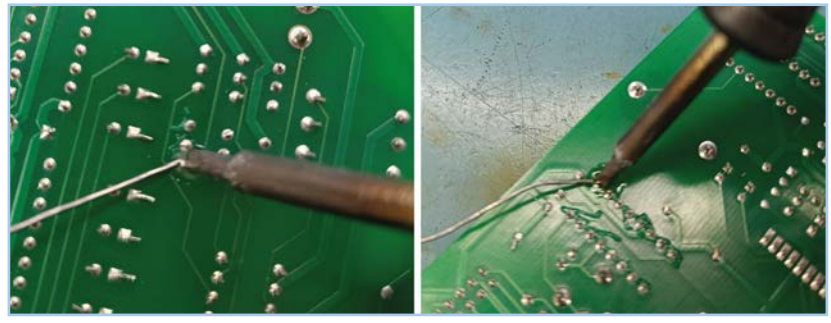
Elektronik PCB karta montajı yapılan DIP veya SMD komponentlerin gerek üretim aşamasında lehimleme hatalarından gerekse ilgili PCB kartın arıza, tamir ve bakımı sırasında ilgili komponentin değiştirilmesi gerekebilir.

a) PCB Kartta DIP Komponentlerin Lehim Sökme İşlemleri

DIP komponentleri, PCB karta dizgi aşamasında sehven yanlış dizilmişse veya test aşamasında arızalı olan komponentler varsa bunların değiştirilmesi gerekir. Bu gibi durumlarda PCB kartta DIP komponentleri değiştirmek için önce DIP komponentlerin sökülmesi gerekir. Sonra yeni komponentin PCB kartta ilgili yerine monte edilmesi gerekir.

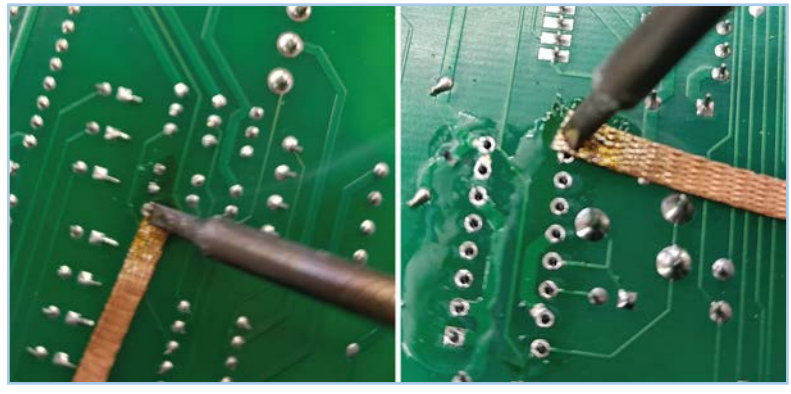
DIP komponentlerin sökülmesinin işlem adımları şunlardır:

- Sökülmesi yapılacak DIP komponentin PCB kart yüzeyindeki padlerde bulunan lehimli bacaklarının temizlenmesi ve rahat sökülebilmesi için önceden lehimlenmesi gerekir (Görsel 8.42).



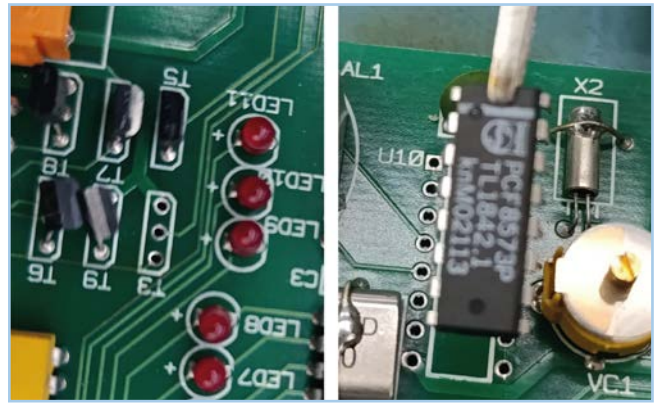
Görsel 8.42: Arızalı komponentlerin bacaklarının lehimlenmesi örnekleri

- DIP komponent bacaklar havyayla ısıtıldığında sıvılaşan lehim, lehim pompası veya lehim alma teli ile komponentin her bir bacağından boşaltılmalıdır (Görsel 8.43).



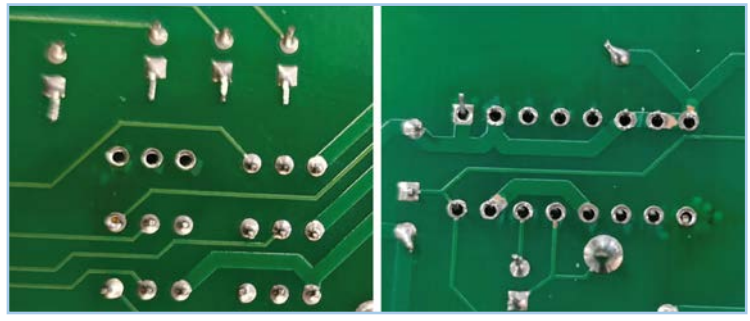
Görsel 8.43: Arızalı komponentin ayaklarındaki lehimlerinin sökülmesi

- Bacakları boşa çıkan DIP komponentin yerinden çıkarılması gerekir (Görsel 8.44).



Görsel 8.44: Arızalı komponentin PCB karttan çıkarılması

- PCB karttaki sökülen komponent padlerinin izopropil alkol ve fırça ile temizliğinin yapılması gerekir (Görsel 8.45).



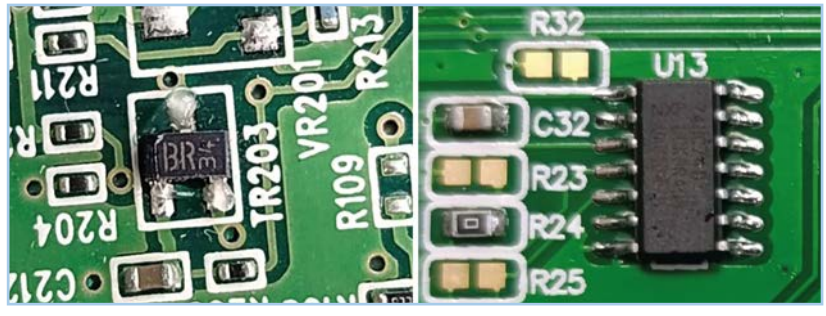
Görsel 8.45: İşlem yapılan komponent bacaklarının temizliği

b) PCB Kartta SMD Komponentlerin Lehim Sökme İşlemleri

SMD komponentleri, PCB karta dizgi aşamasında sehven yanlış dizgilenmişse veya test aşamasında arızalı olan komponentler varsa bunların değiştirilmesi gerekir. Bu gibi durumlarda PCB kartta SMD komponentleri değiştirmek için önce SMD komponentin sökülmesi gerekir. Sonra yeni komponentin PCB kartta ilgili yerine monte edilmesi gerekir.

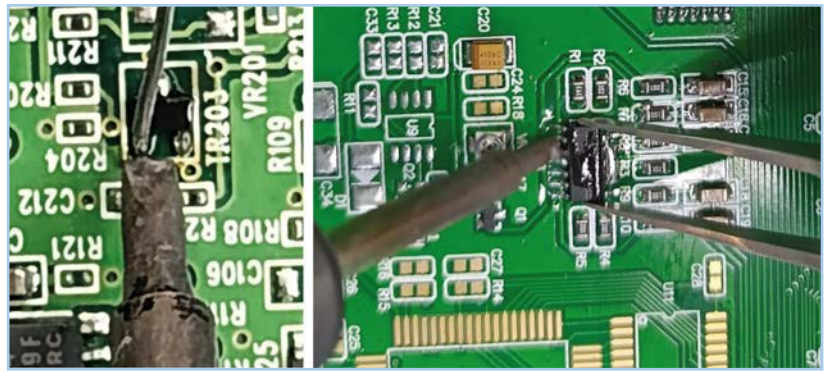
SMD komponentlerin sökülmesinin işlem adımları şunlardır:

- Sökülecek SMD komponentin PCB kart yüzeyindeki padlerde bulunan lehimli bacaklarının temizlenmesi ve rahat sökülebilmesi için önceden flaks uygulaması yapılır (Görsel 8.46).



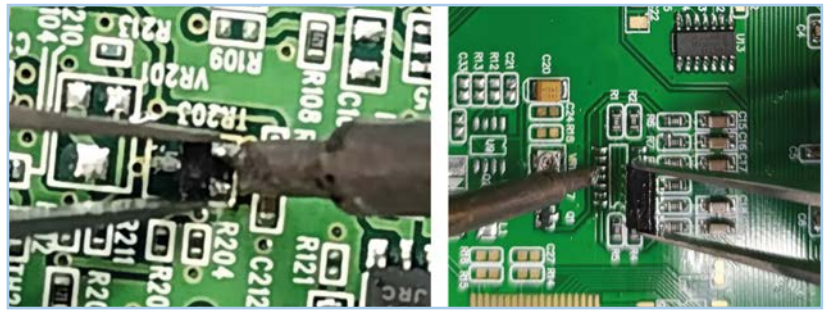
Görsel 8.46: Sökülecek SMD komponentin flukslanması örnekleri

- Flaks uygulanan SMD malzemenin ayakları havyayla ısıtılır. Isıtma işlemi bacakları yakın olan komponentin bacaklarının hepsi ince lehim atılıp hızlı bir şekilde lehim sıvı hâle gelene kadar ısıtılır. İki taraf için de aynı işlem tek seferde hızlı bir şekilde yapılır. Bacakları ayrık, uzak mesafede olan komponentin bacaklarının hepsi sırayla ısıtılır (Görsel 8.47).



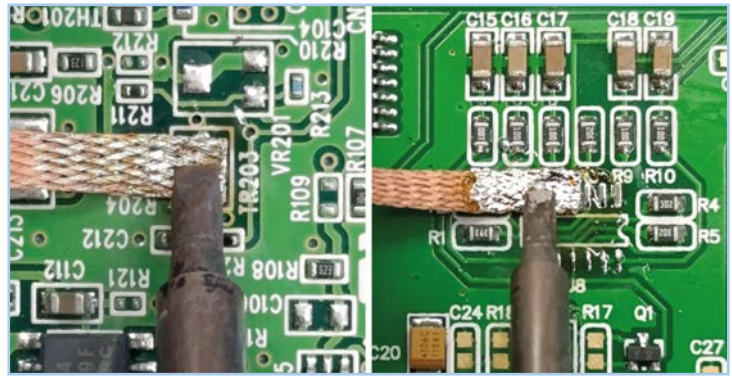
Görsel 8.47: SMD komponentlerin bacaklarının havyayla ısıtılması örnekleri

- Komponent bacaklarındaki lehim havya yardımıyla sıvılaşınca ilgili komponent yerinden cımbız aracılığıyla kaldırılır (Görsel 8.48).



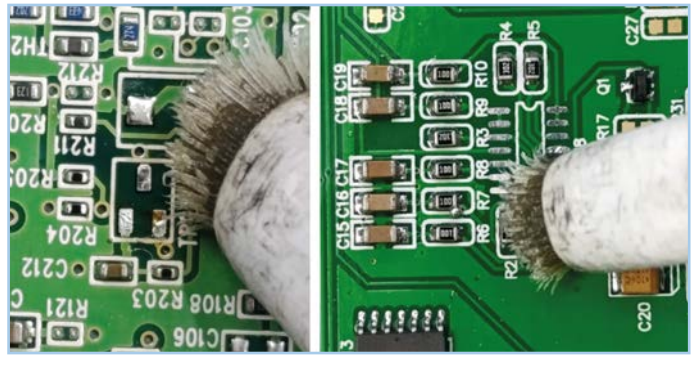
Görsel 8.48: SMD komponentlerin yerinden cımbız ile alınması örnekleri

- PCB karttaki sökülen komponent yerlerindeki padlerin fazla lehimleri havya ve lehim pompası / lehim alma teli yardımıyla alınır (Görsel 8.49).



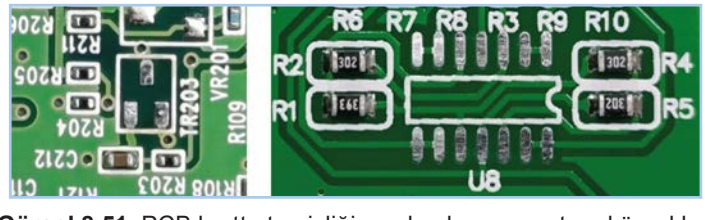
Görsel 8.49: Sökülen komponentlerin PCB kart üzerindeki yerinin temizlenmesi örnekleri

- PCB karttaki fazla lehimi alınan komponent padleri izopropil alkol ve fırça yardımıyla temizlenir (Görsel 8.50).



Görsel 8.50: PCB karttaki fazla lehimi alınan padlerin temizlenmesi

- PCB kartta temizliği yapılan komponent pad örnekleri yer almaktadır (Görsel 8.51).



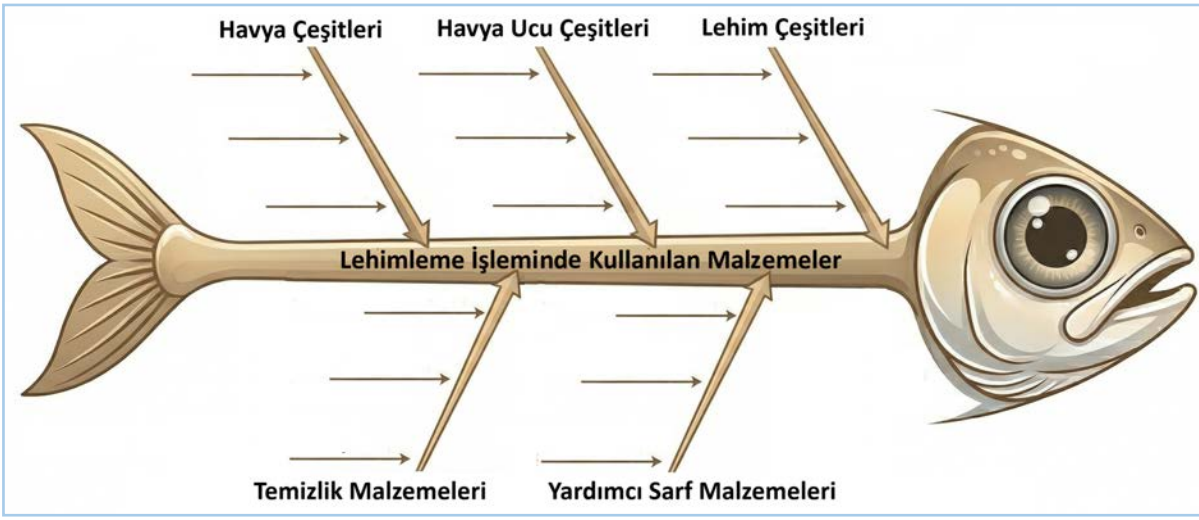
Görsel 8.51: PCB kartta temizliği yapılan komponent pad örnekleri

DİKKAT

400. sayfadaki 8.3. Uygulamayı yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

SIRA SİZDE

Öğrendiklerinizden yola çıkarak lehimleme işleminde kullanılan malzemelere ilişkin balık kılçığı diyagramını doldurunuz (Görsel 8.52).



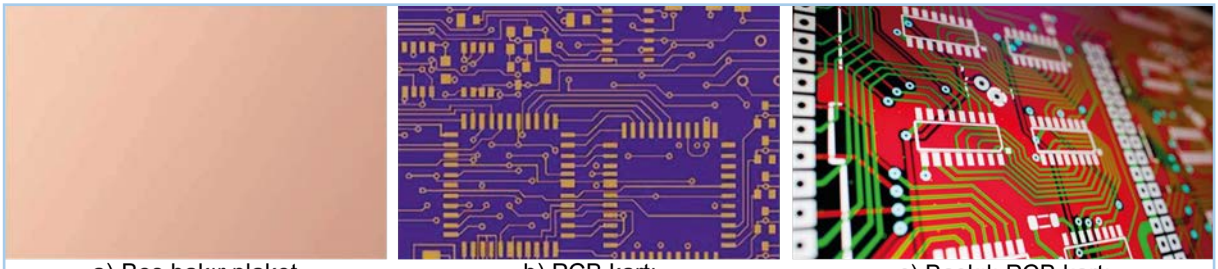
Görsel 8.52: Lehimleme işleminde kullanılan malzemeler

8.4. BASKI DEVRE ÇIKARMA

Baskı devre çizimi, elektronik şemanın bakır plaket üzerine aktarılmadan önce kâğıt üzerine bakır yolların çizilmesi işlemidir. Elektronik şemadaki bağlantı noktaları bakır yollar hâlinde baskı devre kartı üzerine aktarılır.

8.4.1. Baskı Devre Kartlarının Yapısı, Kullanımı ve Çeşitleri

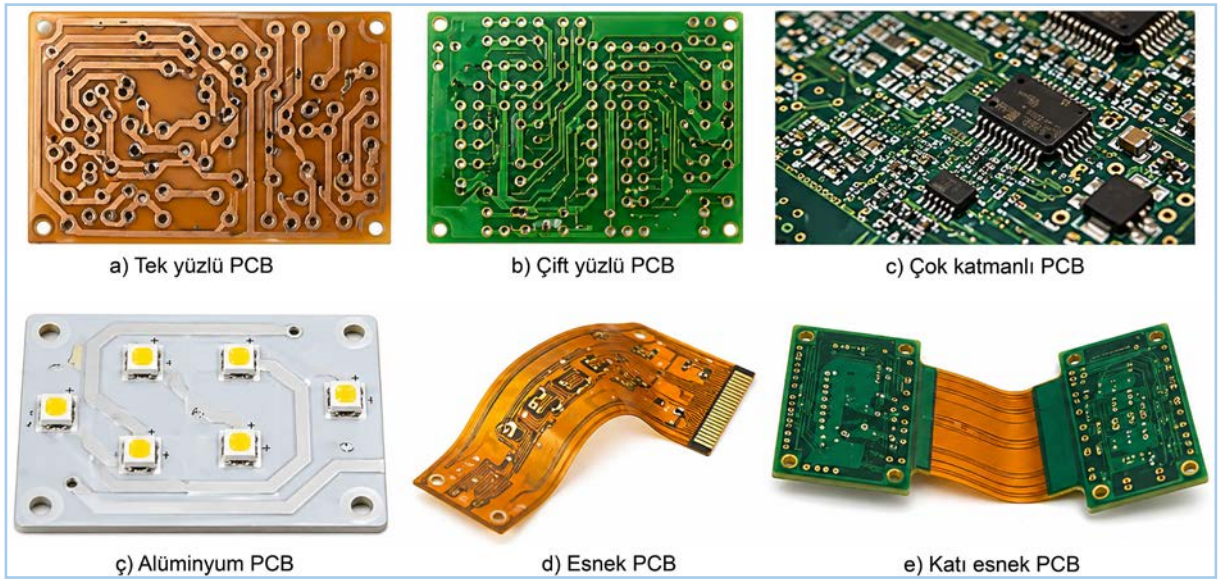
Baskı devre kartı (PCB), bir yüzeyi veya iki yüzeyi bakır levha yapıştırılmış yalıtkan malzemeden oluşan, elektronik devre elemanlarının üzerine yerleştirildiği, elemanlar arasındaki elektriksel bağlantının bakır yüzeyde oluşturulan yollarla sağlandığı tek ya da çok katmanlı imal edilmiş plakalardır (Görsel 8.53.a).



a) Boş bakır plaket b) PCB kartı c) Baskılı PCB kartı

Görsel 8.53: PCB kartı görünümleri

PCB kartları kullanılırken bakır yolların hava ile temas edip oksitlenmesini veya iletken malzemelere temas edip kısa devre olmasını engellemek için yeşil, mavi, kırmızı, sarı, siyah gibi değişik renklere boyanmasına **lehim maskesi** [solder mask (souldır mask)] denir (Görsel 8.53.b). Lehim maskesinin üzerine serigrafi yöntemiyle elektronik devre elemanlarının parça referansı, değeri ve kılıf şekli baskı devre kartı üzerine basılır (Görsel 8.53.c).



Görsel 8.54: PCB kartı çeşitleri

PCB kartı imal ediliş tarzına göre şu şekilde sınıflandırılır:

Tek Yüzlü PCB [Single-Sided PCB (Singıl Saydıd Pi-Si-Bi)]: Yalnızca bir yüzeyinde iletken bakır yollar bulunan baskılı devre kartıdır (Görsel 8.54.a). Tek yüzlü PCB'de alt yüzeyde bakır yollar (iletken hatlar) bulunur. Üst yüzeye ise elektronik bileşenler (direnç, kondansatör, LED vb.) yerleştirilir. Komponent bacakları deliklerden geçirilir ve alt tarafta lehimlenir.

Çift Yüzlü PCB [Double-Sided PCB (Dabıl Saydıd Pi-Si-Bi)]: Her iki yüzeyinde de iletken bakır yollar bulunan baskılı devre kartıdır (Görsel 8.54.b). Tek yüzlü PCB'ye göre daha karmaşık devrelerin kurulmasına olanak sağlar. Çift yüzlü PCB'de hem üst yüzeyde hem de alt yüzeyde bakır yollar bulunur. Katmanlar arası bağlantı için via (kaplamalı delikler) kullanılır. Komponentler hem üstte hem altta yerleştirilebilir. Lehimleme iki tarafta da yapılabilir.

Çok Katmanlı PCB [Multilayer PCB (Maltileyır Pi-Si-Bi)]: İkiden fazla bakır katmana sahip baskılı devre kartıdır (Görsel 8.54.c). Bu katmanlar üst üste yerleştirilir ve aralarında yalıtkan malzemeler bulunur. Katmanlar birbirine delik içi kaplama bağlantıları [via (viya)] ile bağlanır. Bu PCB türünde üst ve alt katmanlara ek olarak iç katmanlar [inner layers (ınır leyırs)] bulunur. Her katmanda bakır yollar yer alır. Yalıtım için genellikle **FR-4** gibi malzemeler kullanılır.

Alüminyum PCB [Aluminum PCB (Alüminım Pi-Si-Bi)]: Tabanında alüminyum metal bulunan ve özellikle ısıyı hızlı bir şekilde dağıtmak amacıyla kullanılan bir baskılı devre kartı türüdür (Görsel 8.54.ç). Alüminyum PCB genellikle; **bakır katman** (Devre yolları burada bulunur.), **yalıtkan** (Isıyı iletir ama elektriği yalıtır.) ve **alüminyum taban** (Isıyı hızlıca yayar ve soğutma sağlar.) katmanlarından oluşur.

Esnek PCB [Flexible / Flex PCB (Fleksıbıl / Fleks Pi-Si-Bi)]: Bükülebilen ve kıvrılabilen özel baskılı devre kartı türüdür (Görsel 8.54.d). Geleneksel sert PCB'lerden farklı olarak ince ve esnek yapısı sayesinde dar alanlarda rahatlıkla kullanılabilir. Esnek PCB genellikle **polimer taban** (esneklik sağlayan ana malzeme), **bakır katman**, **koruyucu kaplama** (Devreyi korur.) katmanlarından oluşur.

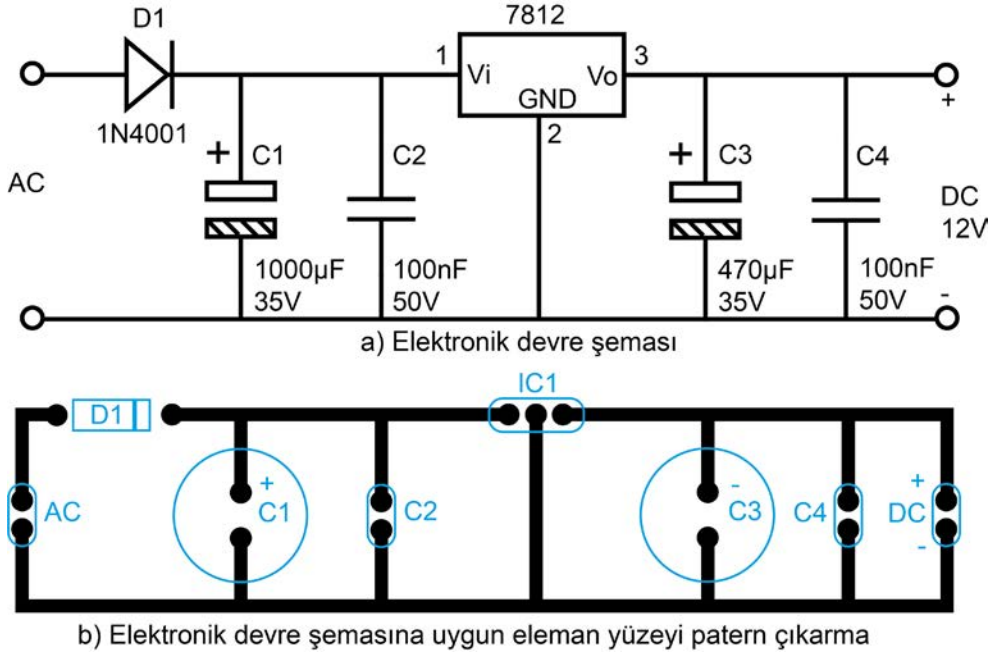
Katı-Esnek PCB [Rigid-Flex PCB (Rijit Fleks Pi-Si-Bi)]: Hem sert hem de esnek PCB katmanlarının tek bir yapıda birleştiği gelişmiş bir baskılı devre kartıdır (Görsel 8.54.e). Bu PCB türünde; **sert bölgeler** (komponentlerin yerleştirildiği kısımlar), **esnek bölgeler** (kartın katlanmasını / bükülmesini sağlayan ince esnek bağlantılar) ve **via yapıları** (katmanlar arası bağlantı için) kullanılır.

8.4.2. Baskı Devre Çıkarma Yöntem ve Evreleri

Elektronik baskı devre şemasından önce baskı devre şeması çıkarılır. Çıkarılan baskı devre, bakır plaket üzerine çizilir veya çeşitli yöntemlerle aktarılır. İlgili kimyasal çözeltilerle baskı devre kartı üzerindeki boşta kalan bakırlar eritilir ve baskılı bakır plaket / PCB kartı elde edilir.

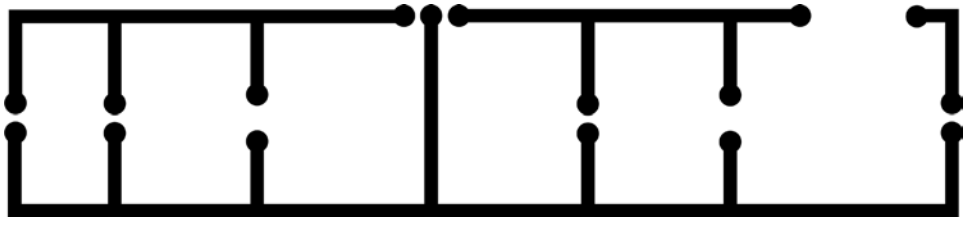
a) El Çizimi ile Baskı Devre Hazırlama

Baskı devre kartı üzerine çizilecek olan görünüşün çıkarılabilmesi için milimetrik kâğıt veya aydınger kâğıt kullanılır. Verilen elektronik devre şemasından komponentlerin gerçek boyutları dikkate alınarak milimetrik kâğıt veya aydınger kâğıt üzerine delik noktaları işaretlenir. İşaretlenen delik noktalar arasında devre şemasına uygun olarak yollar (hatlar) çizilir. Çizilen yollar baskı devre kartının eleman yüzeyi görünüşünü oluşturur. Yollar kalınlaştırılarak baskı devre kartı üst görünüşü tamamlanır (Görsel 8.55).



Görsel 8.55: Elektronik devre şeması ve eleman yüzeyi görünüşü

Milimetrik kâğıt veya aydınger kâğıt ters çevrilerek ışık altında çizimler kâğıdın diğer yüzüne aktarılır ve ayna görüntüsü elde edilir. Böylece baskı devre kartının bakırlı yüzey görünüşü elde edilerek görünüş çıkarma işlemi tamamlanır (Görsel 8.56). Çizimin ters görünüşünün elde edilmiş olduğu unutulmamalıdır. Çizimi yapılan görünüş bakır plakete aktarılmaya hazırdır.



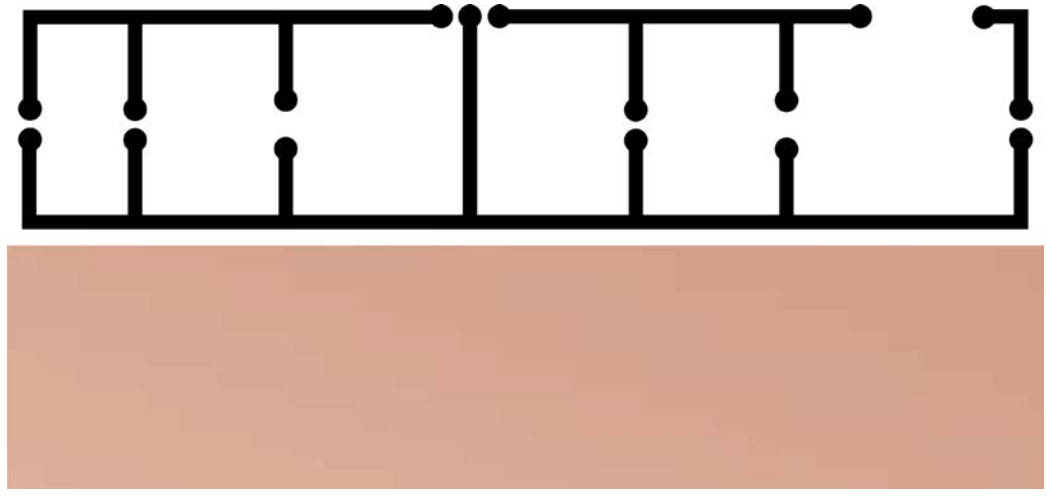
Görsel 8.56: Bakır yüzeyi görünüşü

Elde edilen bakırlı yüzeyi görünüş ölçülerine göre bakır plaketten demir testeresi, kıl testeresi veya maket bıçağı kullanılarak parça kesilir (Görsel 8.57.a ve Görsel 8.57.b), parçanın kenarları eğe ile törpülenir (Görsel 8.57.c).



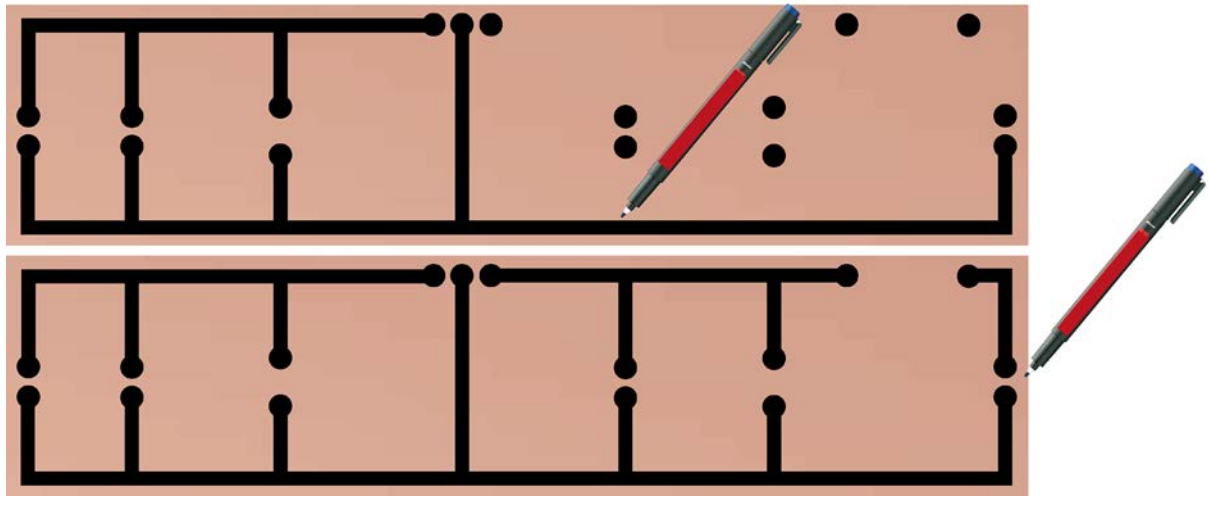
Görsel 8.57: Bakır plaketten parça kesilmesi ve kenarlarının eğelenmesi

Son olarak kesilen parça kimyasal çözücüler veya ince zımpara ile zımpara yapılarak yüzeyindeki kir ve pastan arındırılır (Görsel 8.58).



Görsel 8.58: Ölçülere göre kesilip temizlenmiş bakır plaket

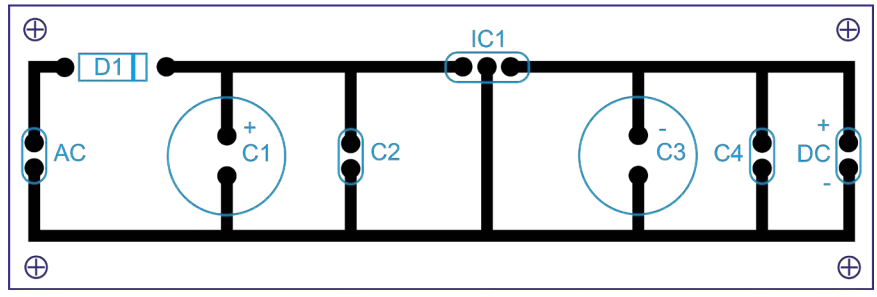
Bakırlı yüzey görünüşü baskı devre kalemi ile bakır plakete çizilerek çizim tamamlanmış olur. Bakır plaket artık aşındırma işlemine hazır hâle gelmiş olur (Görsel 8.59).



Görsel 8.59: Bakırlı yüzey görünüşün baskı devre kalemi ile bakır plakete çizilmesi

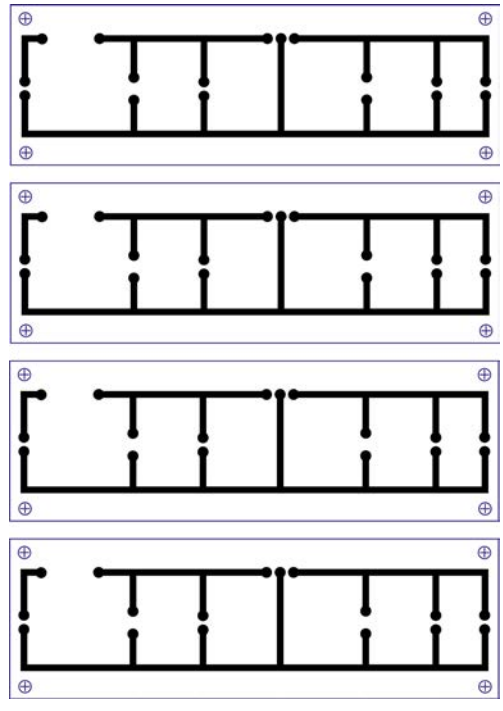
b) Bilgisayar Yardımı ile Baskı Devre Hazırlama

Bilgisayarlı baskı devre çizim programları yardımıyla elektronik devre şemasından bakır plaket üst görünüş çıkartılır (Görsel 8.60).



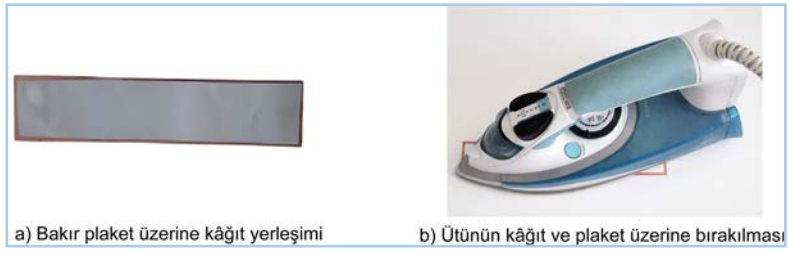
Görsel 8.60: Bilgisayarlı baskı devre çizim programı ile üst görünüş çizimi

Yapılan çizim baskı devre üst görünüşü ve sadece bakır yollar olacak şekilde kuşe kâğıt üzerine lazer yazıcıdan yazdırılır (Görsel 8.61).



Görsel 8.61: Bilgisayarlı baskı devre çizim programı ile üst görünüş çizimi

Uygun ölçüde kesilmiş bakır plaket ütü gibi ısı kaynakları kullanılarak kuşe kâğıttaki baskı devre üst görünüşü bakır plakete aktarılır. Ütü buharsız en yüksek kademede ısındıktan sonra bakır plaket üzerine kâğıt yerleştirilir (Görsel 8.62.a). Ütü kâğıt ve plaket üzerine bırakılıp 2-3 dakika hafif baskı uygulanır (Görsel 8.62.b).



Görsel 8.62: Bakır plaket üzerine ütünün yerleştirilmesi

Ütü aşamasından sonra bakır plaket su dolu kaba konularak kuşe kâğıdın suda ıslanıp bakır plaketten ayrılması beklenir (Görsel 8.63.a). Kâğıt plaketten temizlendikten sonra baskı devre üst görünüşü bakır plakete çıkmış olur (Görsel 8.63.b).



Görsel 8.63: Bakır plaket üzerindeki kuşe kâğıdın temizlenmesi

c) Pozitiv 20 Yöntemiyle Baskı Devre Hazırlama

Pozitiv 20, baskı devre kartının elde edilmesinde kullanılan ışığa hassas kimyasal bir maddedir. Elektronik devre şemasından baskı devre üst görünüşünün çizimi, aydınger veya asetat kâğıdına PC (bilgisayar) ortamında veya elle yapılır. Aydınger veya asetat kâğıdı daha önceden temizlenen ve Pozitiv 20 ile boyanıp kurutulan bakır plaketin üzerine düzgünce yerleştirilir ve karanlık bir odada pozlandırma makinesi veya beyaz ışık altında birkaç dakika bekletilir. Işık görmeyen yerler, bakır plaketin üzerinde belirgin hâle gelir. Bakır plaket derişik NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisi içine bırakılarak ışık gören yerlerdeki Pozitiv 20 boyasının bakır plaketten ayrılması sağlanır. Böylece baskı devre kartı elde edilir (Görsel 8.64).



Görsel 8.64: Pozitiv 20, pozlandırma cihazı ve PCB

8.4.3. Baskı Devre Kartını Eritme İşlemi

Baskı devre plaketi üzerinde sadece elektronik devre yollarının kalıp diğer bakır kısımların plaketten sökülmesi işlemine **baskı devre kartı** (bakır plaket) **eritme işlemi** denir. Eritici olarak asit ve bazı kimyasal çözeltiler kullanılır.

Hidroklorik asit (tuz ruhu)-peroksit (perhidrol) en çok kullanılan yöntemdir. Bunun dışında demir üç klorür ($FeCl_3$) ve amonyum persülfat da kullanılır.

a) Tuz Ruhu ve Perhidrol Karışımı ile Bakır Plaket Eritme

Plastik bir kap içine dört ölçek tuz ruhu ve bir ölçek perhidrol dökülür. Kaba 100 ml tuz ruhu dökülmüş ise 25 ml de perhidrol dökülmelidir. Baskı devre kartı, hazırlanan bu karışım içerisine bırakılarak baskı devre yolları dışında kalan tüm bakır eriyinceye kadar kap yavaş yavaş sallanarak bekletilir. Erime yavaş ise az bir miktar perhidrol ilave edilebilir. Erime işlemi bittikten sonra baskı devre kartı plastik veya tahta maşa ile alınarak bol suyla yıkanır (Görsel 8.65).



Görsel 8.65: Tuz ruhu perhidrol karışımı ile bakır plaket eritilmesi

Asit karışımı içerisine başka metal parçalar atılmamalıdır. Pense, kargaburnu gibi el aletleriyle baskı devre kartı asit karışımının içinden alınmamalıdır. Karışım yakıcı ve çıkan buhar zehirli olduğundan atölye ortamı havalandırılmalı; atölye ortamında, iş önlüğü ve koruyucu gözlükle çalışılmalıdır. Bu asit karışımı vücuda temas ederse; bol suyla yıkanması gerekir.

b) $FeCl_3$ Kullanarak Baskı Devre Kartı Eritme

Plastik kap içinde katı demir üç klorürün ezilip ılık suda karıştırılmasıyla veya plastik kap içine sıvı demir üç klorürün dökülmesiyle eritme kimyasalı hazırlanmış olur (Görsel 8.66).



Görsel 8.66: $FeCl_3$ ile bakır plaket eritilmesi

Baskı devre kartı, hazırlanan bu karışım içerisine bırakılarak baskı devre yolları dışında kalan tüm bakır eriyinceye kadar bekletilir. Erime yavaş olduğundan kabı ılık bir yüzey üzerinde bekletmekte fayda vardır. Erime işlemi bittikten sonra plaket, plastik veya tahta maşa ile alınarak bol su ile yıkanır (Görsel 8.66). Bu karışımın içerisine başka metal parçalar atılmamalıdır. Pense, kargaburnu gibi el aletleriyle bakır plaket asit karışımının içinden alınmamalıdır. Bu işlem sırasında atölye ortamında, iş önlüğü ve koruyucu gözlük ile çalışılması gerekir. Bu karışım vücuda temas ederse bol suyla yıkanması gerekir.

DİKKAT

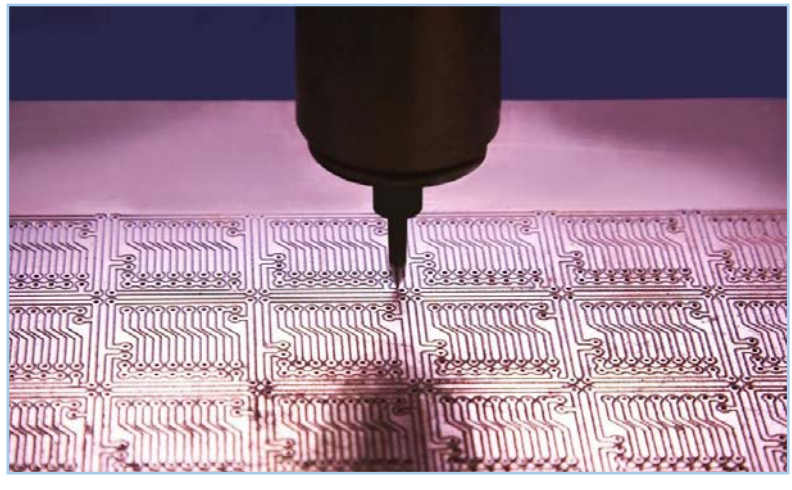
Bakır plaket, tuz ruhu ve perhidrol çözeltisinin erirken açığa çıkardığı klor gazının zehirleyici etkisi olduğundan solunmamalıdır (Görsel 8.67). Bu sebeple bakır eritme işleminde atölye, laboratuvar ve baskı devre odasının havalandırılması çok önemlidir.



Görsel 8.67: Bakır plaket asit çözeltisinde erirken çıkardığı duman

c) CNC Kazıma Yöntemi

Baskı devre deseninin kimyasal asit kullanmadan, bilgisayar kontrollü bir kazıma makinesi ile bakır plaket üzerinden mekanik olarak kaldırılması esasına dayanır. Bu yöntemde bakırın korunması yerine istenmeyen bakır, fiziksel olarak freze ucu ile temizlenir. Böylece sadece devre yolları bakır olarak kalır. Aynı makineyle delme işlemi de yapılabilir, bu da üretim sürecini hızlandırır. Asit banyosuna gerek duymaz, hassas ve tekrarlanabilir sonuçlar verir (Görsel 8.68).



Görsel 8.68: CNC kazıma yöntemi

8.4.4. Baskı Devre Kartını Delme

Baskı devre kartının üzerine yerleştirilecek elektronik devre elemanlarının bacaklarının geleceği yerlerin uygun uçlar kullanılarak matkapla delik açılması işlemine **baskı devre kartı delme** denir. Baskı devre kartını delme işleminde tezgâh tipi matkabın yanı sıra elektronikçi hobi tipi çeşitli matkaplar da kullanılır (Görsel 8.69).



Görsel 8.69: Tezgâh tipi ve hobi tipi matkaplar

Matkap kullanılırken baskı devre kartına matkabı sertçe bastırıp baskı devre kartının delik noktalarından çatlamamasına dikkat edilir. Bu işlemler sırasında atölye ortamında, iş önlüğü ve koruyucu gözlük ile çalışılması gerekir.

DİKKAT

El matkabı veya tezgâh matkapla çalışırken iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyunuz. Aksi takdirde çevrenize veya kendinize zarar verebilirsiniz (Görsel 8.70).



Görsel 8.70: Matkap ile çalışırken ucun kırılması

8.4.5. Baskı Devre Kartına Elektronik Devre Elemanı Montajı

Baskı devre kartının üzerine elektronik devre elemanı montajında dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır:

- Kart üzerindeki bakırlı yollar Avometre ile kontrol edilerek yollar arası kısa devre veya açık devre olup olmadığı tespit edilmelidir.
- Bakır yollar arasında kısa devre varsa saatçi tornavida veya maket bıçağıyla kısa devre giderilmelidir.

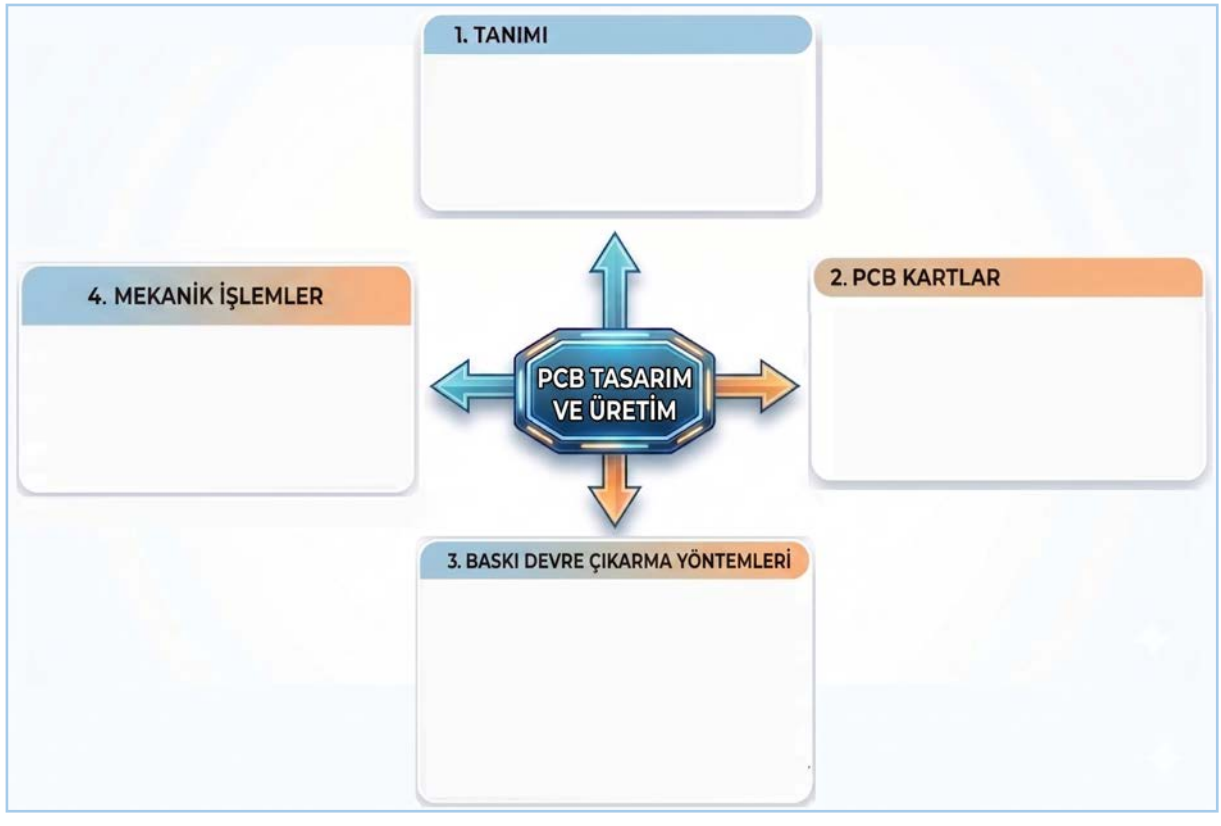
- Bakır yollar arasında açık devre varsa iki yol arası kabloyla lehimlenir.
- Baskı devre üst görünüşüne göre elektronik devre elemanları yerlerine yerleştirilir.
- Diyot, transistör, entegre gibi yarı iletken devre elemanlarının bacak yönlerine dikkat edilmelidir.
- Elektrolitik kondansatörün artı ve eksi bacakları karta doğru takılmalıdır.
- Soğutucu üzerine monte edilecek elektronik devre elemanları varsa bunların soğutucuya montajında ısı iletici macunu ve gerekiyorsa yalıtım malzemeleri konulmalıdır.
- Potansiyometre ve anahtar gibi baskı devre kartı dışına monte edilecek devre elemanlarının kabloları kart üzerinde doğru bağlantı noktalarına takılmalıdır.
- Lehimleme tekniklerine uygun olarak elektronik elemanlar kart üzerine lehimlenir.
- Lehimlemeden sonra kart selülozik tiner ile temizlenir.

DİKKAT

403. sayfadaki 8.4., 407. sayfadaki 8.5. ve 411. sayfadaki 8.6. Uygulamaları sırasıyla yapınız. Sonrasında diğer konuya geçiniz.

SIRA SİZDE

Aşağıda PCB tasarım ve üretim işlemleriyle ilgili kavram analizi şeması verilmiştir. İstenen bilgilere göre kutuları doldurunuz (Görsel 8.71).



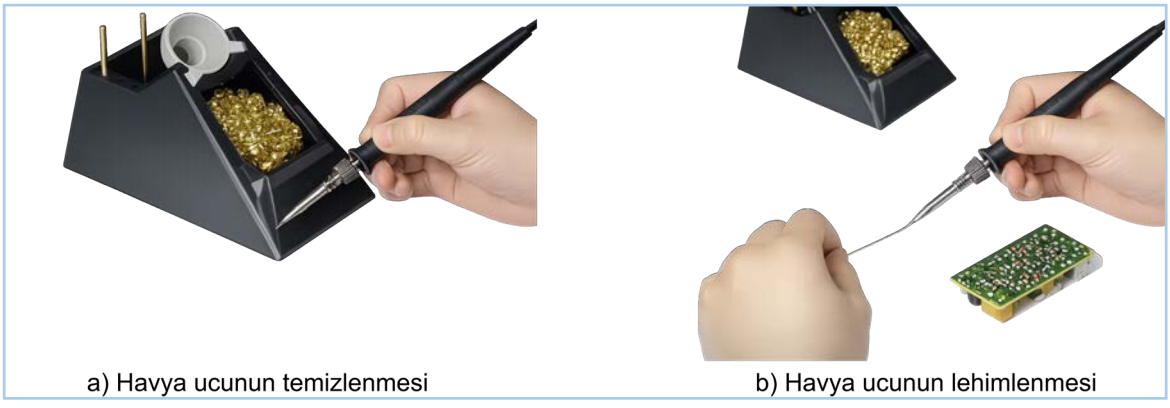
Görsel 8.71: PCB tasarım ve üretim işlemleri

8.1. UYGULAMA

Adı	DELİKLİ PERTİNAKS ÜZERİNDE LEHİM YAPMA VE SÖKME UYGULAMALARI
Süresi	40 dakika

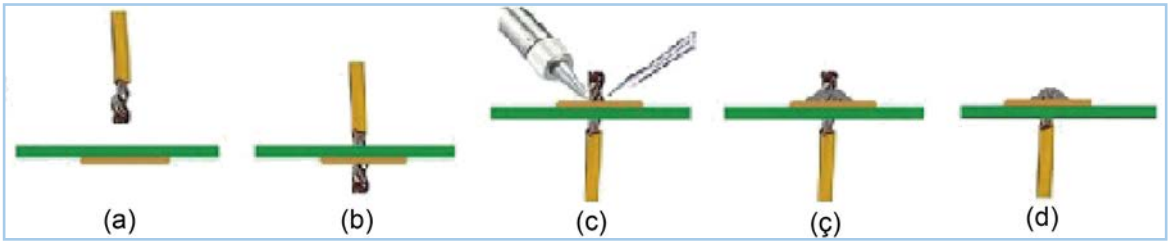
Amaç: Delikli pertinaks üzerinde lehimleme uygulamaları yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak delikli pertinaks üzerinde lehim yapma ve sökme uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.

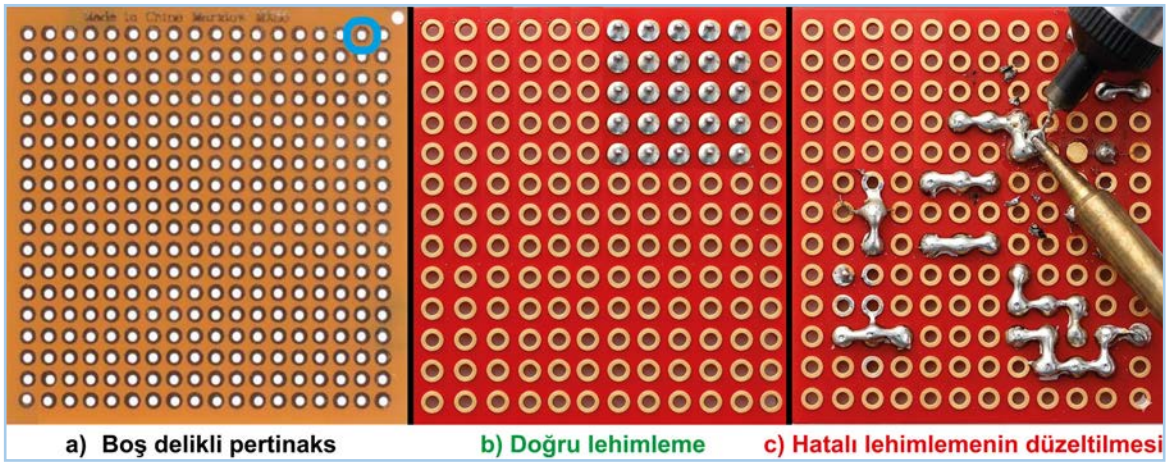


a) Havya ucunun temizlenmesi b) Havya ucunun lehimlenmesi

Görsel 8.72: Kalem havya ucunun temizlenmesi ve lehimlenmesi



Görsel 8.73: Delikli pertinaksa kablo lehimleme aşamaları



a) Boş delikli pertinaks b) Doğru lehimleme c) Hatalı lehimlemenin düzeltilmesi

Görsel 8.74: Delikli pertinaks

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Çalışma alanı	Silikon çalışma matı veya lehimleme seti	1 adet
Delikli plaket	Yeterli genişlikte	1 adet
Havya	Konik uçlu kalem tipi, 20-40 W	1 adet
Havya standı		1 adet
Lehim teli	Sn 63 Pb 37 alaşımlı lehim teli	1 tüp
Lehim pompası		1 adet
Devre elemanları	Direnç, kondansatör, diyot vb.	Yeterince
Ölçü aleti	Dijital multimetre	1 adet
NYAF kablo / Zil teli	0,22 mm^2 tek veya çok damarlı	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kargaburnu, cımbız vb.	Yeterince
Mikroskop / büyüteç	Yeterli ölçüde büyütme özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen malzemeleri elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Kalem havyayı havya altlığına koyup 230 V prize takıp ısınmasını bekleyiniz. Havyanın metal gövdesine elinizi kesinlikle değdirmeyiniz.
4. Aşağıda verilen lehimleme işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Atölye öğretmeninden onay aldıktan sonra kabloları 10 cm uzunlukta kesip uçlarını 5 mm açınız.
b)	Elinizdeki kablo çok damarlı ise uçlarını parmaklarınızla yuvarlayarak tek damarlı kablo görünümü elde ediniz.
c)	Havya ucunu temizleyiniz. Havya ucunuz temizlenmiyorsa ince bir lehim tabakasıyla kaplayınız ve tekrar temizleyiniz (Görsel 8.72).
ç)	Görsel 8.73'teki işlem adımlarını takip ederek delikli pertinaksın (Görsel 8.74.a) sağ üst tarafındaki deliğe lehimleyiniz. Lehimleme işlemini yaparken Görsel 8.74.b ve Görsel 8.74.c'ye dikkat ediniz.
d)	Bir önceki işlem basamaklarını takip ederek delikli pertinaksın sağ üst tarafında 1 cm^2 ölçüsündeki alanı doldurunuz (Görsel 8.74.b).
e)	Lehimleme işlemlerini yaparken sadece işlem yapacağınız padi lehimleyiniz (Görsel 8.74.b). Yandaki diğer padlere lehim taşırmayınız (Görsel 8.74.c). Doğru lehimleme yapmaya gayret ediniz.
f)	Lehim hataları oluşursa lehim fazlalıklarını lehim pompasıyla alıp yeniden lehim yapınız (Gerekirse 8.3. Uygulamadan destek alabilirsiniz.).

5. Havya ucunu temizleyerek cihazı kapatınız.
6. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Uygulama adımlarında yapılan işlemlerle ilgili gözlemlerinizi belirtiniz.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Lehimleme sırasında nelere dikkat ettiğinizi maddeler hâlinde yazınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. Lehimleme sırasında yapılan hatalı lehimlemeler nasıl telafi edilir? Açıklayınız.

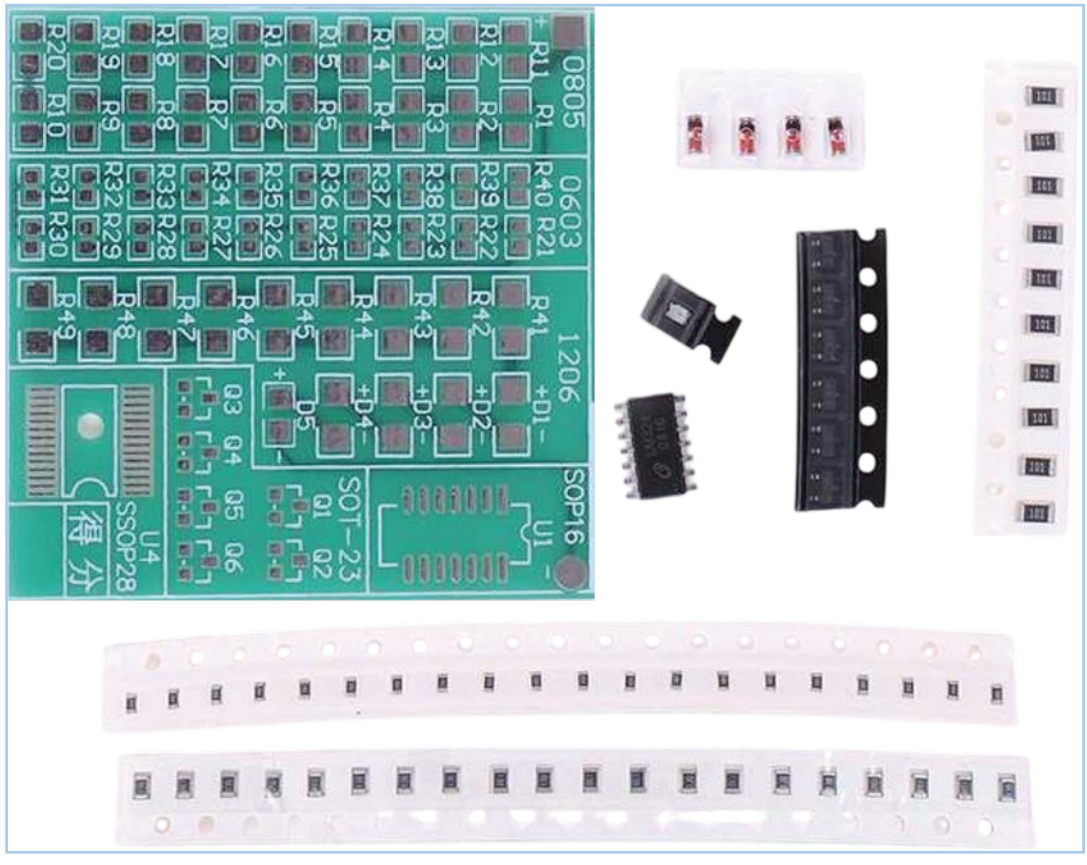
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

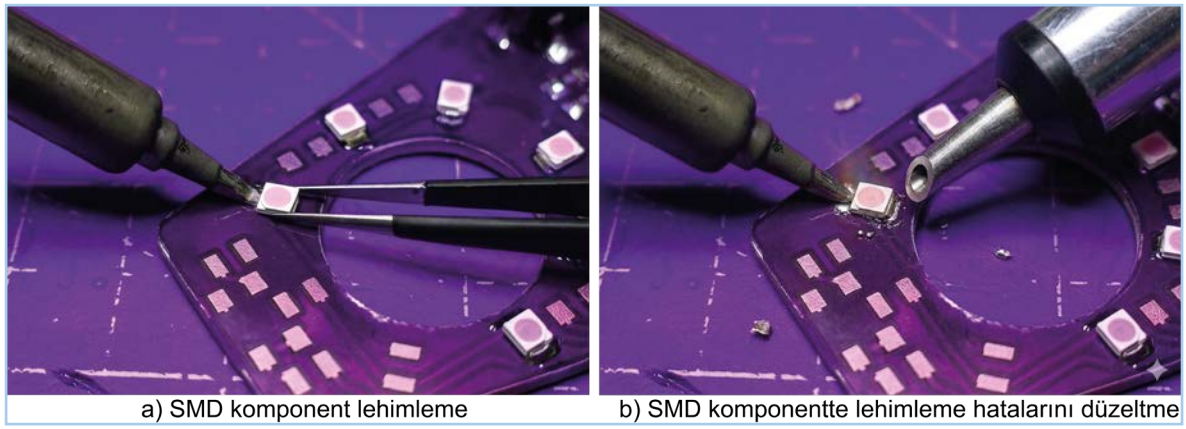
Adı	SMD KOMPONENTLERİN PCB KART ÜZERİNDE LEHİMLEME UYGULAMALARI
Süresi	40 dakika

Amaç: SMD komponentlerin PCB kart üzerinde lehimleme uygulamalarını yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak SMD komponentlerin PCB kart üzerinde lehimleme uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



Görsel 8.75: PCB kart ve farklı kılıf yapısına sahip SMD komponentler



a) SMD komponent lehimleme b) SMD komponentte lehimleme hatalarını düzeltme

Görsel 8.76: SMD komponentin lehimlenmesi ve lehim hatalarının düzeltilmesi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Çalışma alanı	Silikon çalışma matı veya lehimleme seti	1 adet
SMD PCB kartı	Yeterli genişlikte	1 adet
Havya	Konik uçlu kalem tipi, 20-40 W	1 adet
Havya standı		1 adet
Lehim teli	Sn 63 Pb 37 alaşımlı lehim teli	1 tüp
Krem lehim		1 adet
Devre elemanları	0805, 0603, 1206, SOT-23, SOP 16, SSOP28 kılıf yapısına sahip direnç, transistör, entegre vb.	Yeterince
Ölçü aleti	Dijital multimetre	1 adet
Lehim pompası		1 adet
Lehim emme teli		Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kargaburnu, cımbız vb.	Yeterince
Mikroskop / büyüteç	Yeterli ölçüde büyütme özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen malzemeleri elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Kalem havyayı, havya altlığına koyup 230 V prize takıp ısınmasını bekleyiniz. Havyanın metal gövdesine elinizi kesinlikle değmeyiniz.
4. Aşağıda verilen lehimleme işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Havya ucunu temizleyiniz. Havya ucunuz temizlenmiyorsa havya ucunuzu ince bir lehim tabakasıyla kaplayınız ve tekrar temizleyiniz.
b)	Görsel 8.75'te verilen SMD PCB kartının üzerine kılıf yapısına ve yönüne göre komponentlerin lehimleme işlemlerini Görsel 8.76.a'dan destek alarak yapınız.
c)	Bir önceki işlem basamaklarını takip ederek SMD PCB kartının üzerine tamamen komponentleri doldurunuz.
ç)	Lehimleme işlemlerini yaparken sadece işlem yapacağınız padi lehimleyiniz. Doğru lehimleme yapmaya gayret ediniz.
d)	Lehim hataları oluşursa lehim fazlalıklarını / hatalarını lehim pompasıyla alıp yeniden lehim yapınız.

5. İşlem sonrası SMD PCB kartını gözle kontrol ediniz ve gerekiyorsa temizleyiniz.
6. Havya ucunu temizleyerek cihazı kapatınız.
7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Uygulama adımlarında yapılan işlemlerle ilgili gözlemlerinizi belirtiniz.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. Lehimleme sırasında nelere dikkat ettiğinizi maddeler hâlinde yazınız.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

3. DIP ve SMD komponentlerin lehimlenmesi arasındaki farkları belirtiniz.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

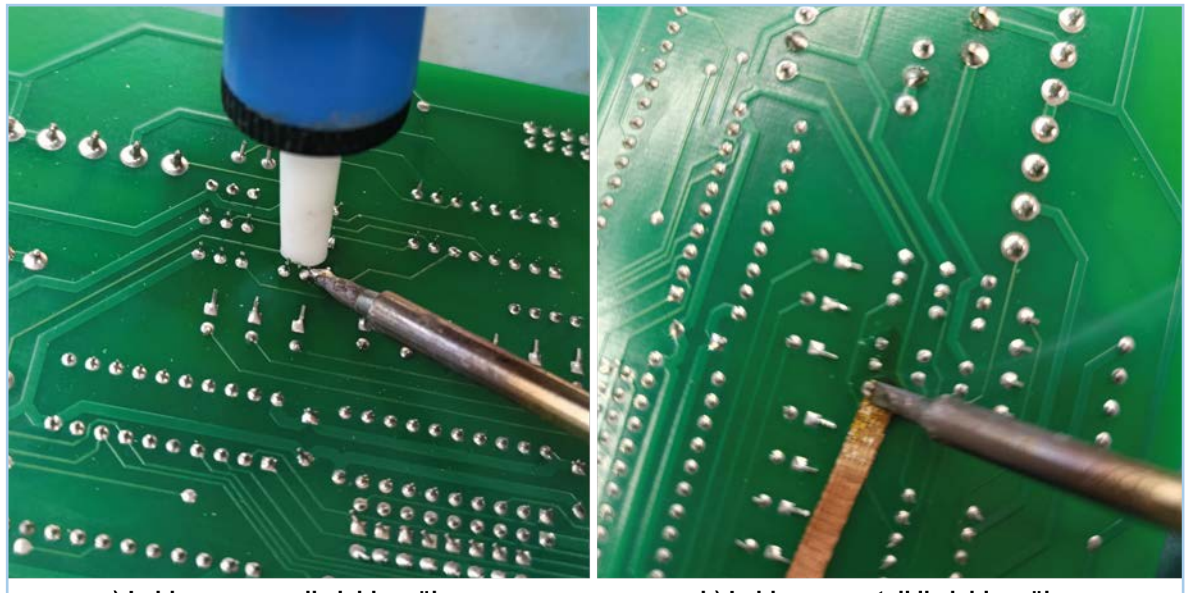


8.3. UYGULAMA

Adı	DIP VE SMD KOMPONENTLİ PCB ÜZERİNDE LEHİM SÖKME UYGULAMALARI
Süresi	40 dakika

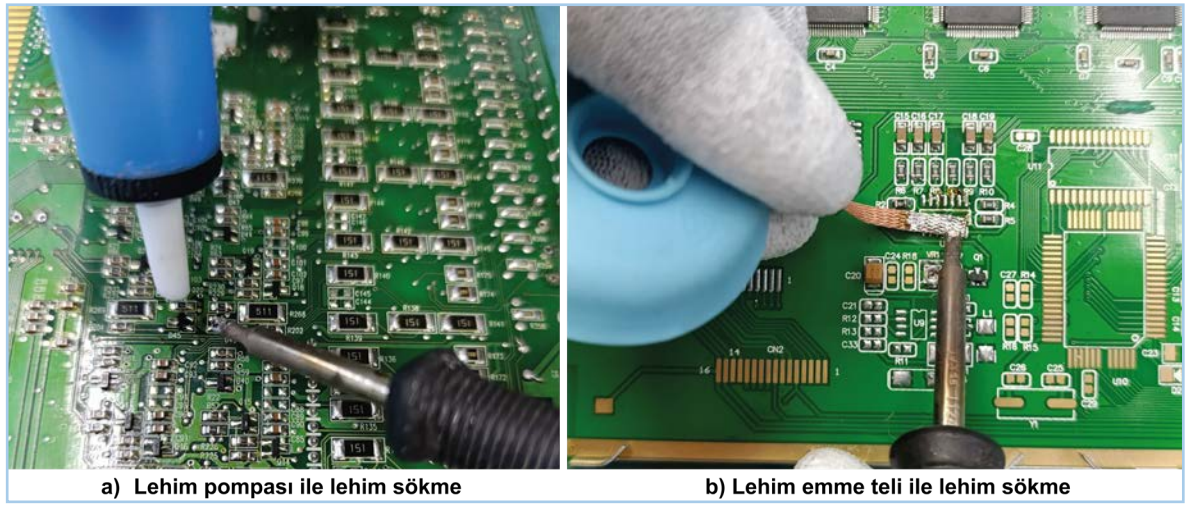
Amaç: DIP ve SMD komponentli PCB üzerinde lehim sökme uygulamaları yapmak

Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak DIP ve SMD komponentli PCB üzerinde lehim sökme uygulamalarını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



a) Lehim pompası ile lehim sökme b) Lehim emme teli ile lehim sökme

Görsel 8.77: DIP komponentli PCB kartta lehim sökme uygulamaları



a) Lehim pompası ile lehim sökme b) Lehim emme teli ile lehim sökme

Görsel 8.78: SMD komponentli PCB kartta lehim sökme uygulamaları

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Çalışma alanı	Silikon çalışma matı veya lehimleme seti	1 adet
Delikli plaket	Yeterli genişlikte	1 adet
SMD PCB kartı	Yeterli genişlikte	1 adet
Havya	Konik uçlu kalem tipi, 20-40 W	1 adet
Havya standı		1 adet
Lehim teli	Sn 63 Pb 37 alaşımlı lehim teli	1 tüp
Lehim pompası		1 adet
Lehim emme teli		Yeterince
Ölçü aleti	Dijital multimetre	1 adet
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kargaburnu, cımbız vb.	Yeterince
Mikroskop / büyüteç	Yeterli ölçüde büyütme özellikli	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen malzemeleri elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Kalem havyayı havya altlığına koyup, 230 V prize takıp ısınmasını bekleyiniz. Havyanın metal gövdesine elinizi kesinlikle değdirmeyiniz.
4. Aşağıda verilen lehim sökme / temizleme işlem adımlarını lehim pompası ile uygulayınız.

a)	Havya ucunu temizleyiniz.
b)	8.1. Uygulamada yaptığınız lehim alanından 3 adet padin lehimini ve 8.2. Uygulamadaki 3 adet SMD komponentin lehimini lehim pompasıyla sökünüz.
c)	Lehim pompasının yay mekanizmasını kurarak hazır hâle getiriniz (Görsel 8.77.a).
ç)	8.1. Uygulamada yaptığınız lehim alanından düzeltilecek / sökülecek lehim noktasını belirleyiniz.
d)	Havya ucunu lehim noktasına temas ettirerek lehimi tamamen eritiniz.
e)	Lehim sıvı hâle geldiğinde lehim pompasının ucunu lehim üzerine yaklaştırınız.
f)	Pompanın tetik mekanizmasına basarak erimiş lehimi çekiniz.
g)	Gerekirse işlemi aynı noktada tekrarlayınız.
ğ)	İşlem sonrası lehim sökülen bölgeyi gözle kontrol ediniz ve gerekiyorsa temizleyiniz.
h)	Aynı işlemleri 8.2. Uygulamada yaptığınız lehim alanından 3 adet SMD komponentin lehimini sökünüz (Görsel 8.78.a).

5. Aşağıda verilen lehim sökme / temizleme işlem adımlarını lehim emme teli ile uygulayınız.

a)	Havya ucunu temizleyiniz.
b)	8.2. Uygulamada yaptığınız lehim alanından 3 adet SMD komponentin lehimini ve 8.1. Uygulamada yaptığınız lehim alanından 3 adet padin lehimini lehim emme teli ile sökünüz.
c)	Lehim emme telini hazır hâle getiriniz (Görsel 8.78.b).
ç)	Düzeltilecek / sökülecek lehim noktasını belirleyiniz.
d)	Lehim emme telini düzeltilecek / sökülecek lehim noktasının üzerine yerleştiriniz.
e)	Havya ucunu lehim emme teline temas ettirerek lehimi tamamen eritiniz.
f)	Lehim sıvı hâle geldiğinde lehim emme telinin eriyen lehimi üzerine çektiğini gözlemleyiniz.
g)	Gerekirse işlemi aynı noktada tekrarlayınız.
ğ)	İşlem sonrası lehim sökülen bölgeyi gözle kontrol ediniz ve gerekiyorsa temizleyiniz.
h)	Aynı işlemleri 8.1. Uygulamada yaptığınız lehim alanından 3 adet DIP komponentin lehimini sökünüz (Görsel 8.77.b).

6. Havya ucunu temizleyerek cihazı kapatınız.

7. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Uygulama adımlarında yapılan işlemlerle ilgili gözlemlerinizi belirtiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Lehim sökme işlemlerinden (lehim pompası ve lehim emme teli) hangisini tercih edersiniz? Sebepleriyle açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

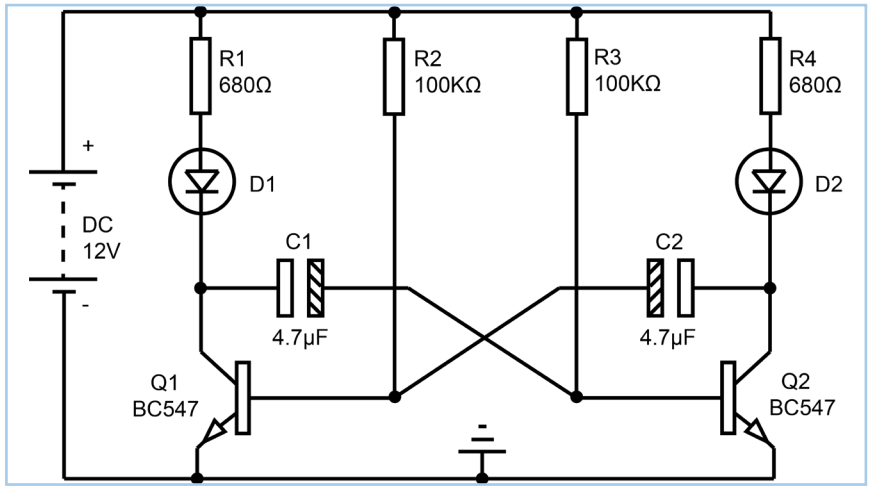
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

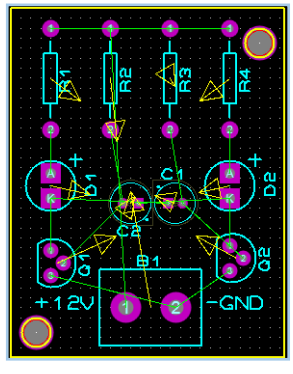
Adı	DIP KOMPONENTLERLE FLİP FLOP DEVRESİNİN ÜRETİMİ
Süresi	40 dakika

Amaç: DIP komponentlerle flip flop devresinin üretimini yapmak

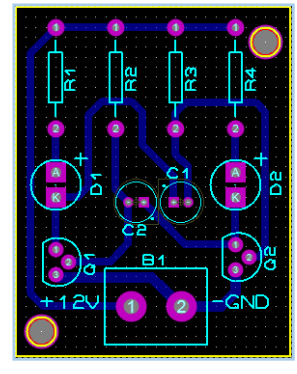
Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak DIP komponentlerle flip flop devresinin üretiminin uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



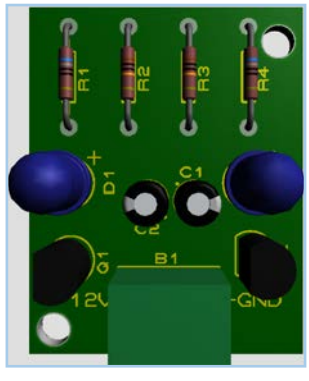
a) Flip Flop devresinin açık şeması



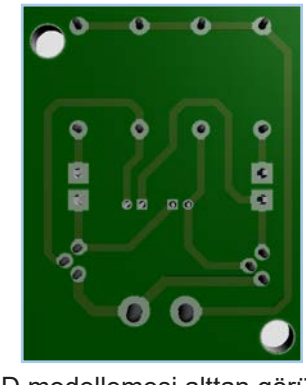
b) Komponentlerin yerleşimi



c) Baskı devre çizimi



ç) 3D modellemesi üstten görünüşü



d) 3D modellemesi alttan görünüşü

Görsel 8.79: DIP komponentler ile tasarlanan flip flop devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Baskı devre plaketi	Yeterli genişlikte, tek yüzlü	1 adet
Direnç (R1, R4)	680 Ω, karbon film	2 adet
Direnç (R2, R3)	100 kΩ, karbon film	2 adet
Kondansatör (C1, C2)	4.7 µF 16 V elektrolitik (kutuplu)	2 adet
Transistör (T1, T2)	BC547 NPN BJT transistör	2 adet
LED diyot	Kırmızı renkli	2 adet
Klemens	2'li 5,08 mm	1 adet
Havya	Konik uçlu kalem tipi 10-40 W	1 adet
Havya standı	Tutmalı, süngerli	1 adet
Lehim teli	0,8-1 mm, Sn 63 Pb 37 alaşımlı lehim teli veya kurşunsuz	Yeterince
Lehim pastası (flaks)	Elektronik tip	1 adet
Lehim pompası	Yaylı tip	1 adet
Matkap ve uçları	Uygun uçlara sahip (0,8-1-1,5 mm)	1-2 adet
Baskı devre kalemi	S veya M tipli, siyah veya mavi	1 adet
Baskı devre malzemeleri	Perhidrol, tuz ruhu, derin kap, temizlik ekipmanı	Yeterince
DC güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Plaket tutucusu		1 adet
Ölçü aleti	Dijital multimetre	1 adet
Kablo	0,75 veya 1 mm^2 tek telli, izoleli	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kargaburnu, cımbız vb.	Yeterince
Çalışma mat zemini	Plastik özellikli, yeterli genişlikte	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen malzemeleri elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Komponentlerin avometre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
4. Görsel 8.79.a'da verilen devre şemasını teknik resim kurallarına uygun olarak temrin defterinize çiziniz.

5. Aşağıda verilen baskı devre çıkarma işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Görsel 8.79.a'daki devre şemasından yararlanarak Görsel 8.79.b ve Görsel 8.79.c'deki baskı devre şemasını oluşturunuz.
b)	8 x 6 cm ölçülerinde bakır plaketi hazırlayınız.
c)	Oluşturduğunuz baskı devre çizimini bakır plaket üzerine aktarınız.

6. Aşağıda verilen baskı devre işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Bakır plaketi eritmek için uygun oranda [3 ölçek tuz ruhu (HCl) ve 1 ölçek perhidrol (%20-30 H_2O_2)] hazırlanmış asit çözeltisini plastik bir kap içine hazırlayınız.
b)	PCB çizimini yaptığınız bakır plaketi asit çözeltisine atınız. Plastik asit kabını sallayarak çizilmeyen bakır kısımların erimesini bekleyiniz.
c)	Fazlalıklar eriyince plaketi plastik veya tahta maşa ile tutarak etrafa asit çözeltisini sıçratmadan asitten çıkarınız ve musluk altında bol suyla yıkayınız. Bakır yollar üzerinde kalan mürekkebi iyice temizleyiniz.
ç)	Eleman ayaklarına uygun olarak yuvarlak / kare pad deliklerini matkapla dikkatlice açınız.
d)	Multimetreyle bakır hatların açık devre ve kısa devre kontrollerini yapınız.
e)	Komponentsiz PCB kartını üretmiş oldunuz.

7. Aşağıda verilen baskı devre sonrası lehimleme ve montaj işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Kalem havyayı prize takınız ve kalem havyanın ısınmasını bekleyiniz.
b)	Dizgi ve lehimleme yapılırken önce ufak komponentten başlanması gerektiğini unutmayınız.
c)	Her bir DIP komponenti PCB kartın üzerine yerleştiriniz. Komponentlerin ayak uçlarını hafifçe bükünüz. Bükmezseniz lehimlemek için PCB kartı ters çevirdiğinizde yerleşimini yaptığınız komponentler yerinden düşebilir.
ç)	Komponentleri sırayla PCB karta lehimleyiniz. Lehimleme işlemi bittiğinde elemanların fazla gelen uçlarını yan keski ile kesiniz.
d)	Komponentli PCB kartını gözle kontrol ediniz ve gerekiyorsa izopropil alkol ve fırça yardımıyla temizleyiniz.
e)	Komponentli PCB kartta hata yoksa havya ucunu temizleyerek enerjisini kesiniz.

8. Aşağıda verilen PCB kart üretimi sonrası çalıştırma ve test işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Komponentli PCB kartın girişine DC 12 V gerilimi öğretmen kontrolünde uygulayınız.
b)	Komponentli PCB kartın çalışmasını gözlemleyiniz.
c)	Komponentli PCB kartın enerjisini kesiniz.

9. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Açık şeması verilen devrenin baskı devre çıkarma işlem adımlarını maddeler hâlinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

2. Oluşturduğunuz baskı devrenin bakır plakete aktarımının işlem adımlarını maddeler hâlinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

3. Baskı devresi çizilen bakır plaketin asit çözeltisinde eritilmesinin işlem adımlarını maddeler hâlinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

4. Üretilen PCB karta DIP komponentlerin montajlanmasının işlem adımlarını maddeler hâlinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

5. Üretimini yaptığınız komponentli PCB kartının çalışmasını açıklayınız.

.....

.....

.....

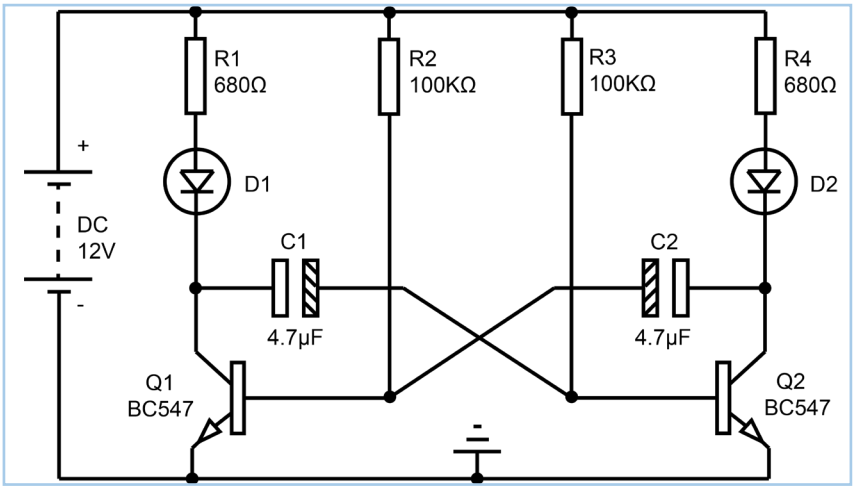
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

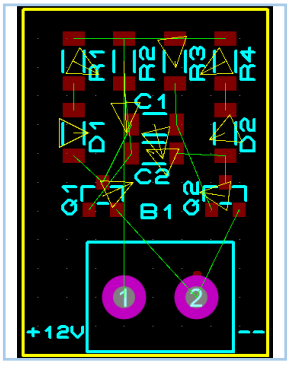
Adı	SMD KOMPONENTLERLE FLİP FLOP DEVRESİNİN ÜRETİMİ
Süresi	40 dakika

Amaç: SMD komponentlerle flip flop devresinin üretimini yapmak

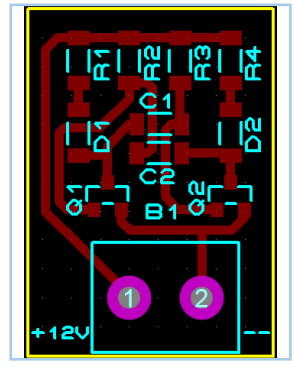
Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak SMD komponentlerle flip flop devresinin üretiminin uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



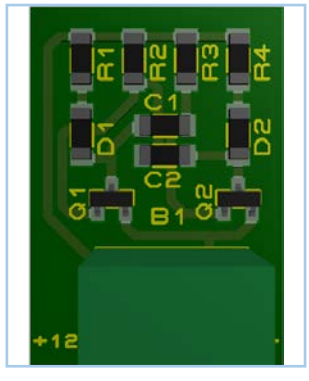
a) Flip flop devresinin açık şeması



b) Komponentlerin yerleşimi



c) Baskı devre çizimi



ç) 3D modellemesi üstten görünüşü



d) 3D modellemesi alttan görünüşü

Görsel 8.80: SMD komponentler ile tasarlanan flip flop devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Baskı devre plaketi	Yeterli genişlikte, tek yüzlü	1 adet
Direnç (R1, R4)	680 Ω, 1206 kılıf yapısında	2 adet
Direnç (R2, R3)	100 kΩ, 1206 kılıf yapısında	2 adet
Kondansatör (C1, C2)	4.7 µF 16 V elektrolitik (kutuplu) isteğe bağlı 1206 kılıfında	2 adet
Transistör (T1, T2)	BC547 NPN SOT23 kılıfında	2 adet
LED diyot	Kırmızı renkli, 1206 kılıf yapısında	2 adet
Klemens	2'li 5,08 mm	1 adet
Havya	Konik uçlu kalem tipi 10-40 W	1 adet
Havya standı	Tutmalı, süngerli	1 adet
Lehim teli	0,8-1 mm, Sn 63 Pb 37 alaşımlı lehim teli veya kurşunsuz	Yeterince
Lehim pastası (flaks)	Elektronik tip	1 adet
Lehim pompası	Yaylı tip	1 adet
Matkap ve uçları	Uygun uçlara sahip (0,8-1-1,5 mm)	1-2 adet
Baskı devre kalemi	S veya M tipli, siyah veya mavi	1 adet
Baskı devre malzemeleri	Perhidrol, tuz ruhu, derin kap, temizlik ekipmanı	Yeterince
DC güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Plaket tutucusu		1 adet
Ölçü aleti	Dijital multimetre	1 adet
Kablo	0,75 veya 1 mm^2 tek telli, izoleli	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kargaburnu, cımbız vb.	Yeterince
Çalışma mat zemini	Plastik özellikli, yeterli genişlikte	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen malzemeleri elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Komponentlerin avometre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
4. Görsel 8.80.a'da verilen devre şemasını teknik resim kurallarına uygun olarak temrin defterinize çiziniz.

5. Aşağıda verilen baskı devre çıkarma işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Görsel 8.80.a'daki devre şemasından yararlanarak Görsel 8.80.b ve Görsel 8.80.c'deki baskı devre şemasını oluşturunuz.
b)	4 x 4 cm ölçülerinde bakır plaketi hazırlayınız.
c)	Oluşturduğunuz baskı devre çizimini bakır plaket üzerine aktarınız.

6. Aşağıda verilen baskı devre işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Bakır plaketi eritmek için uygun oranda [3 ölçek tuz ruhu (HCl) ve 1 ölçek perhidrol (%20-30 H_2O_2)] hazırlanmış asit çözeltisini plastik bir kap içine hazırlayınız.
b)	PCB çizimini yaptığınız bakır plaketi asit çözeltisine atınız. Plastik asit kabını sallayarak çizilmeyen bakır kısımların erimesini bekleyiniz.
c)	Fazlalıklar eriyince plaketi plastik veya tahta maşayla tutarak etrafa asit çözeltisini sıçratmadan asitten çıkarınız ve musluk altında bol suyla yıkayınız. Bakır yollar üzerinde kalan mürekkebi iyice temizleyiniz.
ç)	Eleman ayaklarına uygun olarak yuvarlak / kare pad deliklerini matkap ile dikkatlice açınız.
d)	Multimetreyle bakır hatların açık devre ve kısa devre kontrollerini yapınız.
e)	Komponentsiz PCB kartını üretmiş oldunuz.

7. Aşağıda verilen baskı devre sonrası lehimleme ve montaj işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Kalem havyayı prize takınız ve kalem havyanın ısınmasını bekleyiniz.
b)	Dizgi ve lehimleme yapılırken önce ufak komponentten başlayınız. Her bir SMD komponenti sırayla PCB kartın üzerine yerleştiriniz. Cımbız yardımıyla PCB karta lehimleyiniz.
c)	En son DIP komponenti lehimleyiniz. Lehimleme işlemi bittiğinde komponentli PCB kartını gözle kontrol ediniz ve gerekiyorsa izopropil alkol ve fırça yardımıyla temizleyiniz.
ç)	Komponentli PCB kartta hata yoksa havya ucunu temizleyerek enerjisini kesiniz.

8. Aşağıda verilen PCB kart üretimi sonrası çalıştırma ve test işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Komponentli PCB kartın girişine DC 12 V gerilimi öğretmen kontrolünde uygulayınız.
b)	Komponentli PCB kartın çalışmasını gözlemleyiniz.
c)	Komponentli PCB kartın enerjisini kesiniz.

9. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Açık şeması verilen devrenin baskı devre çıkarma işlem adımlarını maddeler hâlinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Üretilen PCB karta SMD komponentlerin montajlanmasının işlem adımlarını maddeler hâlinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Üretimini yaptığınız komponentli PCB kartın çalışmasını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. SMD komponentler içinde kondansatör yeri sizce neden mercimek kondansatör kılıfında bırakılmıştır? Düşüncelerinizi belirtiniz.

.....

.....

.....

.....

.....

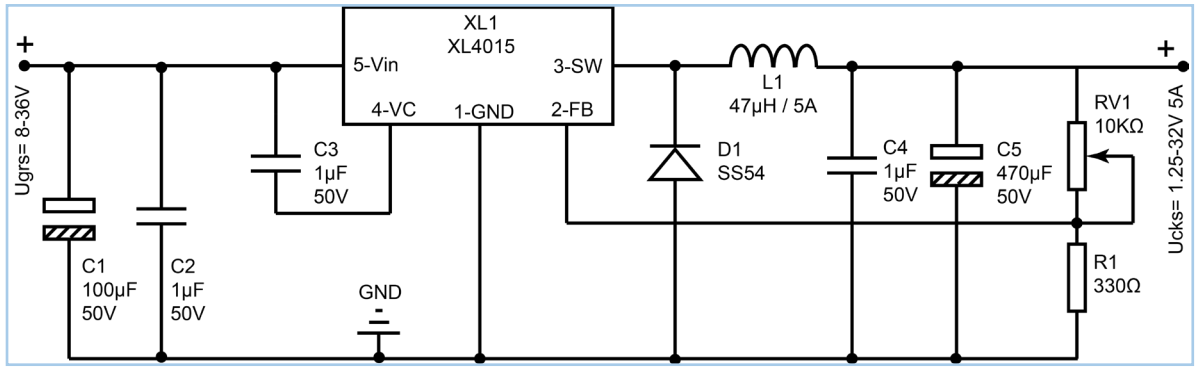
.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

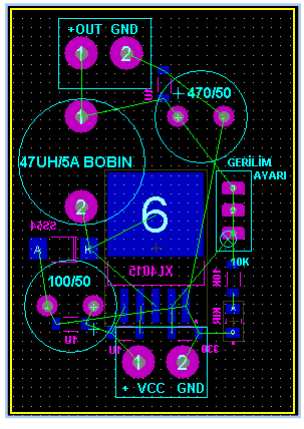
Adı	DIP VE SMD KOMPONENTLERLE XL4015 İLE GÜÇ KAYNAĞI YAPIMI
Süresi	40 dakika

Amaç: DIP ve SMD komponentlerle XL4015 ile güç kaynağı devresinin üretimini yapmak

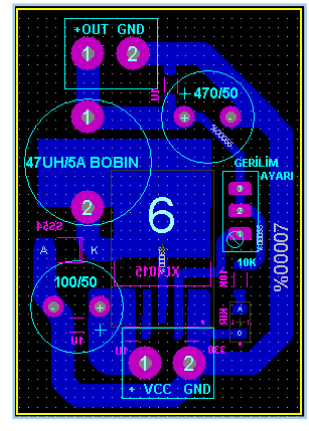
Görev: İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak DIP ve SMD komponentlerle XL4015 ile güç kaynağı üretiminin uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız. Çalışmanız uygulama sonundaki karekodda yer alan derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilecektir.



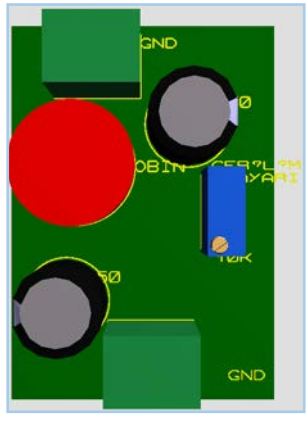
a) XL4015 devresinin açık şeması



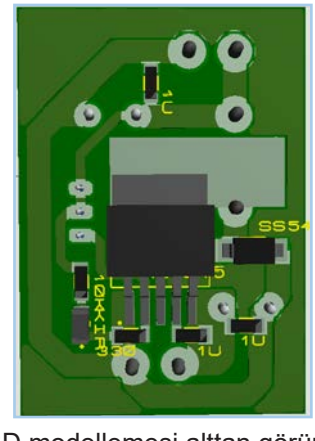
b) Komponentlerin yerleşimi



c) Baskı devre çizimi



ç) 3D modellemesi üstten görünüşü



d) 3D modellemesi alttan görünüşü

Görsel 8.81: DIP ve SMD komponentler ile tasarlanan flip flop devresi

Malzeme Listesi

MALZEME ADI	ÖZELLİKLER	MİKTAR
Baskı devre plaketi	Yeterli genişlikte, tek yüzlü	1 adet
Direnç (R1)	330 Ω, 1206 kılıfında	2 adet
Trimpot (RV1)	10 kΩ, dik çok turlu	2 adet
Kondansatör (C1)	100 µF 35 V elektrolitik (kutuplu)	1 adet
Kondansatör (C2, C3, C5)	1 µF 50 V kutupsuz 1206 kılıfında	3 adet
Kondansatör (C4)	470 µF 35 V elektrolitik (kutuplu)	1 adet
Regüle entegresi (IC1)	XL4015- TO170P1524X483-6 kılıfında	1 adet
Schotky diyot	SS54 – 5 A, LL41 kılıfında	1 adet
Bobin 5A	Kondansatör kılıfında 5 A	1 adet
Klemens	2'li 5,08 mm	1 adet
Havya	10-40 W, kalem tipi	1 adet
Havya standı	Tutmalı, süngerli	1 adet
Lehim teli	0,8-1 mm, Sn-Pb veya kurşunsuz	Yeterince
Lehim pastası (flaks)	Elektronik tip	1 adet
Lehim pompası	Yaylı tip	1 adet
Matkap ve uçları	Uygun uçlara sahip (0,8-1-1,5 mm)	1-2 adet
Baskı devre kalemi	S veya M tipli, siyah veya mavi	1 adet
Baskı devre malzemeleri	Perhidrol, tuz ruhu, derin kap, temizlik ekipmanı	Yeterince
DC güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Ölçü aleti	Dijital multimetre	1 adet
Kablo	0,75 veya 1 mm^2 tek telli, izoleli	Yeterince
El aletleri	Yan keski, pense, tornavida, kargaburnu, cımbız vb.	Yeterince
Çalışma mat zemini	Plastik özellikli, yeterli genişlikte	1 adet

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alınız. Çalışma ortamını düzenleyiniz ve gerekli malzemeleri hazırlayınız.
2. Öğretmen tarafından verilen malzemeleri elle ve gözle kontrol ediniz.
3. Komponentlerin avometre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.

4. Görsel 8.81.a'da verilen devre şemasını teknik resim kurallarına uygun olarak temrin defterinize çiziniz.

5. Aşağıda verilen baskı devre çıkarma işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Görsel 8.81.a'daki devre şemasından yararlanarak Görsel 8.81.b ve Görsel 8.81.c'deki baskı devre şemasını oluşturunuz.
b)	4 x 5 cm ölçülerinde bakır plaketi hazırlayınız.
c)	Oluşturduğunuz baskı devre çizimini bakır plaket üzerine aktarınız.

6. Aşağıda verilen baskı devre işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Bakır plaketi eritmek için uygun oranda [3 ölçek tuz ruhu (HCl) ve 1 ölçek perhidrol (%20–30 H_2O_2)] hazırlanmış asit çözeltisini plastik bir kap içine hazırlayınız.
b)	PCB çizimini yaptığınız bakır plaketi asit çözeltisine atınız. Plastik asit kabını sallayarak çizilmeyen bakır kısımların erimesini bekleyiniz.
c)	Fazlalıklar eriyince plaketi plastik veya tahta maşayla tutarak etrafa asit çözeltisini akıtmadan asitten çıkarınız ve musluk altında bol suyla yıkayınız. Bakır yollar üzerinde kalan mürekkebi iyice temizleyiniz.
ç)	Eleman ayaklarına uygun olarak yuvarlak / kare pad deliklerini matkap ile dikkatlice açınız.
d)	Multimetreyle bakır hatların açık devre ve kısa devre kontrollerini yapınız.
e)	Komponentsiz PCB kartını üretmiş oldunuz.

7. Aşağıda verilen baskı devre sonrası lehimleme ve montaj işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Kalem havyayı prize takınız ve kalem havyanın ısınmasını bekleyiniz.
b)	Dizgi ve lehimleme yaparken önce ufak komponentten başlayınız.
c)	Her bir SMD komponenti sırayla PCB kartın üzerine yerleştiriniz. Cımbız yardımıyla PCB karta lehimleyiniz. SMD komponentler bittikten sonra DIP komponentlere geçiniz.
ç)	Her bir DIP komponenti PCB kartın üzerine yerleştiriniz. Komponentlerin ayak uçlarını hafifçe bükünüz. Aksi takdirde lehimlemek için PCB kartı ters çevirdiğinizde yerleşimini yaptığınız komponentler yerinden düşebilir.
d)	DIP komponentleri sırayla PCB karta lehimleyiniz. Lehimleme işlemi bittiğinde elemanların fazla gelen uçlarını yan keski ile kesiniz.
e)	Komponentli PCB kartını gözle kontrol ediniz ve gerekiyorsa izopropil alkol ve fırça yardımıyla temizleyiniz.
f)	Komponentli PCB kartta hata yoksa havya ucunu temizleyerek enerjisini kesiniz.

8. Aşağıda verilen PCB kart üretimi sonrası çalıştırma ve test işlem adımlarını sırasıyla uygulayınız.

a)	Komponentli PCB kartın girişine DC 12-30 V gerilimi öğretmen kontrolünde uygulayınız.
b)	Komponentli PCB kartın çalışmasını trimpot değerini değiştirip çıkışına voltmetre bağlayarak gözlemleyiniz.
c)	Komponentli PCB kartın enerjisini kesiniz.

9. Çalışma alanını kontrol ediniz ve kullanılan araç gereci düzenli şekilde yerine bırakınız.

UYGULAMA SORULARI

1. Açık şeması verilen devrenin baskı devre çıkarma işlem adımlarını maddeler hâlinde yazınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Üretilen PCB karta DIP ve SMD komponentleri montajlarken nelere dikkat ettiniz? Açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Üretimini yaptığınız komponentli PCB kartının çalışmasını ve nerelerde kullanıldığını açıklayınız.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. SMD komponentler içinde kondansatörler neden DIP kondansatör kılıfında bırakılmıştır? Açıklayınız.

.....

.....

.....

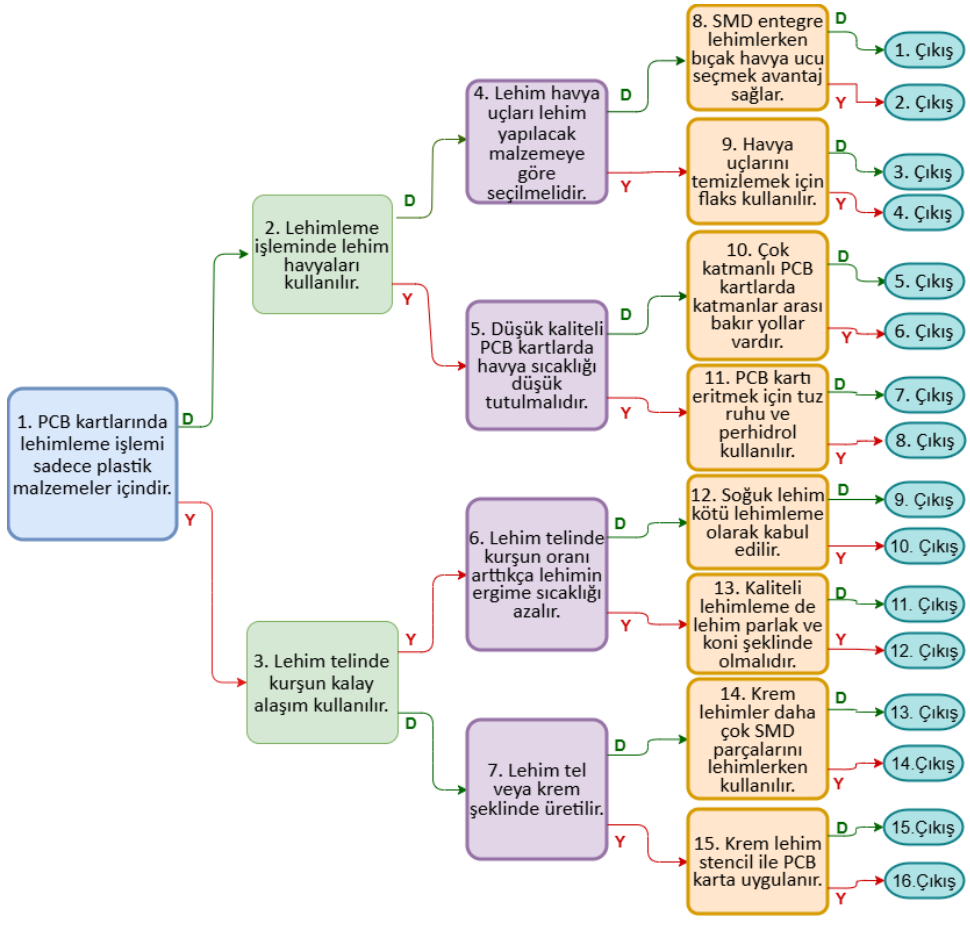
.....

.....

.....

Derecelendirme ölçeğine ulaşmak için karekodu okutunuz.

A) İlk kutucuktaki ifadeden başlayarak, ifadenin doğru "D" veya yanlış "Y" olduğuna karar verip ilgili oku takip ediniz. Vereceğiniz kararlar ve oklar yönünde ilerleyerek doğru çıkış noktasını belirleyiniz.



B) Aşağıdaki yapılandırılmış gridde numaralandırılmış kutucuklarda bazı ifadeler verilmiştir. Kutucuk numaralarını kullanarak 1'den 5'e kadar olan soruları cevaplayınız. Aynı kutucuk numarasını birden fazla cevap için kullanabilirsiniz.

İfadeler	
Konik (1)	Kalem (7)
Kapton bant (2)	Demir üç klorür (8)
Tek yüzlü (3)	Termal macun (9)
Sıcak hava (4)	Katmanlı (10)
Lehim pastası (5)	Düz (11)
Tuz ruhu (6)	İstasyon (12)

1. Lehimleme işleminde kullanılan havya çeşitleri hangileridir?

Cevap: .....

2. Lehim eritmek için havyaya takılan uç çeşitleri hangileridir?

Cevap: .....

3. Lehimleme işlemini kolaylaştıran yardımcı sarf malzemeleri hangileridir?

Cevap: ……

4. Bakır plaket çeşitleri hangileridir?

Cevap: ……

5. Bakır plaketi eritmek için kullanılan kimyasallar hangileridir?

Cevap: ……

C) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi havya ucu temizlemede kullanılan malzemelerden biri değildir?

A) Sünger B) Lehim teli C) İzopropil alkol

D) Fırça E) Temizlik teli

7. Aşağıdakilerden hangisi PCB üzerine krem lehim sürmek için kullanılan metal şablondur?

A) Konik uç B) Temizlik teli C) Termal macun

D) Stencil E) Bakır şerit

8. Aşağıdakilerden hangisi lehimleme metotlarından biri değildir?

A) Manuel B) Daldırma C) Seçici

D) Dalga E) Yoğunlaştırma

9. Aşağıdakilerden hangisi baskı devre kartının elde edilmesinde kullanılan ışığa hassas kimyasal bir maddedir?

A) Çamaşır suyu B) Demir üç klorür C) Pozitiv 20

D) Perhidrol E) Tuz ruhu

10. Aşağıdakilerden hangisi baskı devre kartı üzerinde bakır yolların elle çizilmesi için kullanılan kâğıttır?

A) Aydınger B) Kuşe C) Bristol

D) Kraft E) Otokopi

KAYNAKÇA

MEB, Uçak Bakım Çerçeve Öğretim Programı Ankara, 2026.
MEB, Elektrik Devre Analizi Dersi Ders Bilgi Formu Ankara, 2026
TDK Güncel Türkçe Sözlük.
TDK Yazım Kılavuzu.

CEVAP ANAHTARLARI KAREKODU

Cevap anahtarlarına bu karekodu okutarak ulaşabilirsiniz.



GENEL AĞ VE GÖRSEL KAYNAKÇASI KAREKODU

Materyalin genel ağ kaynakçası ve görsel kaynakçaya buradan ulaşılır.
Karekoda ulaşılamaması durumunda aşağıdaki linki kullanabilirsiniz.
http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=4618




ROMANYA
Bükreş
UKRAYNA
RUSYA FEDERASYONU
HAZAR DENİZİ
Sofya
BULGARİSTAN
K A R A D E N İ Z
GÜRCİSTAN
Tiflis
Edirne
Kırklareli
Sinop
Bartın
Zonguldak
Kastamonu
ADARA Ö.C.
Artvin
Ardahan
ERMENİSTAN
AZERBAYCAN
YUNANİSTAN
Tekirdağ
İstanbul
Samsun
Ordu
Giresun
Trabzon
Rize
Kars
Erivan
MARMARA DENİZİ
Kocaeli
Düzce
Karabük
Çankırı
Amasya
Yalova
Sakarya
Bolu
Çorum
Gümüşhane
Bayburt
Çanakkale
Bursa
Bilecik
Tokat
Ankara
Iğdır
Balıkesir
Eskişehir
Kırıkkale
Yozgat
Erzincan
Erzurum
Ağrı
Sivas
Kütahya
Tunceli
Bingöl
Muş
EGE DENİZİ
Manisa
Afyonkarahisar
Kırşehir
Atina
İzmir
Uşak
Kayseri
Elazığ
Bitlis
Van
Nevşehir
Malatya
Aksaray
Aydın
Diyarbakır
Siirt
Konya
Adıyaman
Batman
Şırnak
Hakkâri
Denizli
Eurdur
Isparta
Niğde
Kahramanmaraş
Mardin
İRAN
Muğla
Karaman
Osmaniye
Gaziantep
Şanlıurfa
Antalya
Adana
Mersin
Kilis
Hatay
KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ
Lefkoşa
S U R İ Y E
I R A K
GÜNEY KIBRIS RUM YÖNETİMİ
LÜBNAN
Beyrut
A K D E N İ Z
Bağdat
Şam
L İ B Y A
FİLİSTİN
Batı Şeria
Tel Aviv
Doğu Kudüs
FİLİSTİN
Gazze Şeridi
İSRAİL
M I S I R
TÜRKİYE'NİN MÜLKİ İDARE BÖLÜMLERİ İLE KARA VE DENİZ KOMŞULARI HARİTASI
BAŞKENT
Ankara
İL MERKEZİ
Elazığ
GÖL
ÜLKE SINIRI
ÖZERK BÖLGE SINIRI
AKARSU
0 50 100 200 300 400
Km


TÜRK DÜNYASI HARİTASI
Bağımsız Türk Devletleri
Türk Cumhuriyetleri, Türk Bölgeleri
Türk Toplulukları
0 250 500 1,000 1,500 2,000 Km
TÜRK CUMHURİYETLERİ, TÜRK BÖLGELERİ
1 GAGAVUZ YERİ
2 KARAÇAY-ÇERKESYA
3 KABARDİN-BALKARYA C.
4 DAĞISTAN C.
5 ÇUVAŞİSTAN C.
6 TATARİSTAN C.
7 BAŞKURT C.
8 KARAKALPAKİSTAN C.
9 ALTAY C.
10 HAKASYA C.
TÜRK TOPLULUKLARI
a Avrupa'daki Türkler
b Kosova Türkleri
c Yunanistan Türkleri
ç Bulgaristan Türkleri
d Romanya Türkleri
e Suriye Türkmenleri
f Irak Türkmenleri
g İran Türkleri
h Afganistan Türkmenleri
ı Pakistan Türkmenleri
İ Hindistan Türkmenleri
j Çin H. C. Türkleri
k Moğolistan Türkleri
l Rusya Federasyonu Türkleri
ÜLKE KISALTMALARI
ARNAVUTLUK ARN
BELÇİKA BEL
BOSNA - HERSEK BH
GÜNEY KIBRIS RUM YÖNETİMİ GKRY
HIRVATİSTAN HRV
İSVİÇRE İS
KARADAĞ KD
KOSOVA KS
KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ KKTC
KUZEY MAKEDONYA KMKD
LİHTENŞTAYN LİH
SIRBİSTAN SR
RUSYA FEDERASYONU
KAZAKİSTAN
MOĞOLİSTAN
ÇİN HALK CUMHURİYETİ
İRAN
AFGANİSTAN
PAKİSTAN
HİNDİSTAN
TÜRKİYE
SAHA (YAKUT) C.
TUVA C.
SİNCAN UYGUR ÖZERK BÖLGESİ
Norveç Denizi
Barents Denizi
Kara Denizi
Ohotsk Denizi
Bering Denizi
Akdeniz
Karadeniz
Umman Denizi
Yemen Denizi