BİYO ENSTRÜMANTASYON ATÖLYESİ DERS KİTABI 10

MESLEKİ VE TEKNİK
ANADOLU LİSESİ

BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

BİYO ENSTRÜMANTASYON ATÖLYESİ

10

DERS KİTABI



T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MESLEKİ ve TEKNİK ANADOLU LİSESİ

Biyomedikal Cihaz Teknolojileri

BİYO ENSTRÜMANTASYON ATÖLYESİ

10

DERS KİTABI

YAZARLAR

Büşra AĞIN
Esra GİRGİN
Merve ARSLAN
Merve ESAS
Merve Gizem KARABULUT
Mine AKÇUR

T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

DİL UZMANI

Abdullah ŞAHİN

GÖRSEL TASARIM UZMANI

İlyas AKYEL



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 hürriyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

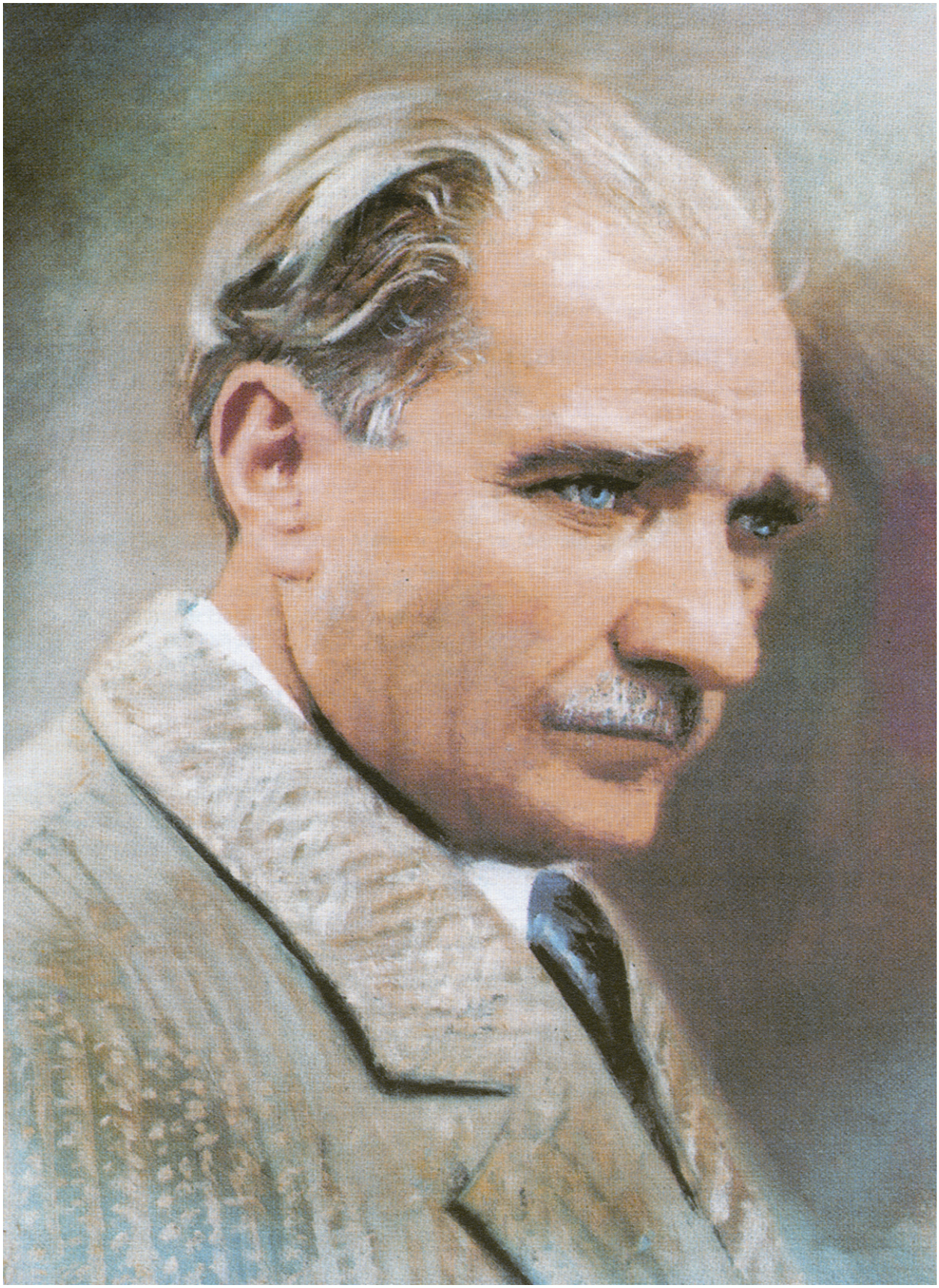
GENÇLİĞE HİTABE

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

BİYOMEDİKAL FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE SİNYAL ANALİZİ

1.1. Ortamdaki Fiziksel Büyüklükleri Ölçme 22
1.1.1. Uzunluk 24
UYGULAMA 1.1 27
1.1.2. Kütle ve Ağırlık Ölçümü 29
UYGULAMA 1.2 30
1.1.3. Sıcaklık Ölçümü 32
UYGULAMA 1.3 34
1.1.4. İş, Güç, Enerji 36
1.1.5. Zaman, Hız ve Devir 40
1.1.6. Buhar ve Gaz Basıncı 42
UYGULAMA 1.4 44
UYGULAMA 1.5 48
UYGULAMA 1.6 50
1.1.7. Elektromanyetik Alan 51
1.1.8. Renk yoğunluk ölçümleri 52
1.2. Osiloskop ve Analizör 53
1.2.1. Spektrum Analizörü 53
1.2.2. Osiloskop 53
UYGULAMA 1.7 55
1.3. Gürültü Analizi 57
1.3.1. Biyomedikal cihazlarda gürültü kavramı 57
1.3.2. Gürültü Çeşitleri 57
1.3.3. Gürültü Ölçümü 58
1.3.4. Gürültü Önleme Yöntemleri 58
UYGULAMA 1.8 59
1.4. Modülasyonlu Sinyallerin Analizi 60
1.4.1. Sinyallerdeki Parametreler 60
1.4.2. Modülasyon Kavramı 60
1.4.3. Modülasyon Çeşitleri 61

BİYOMEDİKAL SİSTEMLERDE KALİBRASYON

2.1. Biyomedikal Cihazlarda Elektriksel Güvenlik Testleri 64
2.1.1. Elektriksel Tehlikeler 64
2.1.2. Elektriksel Güvenlik Elemanları 65
2.1.3. Elektriksel Güvenlik Analizörü 66
UYGULAMA 2.1 70
UYGULAMA 2.2 72
2.2. Biyomedikal Cihazlara Uygun Fonksiyon Testleri 74
2.2.1. Biyomedikal Cihazları Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması 74
2.2.2. Tıbbi Görüntüleme Cihazları 74
2.2.3. Fizyolojik Sinyal İzleme Teşhis ve Kayıt Cihazları 77
2.2.4. Yaşam Destek ve Tedavi Cihazları 78
2.2.5. Tıbbi Laboratuvar ve Hasta Dışı Uygulama Cihazları 79
2.2.6. Cihazlara Özel Fonksiyonel Testler 81
UYGULAMA 2.3 83
UYGULAMA 2.4 85
2.3. Biyomedikal Cihazlarda Genel Ayarlar 87
2.3.1. Biyomedikal Cihazlarda Fizyolojik Veriler 87
2.3.2. Biyomedikal Cihazlarda Genel Ayarlar 87
UYGULAMA 2.5 88
UYGULAMA 2.6 90
2.4. Biyomedikal Cihazlarda Kalibrasyon Yöntemleri 92
2.4.1. Kalibrasyon 92
2.4.2. Kalibrasyon Çeşitleri 92
2.4.3. Kalibrasyonda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar 94
2.4.4. Kalibrasyon Sertifikası 94
UYGULAMA 2.7 96
UYGULAMA 2.8 98

BİYOMEDİKAL ALGILAYICI, DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE ELEKTROTLAR

3.1. Algılayıcı, Dönüştürücü ve Sensörler 102
3.1.1. Algılayıcı, Dönüştürücü ve Sensörlerin Kullanım Alanları 102
3.1.2. Algılayıcı, Dönüştürücü ve Sensörlerin Sınıflandırılması 103
3.2. Isı Algılayıcı ve Dönüştürücüleri 104
3.2.1. PTC (Pozitif Sıcaklık Katsayılı Termistör) 104
3.2.2. NTC (Negatif Sıcaklık Katsayılı Termistör) 105
3.2.3. Termokupl (Isıl Çift) 106
3.2.4. Termostat 106
UYGULAMA 3.1 107
UYGULAMA 3.2 109
3.3. Manyetik Algılayıcı ve Dönüştürücüler 111
3.3.1. Manyetik Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Çalışma Prensipleri 111
3.3.2. Manyetik Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Kullanım Alanları 112
3.3.3. Manyetik Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Sağlamlık Testleri 112
3.4. Rezistif ve Piezorezistif Algılayıcı / Dönüştürücüler 112
3.4.1. Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Çalışma Prensipleri 113
3.4.2. Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Kullanım Alanları 113
3.4.3. Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Sağlamlık Testleri 113
3.4.4. Potansiyometreli Yer Değiştirme Dönüştürücüsü (Wheatstone Köprülü Ölçme Düzeneği) 113
3.4.5. Gerilme Ölçerler (Strain Gauge) 114
3.4.6. Piezorezistif Algılayıcılar / Dönüştürücüler 115
3.4.7. Piezoelektrik Algılayıcılar / Dönüştürücülerin Yapısı ve Çalışma Prensibi 115
UYGULAMA 3.3 116
3.5. Işık (Optik) Algılayıcı ve Dönüştürücüler 118
3.5.1. Fotodirenç (LDR) (Light Depending Resistors) 118
3.5.2. LED (Light Emitting Diode) (Işık Yayan Diyot) 118
3.5.3. Foto Diyot 118
3.5.4. İnfrared Diyot 119
3.5.5 Foto Transistör 119
3.5.6. Foto Pil 119
3.5.7. Optokuplör 119
UYGULAMA 3.4 120
3.6. Ses, Konum Algılayıcı ve Dönüştürücüleri 122
3.6.1. LVDT (Konum Algılayıcı) 122
3.6.2. Mikrofon 122
3.6.3. Hoparlör 123

BİYOMEDİKAL ALGILAYICI, DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE ELEKTROTLAR

UYGULAMA 3.5 124
UYGULAMA 3.6 126
3.7. Sıvı-İyon Algılayıcı ve Dönüştürücüleri 127
3.7.1. Sıvılarda İletkenlik 127
3.7.2. Sıvı Seviye Algılayıcıları 127
3.7.3. Nem Algılayıcıları 127
3.8. Radyoaktivite Algılayıcı / Dönüştürücü ve Sensörleri 127
3.8.1. Radyoaktivite Işıma Şiddetini Algılama 129
3.8.2. Dozimetre ile Ölçüm Yapma 129
3.8.3. Geiger-Müller Tüpü ile Algılama 130
3.9. Mikroorganizma Algılayıcı / Dönüştürücü Ve Sensörleri 130
3.10. Elektrotların Sağlamlık Kontrolü 131
3.10.1. Elektroliz ve Elektrotlar 131
3.10.2. Algılama Amaçlı Elektrot Çeşitleri 131
3.10.3. Uyartım Amaçlı Elektrotlar 132
3.10.4. Elektrot Durum Dedektörü 133
3.10.5. Bağlantı Çeşitlerine Göre Elektrotlar ve Fiziksel Özellikleri 133
3.10.6. Elektrotlarda Kullanılan Jeller (Gel) 134
3.10.7. Elektrodun Elektriksel Devre Modeli ve Elektriksel Özellikleri 134
3.10.8. Ohmmetre ile Elektrotların Sağlamlık Kontrolü 135
3.11. Elektrot Parazitlerini Önleyici Tedbirler 135
3.11.1. Elektrot Bağlamada Dikkat Edilecek Özellikler 135
3.11.2. Elektrotların Temizlenmesi 136
3.11.3. Elektrotların Biyolojik İşaretleri Algılama Tekniği 136
3.11.4. Elektrotların Olası Zararlı Etkileri 137
3.11.5. Elektrotların Ölçümler Üzerine Etkileri 137
3.11.6. Hücrelerde Elektriksel Aktivasyon 137
3.11.7. Elektrot Arıza Dedektörü 137

BİYOPOTANSİYEL YÜKSELTEÇLER

4.1. Biyopotansiyel Yükselteçler 140
4.1.1. Biyopotansiyel Yükseltecin Tanımı ve Çeşitleri 140
4.1.2. İşlemsel Yükselteçlerin Genel Özellikleri 142
4.1.3. İşlemsel Yükseltecin Yapısı 142
4.1.4. İşlemsel Yükseltecin Kazanç Hesaplamaları 144
4.1.5. İşlemsel Yükseltecin Besleme Şekiller 144
4.2. Biyopotansiyel Yükselteç Devreleri 144
4.2.1. Eviren Yükselteç Devresinin Yapısı ve Görevi 145
UYGULAMA 4.1 146
4.2.2. Evirmeyen Yükselteç Devresinin Yapısı ve Görevi 148
4.2.3. Gerilim İzleyici Devresinin Görevi 148
UYGULAMA 4.2 149
UYGULAMA 4.3 151
4.2.4. Fark Yükselteç Devresinin Yapısı ve Görevi 153
4.2.5. Enstrümantasyon Yükselteçleri 153
4.2.6. İzolasyon Yükselteçleri 154
4.2.7. Karşılaştırıcı Devrelerinin Yapısı ve Görevi 154
4.2.8. Türev ve İntegral Alıcı Devrelerinin Yapısı ve Görevi 155
UYGULAMA 4.4 156

BİYOLOJİK İŞARETLERİN ANALOG VE SAYISAL İŞLEMLERİ

5.1. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerin Seçimi 160
5.1.1. İnsan Enstrümantasyon Sistemi Blok Diyagramı 160
5.1.2. Biyolojik İşaretlerde SNR (İşaret Gürültü Oranı) 161
5.1.3. Biyolojik İşaretlerde Gürültü Azaltma Yöntemleri 162
5.1.4. Biyolojik İşaretlerin Analog ve Dijital İşlenme Yöntemleri 164
5.1.5. Genel Ölçme ve Tanılama Sisteminin Blok Diyagramı 165
5.1.6. Sinyal İşleme Sisteminin Blok Diyagramı ve Blokların Ana Görevleri 165
5.1.7. Filtre ve Dalga Şekillendirici Devre Çeşitleri 168
UYGULAMA 5.1 178
5.2. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerin Kurulumu 180
5.2.1. Entegre Kodlama Sistemi 180
5.2.2. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerde Kullanılan Filtre Entegreleri ve Besleme Sistemleri 181
UYGULAMA 5.2 182
UYGULAMA 5.3 184
UYGULAMA 5.4 186
UYGULAMA 5.5 188
UYGULAMA 5.6 190
UYGULAMA 5.7 192
5.3. Analog Sinyallerin Sayısala Çevrilmesi İle İlgili Devre Uygulaması 194
5.3.1. Analog İşaretlerin Sayısala Çevrilmesinde Kullanılan Yöntemler 195
UYGULAMA 5.8 196
5.4. Sayısal Sinayllerin Analoga Çevrilmesi İle İlgili Devre Uygulaması 198
5.4.1. Sayısal İşaretlerin Analog İşaretlere Çevrilmesinde Kullanılan Yöntemler 198
UYGULAMA 5.9 200
5.5. Tümleşik Devrelerle A/D ve D/A Uygulama Devrelerinin Yapımı 202
UYGULAMA 5.10 204
UYGULAMA 5.11 206

ELEKTRONİK GÜÇ DEVRELERİ

6.1. Transistörler 210
6.1.1. Transistörün Yapısı 210
6.1.2. Transistörün Sağlamlık Kontrolü ve Uç Tespiti 211
6.1.3. Transistörlerin Anahtarlama Elemanı Olarak Kullanılması 211
UYGULAMA 6.1 212
6.1.4. Transistörün Zamanlayıcı Olarak Kullanılması 214
6.1.5. Transistörlü Zaman Gecikmeli Devreler 214
UYGULAMA 6.2 216
UYGULAMA 6.3 218
6.1.6. FET ve MOSFET 220
6.2. Multivibratörler 222
6.2.1. Multivibratörlerin Yapısı 222
6.2.2. Multivibratör Çeşitleri 222
UYGULAMA 6.4 224
UYGULAMA 6.5 226
6.3. Tristörler 228
6.3.1. Tristörün Yapısı, Özellikleri ve Çalışması 228
6.3.2. Tristör Tetikleme Yöntemleri 228
UYGULAMA 6.6 229
UYGULAMA 6.7 231
6.3.3. Triyak 233
6.3.4. Diyak 234

BİYOMEDİKAL CİHAZLARDA ARIZA ANALİZİ

7.1 Biyomedikal Cihazlarda Elektrik-Elektronik, Bilgisayar ve Mekanik Ünitelerinin Ayrımı 238
7.1.1. Elektrik-Elektronik Üniteler 238
7.1.2. Bilgisayar Üniteleri 239
7.1.3. Mekanik Üniteler 239
7.2. Biyomedikal Cihazlarda Elektrik ve Elektronik Ünitelerinin Elektriksel Ölçüm ve Testleri 240
7.2.1. Antistatik Laboratuvar 240
7.2.2. Teknik Servis Formu Düzenleme 241
7.2.3. Fiziksel Kontrol 241
7.2.4. Konnektör ve Klemenslerin Kontrolü 241
7.2.5. Sigorta Malzemeleri Kontrolü 242
7.2.6. Batarya veya Pilin Kontrolü 242
7.2.7. Kartın Üzerindeki Malzemelerin Tanımlanması 242
7.2.8. Şikâyetin Olduğu Kısmın Lokalizasyonu 242
7.2.9. Lokalizasyon Sonrası Malzeme Testi 242
7.3. Biyomedikal Cihazlarda Bilgisayar ve Kumanda Merkezi Ölçüm ve Testleri 244
7.4. Biyomedikal Cihazlarda Mekanik ve Birleşik Ünitelerin Ölçüm ve Testleri 244
7.5. Biyomedikal Cihazlarda Çıktı Birimlerinin Ayrımı 244
7.6. Arıza Analizi 245
UYGULAMA 7.1 246
UYGULAMA 7.2 249
UYGULAMA 7.3 251

MİKROİŞLEMCİ VE MİKRODENETLEYİCİ PROGRAMLAMA

8.1. Mikrodenetleyici Programı ve Temel Yazılım Bilgileri 256
8.1.1. Algoritma 257
8.1.2. Arduino 259
8.1.3. Arduino Programlama Türleri ve Geliştirme Ortamları 260
8.2. Mikrodenetleyicide Kullanılan Genel Komutlar 261
8.2.1. Mikrodenetleyici Bağlantıları ve Özellikleri 262
8.2.2. Mikrodenetleyicide Kullanılan Genel Komutlar 263
8.2.3. Arduino IDE Komutları ve Kütüphane Yapıları 271
8.3. Arduino IDE 273
8.3.1. İndirme ve Kurulum 273
8.3.2. Arduino IDE Program Menülerinin Tanıtılması 274
8.3.3. MBlock 276
UYGULAMA 8.1 280
UYGULAMA 8.2 282
UYGULAMA 8.3 284
UYGULAMA 8.4 286
UYGULAMA 8.5 288
UYGULAMA 8.6 290
UYGULAMA 8.7 292
UYGULAMA 8.8 294
UYGULAMA 8.9 296
UYGULAMA 8.10 298
UYGULAMA 8.11 300
UYGULAMA 8.12 302
UYGULAMA 8.13 304

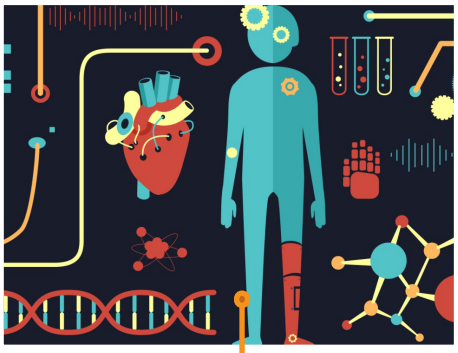
KİTABIN TANITIMI

Öğrenme Birimi numarasını gösterir.

Öğrenme Birimi adını içerir.

1

BİYOMEDİKAL FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE SİNYAL ANALİZİ



Bu Öğrenme Biriminde;

- Ortamdaki fiziksel büyüklüklerin ölçümünü
- Analizör ve osiloskop ile ölçümü
- Gürültü analizini
- Modülasyonlu sinyallerin analizini öğreneceksiniz.

Öğrenme Birimi görselini içerir.

Öğrenme Birimi konularını içerir.

KİTABIN TANITIMI

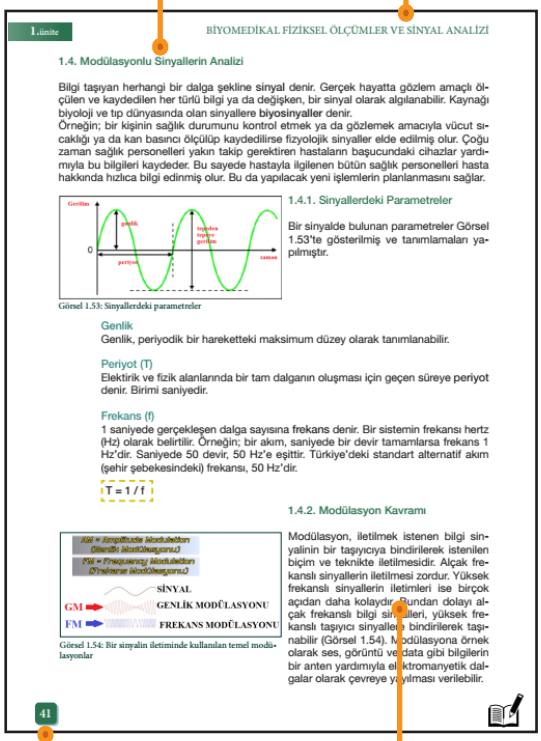
Öğrenme Birimi adını içerir.

Öğrenme Birimi konu başlığını gösterir.

Öğrenme Birimi uygulama numarasını içerir.

Öğrenme Birimi uygulama başlığını içerir.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?-KOD=26568
Karekod üzerindeki kodu linkin sonuna ekleyerek uygulamaya erişebilirsiniz.



1.ünite BİYOMEDİKAL FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE SİNYAL ANALİZİ

1.4. Modülasyonlu Sinyallerin Analizi

Bilgi taşıyan herhangi bir dalga şekline sinyal denir. Gerçek hayatta gözlem amaçlı ölçülen ve kaydedilen her türlü bilgi ya da değişken, bir sinyal olarak algılanabilir. Kaynağı biyoloji ve tıp dünyasında olan sinyallere **biyosinyaller** denir.
Örneğin; bir kişinin sağlık durumunu kontrol etmek ya da gözlemek amacıyla vücut sıcaklığı ya da kan basıncı ölçülüp kaydedilirse fizyolojik sinyaller elde edilmiş olur. Çoğu zaman sağlık personelleri yakın takip gerektiren hastaların başucundaki cihazlar yardımıyla bu bilgileri kaydeder. Bu sayede hastayla ilgilenen bütün sağlık personelleri hasta hakkında hızlıca bilgi edinmiş olur. Bu da yapılacak yeni işlemlerin planlanmasını sağlar.

1.4.1. Sinyallerdeki Parametreler

Bir sinyalde bulunan parametreler Görsel 1.53'te gösterilmiş ve tanımlamaları yapılmıştır.

Görsel 1.53: Sinyallerdeki parametreler

Genlik
Genlik, periyodik bir hareketteki maksimum düzey olarak tanımlanabilir.

Periyot (T)
Elektirik ve fizik alanlarında bir tam dalganın oluşması için geçen süreye periyot denir. Birimi saniyedir.

Frekans (f)
1 saniyede gerçekleşen dalga sayısına frekans denir. Bir sistemin frekansı hertz (Hz) olarak belirtilir. Örneğin; bir akım, saniyede bir devir tamamlarsa frekans 1 Hz'dir. Saniyede 50 devir, 50 Hz'e eşittir. Türkiye'deki standart alternatif akım (şehir şebekesindeki) frekansı, 50 Hz'dir.

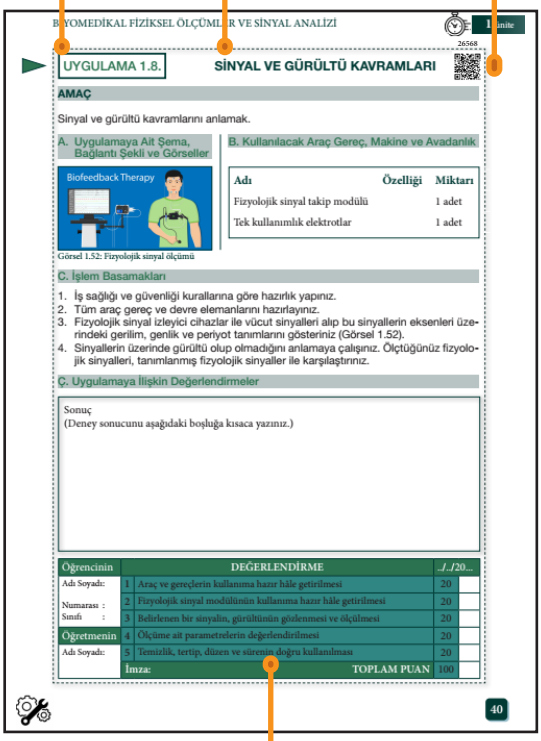
$T = 1 / f$

1.4.2. Modülasyon Kavramı

Görsel 1.54: Bir sinyalin iletiminde kullanılan temel modülasyonlar

Modülasyon, iletilmek istenen bilgi sinyalinin bir taşıyıcıya bindirilerek istenilen biçim ve teknikte iletilmesidir. Alçak frekanslı sinyallerin iletilmesi zordur. Yüksek frekanslı sinyallerin iletimleri ise birçok açıdan daha kolaydır. Bundan dolayı alçak frekanslı bilgi sinyalleri, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyallere bindirilerek taşınabilir (Görsel 1.54). Modülasyona örnek olarak ses, görüntü ve data gibi bilgilerin bir anten yardımıyla elektromanyetik dalgalar olarak çevreye yayılması verilebilir.

41



BİYOMEDİKAL FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE SİNYAL ANALİZİ 1.ünite

UYGULAMA 1.8. SİNYAL VE GÜRÜLTÜ KAVRAMLARI

AMAÇ

Sinyal ve gürültü kavramlarını anlamak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller

Görsel 1.52: Fizyolojik sinyal ölçümü

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Fizyolojik sinyal takip modülü		1 adet
Tek kullanımlık elektrotlar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Fizyolojik sinyal izleyici cihazlar ile vücut sinyalleri alıp bu sinyallerin eksenleri üzerindeki gerilim, genlik ve periyot tanımlarını gösteriniz (Görsel 1.52).
4. Sinyallerin üzerinde gürültü olup olmadığını anlamaya çalışınız. Ölçtüğünüz fizyolojik sinyalleri, tanımlanmış fizyolojik sinyaller ile karşılaştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20
Numarası :	2	Fizyolojik sinyal modülünün kullanıma hazır hâle getirilmesi	20
Sınıfı :	3	Belirlenen bir sinyalin, gürültünün gözlenmesi ve ölçülmesi	20
Öğretmenin	4	Ölçüme ait parametrelerin değerlendirilmesi	20
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20
İmza:		TOPLAM PUAN	100

40

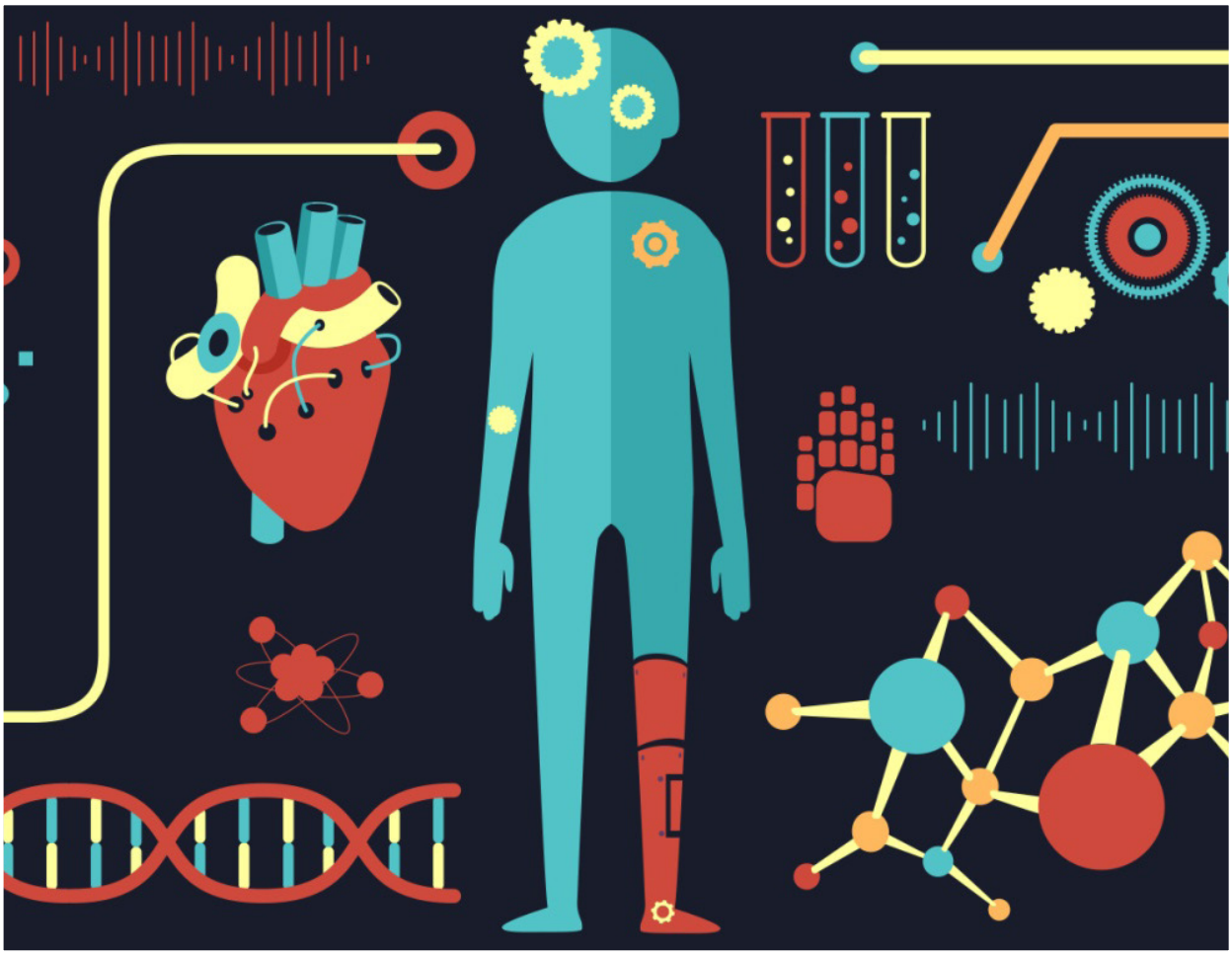
Sayfa numarasını gösterir.

Değerlendirme puan tablosunu içerir.

Öğrenme Birimi konu anlatımını içerir.

1

BİYOMEDİKAL FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE SİNYAL ANALİZİ



Bu öğrenme biriminde;

- Ortamdaki fiziksel büyüklüklerin ölçümünü
- Analizör ve osiloskop ile ölçümü
- Gürültü analizini
- Modülasyonlu sinyallerin analizini öğreneceksiniz.

AMAÇ

Uluslararası Ölçüm Sistemine (SI), iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak ortamdaki fiziksel büyüklükleri kazanılacak bilgi ve beceriler doğrultusunda ölçüm yapmak.

GİRİŞ

Bilim sözcüğünün İngilizcedeki karşlığı olan "science" kelimesi; "kesmek", "parçalarına ayırmak", "kesip içine bakmak", "araştırmak" anlamına gelen Latince "scindere" kelimelerinden türetilmiştir. Bilim yapmak için bu eylemleri geçekleştirmek şarttır. Özellikle uygulamalı teknik bilimlerde kesme, parçalama ve birleştirme gibi eylemler olmazsa olmazdır. Bu nedenle uygulamalı eğitimin temeli için bu eylemleri en ideal şartlar ile yapmayı öğrenmek gerekmektedir. Çünkü her şeyin en optimize ortamda, en verimli hâliyle çalıştığı koşullar mevcuttur. Tıbbi cihazlar da her koşul altında işlevlerini sağlıklı bir şekilde yerine getiremez. Bu cihazlar uygun koşullara sahip ortamlarda çalıştırılmalıdır. Yaptıkları işin doğruluğu, toleransı ve duyarlılığı çok önemli olan tıbbi cihazların insan sağlığı üzerinde büyük etkileri bulunmaktadır.

Hastaların tedavisi için belki de en önemli aşama, tanı ve teşhis aşamasıdır. Zamanında doğru tanı konulduğu sürece doğru tedavi vardır. Tanı, teşhis ve hatta tedavi aşamasında nesnel ve kesin ölçüm yapabilen cihazlar vazgeçilmez hâle gelmiştir. Bu cihazların işlevlerini doğru bir şekilde yerine getirebilmesi, bulundukları ortamın fiziksel büyüklüklerine (sıcaklık, nem, ışık, ses, basınç vb.) bağlıdır. Her cihaz için çalışma şartları farklıdır ve her cihaz için bu şartlar sağlanmalıdır. Bu nedenle önce ölçümler yapılmalı gerekli koşullar sağlanıyor ise cihazlar kurulmalıdır. Bu öğrenme biriminde tıbbi cihazlar için gerekli olan fiziksel büyüklüklerin neler olduğunu öğrenecek ve gerekli fiziksel büyüklüklerin ölçümlerini yapabileceksiniz.

1.1. Ortamdaki Fiziksel Büyüklükleri Ölçme

Miktarı bilinmeyen bir büyüklüğü, aynı cinsten bir birim büyüklük ile karşılaştırarak kaç katı olduğunu saptamaya **ölçme** denir. Sanayi ve teknolojide;

- Üretilen veya yapılan parçaların ölçü sınırlarını belirlemek
- Geliştirilen diğer üretim yöntemlerini kontrol etmek
- Üretimi yapılan parçanın büyüklüğünü bilimsel olarak ifade edebilmek için üretimi yapılan parçayı nesnel olarak tanımlayan bir takım sayısal değere ihtiyaç duyulur. Bu sayısal değerlere **fiziksel nicelikler** adı verilir. Kütle, uzunluk, zaman, hız, ivme, kuvvet, sıcaklık, enerji, elektrik alan şiddeti, manyetik akı vb. gibi çok sayıda fiziksel nicelik vardır.

Çevredeki fiziksel büyüklükleri ölçerken beş duyu organları ve basit yöntemler zamanla ihtiyacı karşılayamaz hâle gelmiştir. Bu nedenle ölçme konusunda belirli bir standart belirleme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu standardı sağlama amacıyla uluslararası bir kuruluş olan "Uluslararası Birim Sistemi (SI)"nin yaptığı tanımlamalar, bütün dünya tarafından kabul edilmiştir (Tablo 1.1).

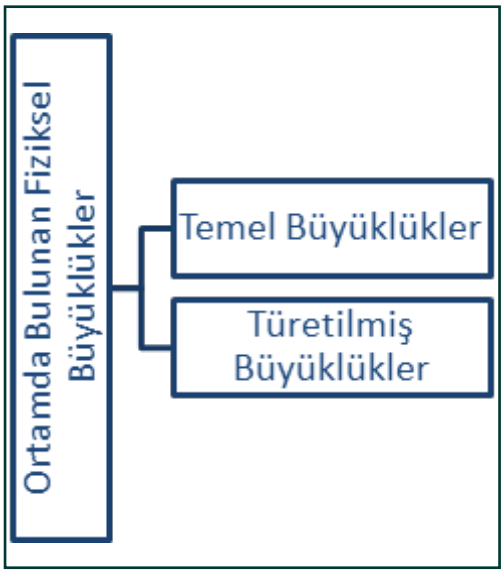
Tablo 1.1: SI Temel Birimleri

SI Temel Birimleri		
Fiziksel Nicelik	**Birimin Adı**	**Sembol**
Uzunluk	Metre	M
Kütle	Kilogram	kg
Zaman	Saniye	s
Elektrik Akımı	Amper	A
Sıcaklık	Kelvin	K
Aydınlanma Şiddeti	Kandela	Cd
Madde Miktarı	Mol	mol

Uluslararası Ölçüm Sistemi ya da Uluslararası Birim Sistemi [Fransızca; Système international d'unités (Sistemi internasyonel di uniti), kısaca SI] 1960'daki "Ağırlıklar ve Ölçümler" genel konferansında tanımlanmış ve buna resmî bir statü verilmiştir. Bu sistem, bütün dünyada aynı fiziksel büyüklüklerin ortak bir dilde anlaşılmasını sağlamıştır. Yani SI'nin genel kabulü, teknik iletişimi kolaylaştırmaya yöneliktir. Buna göre bütün dünyada "metre" veya "gram" denildiğinde anlaşılan büyüklük tamamen aynıdır. Her ülkenin de kendi standardını denetleyen resmî kuruluşları, ülke içinde ölçme konusunda farklılıkların ortaya çıkmasını önlemektedir. Türkiye'de bu görevi "Türk Standartları Enstitüsü" (TSE) yapmaktadır. Böylelikle fiziksel büyüklüklerin birimlerinde de bir standart belirlenmiş ve tüm fiziksel büyüklüklerin uzunluk, kütle ve zaman cinsinden tanımlanması sağlanmıştır (Tablo 1.2).

Tablo 1.2: Bazı SI Türeme Birimleri İçin Özel İsimler ve Semboller

Bazı SI Türeme Birimleri için Özel İsimler ve Semboller			
Fiziksel Nicelik	SI Biriminin Adı	SI Birimi İçin Sembol	SI Biriminin Tanımı
Kuvvet	newton	N	$kg\ m\ s^{-2}$
Basınç	pascal	Pa	$N / m^2 = kg\ m^{-1}\ s^{-2}$
Enerji	joule	J	$N\ m = kg\ m^2\ s^{-2}$
Güç (Fizik)	watt	W	$J / s = kg\ m^2\ s^{-3}$
Elektriksel Yük	coulomb	C	A x s
Elektriksel Potansiyel Farkı	volt	V	$W / A = J/C = kg\ m^2\ A^{-1}\ s^{-3}$
Elektriksel Direnç	ohm	W	$V / A = kg\ m^2\ A^{-2}\ s^{-3}$
Elektriksel İletkenlik	siemens	S	Ω^{-1} = kg–1 m–2 A2 s3
Elektriksel Sığa	farad	F	$C / V = A^2\ s^4\ kg^{-1}\ m^-$
Manyetik Akı	weber	Wb	$kg\ m^2\ s^{-2}\ A^{-1}$
İndüktans	henry	H	$Wb / A = kg\ m^2\ A^{-2}\ s^{-2}$
Manyetik Akı Yoğunluğu	tesla	T	$Wb / m^2 = kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
Aydınlanma Akısı	lumen	lm	cd x sr
Aydınlanma	lüks (aydınlanma)	lx	$lm / m^2 = cd\ sr\ m^{-2}$
Frekans	hertz	Hz	s^{-1} (saniyede salınım)



Görsel 1.1: Ortamda bulunan fiziksel büyüklükler

Ortamda bulunan fiziksel büyüklükler temel ve türetilmiş büyüklükler olmak üzere ikiye ayrılır (Görsel 1.1). Uzunluk, tek boyutlu bir doğrunun veya eğrisel bir yolun belirlenmiş iki noktası arasındaki mesafedir. Bir nesneye ait bilinmesi gereken en temel birim olan uzunluk, gündelik hayatta sürekli kullanılmaktadır. Ayrıca tüm tıp elektroniği teknolojilerinin parametrelerini anlamaya yardımcı olacak ölçüm birimlerinden biridir. Temel büyüklükler, başka birimlere gerek duyulmadan ifade edilebilen birimlerdir. Fizikte yedi tane temel büyüklük vardır. Bunlar; kütle, uzunluk, zaman, akım şiddeti, sıcaklık ve ışık şiddetidir. Başka büyüklükler yardımıyla ifade edilen büyüklüklere **türetilmiş büyüklükler** denir. Türetilmiş büyüklüklere kuvvet, ivme, hız, direnç ve enerji örnek verilebilir.

1.1.1. Uzunluk

Uzunluk birimi "**metre**"dir. Bir nesnenin uzunluğunun "metre" olarak ifade edilmesi, dünyanın her yerinde aynı uzunluk birimi olarak aynı şekilde anlaşılmaktadır. Dünya üzerinde metre yanında başka uzunluk birimleri de kullanılmaktadır. Örneğin, elektronik ve mekanik elemanların ölçülmesinde inç ve mil gibi birimler de kullanılmaktadır.

Örneğin, ABD ve İngiltere henüz metrik sistem kullanmamakta, buna bağlı olarak da özellikle endüstriyel ürünlerin uluslararası kullanımında bazı karışıklıklar yaşanabilmektedir. Diğer bir örnek olarak yurtdışından ithal edilmiş bir tıbbi cihazın kurulumu esnasında ortam şartları ve koşulları, ülkedeki birimlerine dönüştürülerek yapılır. Çünkü kurulum şartlarının, birimlerinin ve ölçülerinin karşılıkları ülkede farklı olabilmektedir.

Uzunluk Birimlerinin Birbirine Dönüşümü

Bir uzunluk birimi başka bir uzunluk birimine Tablo 1.2'den faydalanılarak çevrilebilir. Örneğin; Türkiye'de iki şehir arasının kilometre cinsinden uzunluğu biliniyorsa ve bu iki şehir arası, ülkesinde uzunluk birimi olarak mil kullanılan birine ifade edilmek isteniyorsa km, mil cinsinden hesaplanıp ifade edilebilir. Amerika'dan gelen bir tıbbi cihazın uzunluğu, kullanım kılavuzunda inç cinsinden verilmişse bunun metre cinsinden uzunluğu tespit edilebilir. Bu da biyomedikal teknik hizmeti sırasında cihazın kurulum ve kullanımını Türkiye standartlarına göre ayarlamaya yardımcı olur.

Örnek: Bir hasta yatağının boyu 50 inç ise metre cinsinden değeri nedir?
Çözüm: 50 × 0,0254 m = 1,27 metre

Örnek: Bir hastabaşı monitör ekranının köşeden köşeye uzaklığı 55 cm'dir. İnç olarak karşılığını bulunuz.
Çözüm: 55 cm / 2,54 cm = 21,65 inç

Örnek: Türkiye'de bulunan 1500 km'lik bir yol ABD'de olsaydı kaç mil değerinde olurdu?
Çözüm: Öncelikle kilometre metreye çevrilir.
1500 km = 1500 x 1000 (m) = 1.500.000 metre
1500 000 x 0,000621 = 931,5 mil

Tablo 1.3: Metrenin alt ve üst katları

	Birimin Adı	Sembolü	Metre Cinsinden Değeri
Üst Katları	Kilometre	km	1 km = 1000 m
	Hektometre	hm	1 hm = 100 m
	Dekametre	dam	1 dam = 10 m
	Metre	mm	1 m
Alt Katları	Desimetre	dm	1 dm = 0,1 m
	Santimetre	cm	1 cm = 0,01 m
	Milimetre	mm	1 mm = 0,001 m

Tablo 1.3'ten anlaşılacağı üzere uzunluk birimleri metre cinsinden yukarı doğru büyür; aşağı doğru küçülür.

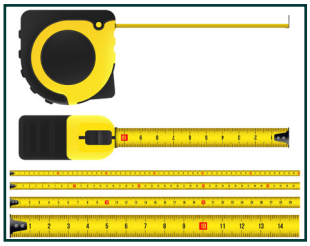
Örnek: 3,5 metrelik bir güç kaynağı kablosu, kaç santimetredir?
Çözüm: 1 m, 100 cm olduğuna göre 3,5 × 100 = 350 cm bulunmuş olur.

Örnek: Bir şehir hastanesinin yoğun bakım servisi ile biyomedikal teknik servisi arasında 1500 metre bulunuyor. Bu mesafe kaç kilometredir?
Çözüm: 1 km, 1000 m olduğundan 1500 / 1000 = 1,5 km bulunmuş olur.

Örnek: Bir hastane inşaatı projesinde yer alan 300 metre uzunluğundaki duvar, kaç dekametreye eşittir?
Çözüm: 1 dm, 10 m olduğundan 300 / 10 = 30 dm bulunmuş olur.

Uzunluk Ölçü Aletleri

Uzunluk ölçerken öncelikle ölçüm yapılacak yere ve istenilen hassasiyete göre alet tercihi yapılmalıdır. Bu tercihi yapabilmek için de öncelikle bu aletler tanınmalıdır. Ölçülmesi gereken uzunluğu hassas bir şekilde ölçebilmek için farklı yöntemler ve ölçü aletleri kullanılmaktadır.



Görsel 1.2: Şerit metre

Şerit Metre

Gündelik hayatta en sık kullanılan basit yapıdaki şerit metre; 2, 3 ve 5 metre gibi küçük uzunluklukları ölçmek için kullanılır (Görsel 1.2).



Görsel 1.3: Arazi tipi şerit metre

Arazi Tipi Şerit Metre

Büyük arazilerde kullanılmak üzere üretilmiş, 50 metreye kadarki uzunlukları ölçmeye yarayan uzunluk ölçü aletidir (Görsel 1.3).



Görsel 1.4: Yol ölçüm tekerleği

Yol Ölçüm Tekerleği

Gelişen teknoloji ile birlikte kıvrımlı arazi yollarının uzunluğunu ölçmek için pratik şekilde kullanılan, üzerinde dijital göstergesi olan ve çoğu modelinde metre ile diğer birimlerin otomatik olarak dönüşümünü yapabilen "yol ölçüm tekerleği" adında ölçü aletleri ortaya çıkmıştır (Görsel 1.4). Tekerlek, uzunluğu merak edilen kıvrımlı yol boyunca sürülür. Böylelikle yolun uzunluğu çok geniş bir aralıkta ve yüksek doğrulukta ölçülmüş olur.



Görsel 1.5: Lazer mesafe ölçer

Lazer Mesafe Ölçme Cihazı

Çok hassas ölçümlerin yapılacağı ve mekanik uzunluk ölçü aletlerinin yetersiz kalacağı yerlerde lazer mesafe ölçme cihazı kullanılır (Görsel 1.5).

26561

UYGULAMA 1.1. UZUNLUK ÖLÇÜMÜ

AMAÇ

Atölyelerde bulunan araç gereçlerin uzunluğunu, ilgili ölçü aletleri ile iş sağlığı ve güvenliği önlemlerini alarak ölçmek (Görsel 1.6).

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.6: Uzunluk ölçüm çalışması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Şeritmetre veya metre (2,3 ve 5 m boyutlarında)		
Ölçülecek tıbbi cihazlar		
Servis el kitabı		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Uzunluk ölçümü yapılacak malzemeyi belirleyiniz.
4. Şerit metre ile öçlümü gerçekleştiriniz.
5. Ölçüm sonuçlarını servis el kitaplarından kontrol ediniz.
6. Yapılan ölçüm sonuçlarını not alınız. Eğer hatalı ölçüm yaptıysanız işlemi tekrar ediniz.
7. Ölçüm sonuçlarının doğru ve anlaşılır bir şekilde not edilmesinin tasarım ve üretim süreçlerindeki verimliliği artıracağı unutulmamalıdır.

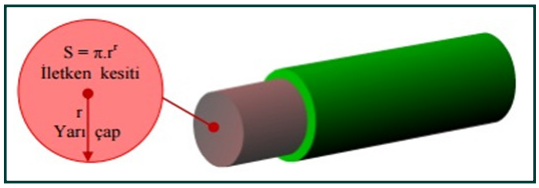
Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Hatasız ölçüm yapmak üretim faaliyetlerinin, bakım ve onarım faaliyetlerinin verimli ve kusursuz olmasını sağlar.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Ölçüm yapılacak tıbbi cihazların ve servis kitaplarının belirlenmesi	20	
Sınıfı :	3	Ölçü aleti ile belirlenmiş tıbbi cihazın uzunluğunu ölçmek	20	
Öğretmenin	4	Yapılan ölçümler ile servis kitabında yer alan uzunluk değerlerini karşılaştırmak	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

Kesit ve Çap Ölçümü

Herhangi bir cismin, kesilen yüzey alanının ölçüsüne **kesit** denir. Yani kesit, bir alan değeridir. Tıp elektrik elektroniğinin teknolojisini öğrenirken iletken kabloları öğrenmek, kullanmak ve ölçmek gerekir. Dairesel bir şeklin merkezinden geçen doğrunun daireyi kestiği noktalar arasındaki uzunluğuna **çap** denir. Çapı ölçülecek cisim, mikrometrenin hareketli ve sabit çenesi arasına tutturulur. Analog veya dijital göstergede görünen değer, o cismin yarıçapıdır.



Görsel 1.7: Çap ölçümü

Dairesel bir kesite ait yüzey alanının ölçüsü, dairesel kesitin yarıçapı ölçülerek hesaplanır. Buna göre kesit; $S = \pi \times r^2$ formülüyle bulunur. Herhangi bir dairesel kesitli cismin çapı, genel olarak kumpas ve mikrometre denilen aletlerle ölçülür.

a) Kumpas: Daha hassas ölçülerin alınmasında kullanılan bir ölçme aletidir. Derinlik, uzunluk, dış ve iç çap ölçmeye yarar.


Görsel 1.8: Kumpas

b) Mikrometre: Düz parçaların kalınlığını, silindirik parçaların ise çaplarını ölçmede kullanılan ölçme ve kontrol aletine **mikrometre** denir. Mikrometre, kumpasa göre çok daha hassas seviyede çap ölçümü gerçekleştirebilen bir ölçü aletidir.



Görsel 1.9: Mikrometre

1.1.2. Kütle ve Ağırlık Ölçümü

SI birim sisteminde kütlenin birimi, gram olarak tanımlanmıştır. Kütle, maddenin miktarını ifade eder. Kütle, bulunduğu ortamın yer çekimine göre değişmeyen bir değerdir. Kütleyi ölçmek için eşit kollu teraziye ihtiyaç duyulur. Bir cismin kütlesi her yerde aynıdır.
1000 gram (g) = 1 kilogram (kg)
Ağırlık, bir cismin üzerindeki yer çekimi ölçüsüdür. Ağırlığın birimi newtondır. Ağırlık kütle ile yer çekimi ivmesinin çarpımına eşittir.
G (ağırlık) = m (kütle) x g (yerçekimi ivmesi)
Ağırlık ölçmek için kullanılan ölçü aletleri, terazi ve kantardır. Teraziler, elektronik ve mekanik olmak üzere iki çeşittir. Kantarlar yüksek ağırlıkları ölçmek için kullanılır. Ağırlık ölçen pek çok ölçü aleti vardır. Bunlar, kullanıldıkları alanlara göre isimlendirilir.

NOT: Tıbbi cihazların ağırlıkları, kullanım yerlerine göre önem arz eder. Örneğin; MRG (manyetik rezonans görüntüleme cihazı) ağırlıkları 100 ton civarındadır. Yüksek ağırlıkları nedeniyle genellikle hastane zeminlerine veya giriş katlarına kurulumunun yapılması tavsiye edilir ve hastanenin buna göre projelendirilmesi sağlanır.

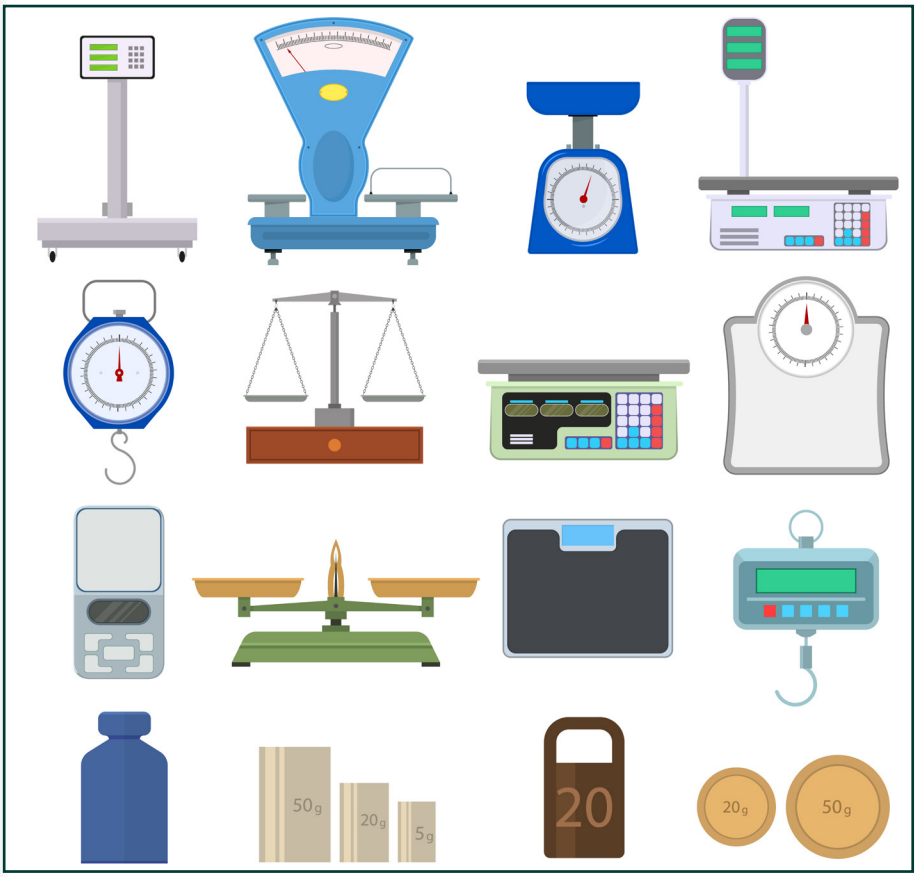
UYGULAMA 1.2.

AĞIRLIK ÖLÇÜMÜ

AMAÇ

Atölyelerde yer alan tıbbi cihazların ağırlıklarını ölçmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.10: Ağırlık ölçümü enstrümantasyon araçları

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Atölyelerdeki tıbbi cihazlardan herhangi birisi		1 adet
El kantarı veya dijital terazi		Birer adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Atölyede yer alan ve el kantarı ile ağırlık ölçümüne uygun olan bir tıbbi cihazı ele alınız (Görsel 1.10).
4. Tıbbi cihazı, el kantarına uygun şekilde bağlayıp cihazın ağırlığını ölçünüz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Ağırlık ölçümü yapılacak cihazın belirlenmesi	20	
Sınıfı :	3	Tıbbi cihazların ağırlığının ölçülmesi	20	
Öğretmenin	4	Ağırlık ölçümünün doğruluğunu anlamak için servis el kitabından ölçümün kontrol edilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

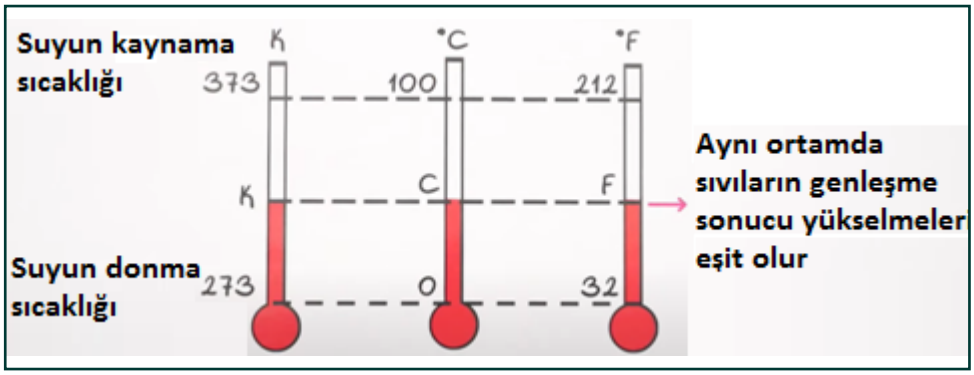
1.1.3. Sıcaklık Ölçümü

Isı ve sıcaklık farklı kavramlardır. Isı, bir enerji çeşididir. Maddeyi oluşturan atom ve moleküllerin hareketleriyle oluşan enerjiye **ısı enerjisi** denir. Birimi kalori (cal) veya joule (J) olup madde miktarına bağlıdır. Kalorimetre kabı ile ölçülür. Sıcaklık ise maddeyi oluşturan atomların ortalama hareket (kinetik) enerjisini gösteren bir değerdir. Bir maddenin sıcaklığı denildiğinde o maddedeki bir molekülün ortalama kinetik enerjisi söylenmiş olur. Bu değer; duyu organlarıyla algılanabilir, sıcak ve soğuk kavramları kullanılabilir.

a) Sıcaklık Birim Dönüşümleri

Üç farklı sıcaklık birimi vardır. Bunlar; santigrad (celsius), fahrenhayt (fahrenheit) ve kelvin (kelvin) ölçekleridir. Bu birim ölçekleri birbirlerine dönüştürülebilir.

Santigrattan fahrenheita **F = 9 / 5 (C + 32)** formülü ile
Fahrenheittan santigrata **C = 5 / 9 (F – 32)** formülü ile
Santigrattan kelvine ise **C = K – 273 ve K = C + 273** formülleri ile sıcaklık birim dönüşümleri yapılır (Görsel 1.11).



Görsel 1.11: Sıcaklık birim karşılaştırmaları

Santigrad derece (°C), en çok kullanılan sıcaklık birimidir. Amerika ve İngiltere gibi bazı ülkelerde ise çoğunlukla fahrenayt derece (°F) kullanılır. Kelvin (K) ve reomör derecesinin (°R) ise kullanım alanı daha azdır. Kelvin ölçeğinde derece terimi kullanılmaz. K ile sembolize edilir.

b) Sıcaklık Ölçü Aletleri

Maddelerin sıcaklığını ölçen aygıtlara **termometre** denir. Yaygın olarak kullanılan termometreler, sıvılı ve metal termometrelerdir. Termometre çeşitleri Görsel 1.12'de görülmektedir.

Sıvılı Termometreler: Sıvılı termometrelerde, sıcaklıkla orantılı olarak genleşen sıvılar kullanılır. İnce cam boru içindeki sıvı cıva ise **cıvalı termometre**, alkol ise **alkollü termometre** adını alır.

Metal Termometreler: Cıvalı ve alkollü termometreler ile ölçülemeyen sıcaklıkları ölçmek için metal termometreler kullanılır. Metal termometreler ile 1600°C'ye kadar olan yüksek sıcaklıklar ölçülebilir. Fabrika ve fırınlar, metal termometrelerin kullanıldığı yerlerdir.

Pirometreler: Endüstride yüksek dereceli sanayi fırınlarının sıcaklıklarını ölçmek için pirometreler kullanılır.

Kızılötesi Termometreler: Bazen sıcaklığı ölçülecek maddelere yaklaşmak mümkün olmayabilir ya da tehlikeli olabilir. Bu durumlarda, maddeye temas etmeden sıcaklığı uzaktan ölçebilen kızılötesi termometreler kullanılmaktadır.

Elektronik Termometreler (Sıcaklık Sensörleri): Ortam sıcaklığının ölçülmesinde, basit ve kullanımı kolay olduğu için genellikle elektronik termometreler kullanılır.



Görsel 1.12: Termometre çeşitleri

Temassız ateşölçer, termal kameralar infrared termografi tekniğini kullanarak ölçüm yapar. İnfrared termografi, temassız görüntüleme cihazlarından sıcaklık bilgisinin alınması ve bu bilgilerin analiz edilmesinde kullanılır. Anlık gözlemleme, güvenli ölçüm, geniş kullanım alanı ve göz ile görülemeyen problemlerin tespiti üstün özelliklerindendir (Görsel 1.13).


Görsel 1.13: İnfrared termografi tekniği ile termal kamera kullanımı

UYGULAMA 1.3. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

AMAÇ

Ölçme atölyenizde bulunan sıcaklık ölçerleri inceyiniz. Kullanım şekillerini ve ideal oda koşullarını öğreniniz. Tıbbi cihazların verimli ve stabil şekilde çalışmaları için gerekli olan sıcaklık değerlerini araştırınız.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.14: Termometre türleri

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Termometre türleri		1 adet
Tıbbi cihaz kurulum el kitabı		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Ölçüm yapacağınız termometre türünü belirleyiniz (Görsel 1.14).
4. Gerekli ölçümleri yapınız.
5. Sonuçları referans değerler ile kıyaslayınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

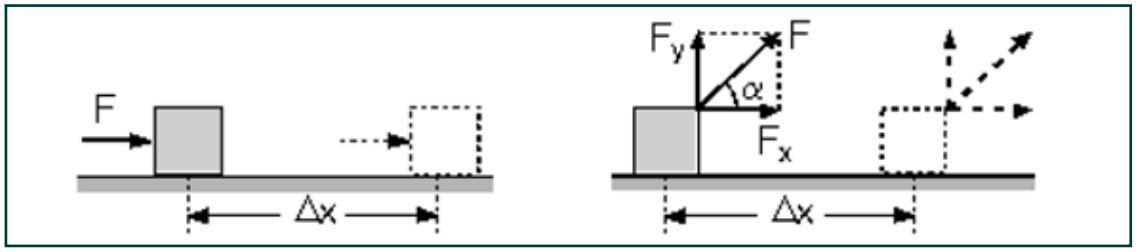
Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdakiboşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Termometre türünün ve ölçülecek sıcaklık biriminin belirlenmesi	20	
Sınıfı :	3	Sıcaklığın ölçülmesi	20	
Öğretmenin	4	İdeal çalışma koşulları ile ölçülen sıcaklığın karşılaştırılması	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

1.1.4. İş, Güç, Enerji

a) İş

Yola paralel bir F kuvveti, cisme yol aldırabiliyorsa iş yapıyor demektir. Yapılan iş, kuvvet ile yolun çarpımına eşittir. İş "W" sembolü ile gösterilir. O zaman W = F x Δx olur. Burada F ile Δx yolunun paralel olması gerekir. Eğer F kuvveti yola paralel değilse işi yapan kuvvet F kuvvetinin yola paralel olan Fx bileşenidir.



Görsel 1.15: F kuvvetinin yaptığı iş

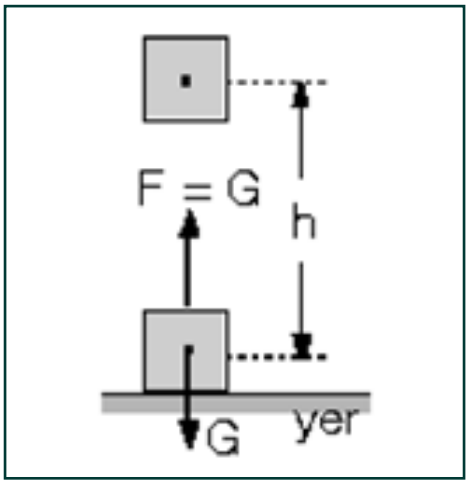
NOT: Cismin hareket doğrultusuna dik olan kuvvetler, iş yapmaz.

W = F x Δx bağıntısına göre, iş yapılabilmesi için kuvvet cisme yol aldırmalı ve kuvvet ile yol paralel olmalıdır.

Örnek: Duran bir cisme sabit bir kuvvet uygulanarak iş yapılırsa cisim düzgün hızlanan hareket yapar. Herhangi bir kuvvet yönünde yapılan iş, pozitiftir. Cisme hız kazandırır. Ters yönde uygulanan kuvvetin yaptığı iş, negatiftir. Cismi yavaşlatır veya durdurur.

Örnek: Bir cisim yerden yukarı doğru, cismin ağırlığına eşit bir kuvvetle hareket ettirilirse yer çekimine karşı iş yapılır. Yapılan iş, kuvvet ile kuvvete paralel h yolunun çarpımına eşittir.

Örnek: Sürtünmesiz bir ortamda bir ultrason cihazı 40 newtonlık bir kuvvetle itilmektedir. Bu cihaza 15 metre yol aldırılıp kurulumu gerçekleştirildiğinde kaç joule iş yapılmış olur (Görsel 1.16).



Görsel 1.16: Potansiyel enerji

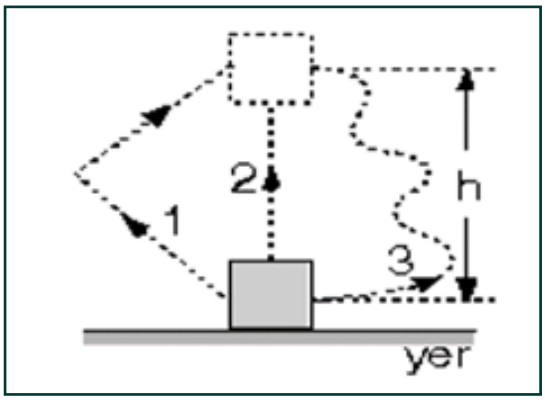
Çözüm: İş = Kuvvet x Yol
W = F x L
W = 40 x 15 ise W = 600 Nm = 600 joule iş yapılmıştır.
W = F x h W = mg x h

NOT: Bir cismi h yüksekliğine çıkarmak için yapılan iş, cismi çıkarırken izlenen yolun şekline ve uzunluğuna bağlı değildir. Yapılan iş, yoldan bağımsızdır.

Görsel 1.17'de izlenen 1, 2 ve 3 yolları sonucunda "h" yüksekliğine çıkılmıştır. Yolların şekilleri birbirinden farklı olsa da üç yolda da yapılan iş birbirine eşittir.

SI (MKS) birim sisteminde iş birimi joule'dür.

W = m x g x h



Görsel 1.17: Potansiyel enerji

b) Güç

Birim zamanda ne kadar iş yapıldığı güç tanımını ifade eder. Güç birimi "watt"tır. Tablo 1.4'te güç birimlerinin dönüşümü görülmektedir. Güç,

GÜÇ = İŞ / ZAMAN > P = W / t'dir.

Tablo 1.4. Güç birimleri dönüşümü

1 kw	=	1000 watt
1 gigawatt	=	1.000.000.000 watt
1 megawatt	=	1.000.000 watt
1 kilowatt	=	1.000 watt
1 miliwatt	=	0,001 watt

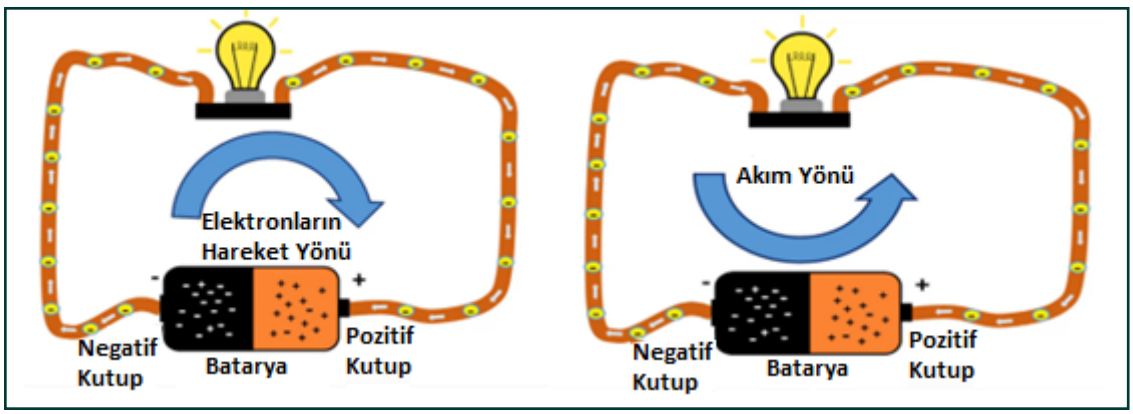
Elektrik Gücü ve Birimi

Elektrik alıcılarının birim zaman içinde (saniyede) yaptıkları işe **elektrik gücü** denir. Elektrikte güç, alıcının çektiği akım ile gerilimin çarpımıdır. Güç, "P" harfi ile gösterilir. Elektrik güç birimi, joule / sn. ya da watt (vat)tır.

NOT: 1 voltluk gerilim altında 1 amper akım geçiren alıcının gücü 1 watttır.

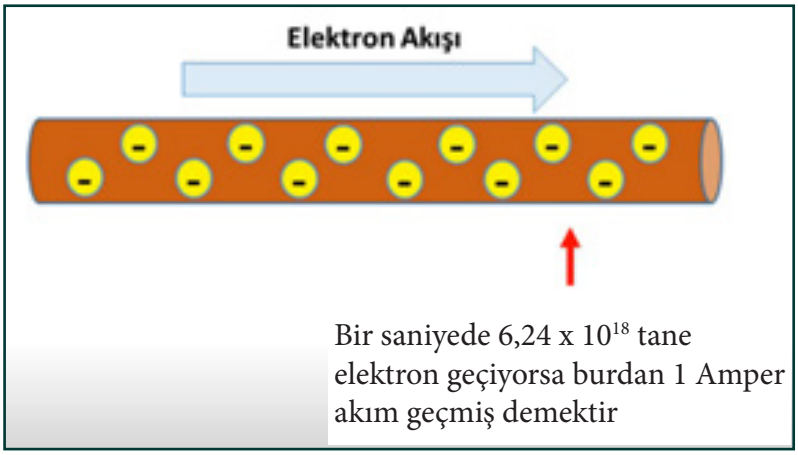
Akım Şiddeti

Elektirik akımı; oluşturduğu etkilerle elektronik, mekanik vb. araç gereçlerin çalışmasını sağlar. Bu etkileri sağlayan elektrik akımının oluşmasını serbest hareket edebilen elektronların hareketleri sağlar. Elektrik akımının birimi amperdir.



Görsel 1.18: Elektronların ve akımın yönü

Elektirik Akım Şiddeti (i): İletken bir ortamın (kablo teli gibi) herhangi bir kesitinden belirli bir yönde, birim zamanda geçen elektrik yükü miktarına elektrik **akım şiddeti** denir. "i" ile gösterilir (Görsel 1.18). Buna göre bir iletkenin herhangi bir kesitinden t sürede q kadar net yük geçiyorsa iletkenden geçen akım şiddetine (I) **amper** denir. Görsel 1.19'da iletkenin bir kesitinden bir saniyede bu kadar elektronun geçmesi 1 amperi oluşturur.



Görsel: 1.19: Elektirik akım şiddeti oluşumu

$$I = \frac{Q}{T} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{Saniye}} = \frac{\text{1 Coulomb}}{\text{1 Saniye}} = \frac{\text{6,24 x } 10^{18} \text{tane elektron}}{\text{1 Saniye}}$$

Görsel 1.20: Elektrik akım şiddeti birimi ve formülü

Elektirik Akım Şiddeti Ölçümü

Elektirik akım şiddeti ampermetre ile ölçülür. Ampermetreler, devreye seri bağlanılır. Devreye seri bağlanmış olan ampermetreler, devrenin akımından etkilenmemelidir. Bunu da direncinin çok küçük (mümkünse sıfıra yakın) olmasıyla sağlar.

NOT: Atölyelerde bulunan AVOmetre cihazı ile ampermetre cihazı birbirine karıştırılmamalıdır. AVOmetre cihazı, ölçme ve test için kullanılsa da yapısı sürekli ölçüm yapmaya uygun değildir. Ampermetre ise daimi olarak ölçüm yapar. 0-5 arası akımı ölçer. Ampermetre, AVOmetreye göre daha hassas ve daha toleranslı ölçüm yapar. Çok büyük akım şiddetlerinin ölçümünde, akım trafoları kullanılır.

Örnek: Bir elektrik cihazı 220 voltluk şebekeden 5 amper akım çekmektedir. Bu cihazın gücünü hesaplayınız.

Çözüm: Güç = Gerilim x Akım
P = U x I
P = 220 x 5
P = 1100W = 1,1 kilowatt olarak sonuç bulunur.

Örnek: Bir alıcı 60 voltluk bir gerilimle çalışırken 3 amper akım çekmektedir. Bu alıcının gücünü hesaplayınız.

Çözüm: P = U x I
P = 60 x 3
P = 180 W olarak sonuç hesaplanır.

c) Enerji

Bir sistemin enerjisinde değişme oluyorsa iş yapılıyor demektir. Sistemde enerji artıyorsa pozitif iş yapılıyor, enerji azalıyorsa negatif iş yapılıyor demektir. Enerji, skaler bir büyüklüktür. Yani enerjinin yönü, bileşeni ve uygulama noktası gibi vektörel özellikleri yoktur.

Enerji çeşitleri oldukça fazladır. Mekanik enerji, ısı enerjisi, güneş enerjisi, nükleer enerji ve rüzgâr enerjisi bazı enerji çeşitleridir. İş birimleri ile enerji birimleri aynı olup ikisi de jouledür. Enerji temel olarak iki çeşitte tanımlanabilir. Bunlar potansiyel enerji ve kinetik enerji çeşitleridir.

1. Kinetik Enerji

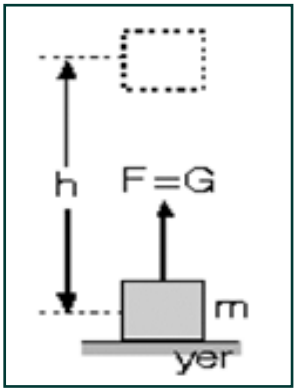
Bir cisme kuvvet uygulanarak hız kazandırılırsa bu cisim kinetik enerji ile depolanır. Yani hareketleri sonucunda cisimlerin sahip olduğu enerjiye **kinetik enerji** denir. Kütlesi m, hızı v olan bir cismin kinetik enerjisi;

$$E_k = \frac{1}{2}\,mV^2$$

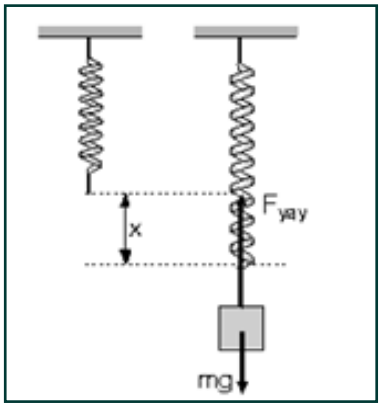
olarak ifade edilir. Birimi jouledür.

2. Potansiyel Enerji

Potansiyel enerjinin, yer çekim potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi olmak üzere iki çeşidi vardır. m kütleli bir cismi yer seviyesinde h kadar yükseğe sabit hızla çıkarmak için **W (joule) = F × h = m × g × h** formulü kullanılır. Yapılan iş, enerji değişimine eşittir. Cisim, sabit hızla h yüksekliğine çıkarıldığında cismin kinetik enerjisinde herhangi bir değişim olmaz. Fakat cisim m x g x h kadar bir potansiyel enerji ile depolanmış olur. Görsel 1.21'de yer çekimi kuvvetine karşı yapılan iş, cismin potansiyel enerji değişimine eşittir.



Görsel 1.21: Potansiyel enerji



Görsel 1.22: Esneklik potansiyel enerjisi

Denge konumunda bulunan bir yay sıkıştırılır veya gerilirse yayda enerji depolanmış olur (Görsel 1.22). Buna **esneklik potansiyel enerjisi** denir ve aşağıdaki gibi formülize edilir.

$$E_k = \frac{1}{2}\,kX^2$$

k = yay esneklik sabiti
x = yayın esneme miktarı (metre)

Sürtünmeden Dolayı Isıya Dönüşen Enerji

Sürtünmeli bir ortamda hareket eden bir cisme sürtünme kuvveti uygulanır. Bu sürtünme kuveti, cismin hareket ettiği zeminin özelliklerine göre değişir (k = sürtünme katsayısı).

Hareket eden bir cisme uygulanan sürtünme kuvveti;
F_sürtünme = k × N formülü ile bulunur. Sürtünme kuvvetinin hareketi engelleme özelliği olduğu için cisimlerin mekanik enerjilerini azaltıcı etki yapar. Azalan mekanik enerji kadar enerji, ısı enerjisine dönüşür. Bir sistemdeki enerji; kinetik, potansiyel gibi çok farklı türler hâlinde bulunabilir. Bu enerji türleri, kendi aralarında dönüşüme uğrar fakat asla kaybolmaz. Toplam enerji sabittir. Buna **enerjinin korunumu** denir.

Etoplam enerji = Ekinetik + Epotansiyel + Eısı = SABİT

Örnek: Sürtünmesiz bir ortamda 20 newtonlık bir kuvvet, bir cismi 5 metre uzağa taşımaktadır. Yapılan iş ve cisme kazandırılan enerjiyi hesaplayınız.
Çözüm: Enerji = İş = Kuvvet x Alınan yol
Enerji = İş = F x X = 20 x 5
Enerji = İş = 100 joule olarak hesaplanır.

Örnek: Bir öğrenci 20 newton kuvvet uygulayarak bisiklete 1000 metre yol aldırıyor. İşi hesaplayınız.
Çözüm: F = 20 N
X = 1000 m verildiğine göre
W = F x X = 20 x 1000 = 20000 jouledür.

Örnek: 1600 wattlık bir ısıtıcı 5 saat boyunca çalıştırılırsa bu ısıtıcının yaptığı işi hesaplayınız.
Çözüm: P = 1600 watt = 1,6 kw
t = 5 saat verildiğine göre w = P x t = 1,6 x 5 = 8 kwh olarak hesaplanır.

Örnek: Bir asker, 10 metre uzunluğundaki bir halata tırmanmaktadır. Bu asker, 70 kg olduğuna göre ve 10 metrelik halata 10 saniyede tırmandığına göre askerin gücünü bulunuz.
Çözüm: P = W / t
P = mgh / t
P = 70 x 9,8 x 10 / 10
P = 686 joule / sn. veya 686 watttır.

Örnek: Bir elektrik motoruna 110 volt uygulanmıştır. Bu motor 5 amper akım çektiğine göre motorun gücünü bulunuz.
Çözüm: P = U x I
P = 110 x 5
P = 550 watt olarak hesaplanır.

1.1.5. Zaman, Hız ve Devir

Zaman tanımı, göreceli ve değişkendir. Bu değişkenliği en aza indirmek ve belirli sabit değeri referans kabul etmek için sezyum atom çekirdeği etrafında dönen elektronların, belirli bir periyotta gerçekleştirdiği geçiş süreleri zaman olarak tanımlanmıştır. Zamanın birimi, saniyedir. Zaman çeşitli elektronik ve mekanik sistemler aracılığıyla ölçülür (Görsel 1.23).

1 sa. = 60 dk.
1 dk. = 60 sn.
1 sa. = 3600 sn.



Görsel 1.23: Elektronik ve mekanik zaman ölçümü

a) Kuvvet

Birimi newtondır. "F" sembolü ile gösterilir. Kuvvet, fiziğin temel kavramlarından biridir. Herhangi bir cismin hareket durumunu veya hızını değiştiren etkiye **kuvvet** denir.
F = m (kütle) x a (ivme) olarak ifade edilir.

b) İvme

Bir cismin hızının birim zamanda değişim ölçüsüdür. "a" ile gösterilir. İvme, ivmeölçer (akselerometre, accelerometer) ile ölçülür.

c) Hız

Bir cismin birim zamanda belirli bir yöne yaptığı yer değiştirme miktarına verilen isme **hız** denir. "V" sembolü ile gösterilir. Belirli bir hıza sahip cisim, kinetik enerji depolar.
V (hız) = X (yol) / Zaman (t) olarak ifade edilir.

Hız Ölçü Aletleri

Hızı ölçülecek hareketlinin cinsine bağlı olarak değişik yöntem ve ölçüm cihazları kullanılır. Örneğin; bir arabanın hızını ölçen sistem ile bir uçak veya geminin hızını ölçen sistem çok farklıdır. Rüzgâr hızını ölçen cihaza anemometre denirken elektrik motorunun hızını ölçen cihaza **turmetre** veya **takometre** denir (Görsel 1.24).



Görsel 1.24: Takometre

ç) Devir

Devir, dönen bir cismin birim zamanda yaptığı tam dönüş (tur) sayısıdır.

$$Devir = \frac{Hız}{Zaman}$$

Devir Ölçü Aletleri

En çok kullanılan devir ölçme aracı takometre (turmetre)dir. Matkabın devir sayısı takometre ile ölçülmektedir.

1.1.6. Buhar ve Gaz Basıncı

Hastanelerde bulunan tıbbi laboratuvarların nem miktarları çok önemlidir. Hem ortamda bulunan cihazların hassasiyetinden dolayı (santrifüj, kan saklama dolapları vb.) hem de hastaların tahlil örneklerinin stabil tutulması ve doğru değerlendirilmesi açısından ortamın nem miktarı periyodik şekilde ölçülmektedir. Bu nedenle sürekli olarak ortam nemi ve sıcaklığı kontrol edilir. Nem kavramı ile ortam buhar ve gaz basıncı konuları birbiri ile ilişkilidir.

a) Nem

Havadaki ya da herhangi bir diğer gazdaki su buharına **nem (humidity)** ya da **rutubet** denir. Sağlık, endüstri, tarım vb. iş alanlarında nem ölçümü en uygun üretim ve hizmet koşullarının devamlılığı için önemlidir. Havanın su buharı içeriğini belirtmek için mutlak nem, karışım oranı, buhar basıncı, bağıl nem ve çiğ noktası gibi yöntemler kullanılır.

- **Mutlak Nem (Absolute Humidity):** Belirli bir sıcaklığa ve hacime sahip havanın içinde bulunan su buharı yoğunluğudur. Birimi gram / metreküptür (gr / m^3). Yani 1 metreküp havanın içinde bulunan nemdir. Bu değer atmosfer içindeki su buharı miktarını gösterir.
- **Maksimum Nem (Maximum Humidity):** Havanın belirli bir sıcaklıkta taşıyabileceği maksimum nem mikarını ifade eder.

$$Bağıl\ Nem = \frac{Mutlak\ Nem}{Maksimum\ Nem}$$

formülü ile bulunur.



Görsel 1.25: Sıcaklık nem ölçerler

Nem Ölçü Aletleri

Mutlak nem ve karışım oranını doğrudan ölçmek zordur ama bağıl nem biliniyorsa bir tablo ya da grafikten kolayca hesaplanabilir. Bağıl nem, higrometre (nem ölçer) adı verilen bir tür aygıt tarafından ölçülebilir (Görsel 1.25).

b) Basınç

Birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete **basınç (P)**; bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvete **basınç kuvveti (F)** denir.

P = F / S
P: Basınç (Pascal)
F: Kuvvet (Newton)
S: Yüzey alanı (Metrekare)

Tablo 1.5.'te bazı birim sisteminde F (kuvvet), A (yüzey) ve P (basınç)'nin birimleri verilmiştir.

Tablo 1.5: Basınç Birimleri

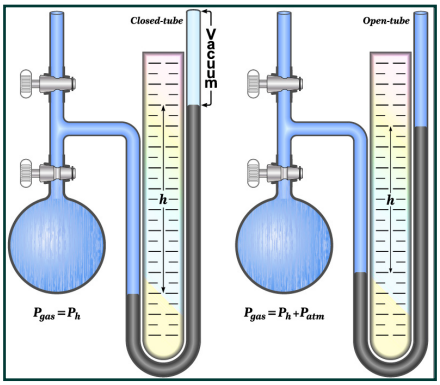
F (Kuvvet)	A (Yüzey)	P (Basınç)
Newton (N)	m^2	N / m^2 = Pascal
Dyne (dyn)	cm^2	dyn / cm^2 = Bar
Kilogram-Kuvvet (kg-f)	cm^2	kg-f / cm^2 = Atmosfer
Gram-Kuvvet (g-f)	cm^2	g-f / cm^2 = Milibar

Gazlarda Basınç

Atmosferdeki gazlar da katı ve sıvılarda olduğu gibi ağırlıklarından dolayı dokundukları yüzeye basınç uygular. Bu basınca **açık hava basıncı** ya da **atmosfer basıncı** denir (Görsel 1.26). Açık hava basıncını etkileyen etmenler; sıcaklık, mevsim, yükseklik, yer çekimi, dinamik etkenler ve rüzgârlar şeklindedir. Açık hava basıncının ölçmek için barometre, kapalı kaplardaki gaz basıncını ölçmek için ise manometre kullanılır.

Birimleri

Basıncın SI birimi paskaldır. "Pa" ile gösterilir. 1 paskal bir m^2 lik yüzey üzerine dengeli olarak dağılmış bir newtonluk kuvvete eşittir (1 Pa = 1 N / m^2).



Görsel 1.26: Gaz basınç ölçümü

Ölçü Aletleri

Cıva barometreleri atmosfer basıncını ölçmek için zorunlu olmalarına rağmen, tek başına diğer gazların basıncını ölçmede nadiren kullanılır. Burada ölçülmek istenen gazın içinde bulunduğu kaba barometreyi yerleştirme güçlüğü söz konusudur.

Çoğunlukla gaz basıncı ölçmek için manometreler kullanılır. Analog ve sayısal manometre çeşitleri vardır. Analog manometreler ilk basınçölçerlerdir ve hâlâ geniş çapta kullanılmaktadır. Analog manometrelere örnek olarak U tipi manometre, kuyu tipi manometre verilebilir. Ancak genellikle dijital manometreler kullanılmaktadır (Görsel1.27).


Görsel 1.27: Basınç manometresi

UYGULAMA 1.4.

SICAKLIK VE NEM ÖLÇÜMÜ

AMAÇ

Biyomedikal atölyelerin ortam nemini ve sıcaklığını ölçüp tıbbi cihazlar için uygun koşullara sahip ortamalar olup olmadıklarını kontrol etmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.28: Sıcaklık nem ölçer

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Dijital sıcaklık nem ölçer		1 adet
Farklı atölye ortamları		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Farklı atölye ortamlarında sıcaklık nem ölçer (Görsel 1.28) ile ölçüm yapıp not alınız.
4. İdeal ortam koşulları ile ölçüm sonuçlarınızı karşılaştırıp yorumlayınız.

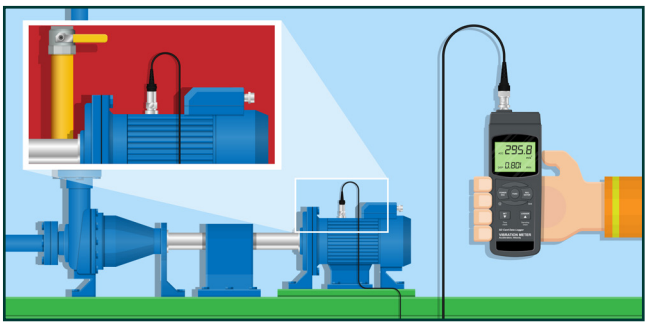
Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Sıcaklık ve nem ölçümü yapılacak atölyenin belirlenmesi	20	
Sınıfı :	3	Ölçüm yapılması	20	
Öğretmenin	4	Ölçümlerin referans değerler ile karşılaştırılması	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

Titreşim Ölçümü

Titreşim, bir sistemin denge noktasının etrafındaki dalgalanmadır. Bu olay sadece mekanik sistemlerde görülmez. Isıl ve elektriksel sistemler vb. de titreşime sahip olabilir. Örneğin; ağır bir vasıta yoldan geçerken ayağın altında hissedilen titreşim, çalışan bir arabanın kaputuna dokununca hissedilen motor titreşimi, vites kutusundan gelen uğultu, şehir şebekesi gerilimindeki dalgalanmalar sonucu elektrik ampulünün parlaklığının değişmesi veya bir şeker hastasının kanındaki şeker miktarının dalgalanması bir titreşim problemi olarak algılanabilir.

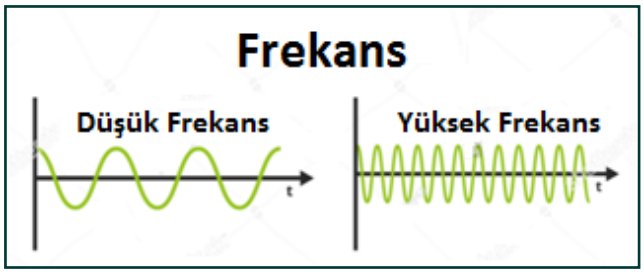


Görsel 1.29: Makine sistemlerinde titreşim ölçümü

Makine parçalarının periyodik olarak hareket etmeleri için bu makinelerin çeşitli elemanlarına, zamana göre değişen kuvvet ve momentler uygulanır (Görsel 1.26). Bunun sonucunda titreşimler ortaya çıkar. Titreşimlerin ve beraberinde gelen kuvvet ve moment değişikliklerinin tasarımlarda dikkate alınması gereklidir. Zira makinelerde titreşimler, statik kuvvetlerin ötesinde zamana göre değişen kuvvetlere sebep olur. Bu kuvvetlerin genliklerinin büyük olması ise bazı parçaların parçalanmasına ve zarar görmesine sebep olur. Bu nedenle makinelerde titreşim olması genelde istenmez. Çünkü titreşimler sırasında makine parçalarına uygulanan kuvvetler gürültü, yüksek gerilmeler, aşınma, malzeme yorulması gibi istenmeyen davranışlara sebep olur. Bunun yanında tıbbi görüntüleme sistemlerinde titreşim, görüntü kalitesini olumsuz etkileyen bir unsurdur. Ancak titreşimden yararlanan bazı makineler de vardır. Darbeli matkap ve elektirikli tıraş makineleri gibi. Titreşimler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Harmonik ve Periyodik Titreşim

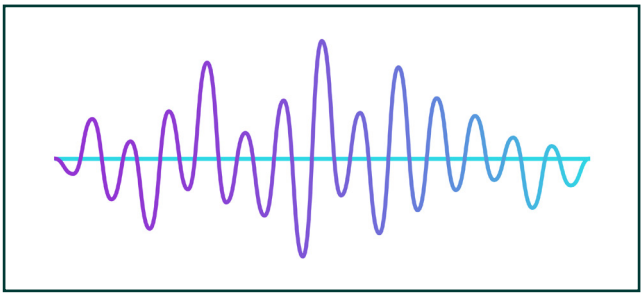
Periyodik titreşim zaman içinde bütün özellikleri değişmeden kendisini tekrar ediyorsa buna **durağan periyodik titreşim** denir (Görsel 1.30). En basit durağan periyodik titreşim, harmonik titreşimdir. Bu tür titreşimde hareket, bir sinüs dalgası şeklinde değişir.



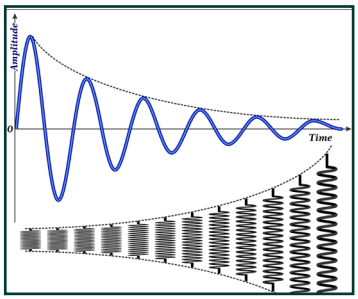
Görsel 1.30: Periyodik titreşim

Gelişigüzel Titreşim

Sürekli, kendiliğindeni yinelenmeyen, titreşimlere **gelişigüzel titreşim** denir (Görsel 1.31).



Görsel 1.31: Gelişigüzel titreşim



Görsel1.32: Geçici titreşim


Görsel 1.33: Titreşim ölçer

Geçici Titreşim

Genliği azalan bir harmonik titreşim, geçici titreşime örnek gösterilebilir (Görsel 1.32).

Titreşimin tek bir birimi yoktur. Çünkü titreşim; hız, ivme ve kuvvet gibi fiziksel büyüklüklere bağlıdır. Ancak birim zamandaki titreşim sayısına **titreşimin frekansı** denir. Titreşim, titreşim ölçer ile ölçülür (Görsel 1.33).

Parçacık Ölçümü

Tozun bilinemeyen en küçük birimine **parçacık** denir. Makro, mikro ve nano boyuttaki toz veya parçacık kullanımı ilaç metal seramik ve gıda endüstrilerinde her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır. Toz parçacıklarının yararları olduğu gibi zararları da vardır. Bazı toz ve toz türevleri insan sağlığına ve çevreye zararlı etkiler verebilmektedir. İster üretim amaçlı ister sağlık sebebiyle olsun kullanılan veya incelenen toz parçacıklarının temel karakteristik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Parçacıklar farklı kaynaklar tarafından üretilebilir. Eylemsiz parçacıklar genellikle maddelerin birbiriyle sürtünmesi sonucu oluşur. Eylemsiz parçacıkların kaynağı genellikle ölü deri hücreleri ve morötesi ışınları (ultraviyole) altında yavaşça bozunan plastik gibi parçacıklardır. Atmosferde cansız parçacıklar (toz, sis vb.) olabileceği gibi canlı parçacıklar da vardır. Bunlar bakteri, virüs ve mantar gibi mikroorganizmalardır (Tablo 1.6). Başlıca parçacık çeşitlerine sis, duman, toz, is, bakteriler, virüsler ve mantarlar örnek verilebilir.

Tablo 1.6: Bazı Parçacıkların Büyüklükleri

Parçacık	Yaklaşık Büyüklüğü
Metal kaynaklı toz ve dumanlar	0,01 µm – 100 µm
Atmosferik toz	0,01 µm - 5 µm
Polen	0,07 µm
Deniz tuzu parçacıkları	0,04 µm - 0,8 µm
Aksırık parçacıkları	10 µm - 300 µm
Sigara dumanı	0,01 µm – 1 µm
Baca tozları	1 µm - 120 µm
Bakteriler	0,5 µm – 40 µm
Grip virüsü	0,07 µm
Taşıt egzos dumanları	0,03 µm - 1,5 µm
Kömür tozları	1 µm - 100 µm

Bazı parçacıkların insan vücuduna birtakım etkileri bulunmaktadır. Bu etkilere şu örnekler verilebilir:

- Kendileri zehirli olmasalar bile zehirli olan parçacıkların etkilerini artırır (sinerjistik etki). Silialaların yukarıya doğru olan temizleme hareketlerini engeller.
- Tutundukları zehirli gazları akciğerlere kadar taşır ve yavaş yavaş serbest bırakarak kana karışmasına ve insanların zehirlenmesine sebep olur. Bununla da kalmaz, müzmin (süreğen) öksürmelere neden olurlar.
- İçlerindeki melaller zehirli olabilir, yavaş yavaş kana karışır ve akut zehirlenmelere sebep olur. Bu zehirli metaller başlıca nikel, berilyum, kurşun, cıva, kadmiyum, antimon ve bizmuttur.

Parçacık Boyut Ölçüm Teknikleri

Parçacık boyutunu belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılır.

- Mikroskop ile İnceleme
- Elek Analizi
- Lazer Işık Saçılımı ve Kırınımı
- Sedimentasyon
- Elektriksel Alan Algılaması
- Işık Engelleme
- X ışını Teknikleri

Havada asılı bulunan parçacıkları sayan, örnek parçacık ölçer cihazı Görsel 1.34 ve Görsel 1.35'te gösterilmiştir. Parçacık sayıcılar, sayabildikleri parçacık boyutlarıyla anılır.


Görsel 1.34: Parçacık ölçer



Görsel 1.35: Dijital parçacık ölçer

NOT: Tıbbi laboratuvar ortamlarında, hepa filtrelerin kullanıldığı merkezi havanlandırma sistemlerine sahip temiz alanlarda (ameliyathane, sterilizasyon, yoğun bakım) düzenli olarak toz miktarı ölçümleri yapılmaktadır. Partikül ölçümleri ve sonuçların analizi TS EN ISO 14644-1 standardı referans alınarak gerçekleştirilmektedir.

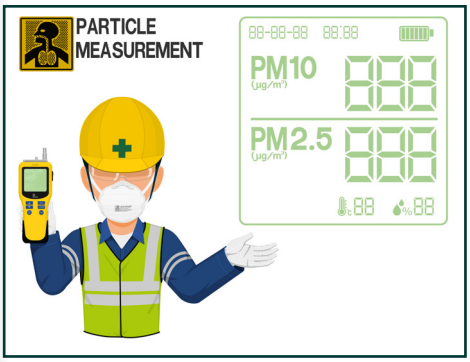
UYGULAMA 1.5.

PARÇACIK ÖLÇÜMÜ

AMAÇ

Parçacık ölçer ile biyomedikal ortamların havasında asılı bulunan parçacıkları ölçmek ve bir tıbbi cihazın ideal çalışması için gerekli ortam parçacık miktarını öğrenmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.36: Parçacık ölçer ile ortam hava kalitesi ölçümü

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Parçacık ölçer		1 adet
Farklı laboratuvar ortamları		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Tıbbi cihazın ideal çalışması için gerekli ortam parçacık miktarını öğreniniz.
4. Parçacık ölçer ile biyomedikal ortamların havasında asılı bulunan parçacıkların ölçümünü gerçekleştiriniz (Görsel 1.36).

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Parçacık ölçümü yapılacak farklı atölye ortamlarının belirlenmesi	20	
Sınıfı :	3	Parçacık ölçümlerinin yapılması	20	
Öğretmenin	4	Çalışılan ortamlara göre parçacık miktarlarının yorumlanması	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

Eğim Ölçümü

Herhangi bir cismin yatay düzlemle yaptığı açı **eğim** olarak tanımlanır.

Dijital Açıölçer

Bir eğimin açısını ölçmek için teknolojinin gelişmesine paralel olarak iletki (açı ölçer) yerine dijital ölçü aletleri üretilmiştir. Görsel 1.37'de bir dijital açı ölçer görülmektedir.



Görsel 1.37: Bir sayısal açıölçer

Dijital Açıölçerin Özellikleri

Açıların belirlenmesi daha hızlı, daha hassas ve daha ekonomiktir. Açıların iş parçaları üzerine hassas aktarımı vardır. Ön ve arka tarafta iki adet iyi okunabilir ekranı vardır. Entegre edilmiş, aşınmasız ve ısıya duyarsız hassas açı belirleyici sayesinde sürekli olarak en yüksek hassasiyet elde edilir. Ayarlama gerekli değildir. Tuşa basarak ölçüm sonuçlarının kaydedilmesi için tutma fonksiyonu vardır. Sağlam ve kompakttır.

NOT: Biyomedikal cihazlarda, cihaz montajlarında ortam eğiminin ölçümü oldukça önemlidir.

Su Terazisi Kullanımı

Su terazisi, yüzeylerin eğim durumunu belirlemek için kullanılır (Görsel 1.38). Örneğin, otoklav cihazının yerleştirileceği zeminin çalışma verimi ve sarsıntılar için eğimsiz olması gerekir. Su terazisi, yüzeylerin eğim durumunu belirlemek için kullanılır.



Görsel 1.38: Dijital su terazisi

Su terazisi, zemine veya yüzeye yerleştirilir. Alet üzerinde bulunan cam içindeki sıvıda bulunan havanın, cam üzerinde biçimlendirilmiş bölmede 0 noktasında olması zeminin veya yüzeyin eğimsizliğini gösterir.

NOT: Aynı iş, dijital açıölçer ile de yapılabilir.

UYGULAMA 1.6. YÜZEYLERİN EĞİMİNİN ÖLÇÜMÜ

AMAÇ

Tıbbi cihazların kurulacağı alanların tespit edilmesi.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.39: Dijital inklometre (Dijital eğim ölçer)

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Su terazisi		1 adet
Dijital eğim ölçer		1 adet
Farklı atölye tezgahları		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Atölyelerde bulunan tıbbi cihazların konuşlandırıldıkları yüzeylerin eğimlerini su terazisi ya da dijital eğimölçer ile ölçünüz (Görsel 1.39).

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Ölçme yapılacak yüzeyin ve kurulacak tıbbi cihazın belirlenmesi	20	
Sınıfı :	3	Eğim ölçümünün yapılması	20	
Öğretmenin	4	Eğimin dezavantajlarının sonucunun değerlendirilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

1.1.7. Elektromanyetik Alan

Bazı maddeler doğal olarak manyetik özellik gösterir. Mıknatıslar (Fe_3O_4) örnek olarak verilebilir. Demir, kobalt vb. bazı materyaller manyetik alan içerisine konduklarında manyetik özellik gösterir.
Maddeler manyetik özelliklerine göre üçe ayrılır.

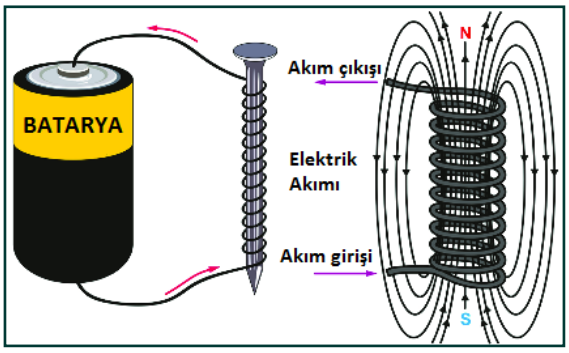
- **Diamanyetik Madde:** Manyetik alan içerisine konulduklarında alana zıt yönde ve zayıf olarak mıknatıslanan maddelere denir.
- **Paramanyetik Madde:** Manyetik alan içerisine konulduklarında alan yönünde ve zayıf olarak mıknatıslanan maddelere denir.
- **Ferromanyetik Madde:** Manyetik alan içerisine konulduklarında çok kuvvetli olarak mıknatıslanan maddelere denir.

Mıknatısın çekebildiği maddelere **magnetik madde**; çekme özelliğinin en fazla olduğu uç kısımlarına da **mıknatısın kutupları** denir (Görsel 1.40). Bir çubuk mıknatıs ikiye bölündüğünde yine iki kutuplu yeni küçük bir mıknatıs oluşur. Hiçbir zaman tek kutuplu mıknatıs oluşamaz.



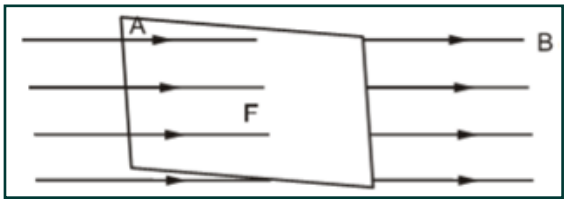
Görsel 1.40: Manyetik kutuplar

Elektromanyetik alan, elektirik ve manyetik alanların bir araya gelmesiyle ortaya çıkar (Görsel 1.41). Elektirik ve manyetizma yasaları elektronik aygıtların çalışmasında ana rolü oynar. Manyetik alan birimi "gauss"tur. Elektromanyetik alan oluşturan başlıca araçlar; baz istasyonları, cep telefonları, mikrodalga fırınlar, saç kurutma makineleri, tıbbi cihazlar gibi elektirikle çalışan araç ve gereçler elektromanyetik alan oluşturur.



Görsel 1.41: Elektromanyetik akı

Manyetik Akı: Bir yüzeyden geçen toplam kuvvet çizgisi sayısına, o yüzeyden geçen **manyetik akı** denir. Manyetik akı birimi birimi "weber"-dir. Manyetik alanlı (+q) dik bir yüzeyden geçen manyetik akı Görsel 1.42'de gösterilmiştir.



Görsel 1.42: A yüzeyinden geçen manyetik akı

Q (fi) = B x A x COSa
B = manyetik akı yoğunluğu
A = yüzey alanı
cosA = manyetik akının yüzeye geliş açısı

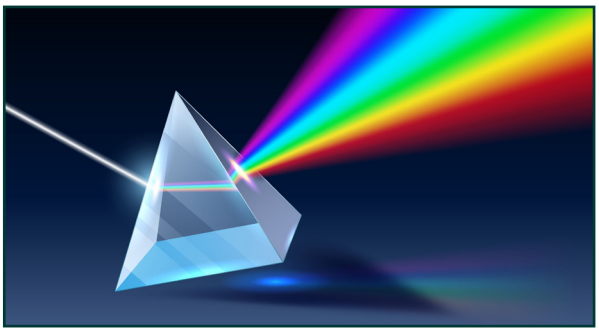
Manyetik Akı Yoğunluğu: Bir yüzeyden geçen toplam kuvvet çizgisi sayısına, o yüzeyden geçen **manyetik akı** denir. Manyetik akı, yoğunluğu manyetik alana dik bir birim alandan geçen akı miktarıdır. Manyetik akı, "B" harfi ile gösterilir ve birimi Wb / m^2 veya tesladır (T). Manyetik alan aşağıdaki gibi bir manyotemetre ile ölçülür (Görsel 1.43).


Görsel 1.43: Manyetometreler

Tıbbi cihazların bulunduğu ortamda yüksek manyetik alanın olması sinyal bozucu etkilere sebep olabilir. Örneğin; EKG cihazı yanında bulunan yüksek manyetik alan, sinyal üzerindeki bilginin tespit edilememesine sebep olabilir.

1.1.8. Renk Yoğunluk Ölçümleri

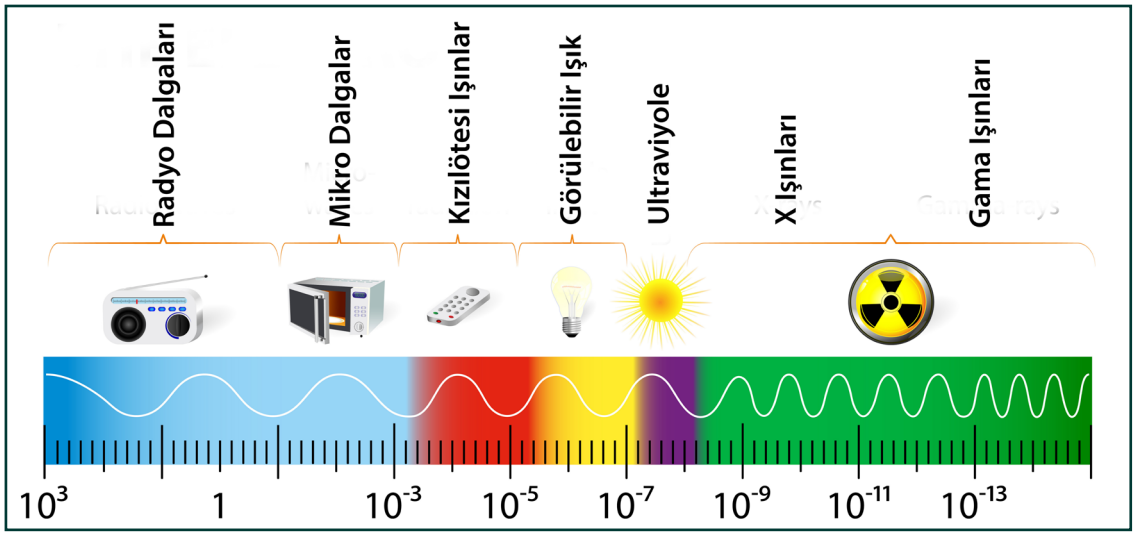
Beyaz ışık, farklı dalga boyu ve farklı renklere sahip ışınların bir bileşimidir. Her bir ışın, enerjiye sahip fotondur ve bu fotonlar dalgalar hâlinde yayılır (Görsel 1.44). Dalga boyu uzunluk birimleri cinsinden ifade edilir. Genel olarak armstrong (A^O) birimi kullanılmakla birlikte spektrofotometrik ölçümlerde daha çok nanometre (nm) veya mikrometre (μm) birimleri kullanılır. 10 A^O = 1 nm



Dalga boylarına göre;
180 - 400 nm: Morötesi (Ultraviyole)
400 - 750 nm: Görünür
750 - 2000 nm: Kızılaltı (İnfrared)

Görsel 1.44: Beyaz ışığın renklere ayrılması

Beyaz ışık, bir prizmadan geçirilince renklerine ayrılır. Yağmurlu günlerde oluşan gökkuşağı, beyaz ışığın renklerine ayrılışının doğal göstergesidir. Prizmaya giren beyaz ışın demeti, bir renkler bandına ayrışır. Bu renkler sırasıyla mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızıdır. Bir prizmada teşekkül eden renkler bandına, **görünür ışık tayfı** adı verilir.
Elektromanyetik ışınlar, dalga boylarına göre adlandırılır (Görsel 1.42).



Görsel 1.45: Görülebilir ışık spekturumu aralığı

Görsel 1.45'te görünür ışık tayfı dalga boyu aralığı görülmektedir. Işığın her rengi, farklı bir dalga boyu ve frekansa sahiptir. Bir ışığın frekansı onun rengini belirler. Frekans, bir ışık dalgasının fiziksel bir özelliğidir. Renk, göze ışık girdiği zaman gözlerin ve beynin algıladığı bir histir. Görünür ışığın dalga boyu 400-700 nanometredir.

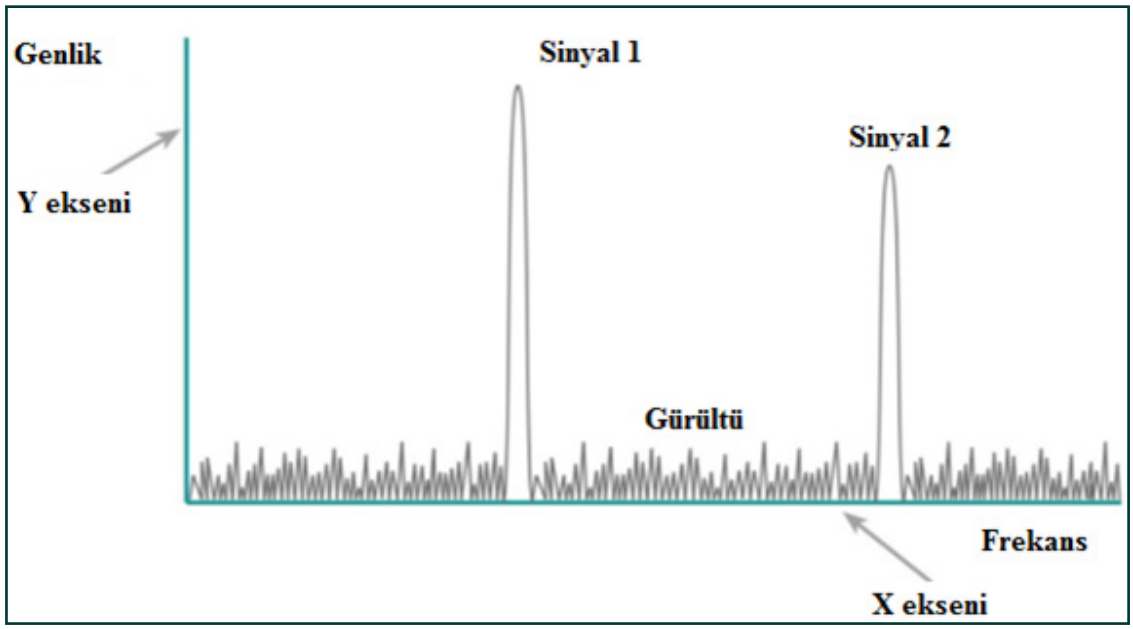
1.2. Osiloskop ve Analizör

Dalga formlarını görüntülemede kullanılan en yaygın test aleti osiloskoptur. Osiloskop, sinyallerin zamana karşı genliğini gösterir. Bu özellik çok kullanışlı olmasına rağmen, özellikle radyo frekans devrelerini ve sistemlerini test ederken farklı frekans alanındaki sinyallerin genliklerini görebilmek için spektrum analizörünün kullanılması daha faydalıdır. Ayrıca spektrum analizöründe, farklı frekanslardaki sinyallerin genliklerine bakarak bu sinyallerin genliklerini ölçmek, sinyalleri sınıflandırmak ve benzerlerini bulmak da mümkündür.

Spektrum analizörü, özellikle radyo frekansı veya RF sinyallerini içeren devrelerin ve sistemlerin test ve ölçümünü yapan bir test ekipmanıdır. Buna ek olarak, spektrum analizörleri, ses analizi ve benzerleri dâhil olmak üzere çeşitli uygulamalar için de kullanılabilir.

1.2.1. Spektrum Analizörü

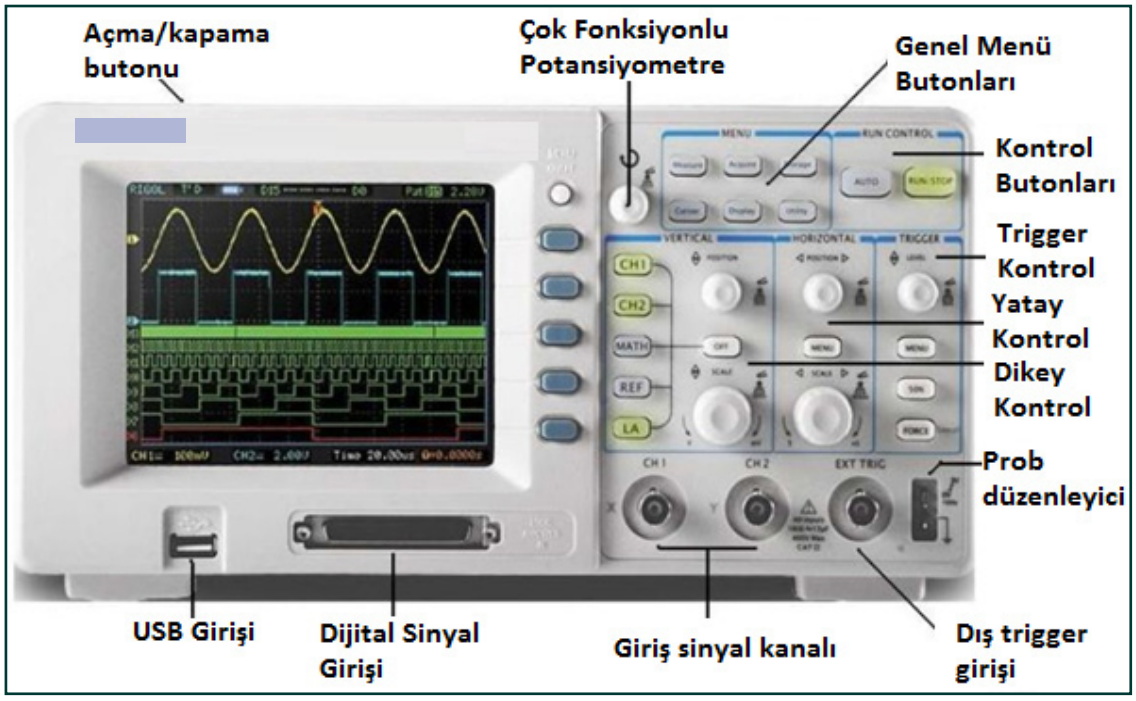
Spektrum analizörü, verilen bir giriş sinyalinin büyüklüğünü cihazın tam frekans aralığına göre ölçmek için kullanılan bir elektronik ekipmandır. Öncelikle bilinen ve bilinmeyen değişik sinyallerin gücünü ölçmek için kullanılır. Spektrum, genliği y ekseninde ve frekansı da x ekseninde temsil eden bir grafik ile verileri aşağıdaki gibi görüntülenmektedir (Görsel 1.46).



Görsel 1.46: Sinyal analizi

1.2.2. Osiloskop

Elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan aletler içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan osiloskop; işaretin dalga şeklinin, frekansının ve genliğinin aynı anda belirlenebilmesini sağlar. Dalga şeklini grafik olarak ekranda gösterir. Yani elektrik dalga sinyali çizer. Dalga sinyalinin, frekansını ve genliğini de öğrenmeyi sağlar.



Görsel 1.47: Osiloskop tuşlarının fonsiyonları

Görsel 1.47'de görülen osiloskopta bulunan fonksiyonlar ve osiloskop tuşlarının görevleri aşağıda açıklanmaktadır.

- **POWER(On/Off) Düğmesi:** Açma, kapamayı sağlar.
- **Intens:** Ekrandaki çizginin parlaklığını ayarlar.
- **Focus:** Ekrandaki çizginin uygun incelik görünürlükte olmasını sağlar.
- **Vertical and Horizontal Position (Düşey ve Yatay Pozisyon):** Bu düğmelerle tarama çizgilerinin yatay ve düşey doğrultudaki pozisyonları değiştirilir.
- **Volt / Div Düğmesi:** Giriş duyarlılığını 5 mV / cm ile 20 V / cm arasında seçer.
- **Time / Div Düğmesi:** Zamanı 0,5 ms. / cm ile 0,2 s. / cm aralığında seçer.
- **Holdoff:** Taramalar arasındaki gecikme zamanını kontrol eder.
- **Tetikleme Kaynağı**

» Int (İç Tetikleme): Ekranda görülen kanal 1 veya kanal 2 işaretini tetikleme işareti olarak seçer.
» Line: Şebeke frekansını tetikleme kaynağı olarak seçer.
» Ext (Dış Tetikleme): Bir işaretten uygulanacak olan işarete tetikleme işareti olarak seçer.

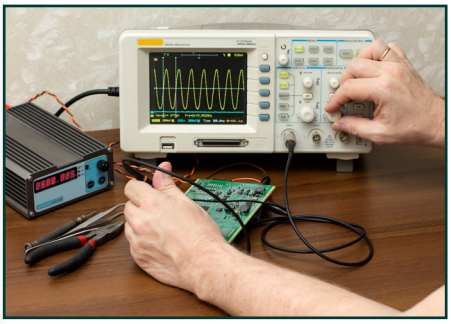
- **Eğim Düğmesi:** Bu anahtar (+) veya (-) olarak işaretlenmiştir. Bu işaretler, tetiklemenin pozitif veya negatif konumda yapılacağını belirler.
- **Dual Düğmesi:** Kanal 1 ve Kanal 2' nin aynı anda görünmesini sağlar.

UYGULAMA 1.7. OSİLOSKOP KULLANIMI

AMAÇ

Bu deneyde osiloskobun çalışma prensibinin, tetikleme ve senkronizasyonun nasıl yapıldığı ve osiloskop yardımıyla çeşitli büyüklüklerin (genlik, faz farkı ve frekans gibi) nasıl ölçülebileceğinin öğrenci tarafından anlaşılması.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.48: Osiloskop kullanımı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

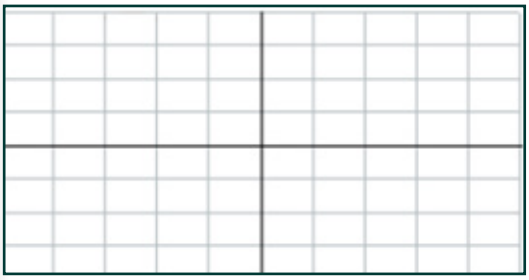
Adı	Özelliği	Miktarı
Osiloskop		1 adet
Fonksiyon üreteci		1 adet
Multimetre		1 adet
DC güç kaynağı		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Osiloskop veya diğer adıyla salınımölçer, elektriksel ölçü ve gözlem aracıdır (Görsel 1.48). Gerilim ve akım değerlerinin değişimleri ile genliğini zamana bağlı olarak grafik hâlinde gösterir. Bu grafiklerden sinyalin darbe ve boşluk süreleri, genliği, frekansı ve periyodu elde edilebilir. Osiloskop bir elektrik devresine her zaman paralel bağlanır. Çok yüksek olan iç direnci nedeniyle seri bağlama hâlinde, ölçüm yapılmak istenen devreden akım akmasını engelleyecektir. Alttaki şekilde sırasıyla osiloskop ve osiloskop üzerindeki işaretlerin okunduğu ekranı görülmektedir.
4. Sinyal üretecinden 1 V – 2 kHz'lik sinüs biçimli bir AC voltajın üretilmesi şu şekildedir:

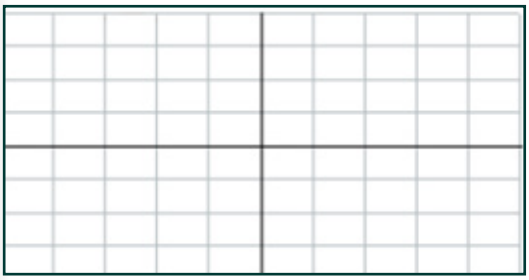
a) Sinyal üretecini açınız. Tuşlar ve düğmeler için hızlıca genel bir kontrol yapınız.
b) Frekans ayarı için öncelikle 2 kHz için uygun frekans sahasını belirleyerek range tuşlarıyla saha seçimini yapınız. Daha sonra frekans ayar düğmesi ile 2 kHz'i hassas olarak ayarlayınız.
c) Genlik ayarı için osiloskobu açarak netlik, parlaklık ve kalibrasyon ayarlarını kontrol ediniz. Sinyal üretecini osiloskobun CH1 kanalına bağlayınız. Kanal seçim anahtarının CH1'de bulunduğundan emin olunuz. CH1'in sıfır ayarını kontrol ediniz. 1 V ayarlamak için yukarıda verilen "Genlik = kare sayısı x düşey çözünürlük değeri" formülünü göz önüne alınız. Bu formüle göre hangi düşey çözünürlük değerlerini kullanabileceğinizi düşününüz. Örneğin; (1 kare) x (volts / div = 1) = 1 V verir. Ancak daha hassas olarak (2 kare) x (volts / div = 0,5) = 1 V durumunun daha uygun olacağının farkına varınız. O hâlde volt / div değerini 0,5'e ayarlayınız. Sinyal üretecindeki genlik (AMPLITUDE) ayar düğmesini kullanarak ekrandaki işaretin genliğinin tam iki kare olmasını sağlayınız.
d) Kontrol işlemi: Uygun volt / div ve time / div çözünürlüklerini sağlayarak işaretin genliğini ve frekansını ölçünüz. Sonuç başlangıçta istenen 1 V – 2 kHz'i sağlamalıdır.

5. Aşağıda verilen AC voltaj işaretlerini deneysel olarak üretiniz. Altlarına ürettiğiniz işareti çiziniz.



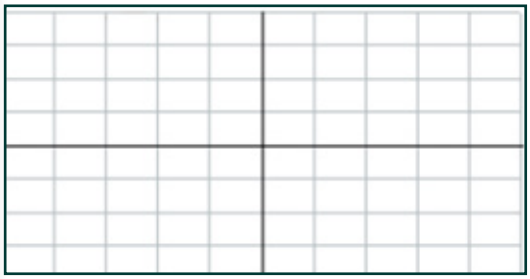
a) 0,5 V – 12 kHz üçgen dalga;

Volts / div= ?
Time / div= ?



b) 1,1 V – 500 Hz sinüs dalgası;

Volts / div= ?
Time / div= ?



c) Bir kanalda, 1 V – 5 kHz üçgen dalga ve diğer kanalda, 1 V – 1 kHz kare dalgayı üretiniz. Bu iki işareti osiloskopta toplatınız (Bunun için her iki kanalın volt / div değerleri aynı olmalıdır.).

Volts / div= ?
Time / div= ?

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

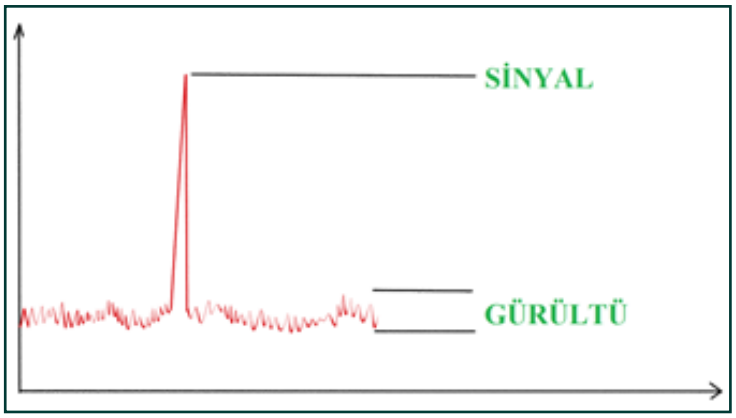
Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Osiloskop ve dalga üreticinin hazırlanması	20	
Sınıfı :	3	Ölçümlerin yapılması	20	
Öğretmenin	4	Ölçümlerin değerlendirilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

1.3. Gürültü Analizi

Elektronik devrelerde görülen gürültü kavramı, genel olarak istenmeyen sinyal karışıklığı olarak tanımlanabilir.

1.3.1. Biyomedikal Cihazlarda Gürültü Kavramı



Görsel 1.49: Fizyolojik bir sinyaldeki gürültü

Tıp Elektroniğinde Gürültü Nedir?

Tıp elektroniğinde fizyolojik sinyaller, düşük güçlü ve düşük frekanslı sinyaller olduğundan çevresel ve elektronik donanımsal birçok istenmeyen bileşene maruz kalır. Ayrıca fizyolojik sinyaller dışında vücut içi görüntüleme teknikleri (X ışını görüntüleme teknikleri vb.) ile elde edilen görüntüler de istenmeyen bozucu bileşenlere maruz kalabilir. Tıbbi bir görüntü, fizyolojik sinyal veya parametre üzerindeki anlamlı bilgiyi bozucu nitelikteki tüm bileşenler **gürültü** olarak tanımlanabilir (Görsel 1.49).

1.3.2. Gürültü Çeşitleri

a) Uzay Gürültüsü: Galaktik gürültü olarak da bilinen bu gürültünün kaynağı tamamen güneştir. Gökyüzündeki çeşitli noktaların ve yıldızların da gürültü yarattığı biliniyor.
Özellikle uzay araçları için bazen büyük tehlike yaratan bu gürültü çeşidi ancak korunaklı devreler ile aşılabilir.

b) Atmosferik Gürültü: Atmosferde bulunan gerek bulutlar arasında gerek de bulut ile yer arasında sürekli bir statik elektrik mevcuttur. Bunlar, statik elektirik etkileşimlerinden meydana gelen gürültülerdir.

c) Endüstriyel Gürültü: Fabrika, atölye, trafo vb. elektrik kullanan her aracın yarattığı bir elektronik gürültü vardır. Özellikle sanayi bölgelerinde bu gürültü miktarı çok fazladır.

d) Termik Gürültü: İletken malzeme içerisinde bulunan, elektronların sıcaklığa bağlı olarak hareketleri sonucunda oluşan ve kaynak geriliminden bağımsız oluşan gürültü çeşididir.

e) Diğer Elektronik Gürültü: Aktif elektronik cihazlarının yarattığı gürültüler olarak adlandırılabilir.

Şebeke Gürültüsü Nedir?

Elektronik cihazlarda, enerji kaynağı olarak pil veya akü yerine doğrultulmuş alternatif akım kullanılır. Bu doğrultulmuş akım üzerinde ise alternatif akımdan kalan küçük bir dalgalanma mevcuttur. İşte bu dalgalanmaya **şebeke gürültüsü** denir. Diğer gürültü çeşitlerinden daha büyük genliğe sahip olan bu gürültü çeşidinin frekansının 50 Hz olması, elektronik devrelerde çok fazla olumsuz etki yaratmaz.



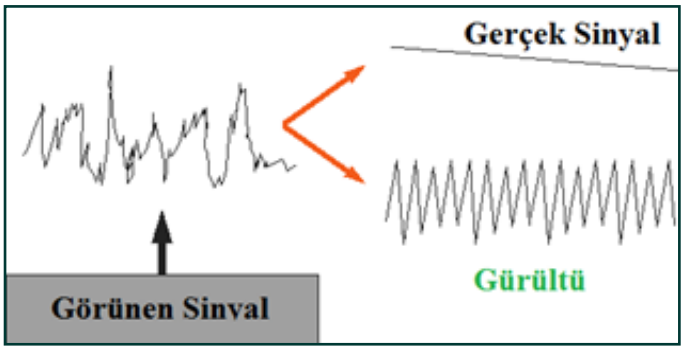
Görsel 1.50: Bir sinyaldeki gürültünün spektrum analizörü

1.3.3. Gürültü Ölçümü

Gürültü, watt cinsinden ifade edilir. Gürültünün varlığı ve büyüklüğü ise genellikle spektrum analizör kullanılarak ölçülür. Yazılım destekli olan bu ölçüm, çoğunlukla doğru sonuçlar elde eder. Görsel 1.50'de bir spektrum analizör ekranı görülmektedir.

1.3.4. Gürültü Önleme Yöntemleri

Temel gürültü bileşeni analiz edilip ona göre karar verilir. Örneğin; şebeke gürültüsü, sinyali üzerinde sinüsoidal bir şekilde 50 Hz frekansında bir bileşen olarak gözlenebilir. Bunu önlemek için 50 Hz frekansını bastıran çentik (notch) filtreler kullanılır.



Görsel 1.51: Gürültülü sinyal

Örneğin; bir tıbbi cihazın yakınlarında bulunan yüksek elektirik alanı veya elektromanyetik dalgalar, sinyali veya görüntüsü üzerinde gürültülere neden olabilir (Görsel 1.51). Bu gürültüleri engellemek için gürültü kaynağı tıbbi cihazdan uzaklaştırılabilir. Gürültü kaynağını uzaklaştırmak mümkün değilse cihazda ve kablolarında ekranlama yapılarak elektromanayetik bileşenlerin etkisi minimize edilmeye çalışılır. Ekranlama; elektronik anlamda devreyi, kabloları ve cihazı izole etmektir. Bu işlemler için özel malzemeler kullanılır. Örneğin, EKG kablosunun dış kılıfı gibi.

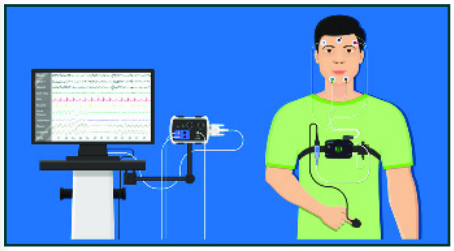
26568

UYGULAMA 1.8. SİNYAL VE GÜRÜLTÜ KAVRAMLARI

AMAÇ

Sinyal ve gürültü kavramlarını anlamak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 1.52: Fizyolojik sinyal ölçümü

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Fizyolojik sinyal takip modülü		1 adet
Tek kullanımlık elektrotlar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Fizyolojik sinyal izleyici cihazlar ile vücut sinyalleri alıp bu sinyallerin eksenleri üzerindeki gerilim, genlik ve periyot tanımlarını gösteriniz (Görsel 1.52).
4. Sinyallerin üzerinde gürültü olup olmadığını anlamaya çalışınız. Ölçtüğünüz fizyolojik sinyalleri, tanımlanmış fizyolojik sinyaller ile karşılaştırınız.

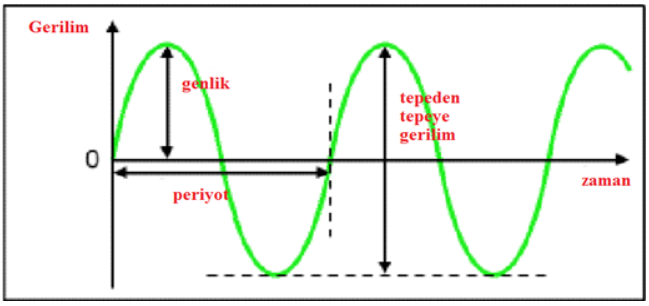
Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Fizyolojik sinyal modülünün kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Sınıfı :	3	Belirlenen bir sinyalin, gürültünün gözlenmesi ve ölçülmesi	20	
Öğretmenin	4	Ölçüme ait parametrelerin değerlendirilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

1.4. Modülasyonlu Sinyallerin Analizi

Bilgi taşıyan herhangi bir dalga şekline **sinyal** denir. Gerçek hayatta gözlem amaçlı ölçülen ve kaydedilen her türlü bilgi ya da değişken, bir sinyal olarak algılanabilir. Kaynağı biyoloji ve tıp dünyasında olan sinyallere **biyosinyaller** denir.
Örneğin; bir kişinin sağlık durumunu kontrol etmek ya da gözlemek amacıyla vücut sıcaklığı ya da kan basıncı ölçülüp kaydedilirse fizyolojik sinyaller elde edilmiş olur. Çoğu zaman sağlık personelleri yakın takip gerektiren hastaların başucundaki cihazlar yardımıyla bu bilgileri kaydeder. Bu sayede hastayla ilgilenen bütün sağlık personelleri hasta hakkında hızlıca bilgi edinmiş olur. Bu da yapılacak yeni işlemlerin planlanmasını sağlar.



Görsel 1.53: Sinyallerdeki parametreler

1.4.1. Sinyallerdeki Parametreler

Bir sinyalde bulunan parametreler Görsel 1.53'te gösterilmiş ve tanımlamaları yapılmıştır.

Genlik
Genlik, periyodik bir hareketteki maksimum düzey olarak tanımlanabilir.

Periyot (T)
Elektirik ve fizik alanlarında bir tam dalganın oluşması için geçen süreye **periyot** denir. Birimi saniyedir.

Frekans (f)
1 saniyede gerçekleşen dalga sayısına **frekans** denir. Bir sistemin frekansı hertz (Hz) olarak belirtilir. Örneğin; bir akım, saniyede bir devir tamamlarsa frekans 1 Hz'dir. Saniyede 50 devir, 50 Hz'e eşittir. Türkiye'deki standart alternatif akım (şehir şebekesindeki) frekansı, 50 Hz'dir.

$$T = 1 / f$$

1.4.2. Modülasyon Kavramı



Görsel 1.54: Bir sinyalin iletiminde kullanılan temel modülasyonlar

Modülasyon, iletilmek istenen bilgi sinyalinin bir taşıyıcıya bindirilerek istenilen biçim ve teknikte iletilmesidir. Alçak frekanslı sinyallerin iletilmesi zordur. Yüksek frekanslı sinyallerin iletimleri ise birçok açıdan daha kolaydır. Bundan dolayı alçak frekanslı bilgi sinyalleri, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyallere bindirilerek taşınabilir (Görsel 1.54). Modülasyona örnek olarak ses, görüntü ve data gibi bilgilerin bir anten yardımıyla elektromanyetik dalgalar olarak çevreye yayılması verilebilir.

1.4.3. Modülasyon Çeşitleri

a) Analog Modülasyon

Sürekli (analog) bir işaretin (sinüzoidal işaret gibi) özelliklerinin modülasyonda kullanılan işarete bağlı olarak değişmesine **analog modülasyon** denir. İkiye ayrılır.

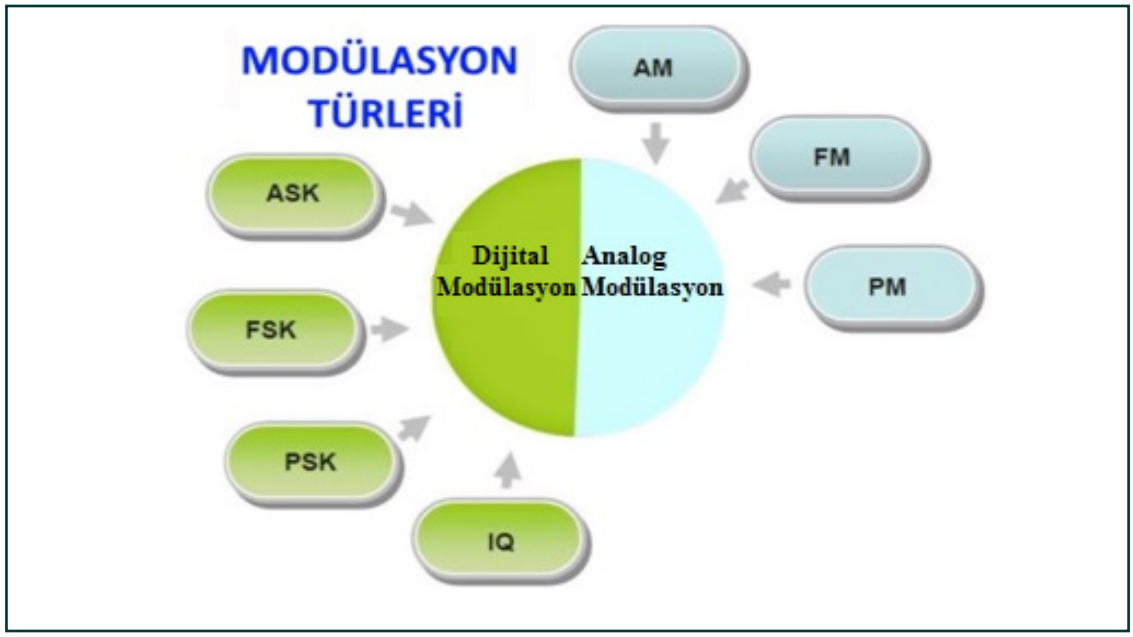
1. Genlik Modülasyonu (Amplitude Modülation-AM)
2. Açı Modülasyonu (Phase Modülation-PM)
- Faz Modülasyonu (Phase Modülation-PM)
- Frekans Modülasyonu (Frequency Modülation-FM)

b) Sayisal Modülasyon

Sayısal modülasyon, sayısal sinyalleri haberleşme kanallarına uygun dalga formlarına dönüştürmek için kullanılır. Diğer bir ifade ile sayısal modülasyon, sayısal bilgiye göre analog taşıyıcının karakteristik özelliklerinin değiştirilmesidir.

NOT: Sayısal modülasyonun, analog modülasyona göre üstün özellikleri;

- Bilgi kapasitesi daha fazladır.
- Sayısal veri servisleri ile uyumu iyidir.
- Veri güvenliği analog modülasyona göre daha fazladır.
- Daha iyi kalitede haberleşme (iletişim) olanağı sağlar.
- Gürültüye bağışıklığı daha fazladır.



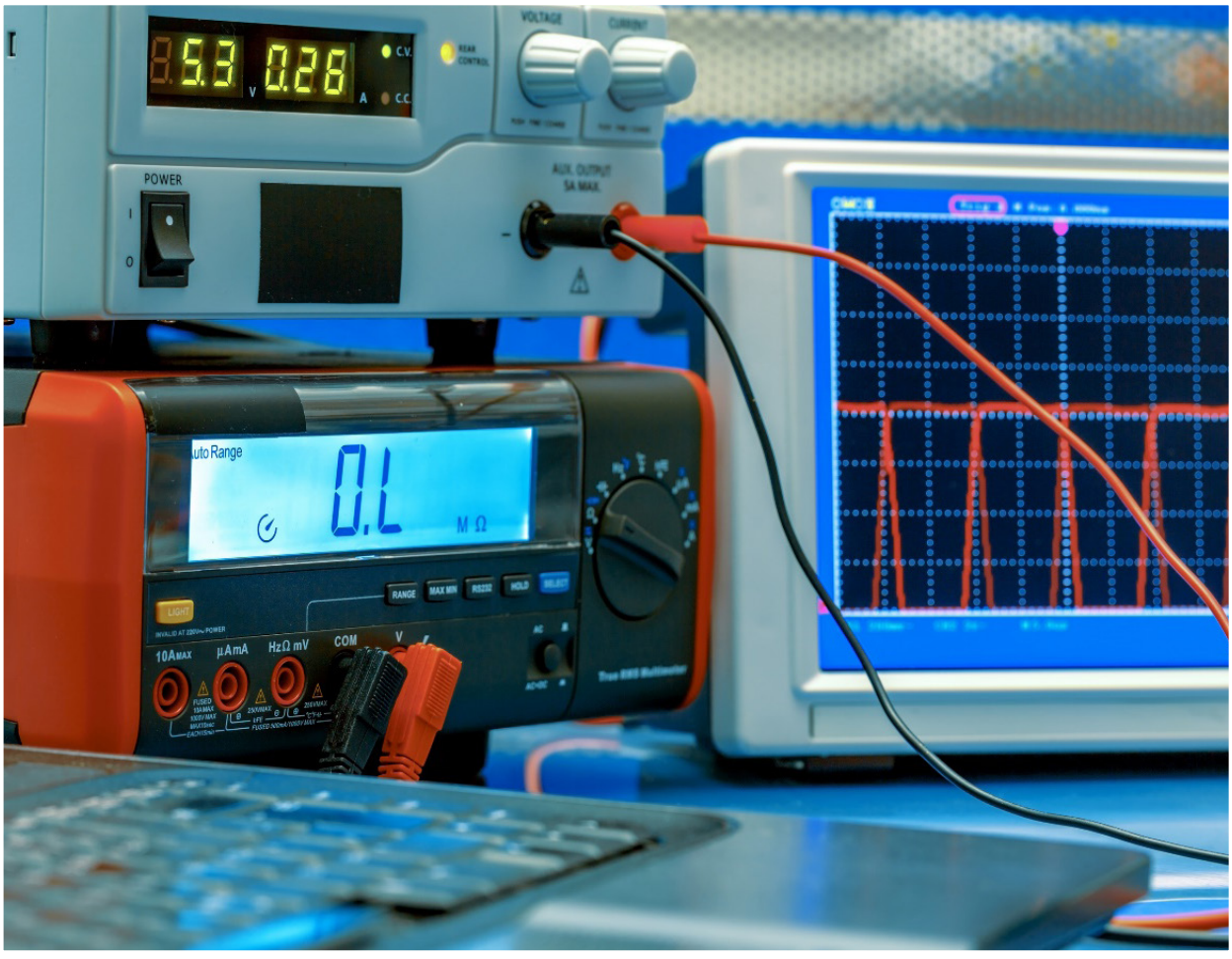
Görsel 1.55: Genel olarak modülasyon çeşitleri

Sayısal modülasyon türleri şunlardır (Görsel 1.55.) :

1. P. S. K. (Phase Shift Keying - Faz Kaydırmalı Anahtarlama)
2. F. S. K. (Frequency Shift Keying - Frekans Kaydırmalı Anahtarlama)
3. A. S. K. (Amplitude Shift Keying - Genlik Kaydırmalı Anahtarlama)
4. Q. A. M. (Quadrature Amplitude Modulation - Karesel Genlik Modülasyonu)

2

BİYOMEDİKAL SİSTEMLERDE KALİBRASYON



Bu öğrenme biriminde;

- Biyomedikal cihazlarda elektriksel güvenlik testlerini
- Biyomedikal cihaza uygun fonksiyon testlerini
- Biyomedikal cihazlarda genel ayarları
- Biyomedikal cihazlarda kalibrasyon yöntemlerini yapabileceksiniz.

AMAÇ

Standartlara ve tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak kalibrasyon için sistem bütünlüğününün kontrolünü yapmak.

GİRİŞ

Biyomedikal cihazlar sağlık alanının vazgeçilmez parçasıdır. Biyomedikal cihazlardan elde edilen ölçüm sonuçlarının güvenirliliğini sağlamak için başvurulması gereken disiplin, kalibrasyondur. Sağlık alanında yaşanan ve insan hayatına mal olabilen hataları ortadan kaldırmak için ölçüm güvenirliliği son derece önemlidir. Biyomedikal cihaz teknolojileri bölümü öğrencisi olarak bu alanda bilgi sahibi olmanız sağlık alanında hizmet kalitenizi arttırmakta ciddi fayda ve olanak sağlayacaktır.

2.1. Biyomedikal Cihazlarda Elektriksel Güvenlik Testi

Elektriksel güvenlik testi; elektriksel ölçüm yapan cihazın, ölçümü yapan ve ölçümün uygulandığı kişilerin maruz kaldığı elektriksel akımların, güvenli ve tolere edilebilir sınırlar içinde olup olmadığının testidir. Elektriksel güvenlik, sadece medikal sektöre has bir konu değildir. İnsanların kullanımında olan ve elektrikle çalışan cihazların üretildiği sektörleri kapsar. Bu bölümde, biyomedikal cihazlarda elektriksel güvenlik testleri hakkında bilgi sahibi olacak ve biyomedikal cihazlarda elektriksel güvenlik testleri yapabileceksiniz.

2.1.1. Elektriksel Tehlikeler

İnsan vücudunda haberleşme ve kontrol mekanizması mikro-elektrik olaylarla meydana gelmektedir. Örneğin;

- Sinirlerin uyarılması
- Merkezi sinir siteminin duyuları algılayıp reaksiyon vermesi
- Beyinden gelen komutların tüm vücuda ulaştırılması
- Kasların ve organların beyinden gelen komutlara cevap vermesi
- Hücreler arası iyon alışverişidir.

İnsan vücuduna dışarıdan gelecek her türlü elektriksel olay bir etkiye sebep olacaktır. Bu elektriksel olayın sonuçları; vücudu etkilediği bölgeye, şiddete, süreye ve karakteristiğine göre farklı olacaktır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Elektrik Akımının İnsan Vücudu Üzerine Etkisi

50 Hz'lik Akım Şiddeti (1 Saniyelik Temas)	ETKİ
1 mA	Hissedilebilir.
2-4 mA	Zararsız kabul edilebilir akım yoğunluğu Parmaklarda sinirleri titreşir.
5-7 mA	Kolda hafif kramp hissedilir.
10-15 mA	Tutulan cisim henüz bırakılabilir. Tansiyon yükselir.
19-22 mA	Çok acılıdır ve tutulan cisim bırakılamaz.
30 mA	Şiddetli acı duyulur, eller çalışmaz.
50-100 mA	Ölümle sonuçlanır.
1-10 A	Yanmalar görülür.

Elektrik akımı dokuları uyarır. Acıya, istemsiz kasılmalara, konvülsiyon (ani kasılma, katılma) ve ventriküler fibrilasyona sebep olabilmektedir. Ayrıca ısı sebebiyle hücre deformasyonlarına (necrosis) sebep olmaktadır. Bu sebeple hastane veya sağlık kuruluşu için elektriksel güvenlik hayati önem taşır. Elektrik akımının etkisi, uygulanan voltaja, akım büyüklüğüne, etki süresine, AC veya DC karekteristiğine, frekansına, giriş ve çıkış noktalarının konumuna ve büyüklüklerine bağlıdır.

2.1.2. Elektriksel Güvenlik Elemanları

Bu bölümde, elektriksel tehlikeleri ortadan kaldırmak için kullanılan elektriksel güvenlik elemanlarına değinilecektir.

a) Güç İzolasyon Sistemleri

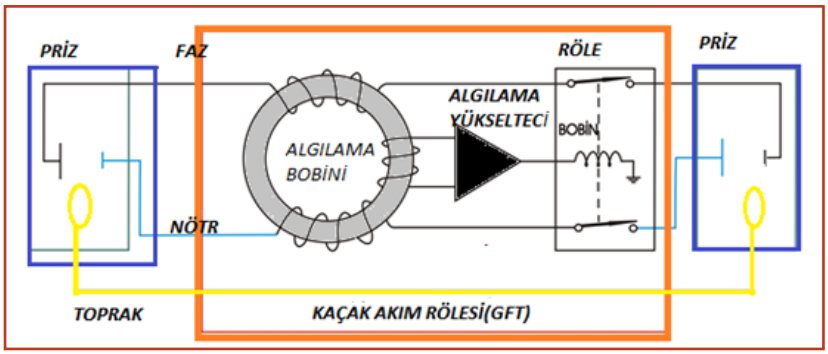
Güç izolasyon transformatörleri, nötr ucun toprakla olan ilişkisini keserek yalıtılmış elektrik sistemleri oluşturur. Elektriksel cihazların içindeki güç, toprağa referanslı olmaktan çıkar. Bu durum, transformatör sekonder uçlarından birisi ile toprak arasında çarpılma meydana gelmesini önlediğinden çarpılma tehlikesini azaltır. Hasta yalıtımı bir sürücülü sağ bacak (RL) yükselteci kullanılarak sağlandığı takdirde hasta üzerinden akım akma ihtimali tamamen ortadan kaldırılmış olur. Her iki yöntem de birbirinden farklı olmakla birlikte kateter aracılığıyla aşırı akımların geçmesini önlemeyi amaçlar.

b) Eş Potansiyel Topraklama Sistemi

Eş potansiyel topraklama sistemi, ortak topraklama terminaline her bir cihaz şasesinin ayrı ayrı bağlanmasından meydana gelmektedir. Bu; güç kablosundaki üçüncü kabloya, paralel merkez noktadaki her bir şaseye birer topraklama kablosu daha eklemekle olmaktadır. Topraklama kabloları aynı uzunlukta ve her bir metal şase diğeriyle aynı potansiyelde olacak şekilde çekilir. Bütün metal yüzeyler aynı terminale bağlanır. İki metal yüzey arasındaki fark potansiyeli 5 mV ve altına düşerse 10 μA'den fazla akım hastaya ulaşmaz. Bu sistemler, cihazlardan dışarı çıkan kalın toprak kabloları (AWG 8 numara) ile tanınabilir. Bu sistemler ameliyathane, yoğun bakım üniteleri vb. yerlerde kullanılmaktadır.

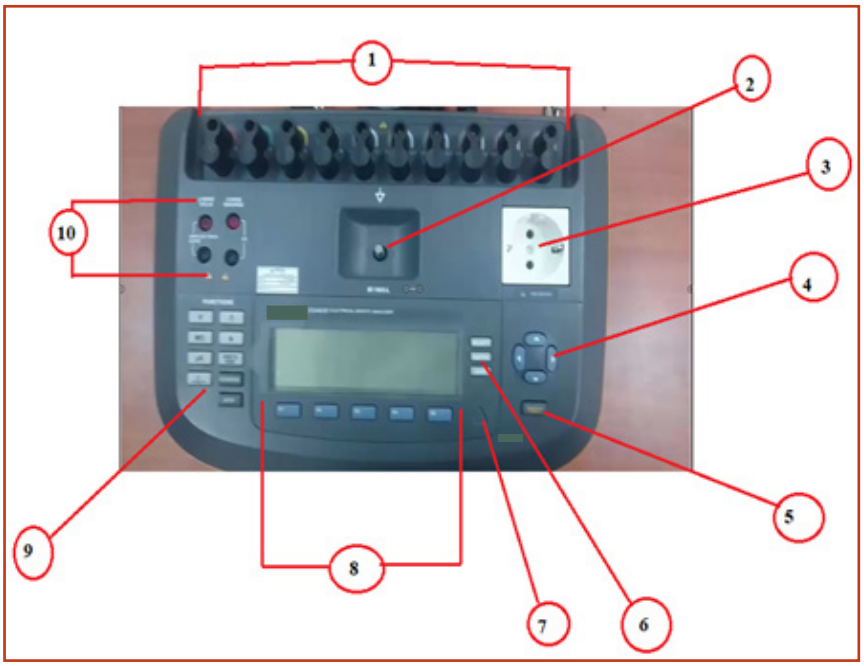
c) Kaçak Akım Röleleri

Kaçak akım röleleri (GFI), fazla kaçak akım olması durumunda gücü kesen otomatik anahtarlardır. Bu sistemler, faz ve nötr iletkenlerinin sarıldığı toroid (yüzük şeklinde) bir bobin kullanmaktadır. Görsel 2.1'de GFI blok diyagramı görülmektedir.



Görsel 2.1: Kaçak akım rölesi blok diyagramı

Faz ve nötr kablolarındaki akımlar eşitse, bobin nüvesinde net bir manyetik alan oluşmaz (kaçak akım yok-röle kontakları kapalı). Eğer bu akımlar, eşit değilse net bir manyetik akım oluşur ve bu da kaçak akım olduğunu gösterir. Algılama bobini, bir algılama yükselteci üzerinden devre kesicinin (röle) bobinine işaret verir. Böylece kontaklar açılır ve kutudaki güç yok olur. GFI genelde hastanenin hemodiyaliz bölgesi gibi nemli alanlarda kullanılır. Fakat bu biyomedikal cihazların çalıştığı odada zararlı olabilir. Elektrik güç müdahalesi kritik durumdaki hastanın hayat destek cihazı fonksiyonunu engellemektedir.



Görsel 2.2 : Elektriksel güvenlik test cihazının üstten görünümü

2.1.3. Elektriksel Güvenlik Analizörü

Tıbbi amaçlı olarak kullanılan elektronik cihazların elektriksel güvenlik testlerini yapmak amacıyla kuruluşlar tarafından belirlenmiş olan uluslararası standartları kullanan otomatik test ölçüm cihazlarına **elektriksel güvenlik analizörü (elektriksel güvenlik test cihazı)** denir.

Görsel 2.2'de görülen elektriksel güvenlik analizörünün bölümleri ve işlevleri Tablo 2.2'de açıklanmaktadır.

Tablo 2.2: Elektriksel Güvenlik Test Cihazının Bölümleri ve İşlevleri

1	EKG gibi cihazların problarının bağlantı bölgesi
2	Sıfırlama testi için bağlantı noktası
3	Test edilecek cihazın fişinin takılacağı kısım
4	Menüler arasında geçiş yapmak için kullanılan tuşlar
5	Testi başlat düğmesi
6	Test edilecek cihazın toprak, nötr ve polarite durumu ayarlama tuşları
7	Problara yüksek voltaj uygulandığının göstergesi
8	Ekranda bulunan fonksiyonları seçen tuş takımı
9	Çeşitli analiz yöntemleri seçen tuş takımı
10	Bağlantıların kontrol edilmesi için kullanılan jak girişleri

Elektriksel güvenlik testine başlamadan önce test edilecek cihazın sınıfı ve tipi belirlenmiş olmalıdır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: Cihazın Sınıfları ve Tipleri

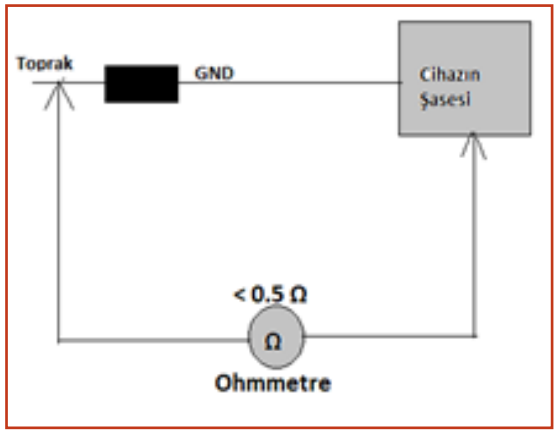
Sınıf I	Cihazın metal olan dış kılıfında toprak koruması bulunmaktadır.	
Sınıf II	Cihazda çift izolasyonlu şase ya da güçlendirilmiş izolasyon bulunmaktadır.	
SINIF IP	Entegre devre gücünün DC gerilimden sağlandığı cihazlardır (Dahili güç kaynağı).	
TİP B	Uygulama ucunda izolasyon bulunmayan cihazlardır (Örn: Otomatik tansiyon aleti).	
TİP BF	Uygulama ucunda izolasyon bulunan cihazlardır (Örn: İnfüzyon pompası).	
TİP CF	Kalp ile doğrudan temasa uygun izolasyonlu uygulama ucu bulunduran cihazlardır (Örn: EKG).	
TİP F	Sabit Cihazlar	
TİP T	Mobil Cihazlar, taşınabilir cihazlar	

Tıbbi cihazlar; toprak hatası, şase kaçak akımı ve hasta bağlantı uçlarındaki kaçak akımlardan dolayı elektriksel olarak tehlikelere yol açmaktadır. Bir cihazda, bu türden elektriksel hataların biri olabileceği gibi iki veya daha fazlası da aynı anda oluşabilmektedir. Bunun için bir cihazın elektriksel güvenliği incelenirken öngörülen test işlemlerinin hepsinin uygulanması gerekmektedir. Elektriksel güvenlik testleri beş kısımda incelenebilir. Bunlar;

- Toprak ucu ile şase arasındaki direncin ölçümü
- Şase kaçak akımının ölçümü
- Hasta bağlantı uçları ile toprak ucu arasındaki kaçak akımın ölçümü
- Hasta bağlantı uçları arasındaki kaçak akımların ölçümü
- AC yalıtım testidir.

a) Toprak Ucu ile Şase Arasındaki Direncin Ölçümü

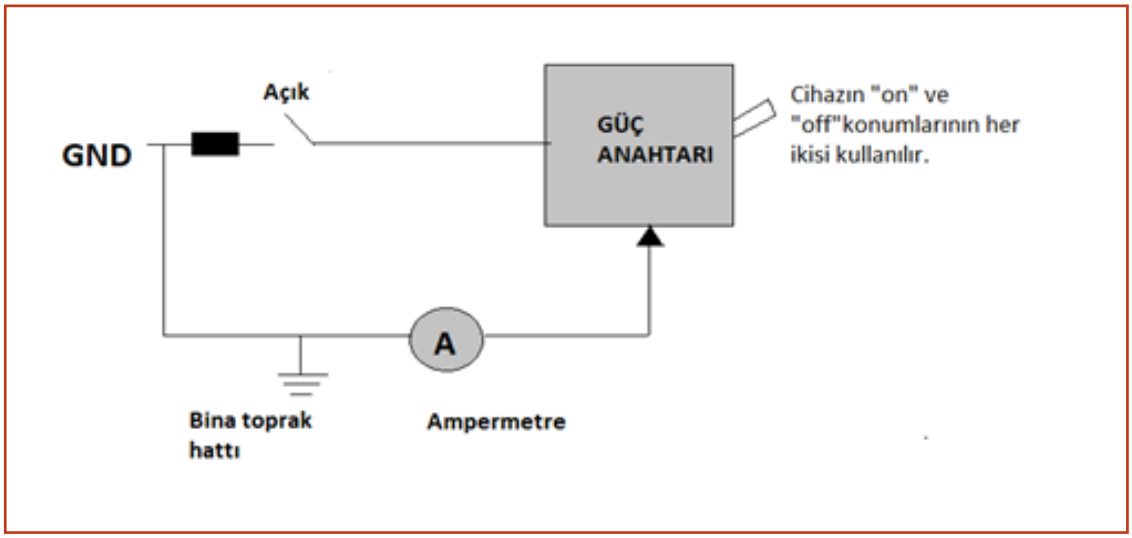
Elektriksel bağlantı yokken Ohmmetre kullanılarak cihazın şasesi veya metal kutusu ile toprak hattı arasındaki direncin ölçülmesidir (Görsel 2.3). Ölçülen direnç değeri 0,5 Ω'dan daha az olmalıdır.



Görsel 2.3: Toprak ucu ile şase arasındaki direncin ölçümü

b) Şase Kaçak Akımının Ölçümü

Testi yapılacak cihazın “on” ve “off” konumlarında, cihazın toprak ucu açıkken bir şasesi veya metal kutusu ile genel veya bina toprak hattı arasındaki akımın ampermetre aracılığıyla ölçülmesidir (Görsel 2.4). Ölçülen akım değeri; sabit ci-

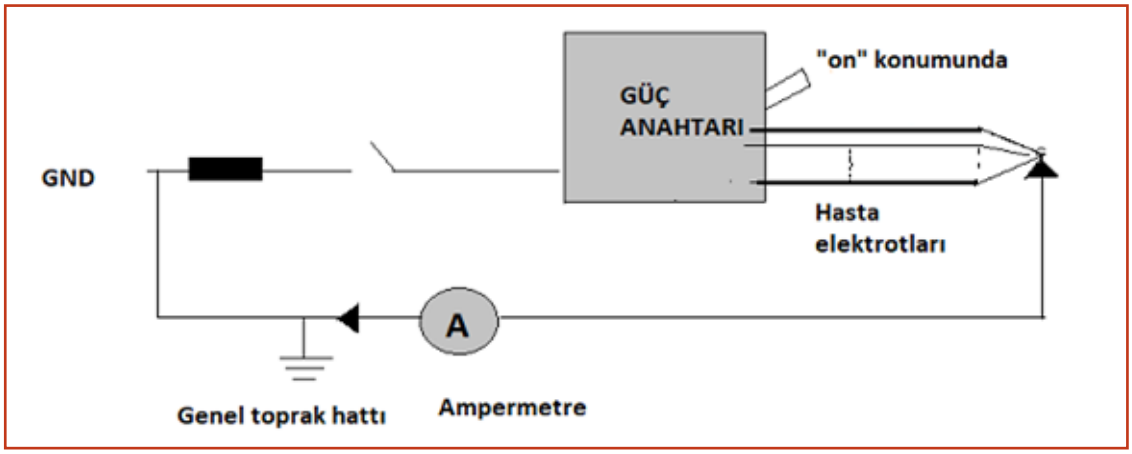


Görsel 2.4: Şase kaçak akımının ölçümü

c) Hasta Bağlantı Uçları – Toprak Ucu Arasındaki Kaçak Akımın Ölçülmesi

Testi yapılacak cihazın güç anahtarı “on” konumundayken, cihazın toprak ucu ise hem açık hem de kapalıyken cihazın hasta bağlantı uçlarıyla genel toprak hattı arasındaki akımın (sızıntı akımı) ampermetre ile ölçülmesidir (Görsel 2.5). Bu akım değeri;

- Yüzey elektrotları gibi izole edilmemiş elektrotlar için 100 μA
- İntrakardiyak elektrotlar gibi izole edilmiş elektrotlar için
  Cihazın toprak hattının genel toprak (GND) hattından ayrıldığı durumlarda (GND açık) 50 μA
  Cihazın toprak hattı genel toprak hattına bağlı olduğu durumlarda (GND kapalı) 10 μA değerinden küçük olmalıdır.

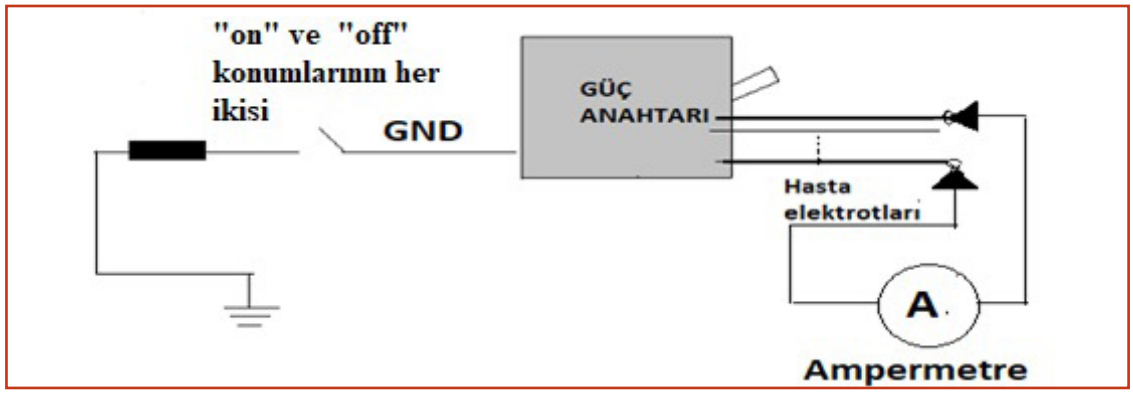


Görsel 2.5: Hasta bağlantı uçları ile toprak ucu arasındaki kaçak akımın ölçülmesi

d) Hasta Bağlantı Uçları Arasındaki Kaçak Akımın Ölçülmesi

Testi yapılacak cihazın güç anahtarı "on" konumunda, cihazın toprak ucu ise açık ve kapalı durumdayken bir ampermetre aracılığıyla cihazın hasta bağlantı uçları arasındaki kaçak veya sızıntı akımının ölçülmesidir (Görsel 2.6). Bu akım değeri;

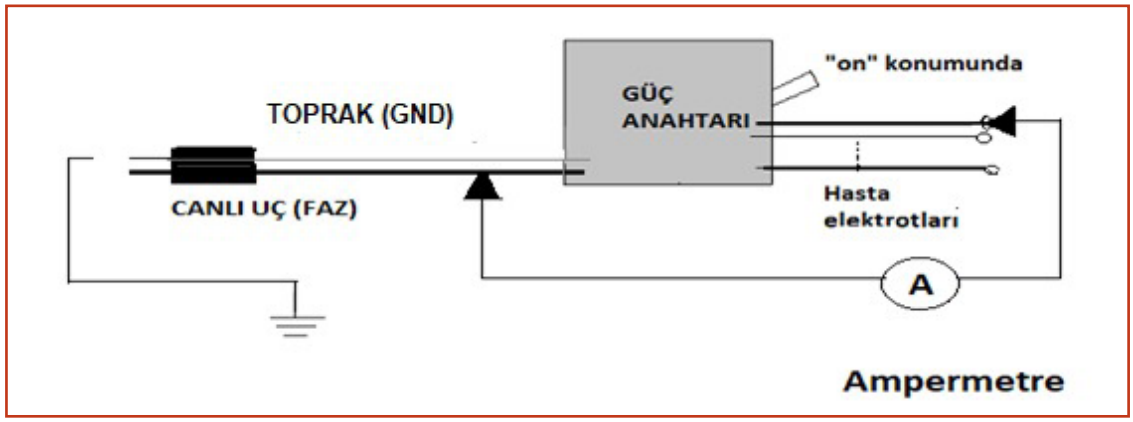
- İzole edilmemiş elektrotlar için 50 µA, izole edilmiş elektrotlar için cihazın toprak hattının genel toprak (GND) hattından ayrıldığı durumlarda (GND açık) 50 µA
- Cihazın toprak hattı genel toprak hattına bağlı olduğu durumda (GND kapalı) 10 µA değerinden küçük olmalıdır.



Görsel 2.6: Hasta bağlantı uçları arasındaki kaçak akımın ölçülmesi

e) Hasta Bağlantı Uçları ile Canlı Uç Arasındaki Yalıtım Akımının Ölçülmesi

Faz gerilimi taşıyan bir iletkenin, yalıtılmış hasta bağlantı uçlarına değdiği zaman geçebilecek akım miktarı ölçülür (Görsel 2.7). Bu ölçümde; testi yapılacak cihazın güç anahtarı "on" konumunda cihazın her bir hasta bağlantı elektrodu ile canlı uç (faz) arasındaki akım miktarı bir ampermetre aracılığıyla tespit edilir. Bu akım değeri, 20 µA değerinden küçük olmalıdır. Ancak bu işlem, izole edilmiş elektrotlu sistemler yalıtım akımının tespiti için uygulanmalıdır.



Görsel 2.7: Hasta bağlantı uçları ile canlı uç arasındaki yalıtım akımının ölçülmesi

UYGULAMA 2.1. ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ANALİZÖRÜ (EGT CİHAZI) YARDIMIYLA HASTABAŞI MONİTÖRÜNÜN ŞEBEKE VOLTAJI TESTİ

AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili tedbirleri alarak elektriksel güvenlik analizörü (EGT cihazı) yardımıyla hastabaşı monitörünün elektriksel güvenlik testlerinden şebeke voltajı testini yapmak.

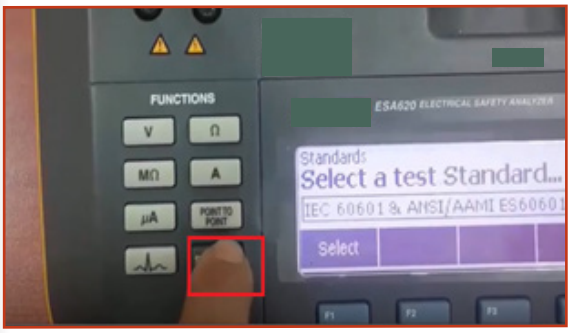
A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.8: Toprak noktalarının ve cihaz fişinin bağlanması



Görsel 2.9: EGT cihazı ana menü ekranı



Görsel 2.10: EGT cihazı standartlar menüsü



Görsel 2.11: Gerilim ölçüm ekranı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Elektriksel güvenlik analizörü (EGT)		1 adet
Hastabaşı monitörü		1 adet
EKG kablosu		1 adet
Krokodil kablo		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçleri hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Cihazların kapalı olduğundan emin olunuz.

4. Test edilecek cihaz ile ölçüm cihazının toprak noktalarını bir kablo aracılığıyla birleştiriniz (Görsel 2.8).
5. Test edilecek cihazdan gelen yardımcı kabloları (EKG kabloları ve elektrokoter uçları gibi), test cihazında ilgili yerlere bağlayınız.
6. Hastabaşı monitörünün elektrik fişini elektriksel güvenlik analizöründe bulunan elektrik prizine bağlayınız (Görsel 2.8).
7. Bağlantıların doğru yapıldığını kontrol ettikten sonra EGT cihazını açınız.
8. Analizör, otomatik olarak self check (kendi kendini kontrol etme) işlemini yapacak ve main menü (ana menü) ekranı açılacaktır (Görsel 2.9).
9. EGT'de bulunan standart tuşu ile test edilecek parametreye uygun standart seçimi yapılır (Görsel 2.10).
10. Test cihazının çeşitli test yöntemlerini seçen tuş takımı ile elektriksel güvenlik testleri manuel olarak yapılır.
11. V (volt) ölçüm tuşuna basarak işlemi başlatınız (Görsel 2.11).
12. Cihazın fonksiyon tuşları aracılığıyla L1 (faz/hat gerilimi) toprak potansiyel fark ölçümü gerçekleştirerek ekrandaki değeri Tablo 2.4'e yazınız.
13. Cihazın fonksiyon tuşları aracılığıyla L2 (nötr) toprak potansiyel fark ölçümünü gerçekleştirerek ekrandaki değeri Tablo 2.4'e yazınız.
14. Cihazın fonksiyon tuşları aracılığıyla L1-L2 uçları arasındaki potansiyel fark ölçümü gerçekleştirerek Tablo 2.4'e yazınız.
15. Hastabaşı monitörünün şebeke voltajı testinden geçip geçmediğini kontrol ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 2.4: Şebeke Voltaj Testi

Ölçülen Parametreler	Ölçülen Voltaj Değeri
L1(Faz/Hat Gerilimi)-Toprak	
L2 (Nötr)-Toprak	
L1-L2	

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Bağlantı noktalarının tespiti	20	
Sınıfı :	3	Bağlantı işlemlerini gerçekleştirme	20	
Öğretmenin	4	Şebeke voltaj testini gerçekleştirme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

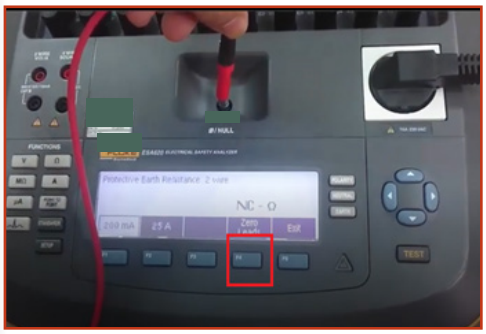
UYGULAMA 2.2.

ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ANALİZÖRÜ (EGT CİHAZI) YARDIMIYLA HASTABAŞI MONİTÖRÜNÜN KORUYUCU TOPRAK DİRENCİ TESTİ

AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kurallarıyla ilgili tedbirleri alarak elektriksel güvenlik analizörü (EGT cihazı) yardımıyla hastabaşı monitörünün elektriksel güvenlik testlerinden koruyucu toprak direnci testini manuel olarak yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.12: Kablo direncini sıfırlama



Görsel 2.13: Koruyucu toprak direnci testi ekranı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Elektriksel güvenlik analizörü		1 adet
Hastabaşı monitörü		1 adet
EKG kablosu		1 adet
Krokodil kablo		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçleri hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Cihazların kapalı olduğundan emin olunuz.
4. Test edilecek cihaz ile ölçüm cihazının toprak noktalarını bir kablo aracılığıyla birleştiriniz.
5. Test edilecek cihazdan gelen yardımcı kabloları (EKG kabloları ve elektrokoter uçları gibi), EGT cihazında ilgili yerlere bağlayınız.
6. Hastabaşı monitörünün elektrik fişini elektriksel güvenlik analizöründe bulunan elektrik prizine bağlayınız.
7. Bağlantıların doğru yapıldığını kontrol ettikten sonra EGT cihazını açınız.
8. Analizör, otomatik olarak self check (kendi kendini kontrol etme) işlemini yapacak ve main menü (ana menü) ekranı açılacaktır.

9. Teste başlamadan önce test edilen cihazın toprak çıkışındaki kabloyu direncinin sıfırlanması için test cihazındaki "Ø / null" bağlayarak "Zero Leads" tuşuna basınız (Görsel 2.12).
10. Test cihazının çeşitli test yöntemlerini seçen tuş takımı ile elektriksel güvenlik testleri manuel olarak yapılır.
11. Ω (ohm) ölçüm tuşuna basarak işlemi başlatınız (Görsel 2.13).
12. Kaçak akımlara karşı koruma sağlanması için direnç değerlerinin düşük olması gerekmektedir.
13. Koruyucu toprak direnci testinde ölçülen direnç değerlerinin 0,2 Ω'dan yüksek olmaması gerektiğini unutmayınız.
14. Başlangıçta L1 ve L2'de enerji yoktur. Akım 200 mA veya 25 A olarak değiştirilerek L1 L2'ye enerji verilir. Test'e basıldıktan sonra sonuç ekranda görülür.
15. Akım değerini 200 mA olarak seçip işlem yapınız.
16. Ölçümlerinizi Tablo 2.5'e yazarak hastabaşı monitörünün koruyucu toprak direnci testinden geçip geçmediğini kontrol ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 2.5: Koruyucu Toprak Direnci Testi

Ölçülen Direnç Değeri	
0,2 Ω'dan düşük ise	Başarılı
0,2 Ω'dan yüksek ise	Başarısız

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Bağlantı noktalarının tespiti	20	
Sınıfı :	3	Bağlantı işlemlerini gerçekleştirme	20	
Öğretmenin	4	Koruyucu toprak direnci testini gerçekleştirme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

2.2. Biyomedikal Cihazlara Uygun Fonksiyon Testleri

2.2.1. Biyomedikal Cihazları Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

Tıbbi cihazlar işlevlerine ve kullanım alanlarına göre çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Kullanım alanına göre tıbbi cihazları dört ana gruba ayırmak mümkündür. Bunlar;

- Tıbbi görüntüleme cihazları
- Fizyolojik sinyal izleme teşhis ve kayıt cihazları
- Yaşam destek ve tedavi cihazları
- Tıbbi laboratuvar ve hasta dışı uygulama cihazlarıdır.

2.2.2. Tıbbi Görüntüleme Cihazları

Görüntüleme yöntemlerinin temelini oluşturan ve tıp biliminde yeni bir çağ açan X-ışınları, 1895 yılında Alman Fizik Profesörü Wilhelm Conrad Rontgen (Vilyım Kondrad Röntgen) tarafından keşfedilmiştir. Rontgen, yaptığı deneylerde kullandığı kristal üzerinde pırıltılar olduğunu gözlemlemiştir. Bu tür pırıltılara neden olan ışınlara, o ana kadar bilinmemesinden dolayı "X-ışınları" adını vermiştir. Röntgen, bu buluşu ile 1901 yılında ilk kez verilmeye başlanan Nobel Fizik Ödülü'ne de layık görülmüştür. Röntgenin bu keşfi, bilim dünyasında büyük bir yankı uyandırırken görüntüleme alanında yeni gelişmelere de eşlik etmiştir. Röntgenin buluşundan kısa bir zaman sonra Henri Antonie Becquerel (Onri Antoni Begrol), X-ışınları üzerinde çalışırken uranyumun radyoaktifliğini, Pierre Curie (Pier Küri) ve eşi Marie Curie (Mari Küri) radyum elementini keşfederek görüntüleme teknolojilerinin ve "Radyoloji" biliminin doğuşunu gerçekleştirmişlerdir.

Teknolojinin hızla gelişmesi ile görüntüleme teknikleri gelişmiştir. Bu görüntüleme sistemleri bilgisayar tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRI), nükleer sintigrafi (PET-SPECT), ultrasonografi (US) ve endoskopi şeklinde sıralanabilir. Bu sistemler yardımıyla vücut içerisindeki çeşitli organların anatomik ya da fizyolojik görüntüsünü elde etmek mümkün hâle gelmiştir.

Bu başlık altında en temel görüntüleme yöntemleri kısaca anlatılacaktır.


Görsel 2.14: Akciğer filmi

a. Röntgen (X-ray) Görüntüleme

X-ray; vücuttaki yapıların, özellikle de kemiklerin görüntülerini üreten hızlı ve ağrısız bir işlemdir. X-ışınları vücudun içinden geçerken geçtikleri dokunun yoğunluğuna bağlı olarak farklı miktarlarda emilir. Kemik ve metal gibi yoğun materyaller, X-ışınları üzerinde beyaz olarak görünür. Akciğerlerdeki hava siyah görüntü oluştururken yağ ve kas dokuları gri tonlarında görülmektedir (Görsel 2.14.).

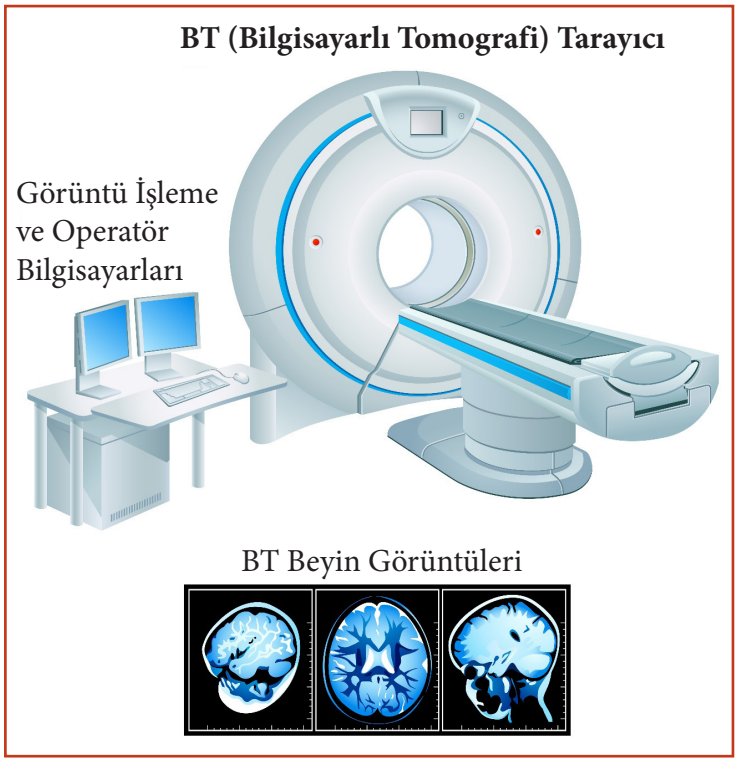
X-ray görüntüleme teknikleri içerinde, mamografi ve floroskopi de sayılabilir. Floroskopi, X-ray filmi gibi bir monitörde sürekli bir X-ışını görüntüsü gösteren tıbbi görüntüleme türüdür.

b. Bilgisayar Tomografi (BT-CT)

Bilgisayar tomografi X-ışını cihazlarının en gelişmişidir. Bu cihazla birlikte hekimler, vücudun belli bir bölgesinin kesit görüntüsünü çıkarabilme yeteneğine sahip olmuşlardır. Cihaz diğer röntgen cihazları gibi bir X-ışını tüpüne sahiptir. Ancak bu cihazın sabit bir tüp yapısı yerine, hareketli bir GANTRY üzerine monte edilmiş bir tüp yapısı vardır.

Gantry sürekli ve belirli bir hızda dönerek şüpheli vücut bölgesinin üzerini taramaktadır (Görsel 2.15). Bu tarama; X-ışını dedektörüne gelen veriler doğrultusunda görüntü işleme bilgisayarlarıyla BT görüntüleri oluşturur. Oluşturulan bu görüntü MR görüntülerine oldukça benzemektedir.

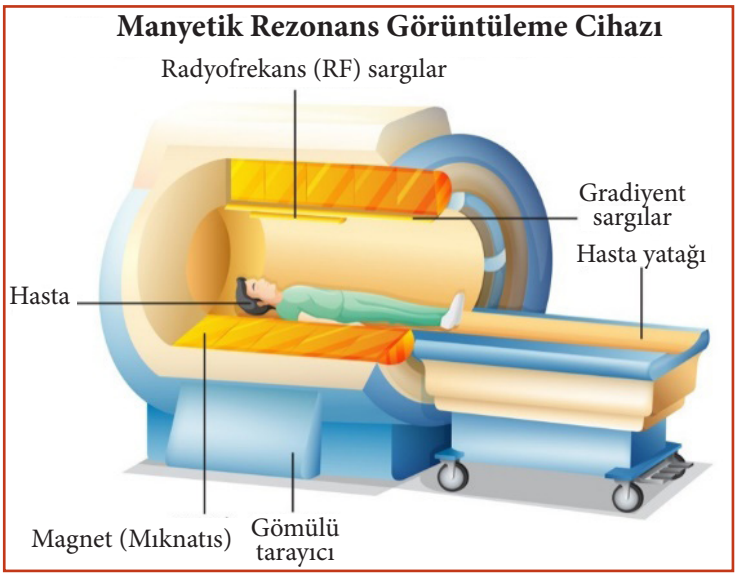
BT cihazı, yapısı ve çalışma prensibi bakımından kemikli dokuların incelenmesinde, yumuşak dokularınkine oranla daha başarılıdır.



Görsel 2.15: Bilgisayar tomografi cihazı bileşenleri

c. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI)

Vücut, primer olarak yağ ve sudan oluşmaktadır. Bu oluşumların moleküler yapısında ağırlıklı olarak hidrojen atomları yer almaktadır. MRG; su ve yağın, yapısında mevcut bulunan hidrojen atomlarının, güçlü bir manyetik alan içerisinde, kendilerini rezonansa uğratacak bir radyofrekans (RF) dalgası ile uyarılıp titreştirilmesi sonucu elde edilen sinyallerin görüntüye dönüştürüldüğü bir yöntemdir (Görsel 2.16). İyonize radyasyon içermeyen görüntüleme yöntemlerinden biridir.



Görsel 2.16: MRG cihazı

ç. Ultrason (US) Görüntüleme

Ultrases ultrason insan kulağının duyamayacağı, mekanik bir dalgadır. Fizikte "ultrason-ultrases" tabiri insan kulağının duyabileceği sınırların üzerindeki ses enerjisi (mekanik dalga) tanımlanmaktadır. İnsan kulağının işitme sınırı 20-20.000 Hz'dir. Ultrason dalgaları ise 20.000 Hz'den büyük mekanik dalgalardır.

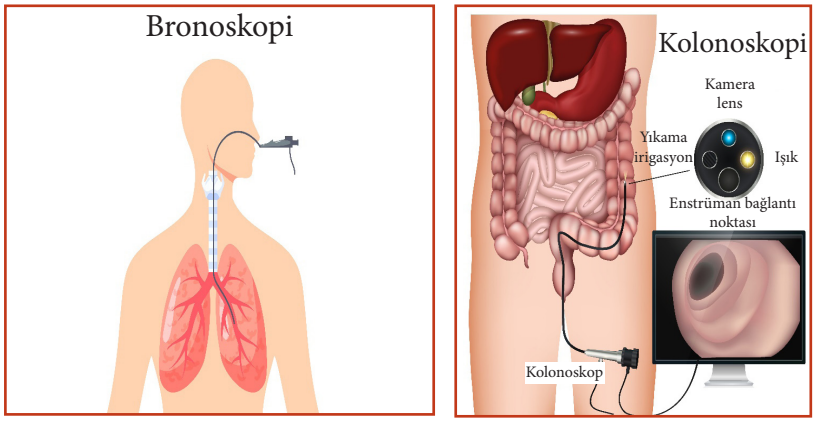


Görsel 2.17: Ultrason görüntüsü


Görsel 2.18: Ultrason cihazı

Ultrason-ultrases dalgalarına vücudu maruz bırakarak vücudun görüntülerinin oluşturulmasına **ultrason görüntüleme** denir (Görsel 2.17). Bu görüntüleme işlemi ultrason cihazıyla yapılır ve iyonizan radyasyon kullanılmaz.

Ultrason cihazı, değişik yoğunluktaki dokular içinde, ses dalgalarının farklı hızlarda ilerlemesi ve yansıması prensibiyle çalışır (Görsel 2.17). Bu çalışma mantığında ultrason cihazı; temel olarak yansıma, kırılma ve absorbsiyon temelleriyle çalışır. Gönderilen sesin geri gelme yoğunluğuna bakılarak görüntü oluşturulur. Gerçek zamanlı olduğundan, vücudun hareketli parçalarını ve kan akımını gösterebilmektedir.



Görsel 2.19: Bronkoskopik ve kolonoskopik görüntüleme

d. Endoskopi

Endoskopi; vücudun içini, boş organlarını, boşluklarını ve damarlarını gözlemlemek için özel araçlar kullanılarak yapılan görüntüleme yöntemidir. Endoskop denilen özel alette, incelenecek yere göre fleksibl (kıvrılabilen) veya rigit (kıvrılamayan) olabilen kablo ve kablo ucunda ise bir kamera bulunur.

Endoskopik görüntüleme cihazları, vücut içinde kullanılan bölgelere göre isimlendirilir. Örneğin, kolon incelemesinde kullanılan kolonoskopi iken mesane incelemesinde kullanılan sistoskopi adını alır (Görsel 2.19).

e. Nükleer Tıp

Radyoaktif maddelerin vücuda verilmesiyle organ veya sistemlerin fonksiyonlarının görüntülendiği ve bazı hastalıkların tedavi edildiği bilim dalına **nükleer tıp** denir. Nükleer tıp uygulamalarında radyoaktif maddeler (radyonüklidler), ilgili organ ya da dokunun fonksiyonuna girecek bazı özel ilaçlarla (farmasötikler) bağlanmakta ve genellikle damar yolu veya ağız yoluyla hastanın vücuduna verilmektedir.


Görsel 2.20: Gamma kamera cihazı

Bu özel ilaçlar, her organ ve sistem için özeldir. Tanısal olarak kullanıldıklarında, fonksiyonuna girdikleri organ veya dokudan "gama ışını" yaymaktadırlar. Bulunduğu Görsel 2.20'de görülen gama kamera adı verilen cihaz belirleyebilmektedir. Böylece ışınlar görüntüye çevrilebilmektedir (Görsel 2.20).

2.2.3 Fizyolojik Sinyal İzleme Teşhis ve Kayıt Cihazları

Vücudu oluşturan sistemler, çeşitli fonksiyonlarını gerçekleştirirken bazı işaretler üretir. Bu işaretlere **biyoelektrik (biyolojik işaret, biyosinyal)** adı verilir.

Biyoelektrik işaretler; sinirsel iletim, beyin, kalp, çeşitli kas hareketleri ve benzeri vücut sistemleriyle ilgilidir. Ayrıca bu sinyaller bulundukları yere göre isimlendirilir. Kas ile ilgili olan biyosinyal elektromiyografi adını alırken kalp ile ilgili olan biyosinyal elektrokardiyografi adını alır.

a. Elektromiyografi (EMG)

Kasların, sinirlerin ve sinir köklerinin elektriksel özelliklerinin ölçülmesi işlemine EMG (elektromiyografi) denir (Görsel 2.21).


Görsel 2.21: EMG cihazı

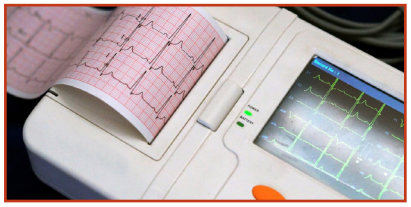
b. Elektroensefalografi (EEG)

EEG, beynin elektriksel aktivitesinin incelenmesinde kullanılan elektrofizyolojik bir yöntemdir. Saçlı deri üzerine belirli noktalara konumlandırılan elektrotlar aracılığıyla ölçüm yapılır (Görsel 2.22). EEG; epilepsi tanısında, uyku bozukluklarında, koma ve beyin ölümü tespitinde kullanılan önemli bir sinyaldir.


Görsel 2.22: EEG sinyali kaydedilmesi

c. Elektrookulogram (EOG) ve Elektroretinogram (ERG)

Retina içinde yer alan pigment epiteli katmanındaki elektriksel potansiyelin ölçülmesine **elektrookülogram (EOG)** denir. Retina içindeki görme hücrelerinin elektriksel yanıtlarının kaydedilmesi işlemine ise **elektroretinogram (ERG)** adı verilmektedir.



Görsel 2.23: Kalbin bazı bölümlerinden üretilen sinyallerle oluşan EKG sinyali ve EKG cihazı

ç. Elektrokardiyografi (EKG)

Kalp organına özel biyoelektriksel sinyal olan EKG sinyalleri, kalp hastalıklarının belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bu sinyal, kalbin elektriksel iletim sistemi tarafından üretilir ve cilt üzerindeki elektrotlar kullanılarak tespit edilebilir (Görsel 2.23).

2.2.4. Yaşam Destek ve Tedavi Cihazları

Bu bölümde, yoğun bakım ünitelerinde ve ameliyathanelerde sık kullanılan cihazlardan bahsedilecektir. Bu cihazlar, fonksiyonel hâle getirilerek sağlık merkezlerinin diğer bölümlerinde de kullanıma sunulmaktadır.



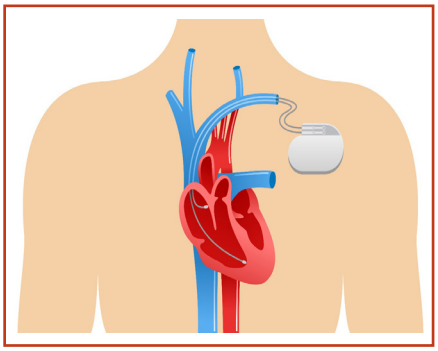
Görsel 2.24: Defibrilatör cihazı

a. Defibrilatör

Kalbin yanlış zamanda uyarılması ve kalbi uyaran sinyallerin rastgele uyarıları sonucunda, kalp kasları düzensiz ve normalden hızlı kasılmaya başlar. Kalp, vücudun ihtiyaç duyduğu miktarda kanı pompalayamaz hâle gelir. Kalbin girdiği bu duruma **fibrilasyon** adı verilir. Kalp girdiği düzensiz durumdan vücudun geri besleme kontrol sistemleri vasıtasıyla kurtulamazsa bu düzensiz kasılmalar durdurulmalı ve kalbin yeniden düzenli kasılmaya başlaması sağlanmalıdır. Bunun için kalbe "karşı şok" adı verilen bir şok uygulanır. Bu işleme defibrilasyon, kullanılan cihaza ise **defibrilatör** adı verilir (Görsel 2.24).



Görsel 2.25: ICD cihazı



Görsel 2.26: ICD cihazının vücuda yerleşimi

İmplant edilebilir defibrilatör (ICD) cihazı, defibrilatör gibi kalbin düzgün çalışmasını sağlayarak fibrasyon durumunu engeller (Görsel 2.25). Vücut içine konumlandırılarak kullanılmaktadır (Görsel 2.26).

b. Ventilatör

Fiziksel olarak solunumu durmuş veya yetersiz olan hastaların solunum mekanizması sağlamak için hastaya bağlanan cihazlara **ventilatör cihazı** denir (Görsel 2.27).



Görsel 2.27: Ventilatör cihazı

c. İnfüzyon Pompaları

Damar içine sıvı enjeksiyonunda kullanılan tıbbi cihazlardır (Görsel 2.28). Farklı teknoloji ve modellerde infüzyon cihazı bulunmaktadır.

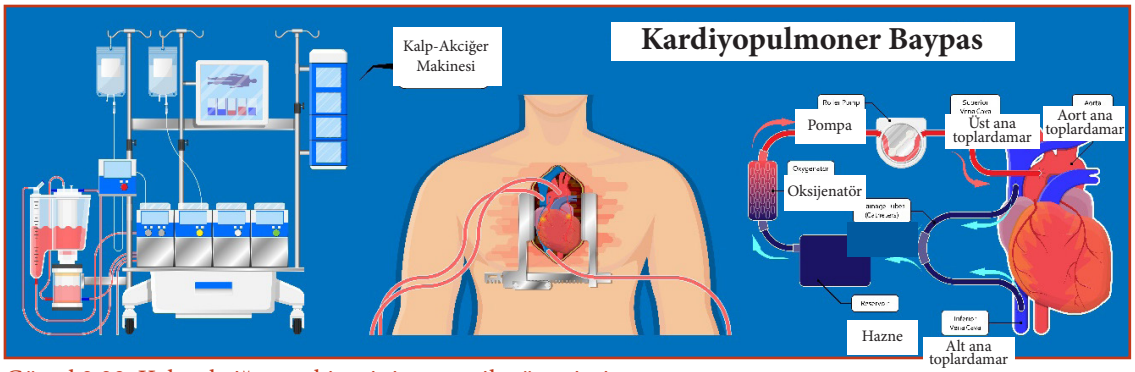


Görsel 2.28: İnfüzyon pompası

ç. Kalp Akciğer Makinesi

Kalp ameliyatlarında ameliyat sahasının hareketsiz ve kandan arındırılmış olması gereklidir. Bu nedenle vücudun ihtiyacı olan kan dolaşımı başka bir mekanizma ile sağlanmalıdır.

Kalp akciğer makinesi (The Heart-Lung Machine), vücudun diğer organlarına karbondioksitten arındırılmış ve oksijenlendirilmiş kanı göndererek kalbin ve akciğerin görevlerini üstlenir. Böylece ameliyat sırasında kalp ile akciğerin durdurulabilmesine olanak sağlar (Görsel 2.29).



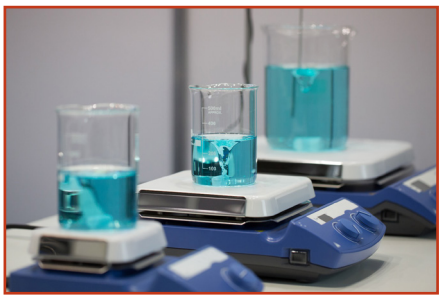
Görsel 2.29: Kalp-akciğer makinesinin şematik gösterimi

Bu cihazların dışında birçok yaşam destek cihazı da bulunmaktadır.

2.2.5. Tıbbi Laboratuvar ve Hasta Dışı Uygulama Cihazları

Sağlık kuruluşlarında, birçok laboratuvar bulunur. Bunlar tıbbi biyokimya, tıbbi mikrobiyoloji ve tıbbi patoloji laboratuvarlarıdır. Ayrıca ihtiyaca göre doku tipi laboratuvarları ve genetik laboratuvarları da bulunabilir. Bu laboratuvarlarda, birçok cihaz bulunmaktadır. Bu bölümde, bu cihazların bir kısmına değinilecektir.


Görsel 2.30: Santrifüj cihazı


Görsel 2.31: Manyetik karıştırıcı


Görsel 2.32: Otoklav


Görsel 2.33: Pastör fırını

a. Santrifüj Cihazı

Santrifüj, farklı yoğunluktaki katı ve sıvı parçacıkların birbirinden ayrıştırılmalarını sağlayan cihazlardır (Görsel 2.30). Parçacıkların yoğunluklarına bağlı olarak farklı hızda döndürme işlemi ile ayırma gerçekleşir.

b. Mikser ve Manyetik Karıştırıcılar

Geniş dairesel tablası üzerine konabilen cam kaplar içindeki sıvıların oluşturulan manyetik alan etkisiyle karıştırılmasını ve tabla içindeki ısıtıcılar sayesinde ısıtılmasını sağlayan laboratuvar cihazıdır (Görsel 2.31).

c. Sterilizatörler

Sterilizasyon, bir alet veya malzemenin standartlarla belirlenen değerleri sağlayacak ölçüde mikroorganizmalardan arındırılması işlemidir. Birçok sterilizasyon yöntemi vardır. Bunlar; yüksek ısı ile sterilizasyon, kimyasal maddelerle sterilizasyon ve ışınlarla sterilizasyondur. Bu başlık altında yüksek ısı ile sterilizasyon yöntemlerinde kullanılan cihazlardan bahsedilecektir.

Otoklav

Doymuş basınçlı su buharıyla 100°C'nin üstünde çalışan bir sterilizasyon aletidir. Genellikle yüksek ısıya dayanıklı maddelerin sterilizasyonunda kullanılır (Görsel 2.32).

Pastör Fırını

Kuru hava sterilizatörü veya pastör fırını denilen alet, kuru havanın ısıtılması ile çalıştırılır (Görsel 2.33).

Benmari (Su Banyosu)

Farklı büyüklüklerde, çift cidarlı, metalden yapılmış, dikdörtgen veya yuvarlak üzerinde termometresi ve termostatı bulunan, elektrik ile çalışan cihazdır. Isıya temas etmeden sterilizasyon imkânı sağlar.

Bu bölümde bahsedilen cihazlar genel olarak laboratuvarda kullanılan cihazlardır. Laboratuvarın kullanım amacına göre kullanılan cihazların çeşitliliği artış gösterebilir. Örneğin; kan analizlerinin yoğun yapıldığı laboratuvarlarda kan gazları analiz cihazları, kan sayım cihazları, oto analizörler ve kan saklama dolapları bulunabilir.

2.2.6 Cihazlara Özel Fonksiyonel Testler

Elektriksel güvenlik test cihazı dışındaki cihazların çeşitli özelliklerini test etmek, simüle etmek amacıyla geliştirilen çeşitli cihazlar mevcuttur. Bu bölümde, çeşitli test cihazlarından ve simülatörlerden bahsedilecektir.

a. Gaz Akış Analizörü

Tıbbi ventilatörleri test etmek için özel modlarla oluşturulmuş bir cihazdır (Görsel 2.34). Havadaki oksijen oranını ölçer ve kullanıcı tarafından belirlenen sınırlarda bir aşma olursa haber verir.



Görsel 2.34: Gaz akış analizörü

b. Kan Basınç Analizörü (NIBP Simülatörü)

Kan basınç analizörü[NIBP-Non Invasive Blood Pressure (Non İnvaziv Bluhd Presher)] tansiyon aletlerinin kalibrasyonunda kullanılır. NIBP simülatörü istenilen değerde hava basıncı oluşturulmasını sağlar. Tansiyon aletinin hava basıncını ne doğrulukta gösterebildiğini ölçer (Görsel 2.35).



Görsel 2.35: Kan basınç analizörü (NIBP)

c. Elektrokoter Analizörü

Uluslararası standartlarda, yüksek frekanslı elektro cerrahi cihazlarının (monopolar ve bipolar) testleri için kullanılmaktadır (Görsel 2.36).



Görsel 2.36: Elektrokoter analizörü

ç. İnfüzyon Pompası Analizörü

Çok kanallı olabilen infüzyon pompası analizörleri hacim, akış, tıkanma basıncı gibi değerleri ölçerek infüzyon pompasının performans değerlendirmesini yapar (Görsel 2.37).



Görsel 2.37: İnfüzyon pompası analizörü



Görsel 2.38: Defibrilatör analizörü



Görsel 2.39: EKG simülatörü



Görsel 2.40: Pulsoksimetre (SpO2) simülatörü



Görsel 2.41: Kuvöz inkübatör analizörü

d. Defibrilatör Simülatörü

Defibrillatörleri test etmek için hazırlanmış mikroprosesör tabanlı analiz cihazıdır (Görsel 2.38).

e. EKG/Aritmi Simülatörü

EKG (monitör) cihazlarını test etmede kullanılan EKG sinyallerini simüle eden cihazlara **EKG simülatörü** denir. İsteğe göre uygulanan atım sinyal parametrelerini kullanıcı değiştirebilmektedir (Görsel 2.39).

f. Pulsoksimetre (SpO2) Simülatörü

SpO2 simülatörü, puls oksimetre probunun performansını ölçmek için kullanılır. Simülatör, hasta parmağı olarak görev yapar. Kan-oksijen kombinasyon durumunu simüle eder (Görsel 2.40). Puls oksimetre probu simülatöre bağlandığında, simülatörde kayıtlı kurulumdaki okumalara karşı puls oksimetre probunun tepkisi ölçülür.

g. Kuvöz İnkübatör Analizörü

Kuvöz cihazlarına ait fonksiyonların doğruluk kontrolünü yapan cihazlardır (Görsel 2.41). Bebekler için önemli olan hava akımı, ses seviyesi, sıcaklık ve bağıl nemle ilgili parametreler kuvöz inkübatör analizörü ile ölçülür. Bu parametreler istenirse kaydedilebilir.

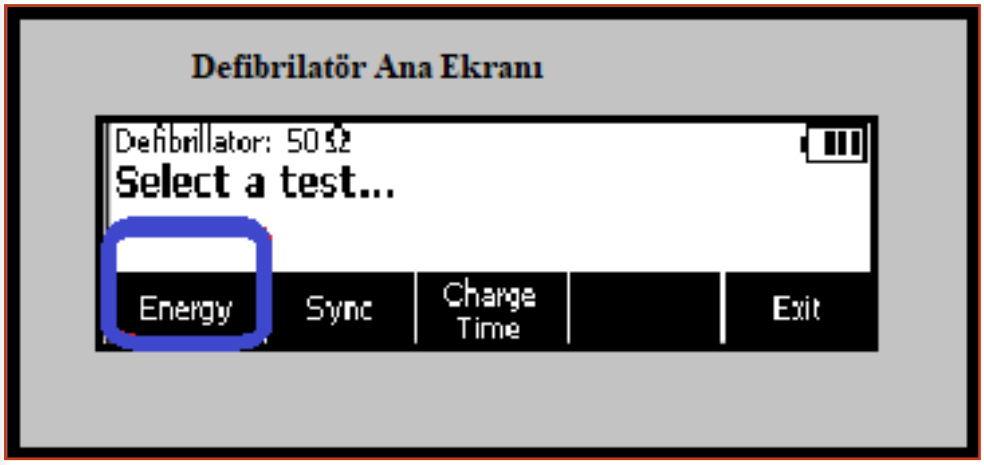
UYGULAMA 2.3.

DEFİBRİLATÖR CİHAZI ŞARJ TUTABİLME FONKSİYON TESTİNİ YAPMA

AMAÇ

Tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak defibrilatör cihazının şarj tutabilme fonksiyon testini yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.42: Defibrilatör ana ekranı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Defibrilatör cihazı		1 adet
Defibrilatör analizörü		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçleri hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Bu işlemlerin tamamında, vücudunuzu olabildiğince defibrilatör elektrotlarından uzak tutunuz.
4. Defibrilatör analizörünü açınız ve cihaz ekranının gelmesini bekleyiniz.
5. Ekrandandaki “Energy” fonksiyonunu seçiniz (Görsel 2.42).
6. Defibrilatör cihazını açınız.
7. Defibrilatör cihazını maksimum joule değerine ayarlayarak şarj ediniz (Apex üzerindeki tuş veya defibrilatör üzerindeki şarj tuşu ile yapılabilirsiniz.).
8. 15 saniye (Bu süre cihaza göre değişebilmektedir.) sonra analizör üzerinde bulunan apex ve sternum bağlantı noktalarına defibrilatör elektrotlarını yerleştirerek deşarj işlemini gerçekleştiriniz.
9. Defibrilatör cihazı analizör üzerine deşarj edildiğinde ekranda gördüğünüz değeri Tablo 2.6’ya yazınız.
10. Defibrilatör cihazının şarj tutabilme durumunu Tablo 2.6’da değerlendiriniz (Şarj edilen gücün en az %85’i görülmelidir.).

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 2.6: Defibrilatör Şarj Tutabilme Testi

Ayarlanan (JOULE)	Ölçülen (JOULE)	Hata (MAX. %15)	Sonuç
			☐ Başarılı ☐ Başarısız

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Bağlantı noktalarının tespiti	20	
Sınıfı :	3	Bağlantı işlemlerini gerçekleştirme	20	
Öğretmenin	4	Defibrilatör cihazının şarj tutabilme testini gerçekleştirme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

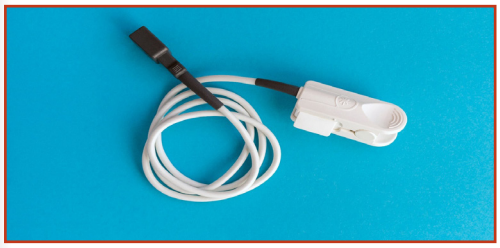
UYGULAMA 2.4.

PULS (PULSE) OKSİMETRE OKSİJEN SATURASYONU ÖLÇÜMÜ TESTİ

AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kuralları ile ilgili tedbirleri alarak pals oksimetre oksijen saturasyonu ölçümü testini yapmak.

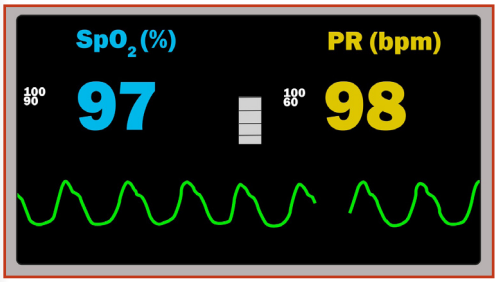
A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.43: Spo2 probu



Görsel 2.44: Spo2 simülatörü



Görsel 2.45: Hastabaşı monitörü ekranı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Hastabaşı monitörü		1 adet
Hastabaşı monitörü ile uyumlu Spo2 probu		1 adet
Spo2 simülatörü		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçleri hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Kalibrasyonu yapılacak cihazı fiziksel kontrolden geçiriniz.
4. Elektriksel güvenlik testinden geçmiş olan hastabaşı monitörü cihazınızı kalibrasyona alınız.
5. Bu test için ucunda parmak probunun yer aldığı kabloyu (Görsel 2.43) hastabaşı monitör üzerinde yer alan Spo2 girişine bağlayınız.
6. Parmak probunu (Spo2 probu) puls oksimetre (Görsel 2.44) simülatörüne takınız.
7. Power (on/off) tuşuna basarak simülatörü çalıştırınız.
8. Puls oksimetre simülatöründen dakikadaki kalp atım hızını (Heart Rate) 80 bpm olarak sabitleyiniz.

9. Puls oksimetre simülatöründe sırasıyla %80, %84, %86, %90 ve %96'lık oksijen saturasyon değerlerini simüle ediniz.
10. Hastabaşı monitöründe gözlemlenen Spo2 değerlerini (Görsel 2.45) Tablo 2.7'ye yazarak ölçülen değerlerin tolerans aralığında (± %2) olup olmadığının değerlendirmesini yapınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 2.7: Puls Oksimetre Kalibrasyon Testi

Puls Oksimetre Cihazında Simule Edilen Değer	Hastabaşı Monitöründe Gözlemlenen Değer	Yeterlilik Değerlendirmesi ± %2
%80		✓ Geçti × Kaldı
%84		✓ Geçti × Kaldı
%86		✓ Geçti × Kaldı
%90		✓ Geçti × Kaldı
%96		✓ Geçti × Kaldı

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Bağlantı noktalarının tespiti	20	
Sınıfı :	3	Bağlantı işlemlerini gerçekleştirme	20	
Öğretmenin	4	Puls oksimetre testini gerçekleştirebilme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

2.3. Biyomedikal Cihazlarda Genel Ayarlar

Biyomedikal cihazlar, gerek kullanımdaki hataları önlemek için, gerekse de tamir ve bakım işlemleri için ayar işlemine tabi tutulabilir. Bu bölümde, biyomedikal cihazlardan elde edilen fizyolojik verilerden ve biyomedikal cihazlarda ayarlama kavramından bahsedilecektir.

2.3.1. Biyomedikal Cihazlarda Fizyolojik Veriler

Biyomedikal cihazlar, fonksiyonuna göre birçok fizyolojik veriyi çıktı olarak üreterek bu verilerin alanında uzman kişiler tarafından değerlendirilmesini sağlayan cihazlardır. Biyomedikal cihazlardan elde edilen fizyolojik veriler; sinyal, basınç, hacim ve hız gibi temel parametrelerle ilişkilidir.

Fizyolojik sinyal izleme cihazları için fizyolojik veriler, sinyalinin genliği ve amplitude denilen sinyalle ilgili temel bilgileri içerir. Örneğin; EKG cihazından elde edilen elektrokardiyografi sinyalindeki genlik ve amplitude değişimleri, uzman kişiler tarafından hastalık belirtileri olarak değerlendirilebilir.

Fizyolojik sinyal izleme cihazlarını dışında yer alan cihazlarda fizyolojik veriler cihazın fonksiyonuna göre değişim göstermektedir. Örneğin, solunum testleri için kullanılan spirometre cihazı akciğer hacim ve kapasitesiyle ilgili fizyolojik veriler üretmektedir. Akciğerlerde tam soluk alma ve maksimum soluk verme arasında değişen hava hacminin ölçüldüğü “vital kapasite” buna örnektir.


Görsel 2.46: Ayarlama işlemi

2.3.2. Biyomedikal Cihazlarda Genel Ayarlar

Ayar kelimesi; bir aygıtın çalışmasını düzeltmek, düzenli işler duruma getirmek demektir. Günlük hayatta kullanımı yaygın olan bu kelime biyomedikal cihazlarda önemli bir yer tutmaktadır. Bir cihaz veya ölçü aletinin kalibrasyonu sonucu tespit edilen sapmaların tolerans değerleri dâhiline getirilme işlemine **ayarlama** denir (Görsel 2.46).

Biyomedikal cihazlar; kullanım sırasında, tamir ve bakım işlemlerinde ve kalibrasyon sonucu sapmaların giderilmesinde ayarlama işlemine tabi tutulur.

Biyomedikal cihazlarda ayarlama işlemi; cihazların kullanımı öncesinde, kullanımı sırasında ya da sonrasındaki kontrol ve ayarların birini ya da hepsini kapsayabilir. Cihazın özelliğine ve kullanım yeri ve amacına göre bu ayarlar kullanıcı kılavuzlarında ayrıntılı olarak verilmiştir.

UYGULAMA 2.5.

BİYOMEDİKAL CİHAZLARIN SERVİS EL KİTABINI İNCELEME

AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kuralları ile ilgili tedbirleri alarak biyomedikal cihazların servis el kitabını incelemek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller

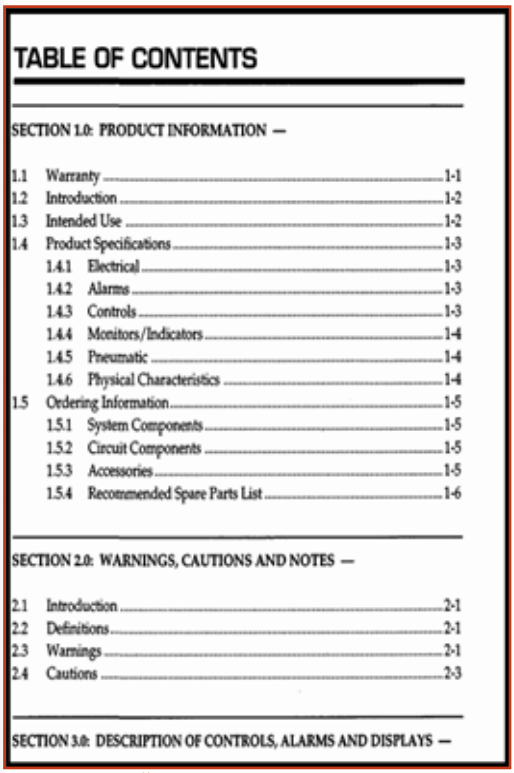


TABLE OF CONTENTS

SECTION 1.0: PRODUCT INFORMATION —

1.1 Warranty 1-1
1.2 Introduction 1-2
1.3 Intended Use 1-2
1.4 Product Specifications 1-3
1.4.1 Electrical 1-3
1.4.2 Alarms 1-3
1.4.3 Controls 1-3
1.4.4 Monitors/Indicators 1-4
1.4.5 Pneumatic 1-4
1.4.6 Physical Characteristics 1-4
1.5 Ordering Information 1-5
1.5.1 System Components 1-5
1.5.2 Circuit Components 1-5
1.5.3 Accessories 1-5
1.5.4 Recommended Spare Parts List 1-6

SECTION 2.0: WARNINGS, CAUTIONS AND NOTES —

2.1 Introduction 2-1
2.2 Definitions 2-1
2.3 Warnings 2-1
2.4 Cautions 2-3

SECTION 3.0: DESCRIPTION OF CONTROLS, ALARMS AND DISPLAYS —

Görsel 2.47: Örnek servis el kitabı içindekiler bölümü

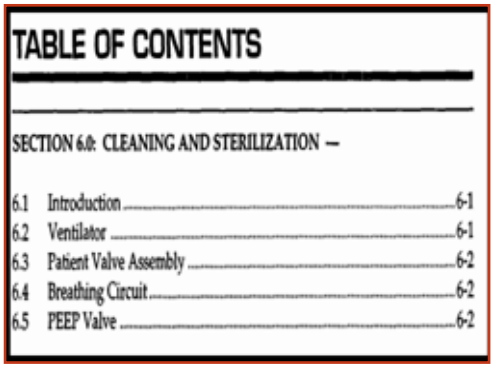


TABLE OF CONTENTS

SECTION 6.0: CLEANING AND STERILIZATION —

6.1 Introduction 6-1
6.2 Ventilator 6-1
6.3 Patient Valve Assembly 6-2
6.4 Breathing Circuit 6-2
6.5 PEEP Valve 6-2

Görsel 2.48: Örnek servis el kitabı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar		1 adet
İngilizce-Türkçe sözlük		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçlerinizi hazırlayınız.
2. İnternet arama çubuğunuza “Ventilator Service Manual (ventilatör cihazı servis el kitabı)” yazarak herhangi bir markanın servis el kitabını indiriniz.
3. İçindekiler (Contents/Introduction) bölümünü açınız (Görsel 2.47).
4. İçindekiler bölümündeki başlıkları ve alt başlıkları inceleyiniz.
5. İçindekiler (Contents/Introduction) bölümünden “Cleaning And Sterilization (Temizlik ve Sterilizasyon)” bölümünü bularak açınız (Görsel 2.48).

6. İlgili talimatları dikkatle okuyarak anlamaya çalışınız.
7. İncelediğiniz bölümde karşılaştığınız teknik yabancı terimleri sonuç kısmına not ederek Türkçe karşılıklarını yazınız.
8. Cleaning and sterilization (temizlik ve sterilizasyon) bölümünde hangi detayların ve özelliklerin verildiğini sonuç kısmına yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Uygulamaya uygun servis el kitabı bulabilme	20	
Sınıfı :	3	Teknik terimleri not etme ve terimlerin anlamlarını bulabilme	20	
Öğretmenin	4	Yapılan uygulamayı yorumlayabilme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 2.6.

EKG CİHAZININ KÂĞIT HIZI TESTİ AYARINI YAPMA

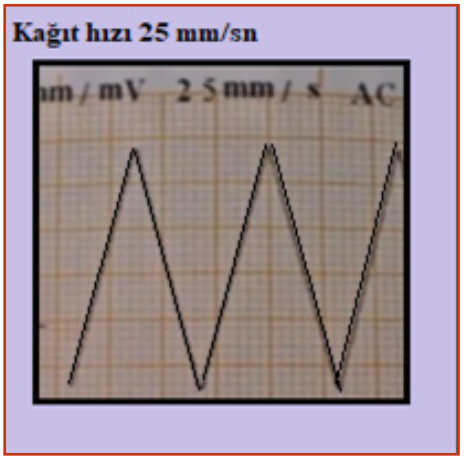
AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kuralları ile ilgili tedbirleri alarak EKG cihazının kâğıt hızı testi ayarlarını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.49: EKG simülatörü



Görsel 2.50: Kâğıt hızı 25 mm/sn. iken elde edilen çıktı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
EKG cihazı		1 adet
EKG kablosu		1 adet
EKG simülatörü		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçlerinizi hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Bu uygulama için EKG cihazını ve EKG simülatörünü (Görsel 2.49) hazırlayınız.
4. EKG kablolarının bağlantısını EKG simülatörüne uygun şekilde yapınız.
5. EKG simülatörünü ve EKG cihazını açınız.
6. Simülatörden 2 Hz üçgen dalga ayarlayıp simüle ediniz.
7. EKG cihazında ayarlanan kâğıt hızı 25 mm/sn. olduğu için simüle edilen dalganın iki tepe noktası arasının 12,5 mm olması gerektiğini unutmayınız (Görsel 2.50).
8. Ölçümü beş farklı noktadan tekrarlayınız.
9. Ölçülen değerin hata payı ±1,25 mm olup olmadığını tabloya yazarak kontrol ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 2.8: Kâğıt Hızı Testi

Referans Değer (mm)	Gözlemlenen Değer (mm)	Kabul Edilebilir Aralık (mm)	Değerlendirme
2 Hz Üçgen		± 1,25	+ Geçti - Kaldı
		± 1,25	+ Geçti - Kaldı
		± 1,25	+ Geçti - Kaldı
		± 1,25	+ Geçti - Kaldı
		± 1,25	+ Geçti - Kaldı

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Bağlantı noktalarının tespiti	20	
Sınıfı :	3	Bağlantı işlemlerini gerçekleştirebilme	20	
Öğretmenin	4	EKG kâğıt hızı testini gerçekleştirebilme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

2.4. Biyomedikal Cihazlarda Kalibrasyon Yöntemleri

2.4.1. Kalibrasyon

Kalibrasyon, doğruluğundan emin olunan (izlenebilirliği sağlanmış) referans ölçüm cihazı ile doğruluğundan emin olunamayan bir ölçüm cihazını mukayese ederek ölçüm sonuçlarını raporlama işlemidir. Kalibrasyon, ölçüm cihazının gösterdiği değerlerin gerçek değerlere ne kadar yakın olduğunun tespiti için gereklidir.

2.4.2. Kalibrasyon Çeşitleri

Üretilen cihazlar kullanım yerleri ve amaçlarına göre çeşitli şekillerde kalibre edilebilmektedir.

a.. Mekanik Kalibrasyon

Mekanik kalibrasyon; kütle, kuvvet, tork ve titreşim elemanları gibi verilerin incelenmesidir. Mekanik kalibrasyonun; boyutsal kalibrasyon, ağırlık kalibrasyonu, zaman/hız ve devir kalibrasyonu gibi çeşitleri vardır.



Görsel 2.51: Basınç kalibrasyonu

- **Basınç Kalibrasyonu**

Basınç kalibrasyonu; gaz ve hidrolik basıncının geniş bir spektrumda ölçüldüğü ve yaygın olarak kullanılan bir kalibrasyon işlemidir (Görsel 2.51). Manometre, tansiyon aleti, hastabaşı ve cerrahi aspiratör sistemleri basınç kalibrasyonu yapılan cihazlara örnektir.



Görsel 2.52: Boyutsal kalibrasyon

- **Boyutsal Kalibrasyon**

Metre, mikrometre, kumpas ve ölçü saati gibi cihazlar boyutsal kalibrasyona tabidir. Bu kalibrasyonda referans olarak paralel blok mastarlar kullanılır. Paralel blok mastarlar standartlarda belirtilmiş uzunluklarda çelik vb. malzemelerden üretilir. Karşılaştırma yöntemi ile kalibrasyon gerçekleştirilir.

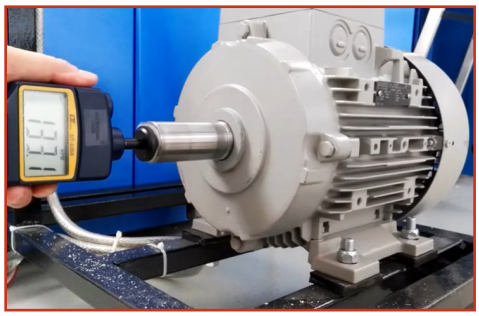
- **Terazi Kalibrasyonu**

Her türlü ağırlık ölçüm cihazları bu kategoride kalibre edilir. Terazi kalibrasyonunda ağırlıkları standartlara uygun, doğruluğu yüksek çelik kütleler kullanılır. Görsel 2.53'te görüldüğü gibi kalibrasyonu yapılacak terazi üzerine talep edilen ölçüm noktasına uygun ağırlıklar konularak terazinin o anda gösterdiği ölçüm değeri kontrol edilir. Ölçülen değer ile referans kütle değeri arasındaki sapmalar belirlenir.


Görsel 2.53: Terazi kalibrasyonu

- **Devir Kalibrasyon**

Santrifüj cihazları gibi devir sayısının (dönüş hızının) ölçülmesi gereken cihazların kalibrasyonunda kullanılır. Bunun için kalibrasyonu yapılmış bir takometre (turmetre) kullanılır. Görsel 2.54'teki gibi cihazın hızı sabit bir şekilde ayarlandıktan sonra takometre cihazın dönen aparatına tutturulur. Takometreden o anda okunan değer, devir hızını verir.


Görsel 2.54: Devir kalibrasyonu

b. Sıcaklık Kalibrasyonu

Sıcaklık kalibrasyonu, kontrollü bir ortamda yapılır. Sayısal termometre, etüv, inkübatör, otoklav, benmari ve soğutucu cihazların kalibrasyon işleminde sıcaklık kalibrasyonu yapılır (Görsel 2.55).


Görsel 2.55: Sıcaklık kalibrasyonu

c. Fiziksel Kalibrasyon

Biyomedikal cihazların optik, radyoaktivite ve manyetik alan gibi büyüklüklerinin kalibrasyonu bu sınıfta yapılır.

ç. Kimyasal Kalibrasyon

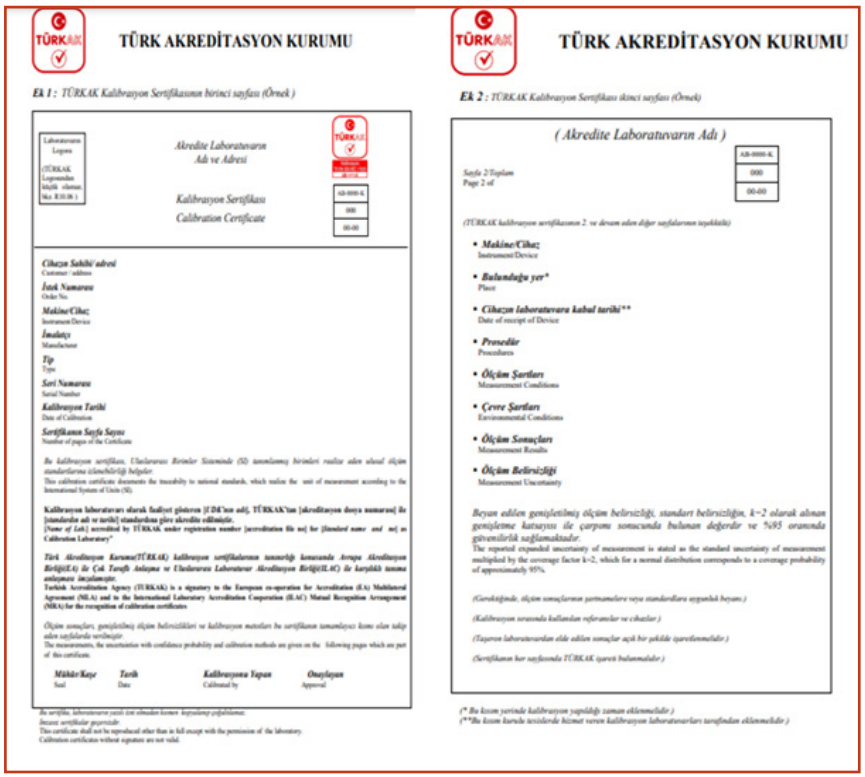
Kimyasal ölçüm yapan cihazların kalibrasyonu bu sınıfta yapılır. Kimyasal kalibrasyonda referans kalibrasyon sıvıları kullanılır (Görsel 2.56). En çok kalibre edilen cihazlardan biri pH metrelerdir.


Görsel 2.56: Kimyasal kalibrasyon

2.4.3. Kalibrasyonda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Kalibrasyonda dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır:

- Ölçüm prosedürlerinin doğru belirlenmesi
- Ölçüm sonuçlarının standartlara uygun şekilde yorumlanması
- Gerek prosedür hazırlanmasında gerekse ölçüm sonuçlarının yorumlanmasında cihaz üreticisinin tavsiyelerine uyulması
- Gerek prosedür hazırlanmasında gerekse ölçüm sonuçlarının yorumlanmasında cihaz üreticisinin tavsiyelerine uyulması
- Elektriksel güvenlik ölçümlerinin gerçekleştirilmesi
- Kalibrasyon aralığının kullanım amacına ve sıklığına bağlı olarak değil, genel uygulamalar göz önüne alınarak belirlenmesi
- Ölçümlerde kullanılacak aparatların test edilecek cihaza uyacak çeşitliliğe sahip olması
- Geniş sıcaklık aralığı, elektromanyetik girişim, hava akışı ve titreşim gibi ortam koşullarının tespit edilmesi
- Ölçüm için uygun fiziki şartların sağlanması
- Test edilecek cihazların temizliğinin, dezenfeksiyonunun ölçümler öncesi yapılmış olması
- Dezenfeksiyonda risk teşkil eden cihazların ölçümler sonrası dezenfekte edilmesi veya aparatlarının değiştirilmesi konusunda gerekli uyarılarda bulunulması (kuvözler, ventilatör bağlantı hortumları, elektrokoter prob uçları vb.)
- Ölçüm sonrasında, referans cihazlarının dezenfeksiyonunun yapılması
- Ölçüm yapacak personelin sağlık konusunda güvenlik kurallarına uyması, bilinçli olması, koruyucu aşı, koruyucu eldiven ve maske kullanımına dikkat edilmesi gereklidir.


TÜRK AKREDİTASYON KURUMU

Ek 1 : TÜRKAK Kalibrasyon Sertifikasının birinci sayfası (Örnek)

Akredite Laboratuvarın Adı ve Adresi

Kalibrasyon Sertifikası
Calibration Certificate

Cihazın Sahibi' adresi
İstek Numarası
Makine/Cihaz;
İmalatçı
Tip
Seri Numarası
Kalibrasyon Tarihi
Sertifikanın Sayfa Sayısı

Kalibrasyon laboratuvarı olarak faaliyet gösteren [[DA'nın adı], TÜRKAK'ın [akreditasyon dosya numarası] ile [standardın adı ve tarihi] standardına göre akredite edilmiştir.

Mühür/Kaşe **Tarih** **Kalibrasyonu Yapan** **Onaylayan**

TÜRK AKREDİTASYON KURUMU

Ek 2 : TÜRKAK Kalibrasyon Sertifikası ikinci sayfası (Örnek)

(Akredite Laboratuvarın Adı)

- **Makine/Cihaz;**
- **Bulunduğu yer***
- **Cihazın laboratuvara kabul tarihi****
- **Prosedür**
- **Ölçüm Şartları**
- **Çevre Şartları**
- **Ölçüm Sonuçları**
- **Ölçüm Belirsizliği**

Görsel 2.57: TÜRKAK kalibrasyon sertifikası birinci ve ikinci sayfası (örnek)

2.4.4. Kalibrasyon Sertifikası

Ölçümü yapılan tüm cihazlar için sertifikalar hazırlanır (Görsel 2.57). Standartlar içerisinde sonuç veren cihazlara genel olarak "yeşil" renkli, uygun olmayan cihazlara ise kırmızı renkli etiket yapıştırılarak süreç tamamlanır. Ölçüm sonuçlarına göre uygunsuz olan cihazlar onarılmak üzere ilgili bakım ve onarım bölümüne yönlendirilmelidir.

Tıbbi cihazların kalibrasyon dosyaları oluşturulmalıdır. Bu dosyalarda;

- Kalibrasyon Ölçüm İzlenebilirlik belgesi
- Kalibrasyon Ölçüm Sertifikası
- Kalibrasyon Ölçüm Test Formu bulunmalıdır.

Kalibrasyon sertifikasında bulunması gereken hususlar şunlardır:

1. Kalibrasyonun yapıldığı laboratuvara ait bilgiler

- Kalibrasyonun yapıldığı yer
- Kalibrasyonun yapıldığı tarih
- Müteakip kalibrasyon tarihi
- Sertifika tarihi
- Sertifika numarası

2. Kalibrasyonu yapılan cihaza ait bilgiler

- Cihazın tanımı
- İmalatçısı
- Modeli ve seri numarası
- Cihazın ait olduğu birim
- Sipariş numarası

3. Kullanılan Referans Standartlar

- Kalibratörlerin adı
- Kalibratörlerin modeli
- Kalibratörlerin seri numaraları
- Kalibratörlerin sertifika geçerlilik süreleri

4. Kalibrasyonun yapıldığı çevre şartları

- Sıcaklık
- Nem
- Sıcaklık dengeleme zamanı
- Kalibrasyon metodu

5. Akredite eden kuruluşa ait bilgiler

6. Kalibrasyonu yapan teknik personelin adı soyadı ve imzası

7. Onay makamı, mühür ve imza bulunmalıdır.

UYGULAMA 2.7.

MEDİKAL CİHAZLARA UYGUN KALİBRATÖR CİHAZINI SEÇME

AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kuralları ile ilgili tedbirleri alarak medikal cihazlara uygun kalibratör cihazını seçmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 2.58: Örnek medikal cihaz (defibrilatör cihazı)



Görsel 2.59: Örnek (defibrilatör analizörü)

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Bilgisayar		1 adet
Temrin föyü		1 adet
Seçilen medikal cihaza uygun kalibratör		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçlerinizi hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Aşağıdaki tabloya on adet medikal cihaz yazınız (Görsel 2.58).
4. Tabloya yazdığınız cihazların fonksiyonlarına göre hangi kalibrasyon işlemlerini yapabileceğinizi araştırınız.
5. Seçtiğiniz cihazların fonksiyonuna göre hangi kalibratörleri (Görsel 2.59) kullanacağınızı Tablo 2.9'a yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 2.9: Kalibratör Seçimi

No.	Medikal Cihaz Adı	Uygun Kalibratör	Kalibrasyon Türü
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

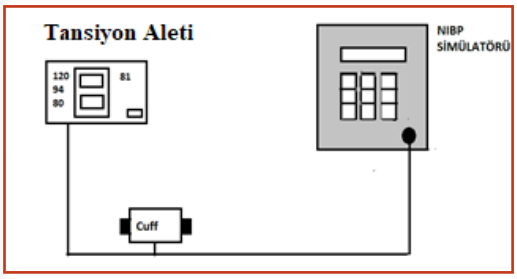
Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Medikal cihazların seçimini yapabilme	20	
Sınıfı :	3	Cihaza uygun kalibratör seçimini yapabilme	20	
Öğretmenin	4	Yapılan kalibrasyon türünü ayırt edebilme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 2.8. TANSİYON ALETİNİN KALİBRASYONUNU YAPMA

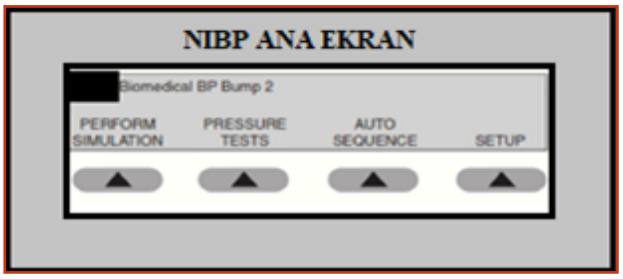
AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kuralları ile ilgili tedbirleri alarak tansiyon aletinin kalibrasyonunu yapmak.

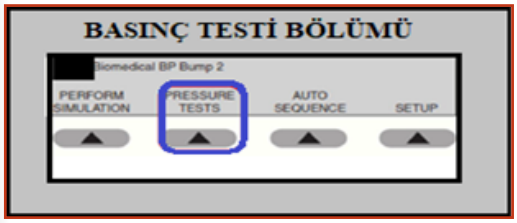
A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



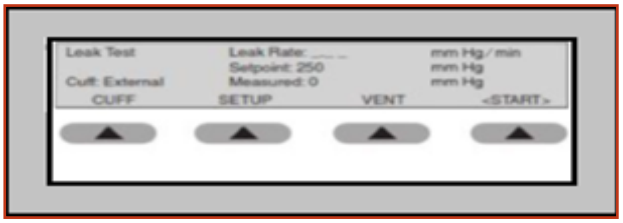
Görsel 2.60: NIBP bağlantısı



Görsel 2.61: NIBP simulatörü ana ekranı



Görsel 2.62: NIBP cihazının basınç (pressure) test bölümü



Görsel 2.63: Kaçak hava basıncı testi ekranı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Tansiyon aleti		1 adet
NIBP analizörü		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçlerinizi hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Uygulama için NIBP (Non-Invasive Blood Pressure) simülatörünü ve tansiyon aletini hazırlayınız (Görsel 2.60).
4. Kalibrasyon işlemine başlamadan önce Tablo 2.10'da bulunan ön kontrolleri yapınız.
5. NIBP simülatörünü açarak ekranın gelmesini bekleyiniz (Görsel 2.61).
6. Ana ekran sayfasından "Pressure Tests (Presher Test)"e (Görsel 2.62) basarak "Pressure Leak Tests (Presher Lik Test)"i seçiniz.
7. "Vent" tuşuna basarak cihaz içerisindeki havayı boşaltınız ve ardından Setup'a basınız.
8. Kaçak testinin yapılacağı hava basıncı değerini giriniz (Set Point: 250 mmHg).
9. Start'a basarak ölçüme başlayınız. 60 saniye sonra sonuç ekranı gelecektir.
10. Leak Rate (Lik Ret) kaçak oranıdır ölçtüğünüz Leak Rate değerini Tablo 2.11'e yazınız.

11. Setpoint ile Measured (Meşurt) değerleri arasındaki fark hava kaçağını göstermektedir. Görsel 2.63'de görülen ölçülen değerleri Tablo 2.11'e yazarak bu değerin 15 mmHg'nın üzerinde olmaması gerektiğini unutmayınız.
12. Ana menüye dönmek için "1 (Home Key)" tuşuna basarak ekrandan çıkınız.
13. Kalibrasyonunu yaptığınız tansiyon aletinin kaçak hava basıncı testinde başarılı olup olmadığını Tablo 2.10'a işaretleyiniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 2.10: Kalibrasyon Ön Kontrolleri

Yapılacak Ön Kontrol İşlemi	Evet	Hayır
Tansiyon aletinin ibresi ± 1 mm Hg aralığında mı?		
Pompa, hava pompalıyor mu?		
Steteskop, sesleri iyi iletiyor mu?		
Hava boşaltma vanası işlevini doğru yapıyor mu?		

Tablo 2.11: Kaçak Hava Basıncı Testi

Kaçak Hava Basıncı Testi	
☐ Başarılı	☐ Başarısız
☐ Tansiyon Aleti içerisinde hava boşaltıldı.	
☐ "Pressure Leak Test" seçildi.	
☐ NIBP içerisindeki hava boşaltıldı.	
☐ Pressure Leak Test başlatıldı.	
Set Point:……değerini yazınız.	
Measured:……değerini yazınız.	
Kaçak Miktarı:…… yazınız.	
☐ Tansiyon aleti manşonu, kaçak hava basıncı testinden geçmiştir.	
☐ Tansiyon aleti manşonu, Kaçak Miktarı ≥15 mmHg olduğu için başarısız olmuştur.	

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Kalibrasyon ön kontrol testlerini gerçekleştirebilme	20	
Sınıfı :	3	Bağlantı işlemlerini gerçekleştirebilme	20	
Öğretmenin	4	Tansiyon aletinin kalibrasyonunu gerçekleştirebilme	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanımı	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

3

BİYOMEDİKAL ALGILAYICI, DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE ELEKTROTLAR



Bu öğrenme biriminde;

- Algılayıcı, dönüştürücü ve sensör kavramlarını
- Isı algılayıcı ve dönüştürücülerin analizini
- Manyetik algılayıcı ve dönüştürücülerden alan etkililerinin analizini
- Rezistif ve piezorezistifin algılayıcı / dönüştürücülerin analizini
- Işık (optik) algılayıcı ve dönüştürücülerin analizini
- Işık (optik) algılayıcı ve dönüştürücülerin analizini
- Ses, konum algılayıcı ve dönüştürücülerin analizini
- Sıvı-iyon algılayıcı ve dönüştürücülerin analizini
- Radyoaktivite algılayıcı, dönüştürücü ve sensörlerini ayırt etmeyi, değiştirmeyi
- Mikroorganizma algılayıcı, dönüştürücü ve sensörlerini ayırt etmeyi
- Elektrotların sağlamlık kontrolünü
- Elektrot parazitlerini önleyici tedbirleri öğreneceksiniz.

AMAÇ

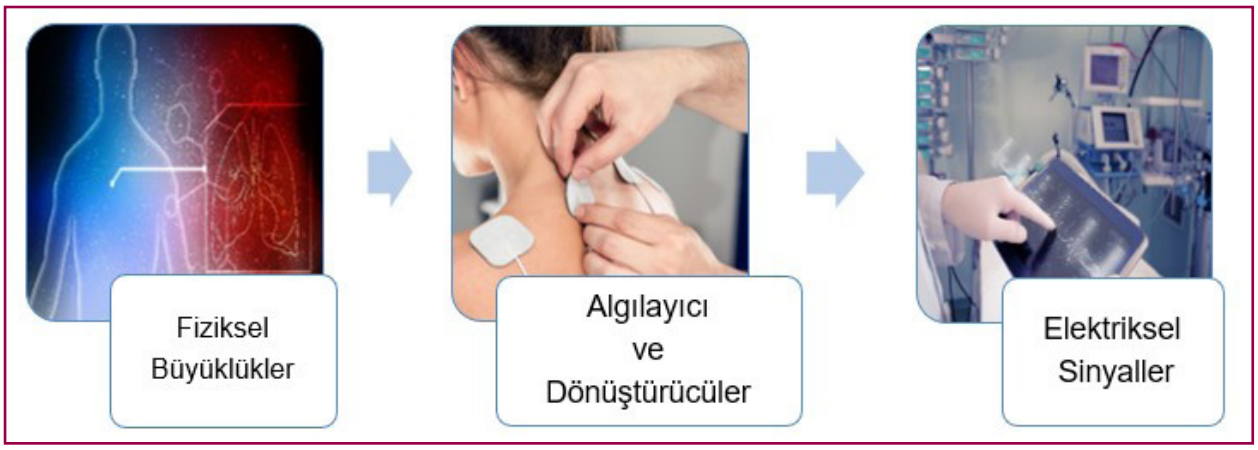
TS EN ISO standartlarına, tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun biyomedikal sistemlere uygun algılayıcı ve dönüştürücü seçimlerini yapmak.

GİRİŞ

Algılayıcı ve dönüştürücüler, neredeyse tüm biyomedikal cihazların yapısında bulunur ve çalışmalarında temel olarak görev alır. Tıbbi cihazların canlıdan alınan sinyalleri algılamada yaşatacağı sıkıntılar, teşhis ve tedavi sürecinin etkilenmesine yol açacaktır. Algılayıcılar, sistem fonksiyonlarının doğru bir şekilde yapılabilmesi için gerekli girdiyi sağlayan sistem elemanlarıdır. Bu bölümde; fiziksel büyüklükleri, kontrol ünitesinin anlayabileceği hâle dönüştüren algılayıcı ve dönüştürücülerin çalışma mekanizmaları ile çeşitleri görülecektir.

3.1. Algılayıcı, Dönüştürücü ve Sensörler

Fiziksel ortam değişikliklerini (ısı, ışık, basınç, ses vb.) algılayan cihazlara **algılayıcı**; algıladığı bilgiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara **dönüştürücü (transdüser)** denir (Görsel 3.1). Sensör, İngilizcede "algılama" anlamına gelen "sense (sens)" sözcüğünden türetilmiş bir terim olup genellikle algılayıcı anlamında kullanılmaktadır. Sensörlerden alınan değerler, dönüştürücüler tarafından elektrik sinyaline dönüştürülür ve çeşitli işlemlerden (yükseltme ve değiştirme gibi) sonra yorumlanabilir duruma getirilmiş olur. Sensörlerin oluşturduğu çıkış sinyalleri akım, gerilim, şarj, frekans, genlik ya da sayısal kodlar şeklinde elektriksel özellikteki ifadeler olabilir.



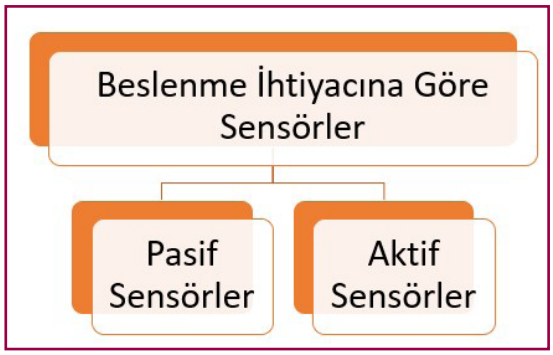
Görsel 3.1: Fiziksel büyüklüklerin elektriksel sinyallere dönüşümü

Sensör ve dönüştürücü (transdüser) kavramlarını karıştırmamak gerekir. Dönüştürücü, herhangi bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştürebilir ama sensörler herhangi bir enerji türünü sadece elektrik enerjisine dönüştürebilir.

3.1.1. Algılayıcı, Dönüştürücü ve Sensörlerin Kullanım Alanları

Algılayıcı, dönüştürücü ve sensörler çok geniş alanda kullanılmaktadır. Hareketi görünce açılan kapılar ve el uzatıldığında akan musluklar gibi kendi kendine çalışan pek çok sistem, sensörlerle kontrol edilmektedir. Başta tıp olmak üzere tarım ve hayvancılık, endüstri, kimya, otomotiv ve akıllı sistemler gibi alanlarda

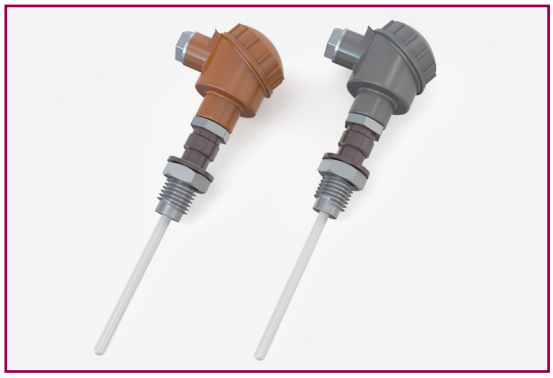
algılayıcı ve dönüştürücüler sıklıkla kullanılmaktadır. Algılayıcı ve dönüştürücüler, fiziksel ortam ile çeşitli amaçlarda kullanılan elektrik / elektronik cihazlar arasında anlamlı bir bağ oluşturur. Kontrol, koruma ve görüntüleme gibi işlevleri vardır. Pozisyon, seviye ve yer değişimi ölçümü; canlı ve hareket detektörlerinde, hız ve ivme ölçümünde, kuvvet ve gerinim, basınç, akış, akustik, nem, ışık, radyoaktivite, sıvı içi iyonlar vb. büyüklükleri algılayıp dönüştürme işleminde kullanılır.



Görsel 3.2: Besleme ihtiyacına göre sensörler

3.1.2. Algılayıcı, Dönüştürücü ve Sensörlerin Sınıflandırılması

Algılayıcı, dönüştürücü ve sensörler sınıflandırma amacına bağlı olarak farklı sınıflandırma kriterleri (ne ölçtüğü, hangi fiziksel değişime duyarlı olduğu, hangi yolla dönüştüğü ve nasıl bir malzemeden yapıldığı gibi) altında incelenmektedir.

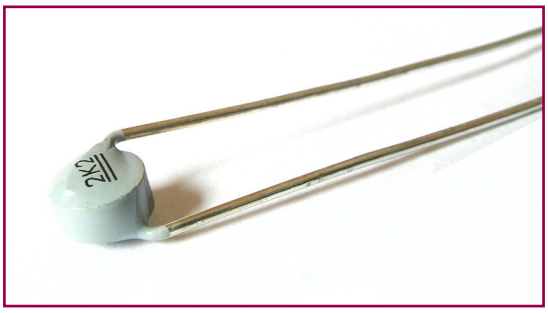

Görsel 3.3: Termokupl sensör probu

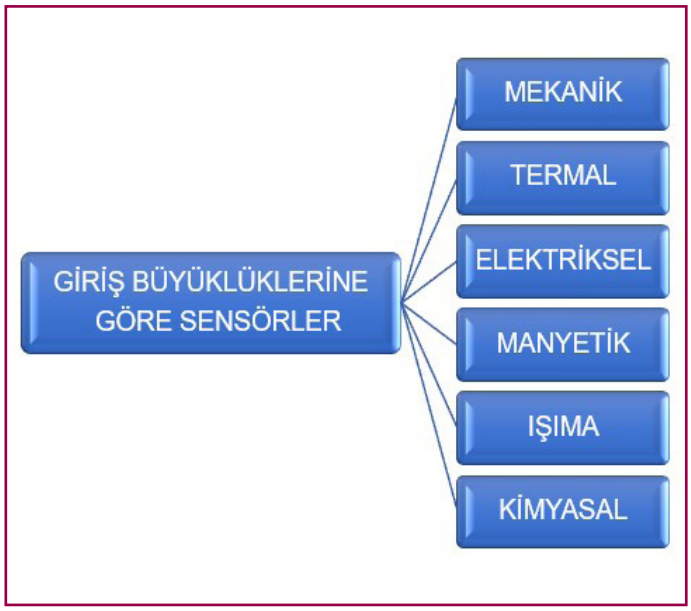
Basitten karmaşığa şematize edilmiş birçok algılayıcı, dönüştürücü sınıflandırması bulunmaktadır. Öncelikle tüm sensörler pasif veya aktif olmak üzere iki temel şekilde incelenmektedir (Görsel 3.2).

Pasif sensörler, herhangi bir ek enerji kaynağına ihtiyaç duymayan sensörlerdir. Girişte uygulanan bir uyartıya yanıt olarak doğrudan bir elektrik sinyali üretir. Termokupl (Görsel 3.3), fotodiyot (Görsel 3.4) ve piezoelektrik sensörler pasif sensörlere örnek olarak verilebilir.


Görsel 3.4: Fotodiyot

Aktif sensörler, kendi özellikleri dışında bir etkiye yanıt olarak değişir. Bu değişim oranında elektriksel sinyal elde edilir. Bu tip sensörlerin çalışabilmesi için uyarma sinyali olarak adlandırılan ek enerji kaynağı gerekmektedir. Uyarma sinyali, sensör tarafından bir çıkış sinyali üretebilmek için değiştirilir. Sıcaklığa duyarlı termistörler aktif sensörlere örnek olarak verilebilir.


Görsel 3.5: Termistör



Görsel 3.6: Giriş büyüklüklerine göre sensörler

Çıkışta anlamlı bir sinyalin oluşabilmesi için ölçülmek istenen giriş sinyalini bilgiye dönüştürecek yorumlayıcı ara eleman arasında etkileşim olması gerekmektedir. Algılayıcıların hissettiği bu büyüklükler genel olarak altı grupta incelenebilir. Sinyaller, bu altı büyüklükle taşınabildiklerinden aynı zamanda da bu büyüklüklerle de sınıflandırılabilir. Görsel 3.6'da görülen bu sensör çeşitleri, kendi içlerinde farklı şekillerde incelenmektedir. Sensörleri; algıladıkları değerleri çevirme yöntemine göre biyolojik, kimyasal ya da fiziksel olarak ayırmak mümkündür. Bu öğrenme biriminde, biyomedikal alanında sıkça kullanılan temel algılayıcı çeşitleri incelenmektedir.

3.2. Isı Algılayıcı ve Dönüştürücüleri



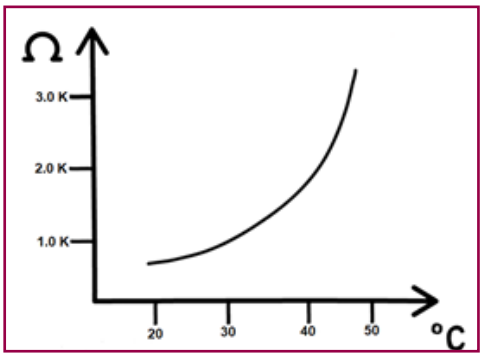
Görsel 3.7: PTC



Görsel 3.8: PTC'nin sembolik olarak gösterimi

Sıcaklık, ortamda en çok ölçülen fiziksel değerlerden biridir. Bazı maddelerin sıcaklık değişimi ile elektriksel direnci değişmektedir. Elektriksel direncin sıcaklıkla değişim gösteren hassas maddelerden faydalanılarak sıcaklık kontrolü ve ölçümü yapılmaktadır. Ortamdaki ısı değişimini algılayan bu tip elemanlara **ısı veya sıcaklık sensörleri** denilmektedir. Sıcaklık ile direnci değişen elektronik malzemeler **termistörler** olarak adlandırılır. Term (sıcaklık) ve rezistör (direnç) kelimelerinin birleşiminden oluşan termistörlerin yapımında genellikle yarı iletken malzemeler kullanılmaktadır. Termistörler, PTC ve NTC olmak üzere iki çeşittir.

3.2.1. PTC (Pozitif Sıcaklık Katsayılı Termistör)



Görsel 3.9: PTC'nin direnç ve sıcaklık eğrisi

Sıcaklığın artmasıyla direnci de artan termistörlere **PTC** denir. Farklı kılıf ve çeşitlerde PTC örnekleri bulunmaktadır. Görsel 3.7'de örnek bir PTC, Görsel 3.8'de ise PTC'nin sembolik gösterimleri görülmektedir.

Çalışma Prensibi

PTC'nin çalışma prensibini anlatan direnç-sıcaklık karakteristik eğrisi, Görsel 3.9'da görülmektedir. Buradan anlaşılacağı gibi bir PTC'nin bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça uçlarında ölçülen direnç de artmaktadır.

Kullanım Alanları

PTC'ler, -60 ºC ile +150 ºC arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. Isı seviyesinin belirli bir aralıkta kalması istenen devrelerde, ısı kontrol cihazlarında ve elektrik motorlarının fazla ısınmaya karşı korunması gibi durumlarda kullanılmaktadır.

Sağlamlık Testi

Bir PTC'nin arızalı olup olmadığını anlamak için Görsel 3.10'da gösterildiği gibi sağlamlık testi yapılır. Bu işlem için PTC'nin ayakları x100 kademesine alınan AVOmetre problarının uçlarına temas ettirilir. İlk okunan değer, PTC'nin oda sıcaklığında ölçülen direnç değeridir. PTC bir ısıtıcı ile kontrollü bir şekilde ısıtılır. Bu işlem sonucunda direnç değerinin arttığı gözlemleniyorsa PTC sağlamdır.



Görsel 3.10: PTC sağlamlık testi

3.2.2. NTC (Negatif Sıcaklık Katsayılı Termistör)

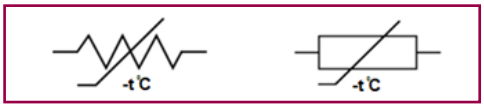
Sıcaklığın artmasıyla direnci azalan termistörlere **NTC** denir. Görsel 3.11'de örnek bir NTC, Görsel 3.12'de ise NTC'nin sembolik gösterimleri görülmektedir.



Görsel 3.11: NTC

Çalışma Prensibi

NTC'nin çalışma prensibini anlatan direnç-sıcaklık karakteristik eğrisi, Görsel 3.13'te görülmektedir. Buradan anlaşılacağı gibi bir PTC'nin bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça uçlarında ölçülen direnç de artmaktadır.



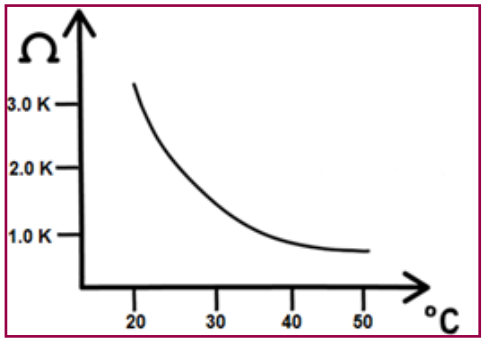
Görsel 3.12: NTC'nin sembolik olarak gösterimi

Kullanım Alanları

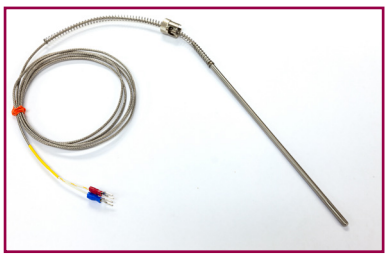
NTC'ler, -300 °C ile +50 °C arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. Elektronik termometrelerde, arabaların radyatörlerinde, yükselteçlerin güç katlarında ve ısı denetimli havyalarda kullanılır.

Sağlamlık Testi

NTC'lerin sağlamlık testleri de aynı PTC'lerde olduğu gibi yapılır. x100 kademesine alınan AVOmetrenin probları, NTC'nin uçlarına temas ettirilir. NTC ısıtıldığında direnç değeri azalıyorsa sağlamdır.



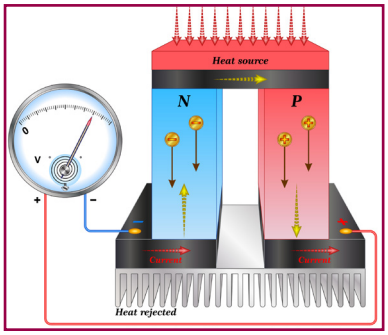
Görsel 3.13: Direnç ve sıcaklık eğrisi (NTC)



Görsel 3.14: Termokupl

3.2.3. Termokupl (Isıl Çift)

İki farklı metalin birleşiminden oluşan ve sıcaklık ölçümünde kullanılan elemanlara **termokupl** denir. İngilizce thermo (ısı) ve couple (çift) kelimelerinin birleşiminden oluşan termokupllara, **ısıl çift** de denmektedir (Görsel 3.14).



Görsel 3.15: Termokupl çalışma prensibi

Çalışma Prensibi

İki farklı metal, bir noktada birleştirilir. O noktaya ısı uygulandığında, iki farklı malzemenin ısıya duyarlılığı farklı olduğundan metallerin uçlarında potansiyel bir fark oluşur. Oluşan potansiyel fark sayesinde istenilen sıcaklık değerleri ölçülüp kontrol edilebilir. Görsel 3.15'te, bir termokuplun çalışma prensibi şematize edilmiştir. Metallerden biri + diğeri – kutup gibi çalışarak potansiyel fark oluşturmaktadır.

Kullanım Alanları

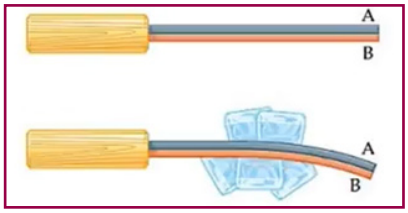
Termometrelerin kullanılamadığı yüksek sıcaklıklarda termokupllar tercih edilmektedir. -200 °C'den +2500 °C'ye kadar olan geniş sıcaklık aralığında çalışır. Yüksek sıcaklıkların ölçülmesinin istenildiği yerlerde ve endüstri tesislerindeki yüksek sıcaklıkta çalışan kazanların ısı kontrolünde kullanılır.

Sağlamlık Testi

AVOmetre, milivolt kademesine alınır. Termokuplun uçları, AVOmetrenin prop uçlarına temas ettirilir. Termokuplun uçlarının birleşim noktası, bir ısı kaynağı ile ısıtılır. AVOmetrenin ölçtüğü gerilim değerinde değişim varsa termokupl sağlamdır.

3.2.4. Termostat

İstenilen sıcaklığa ya da soğukluğa ulaşıldığında elektrik akımını kesen anahtarlama elemanlarına **termostat** denir (Görsel 3.16).



Görsel 3.16: Termostat yapısı

Kullanım Alanları

Termostatlar, belirlenmiş bir sıcaklıkta soğutma veya ısıtma sistemini başlatıp durdurabildikleri için günlük hayatta kullanılan birçok elektronik alette (buzdolabı, su ısıtıcıları ve şofben gibi) kontrol elemanı olarak kullanılmaktadır. Havalandırma, soğutma ve ısıtma sistemlerinde, tıbbi cihazlarda, ev ve arabalarda, sıcaklığın belli bir derecede tutulması istenen yerlerde sıklıkla rastlanır.

Sağlamlık Testi

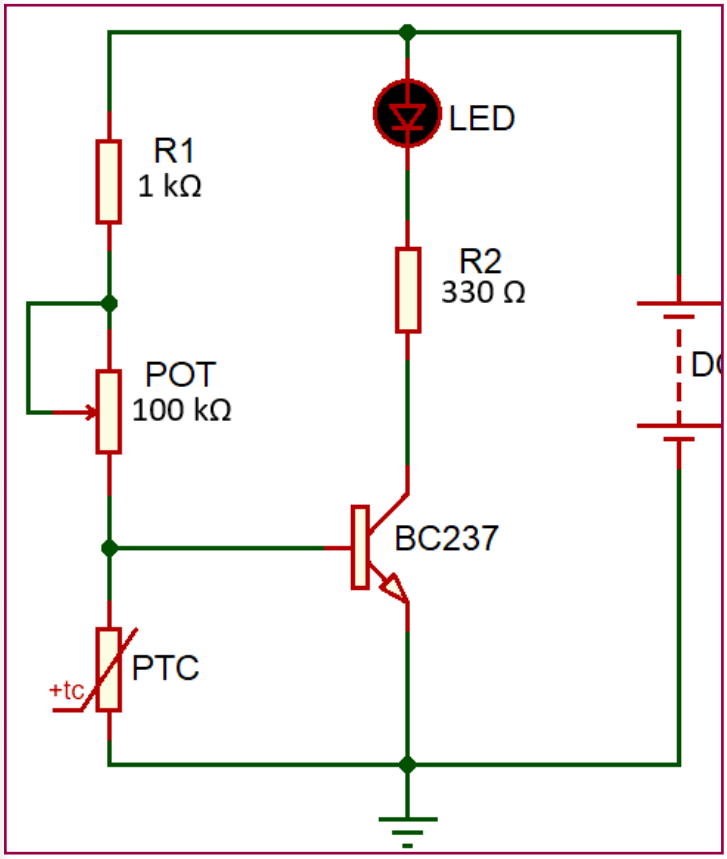
AVOmetre, ohm kademesindeyken termostat uçlarına temas ettirilerek ölçüm yapılır. Oda sıcaklığında kısa devre olması beklenen termostat limit değerine ulaşıncaya kadar ısıtılır. Ulaştığı anda açık devre konumuna geliyorsa ve tekrar soğutulup ısısının limit değerin altına düşmesi sağlandığında kısa devre oluyorsa termostat sağlamdır.

UYGULAMA 3.1. ISI ALARM DEVRESİ

AMAÇ

PTC ile ısı alarm devresi yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 3.17: PTC ısı alarm devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç Kaynağı	DC	1 adet
LED, PTC		Birer adet
Direnç	330 Ω, 1 kΩ	Birer adet
Potansiyometre	100 kΩ	1 adet
Transistör	BC237	1 adet
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Bağlantı Kabloları		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. PTC'nin sağlamlık testini yapınız.
4. Görsel 3.17'deki devreyi, verilen değerlere göre breadboard üzerine kurunuz.
5. Öğretmeninizin denetiminde devreye enerji (12 V) veriniz.
6. PTC ısıtıldığında lambanın değişimini gözlemleyiniz. Uyarı amaçlı lamba yerine veya ona ek olarak nasıl bir alarm mekanizması olabilir? Arkadaşlarınızla tartışınız.
7. Enerjiyi keserek devreyi dikkatlice sökünüz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

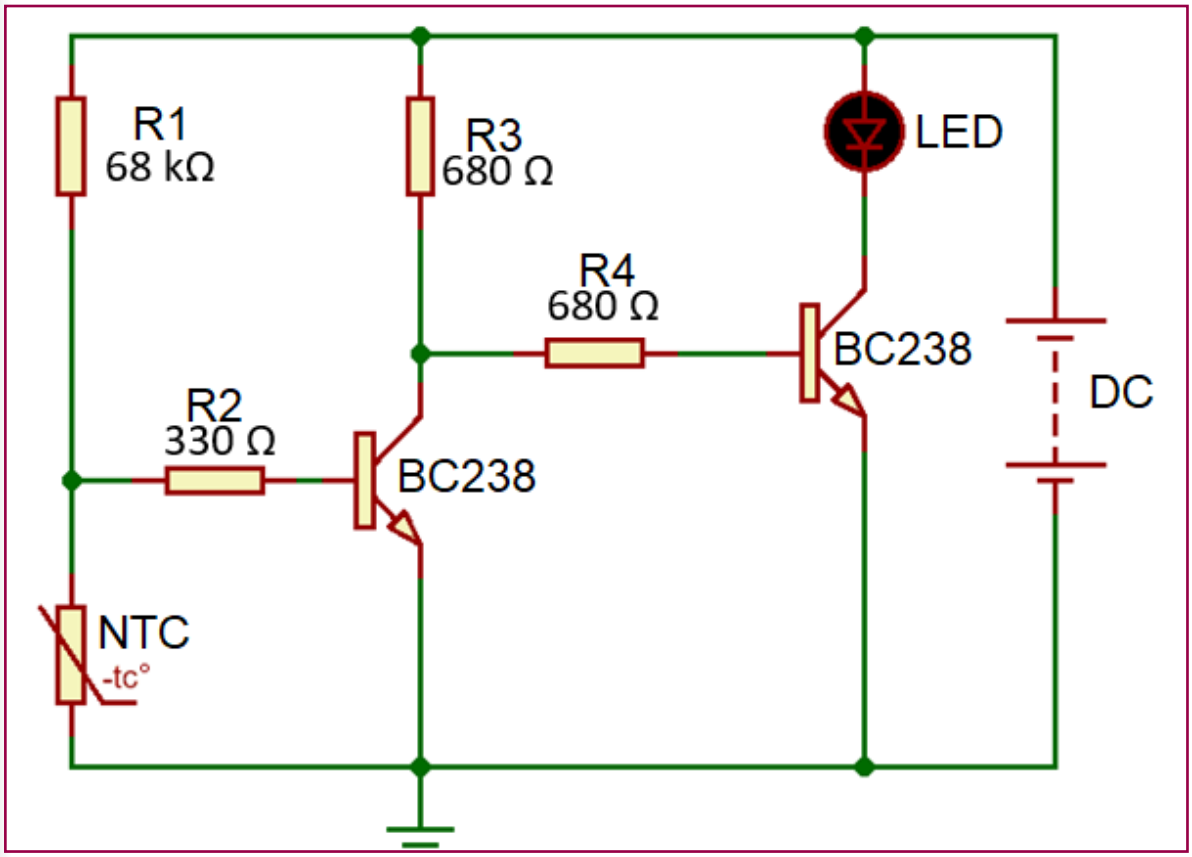
Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışma mantığının anlaşılması	20	
Öğretmenin	4	Sağlamlık kontrolünün yapılması	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 3.2. ISI KONTROL DEVRESİ

AMAÇ

PTC ile ısı alarm devresi yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 3.18: NTC'li devre

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç Kaynağı	DC	1 adet
LED, Multimetre, Breadboard		Birer adet
Direnç	330 Ω, 68 kΩ	Birer adet
Direnç	680 Ω	2 adet
NTC		1 adet
Transistör	BC238	2 adet
Bağlantı Kabloları		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü yapınız. NTC'nin sağlamlık testini yapınız.
4. Görsel 3.18'teki devreyi, verilen değerlere göre breadboard üzerine kurunuz.
5. Öğretmeninizin denetiminde devreye enerji (12 V) veriniz.
6. NTC ısıtıldığında lambanın değişimini gözlemleyiniz. NTC yerine PTC bağlı olmuş olsaydı devrenin çalışması nasıl değişirdi? Arkadaşlarınızla tartışınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışma mantığının anlaşılması	20	
Öğretmenin	4	Sağlamlık kontrolünün yapılması	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

3.3. Manyetik Algılayıcı ve Dönüştürücüler

Ortamdaki manyetik değişiklikleri algılayan elemana **manyetik sensör** denir. Manyetik sensörler; ortamdaki hareketi elektriksel büyüklüğe, elektriksel büyüklüğü de harekete dönüştürebilir. Bunları yapmak için ortamda manyetik alan oluşumu gerekmektedir.

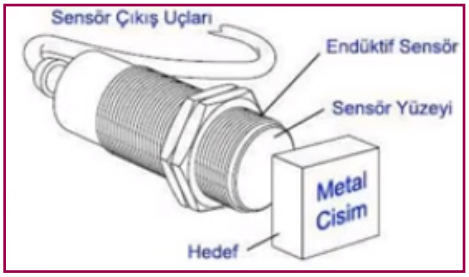
3.3.1. Manyetik Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Çalışma Prensipleri

Manyetik sensörler pasif dönüştürücülerdir. Bu sensörlerin dayandığı temel çalışma prensibi "Bir iletken, manyetik alan kuvvet çizgilerini kesecek şekilde hareket ettirilirse o iletkende bir gerilim oluşur." şeklindedir. Bu prensibe **Faraday Yasası** adı verilir.

Bobinli (Endüktif) Manyetik Sensörler

Endüktif sensörler, bir manyetik alan üretir. Bu manyetik alanın içerisine bir metal girerse sensör, sinyal üretir. Manyetik sensörler, metalleri algılamak için kullanılır (Görsel 3.19).





Görsel 3.19: Bobinli manyetik sensör

Kapasitif Manyetik Sensörler

İki levha arasındaki manyetik alan içerisine giren herhangi bir nesne, bu iki levha arasında bir kapasite değişimini meydana getirir. İşte bu kapasitif değişim, elektriksel bir tetiklemeye neden olarak aktif çıkış meydana getirir.

NOT: Kapasitif sensörler (Görsel 3.20);

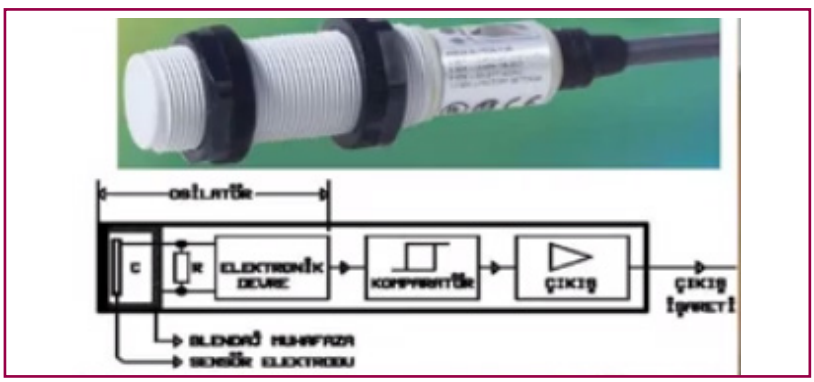
- İletken ya da yalıtkan tüm cisimleri algılayabilir.
- Algılanan cismin hareketli veya sabit olması fark etmez.
- Çok az enerji harcar.
- Algıladıkları cisme hiçbir etki yapmaz.



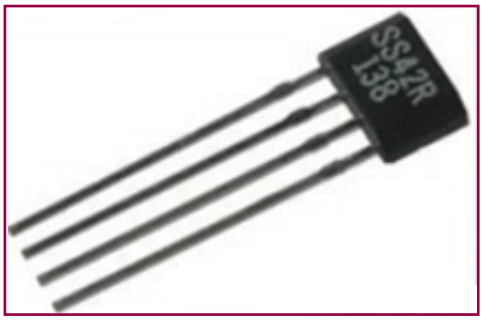
Görsel 3.20: Kapasitif sensör

Yaklaşım Sensörleri

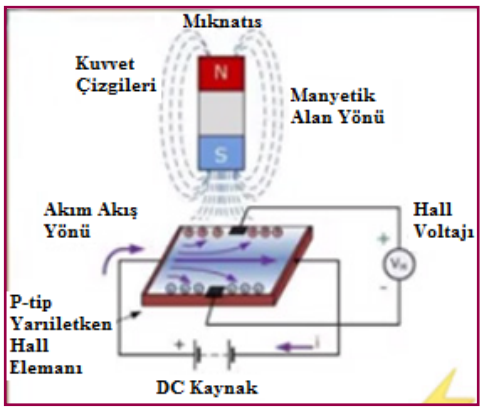
Bir iletkenden akım geçtiğinde, o iletkenin etrafında bir manyetik alan meydana gelir. Bu manyetik alan içerisine bir metal girerse bobinin endüktans değeri değişir. Bu değişimi algılayan sensörlere **yaklaşım sensörleri** denir (Görsel 3.21).



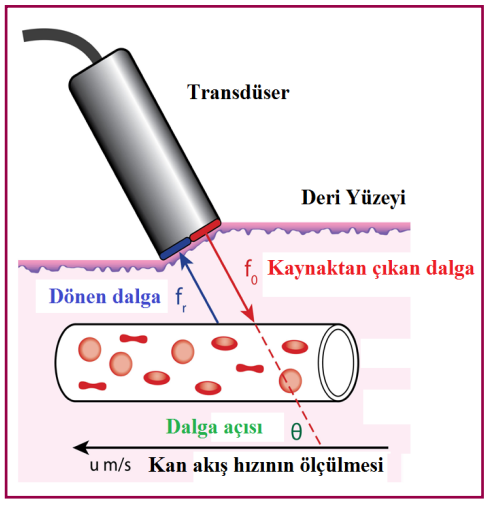
Görsel 3.21: Yaklaşım sensörünün çalışma prensibi



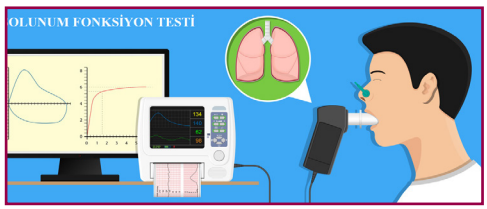
Görsel 3.22: Alan etkili sensör örneği



Görsel 3.23: Yaklaşım sensörü çalışma prensibi



Görsel 3.24: Kan akış hızının ölçülmesi



Görsel 3.25: Solunum fonksiyon testi

Alan (Hall) Etkili Sensörler

Akım yönüne dik bir manyetik alan uygulandığında, elektronlar belirli bir bölgeye yoğunlaşır. Bu da iletken uçlar arasında bir gerilim oluşturur. Oluşan bu gerilime de (Görsel 3.23) **hall voltajı** denir. Bu etkileşimden faydalanılarak yapılan sensörlere de **hall (alan) etkili sensörler** denir (Görsel 3.22). Motosikletlerin gaz pedallarında bu sensörler kullanılır.

3.3.2. Manyetik Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Kullanım Alanları

Bu sensörler kan akış hızı (Görsel 3.24) ve solunum hızı ölçmede kullanılmaktadır (Görsel 3.25). Ayrıca göğüs mikrofonları ve balistokardiyograf cihazlarında da kullanılmaktadır.

3.3.3. Manyetik Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Sağlamlık Testleri

Sağlamlık kontrolleri, sensörlerin kullanıldıkları devreye göre yapılır. Algılayıcı olarak kullanılan bobin ve kapasitenin sağlamlık testi, bobin için sarım direnci ohmmetre ile kontrol edilir. Ölçülen değer, katalog değerleri ile karşılaştırılarak sağlamlık kontrolü yapılır. Kapasitenin sağlamlık testi de ohmmetre ile şarj, deşarj durumu kontrol edilerek yapılabilir. Algılayıcılar sağlam ise devre kısmının kontrolleri arıza bulma teknikleri uygulanarak osilaskopla kat çıkışlarındaki sinyal takipleri yapılarak kontrol edilebilir.

3.4. Rezistif ve Piezorezistif Algılayıcı / Dönüştürücüler

Çevresel etkilerden dolayı direnç değeri değişebilen dönüştürücü türleri bu gruba girer. Üzerine uygulanan mekanik etkileri elektriksel büyüklüklere çeviren dönüştürücü türleri bu gruptadır. Dönüştürücü çıkışında elde edilen değişken direnç değeri ile dönüştürücü üzerindeki etki hakkında bilgi vermektedir.

3.4.1. Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Çalışma Prensipleri

Rezistif, gerilim uygulanan bir cismin akıma karşı gösterdiği direnme demektir. Yani rezistif, direnç demektir. Rezistif temelli sensörler, direnç değişimini temel alarak sensör görevini yapar.

3.4.2. Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Kullanım Alanları

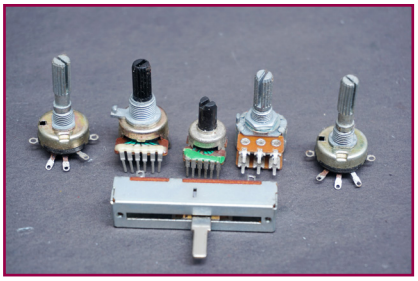
Alan etkili sensörler; güç kaynaklarında, zamanlayıcı devrelerinde, tıbbi transdüserlerde (kronik kan basıncı ölçümü), load cell (elektronik teraziler ve kantarlar gibi) fiziki kuvvet ölçümlerinde, kalp sesi ölçümlerinde, mikrofonlarda, titreme ya da ivme algılayıcılarında, ultrasonik kan akış hızı ölçerlerde, ultrasonik görüntüleme cihazlarında, ultrasonik operatörlük cihazlarında, ultrasonik doku ısıtıcı cihazlarında, kalp destek cihazlarında, temizleyici (sterilizatör) cihazlarında, fizik tedavi cihazlarında ve böbrek taşı parçalayıcılarında kullanılabilir.

3.4.3. Alan Etkili Algılayıcı ve Dönüştürücülerin Sağlamlık Testleri

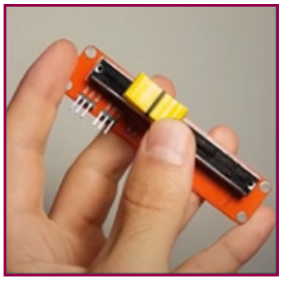
Gerilme ölçerlerin algılama prensibi, iletkenin kesit boyutundaki değişmelerle direncinin değişimi esasına dayandığından, kullanılan malzeme sonuç itibarıyla esnek yapıya sahip olan dirençtir. Algılayıcının sağlamlığı bu direnç değerinin ölçülmesi ile öğrenilebilir. Burada direnç ölçüm metotları uygulanarak sonuca ulaşılabilir. Ayrıca algılayıcının faal durumunu kontrol etmek için suni bir basınç uygulamak kaydıyla direnç değişimi yine hassas bir ohmmetreyle gözlenmelidir. Potansiyometrelerde de ohmmetre yardımıyla direnç ölçüm metotları uygulanarak sağlamlık testleri yapılabilir.

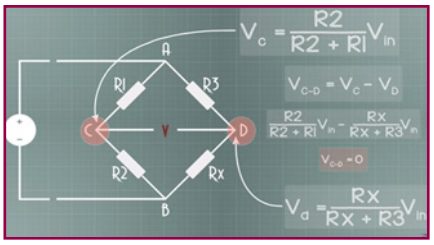
3.4.4. Potansiyometreli Yer Değiştirme Dönüştürücüsü [Wheatstone (Vitston) Köprülü Ölçme Düzeneği]

Potansiyometreler, en verimli ve en ucuz yer değiştirme dönüştürücülerindendir (Görsel 3.26). Potansiyometreler, Görsel 3.27'de görüldüğü gibi dairesel veya Görsel 3.28'deki gibi doğrusal hareketli olabilir. Dışarıdan bir kaynakla (AC veya DC) beslenmeden dönüştürme işlemi yapamaz. Bu nedenle pasif tipte dönüştürücüdür. Fizyolojik büyüklük olarak yer değiştirme; hareket ve kuvveti, direnç değişimi yoluyla elektrik enerjisine dönüştürür. Solunum hızı, göğüs hacmi değişikliği ölçerde kullanılır. Potansiyometrenin gezici kolu, giriş büyüklüğü ile hareket ettirilerek çıkışta orantısal bir gerilim değişikliği elde edilir. Potansiyometreler, doğrusal veya dairesel hareketli olabilir.

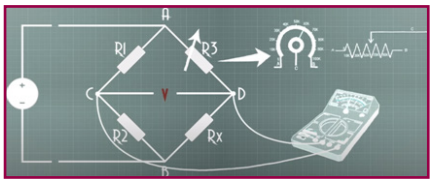

Görsel 3.26: Çeşitli potansiyometreler


Görsel 3.27: Dairesel potansiyometre

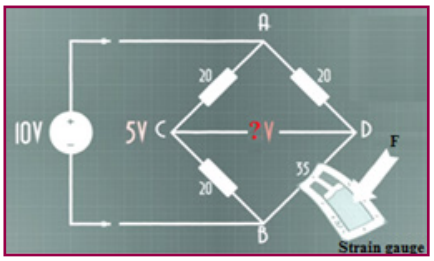

Görsel 3.28: Doğrusal potansiyometre



Görsel 3.29: Wheatstone köprüsü



Görsel 3.30: Değişken direnç ile wheatstone köprüsü kolları arasındaki elektriksel potansiyel değişimi ölçümü



Görsel 3.31: Strain gauge ölçer



Görsel 3.32: Strain gauge

R = p × L / A

A = Kesit alanı
L = Telin boyu
p = Telin özgül direnci

Wheatstone Köprülü Ölçme Düzeneği

Wheatstone köprü devresi, cihaz ve transdüser devrelerinde yaygın olarak kullanılan bir direnç köprü devresidir (Görsel 3.29). Köprü devresinin en önemli karakteristiği dengedir. Eğer köprü dengede ise köprü çıkışı sıfır olur. Bu da, galvanometre uçları arasındaki potansiyel farkın sıfır olması ve köprü devresi dengede çalışırken galvanometre üzerinden akım akmaması anlamına gelir. Denge koşulu Görsel 3.30'da görüldüğü gibidir.

Wheatstone köprüsünde Rx direnci aşağıdaki formül ile hesaplanır.

Vc = Vd
Rx = R3 × (R2 / R1)

Örnek: Görsel 3.31'de görülen, aşağıda verilen wheatstone köprüsünde bulunan strain gauge (streyn geyç) uygulanan mekanik baskı sonucunda oluşan C ve D kolları arasındaki gerilim farkını hesaplayınız.

3.4.5. Gerilme Ölçerler (Strain Gauge)

Germe (boyunu uzatma) yoluyla bir malzemenin direncini değiştirme prensibini kullanan dönüştürücülere **gerinim ölçerler** denir (Görsel 3.32). Genellikle küçük işaret değişiklikleri oluşturduklarından bir köprü devresi ile bir fark kuvvetlendirici gerektirir. Köprü devresinde kullanılmaları ısıl bakımdan da kararlı çalışmalarını sağlamaktadır. Kullanılan malzeme metal, yarı iletken veya iletken sıvı olmaktadır.

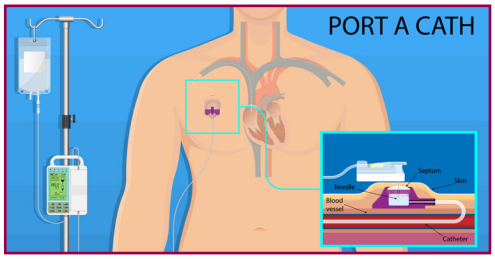
Örnek: Metal ve yarı iletken gerinim ölçerlere 30 gramlık bir kuvvet uygulandığında 50 mikrometrelik bir uzama meydana gelir.

Sıvı iletken malzeme kullanan elastik gerinim ölçerlerin boylarındaki değişme ise santim (cm) mertebelerine çıktığından daha büyük yer değiştirme gerektiren yerlerde kullanılır. Gerinim ölçerlerde uzama ile direnç arasındaki ilişki şu şekilde formüle edilebilir:

Örneğin; bir basınçölçerde yapıştırılabilir türden bir gerinim ölçer elemanı kullanılsın ve bu basınçölçer diyaframa yerleştirilsin. Diyaframa gelen kuvvet, gerinim ölçerlerin yapışık olduğu esnek yüzeyi büker ve sonuçta gerinim ölçerlerin direnci değişir.

3.4.6. Piezorezistif Algılayıcılar / Dönüştürücüler

Piezorezistif etki, basınç ile direnç değişimi anlamına gelir. Küçük boyutludur ve gürültüsü ve mekanik bağlantıları azdır. Bu özellikleri ile bu basınç sensörleri medikal uygulamalarda da yerini almıştır. Örneğin; kalp içi basınç ölçümünde kullanılan kataterde bulunan piezorezistif dönüşütürücü Görsel 3.33'te görülmektedir.

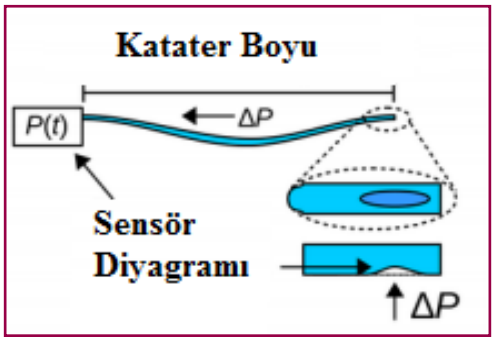


Görsel 3.33: Katater ucundaki piezorezistif

3.4.7. Piezoelektrik Algılayıcılar / Dönüştürücülerin Yapısı ve Çalışma Prensibi

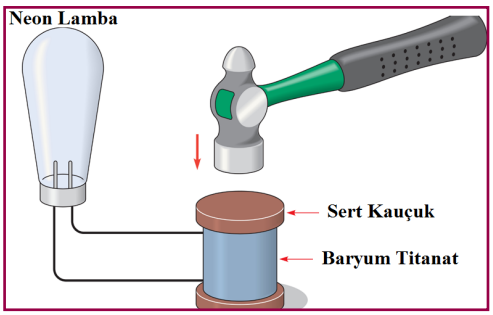
Mekanik basınçla cisim şekil değiştirirken cismin yüzeylerinde gerilim oluşturması ve bazı yüzeylerine uygulanan elektriksel işaretlere uygun şekilde cismin gövde şeklini değiştirirken basınç dalgası (akustik dalga) oluşturması prensiplerine göre çalışan dönüştürücülere **piezoelektrik dönüştürücüler** denir. Bu dönüştürücülerin tıp elektroniğinde kullanım yerleri şunlardır:

a. Kalp sesi ölçümleri mikrofonları
b. Titreme ya da ivme algılayıcıları
c. Ultrasonik kan akış hızı ölçerleri (Görsel 3.34)
d. Ultrasonik görüntüleme cihazları
e. Kalp destek cihazları
f. Fizik tedavi cihazları
g. Sterilizatör cihazları
h. Böbrek taşı parçalayıcıları.



Görsel 3.34: Kataterdeki piezorezistif sensörün çalışma yapısı

Kristal yapıda olan piezoelektrik malzemeler, genel olarak mekanik bir kuvveti elektriksel büyüklüğe çevirir. Değişken mekanik kuvvetleri ölçmek için kullanılabilir. Temel malzemesi baryum-titanat vb. kristaller olan yapay piezoelektrik elemanların mekanik sağlamlıkları ve dönüştürülme sabitleri, doğal olan kristallere göre daha iyidir. Piezoelektrik malzemenin üzerine mekanik bir etki uygulandığında, sensör çıkışında oluşan elektriksel gerilim ile bir lambanın elektriksel olarak beslenmesi sağlanır. Çünkü piezolektrik malzeme, mekanik etkiyi elektriksel işarete çevirir (Görsel 3.35).



Görsel 3.35: Mekanik etkinin elektriksel işarete dönüşmesi

Ultrasonik nebülizatör cihazı içerisinde bulunan piezoelektrik sensöre uygulanan elektriksel büyüklük, sensörün mekanik titreşimine yol açar (Görsel 3.36). Bu mekanik titreşim enerjisine dayalı olarak cihaz içerisinde bulunan sıvının buhar hâline gelmesi ve ortama iletilmesi sağlanır.


Görsel 3.36: Nebülizatör yapısı

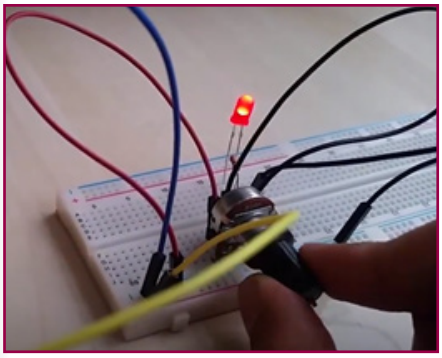
UYGULAMA 3.3.

POTANSİYOMETRE İLE LED PARLAKLIĞI KONTROLÜ

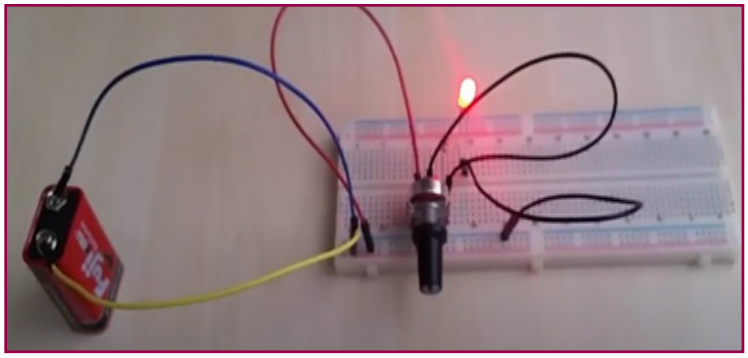
AMAÇ

Potansiyometre ile LED üzerinden geçen akımı ayarlayarak ışık şiddeti değişimini kontrol etmek (Görsel 3.37).

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 3.37: Potansiyometre



Görsel 3.38: Potansiyometre devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Pil	9 V	1 adet
LED		1 adet
Potansiyometre		1 adet
Direnç	10 Ω	1 adet
Breadboard		1 adet
Bağlantı kabloları		5 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Potansiyometrenin board üzerine yerleşimini (Görsel 3.38) sağlayınız.
4. Potansiyometrenin direnç ayarı yapılan orta pini ile çıkış alınan 3. pinini board üzerinde birleştiriniz.
5. Potansiyometre çıkışına (3. pin) 100 -1000 Ω aralığında değere sahip bir direnç seri bağlayınız. (Potansiyometre = 0 Ω olduğunda çıkışta yüksek akım akmaması için)
6. Potansiyometre çıkışına seri bağlanan direncin sonuna bir LED seri bağlayınız.
7. Güç kaynağının pozitif ucunu (9 V pil kullanılması önerilir.) potansiyometrenin 1. pinine, güç kaynağının negatif ucunu ise LED'in negatif bacağına bağlayınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

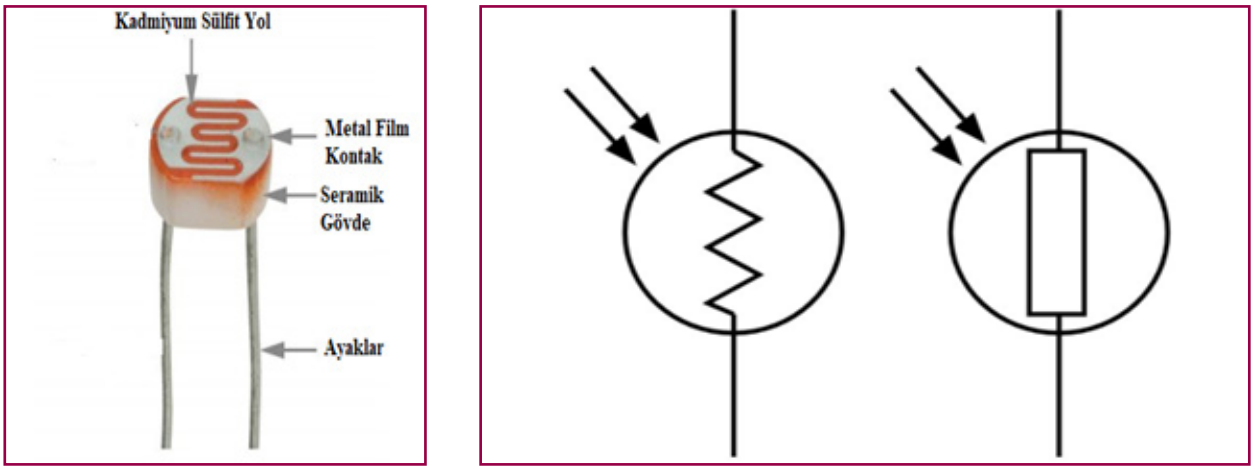
Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışma mantığının anlaşılması	20	
Öğretmenin	4	Sağlamlık kontrolünün yapılması	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

3.5. Işık (Optik) Algılayıcı ve Dönüştürücüler

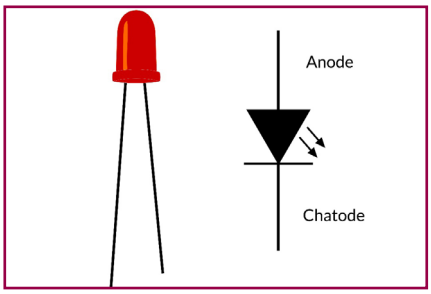
Bu bölümde, optik algılayıcıları ve dönüştürücüleri tanıtılarak uygulamalarda kullanılacaktır.

3.5.1. Fotodirenç (LDR) [Light Depending Resistors (Layt Dipenden Risestörs)]

Işıkta düşük direnç, karanlıkta yüksek direnç gösteren devre elemanlarına **LDR** denir (Görsel 3.39). Başka bir deyişle ışık arttıkça LDR'lerin üzerinden geçen akım artar, ışık azaldıkça akım da azalır.



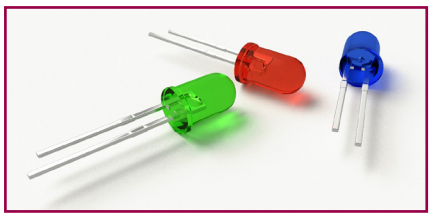
Görsel 3.39: LDR ve LDR sembolü



Görsel 3.40: LED sembolü

3.5.2. LED [Light Emitting Diode (Layt Emeden Diyot)] (Işık Yayan Diyot)

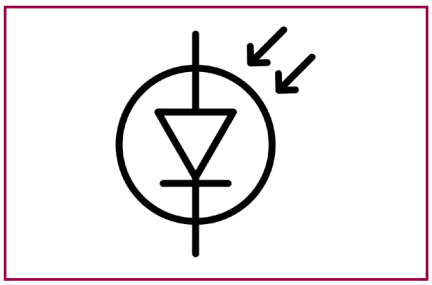
Doğru yönde gerilim uygulandığı zaman, elektriksel enerjiyi ışık enerjisi hâline dönüştüren özel katkı maddeli PN diyotlarına **LED (ışık yayan diyot)** denir (Görsel 3.40). LED'in üretimi esnasında kullanılan farklı katkı maddesine göre verdiği ışığın rengi de değişmektedir (Görsel 3.41).



Görsel 3.41: LED

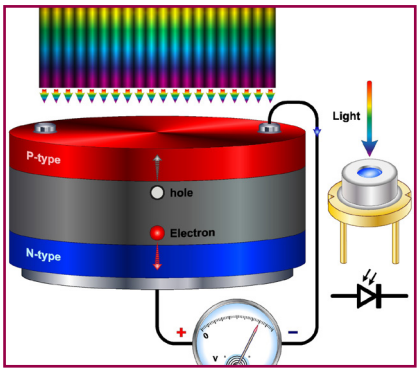
3.5.3. Foto Diyot

Üzerine ışık düştüğünde, iletken olarak katot ucundan anot ucuna doğru akım geçiren devre elemanlarına **foto diyot** denir (Görsel 3.42). Ters polarma altında çalışır. Foto diyot, ışık enerjisine duyarlı bir elemandır. Görsel 3.43'te görüldüğü gibi foto diyotlar, ışık enerjisini algılamak için bir merceğe sahiptir.



Görsel 3.42: Foto diyot sembolü

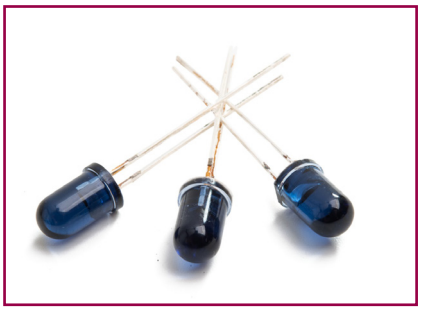
Foto diyotlar, doğru polarma altında normal diyotlar gibi iletkendir. Ters polarma altında ise üzerine uygulanan ışık şiddetine bağlı olarak çok küçük bir akım akmasına izin verir. Dolayısıyla karanlık bir ortamda bulunan foto diyot yalıtkandır.



Görsel 3.43: Foto diyot çalışma prensibi

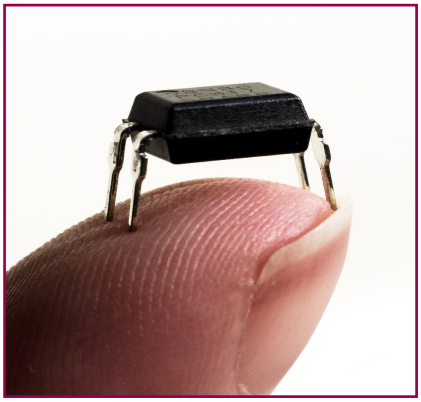
3.5.4. İnfrared Diyot

İnfared diyotlar, Görsel 3.44'te görüldüğü gibi yapı olarak tamamen normal LED'ler gibidir. Fakat tek farkı, yaydığı ışığın insan gözüyle görülemeyecek bir frekans bandında olmasıdır. Yaklaşık 1,5 V ile çalışır ve genellikle foto transistörlerin ışık kaynağı olarak kullanılır. Sebebi, bu tipteki transistörlerin kızıl ötesi ışığa daha hassas olmasıdır.


Görsel 3.44: İnfrared diyot

3.5.5 Foto Transistör

Foto transistör, beyz yüzeyi ışığa hassas olan bir transistördür. Beyz ucuna ışık düştüğünde kollektör ile emiter arasından akım geçişini sağlar. Foto transistörler, iki ya da üç bacaklı olarak üretilir.

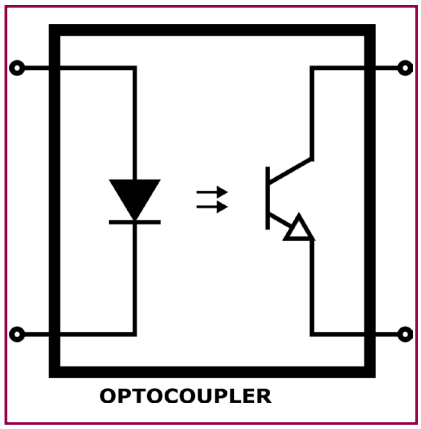

Görsel 3.45: Optokuplör

3.5.6. Foto Pil

Üzerine ışık düştüğünde uçlarında gerilim meydana gelen elemanlara **fotopil** denir. Işık miktarıyla oluşan gerilim miktarı değişmektedir. Küçük güçteki elektronik cihazların beslemesinde kullanılır.

3.5.7. Optokuplör

Görsel 3.46'da görüldüğü gibi bir LED (ışığı gönderen) ile bir foto diyodun (ışığı algılayan) kullanılmasından oluşan devre elemanlarına **optokuplör** denir. Görsel 3.45'te görüldüğü gibi dört uçlu bir devre elemanıdır. Bu uçlardan ikisi giriş ucu, diğer ikisi çıkış ucudur.



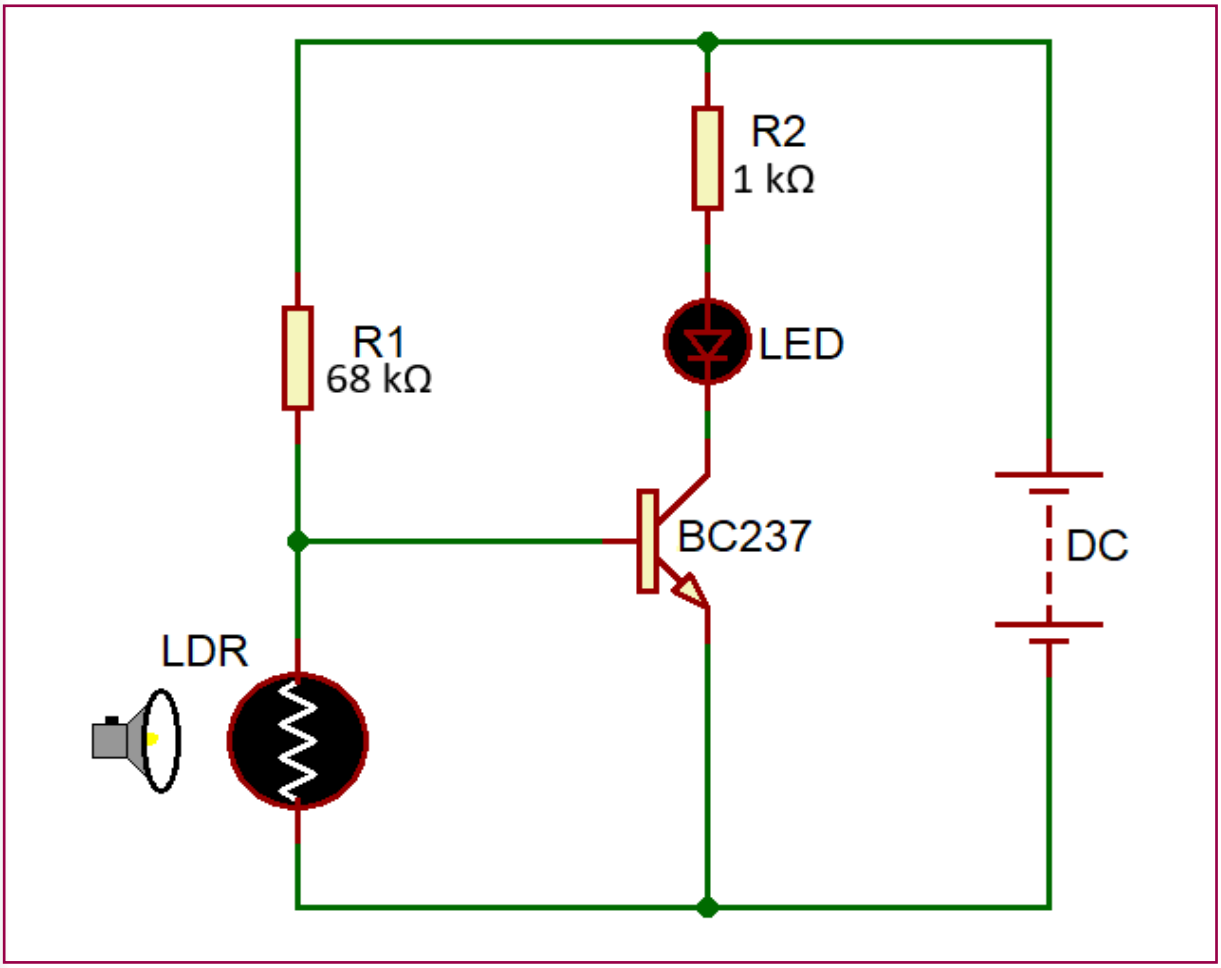
Görsel 3.46: Optokuplör iç yapısı

UYGULAMA 3.4. LDR DEVRESİ

AMAÇ

LDR ile ışık algılayıcı devresi yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 3.47: LDR devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard, LED		Birer adet
Transistör	BC237 NPN Tipi	1 adet
LED diyot		1 adet
Direnç	68 kΩ, 1 kΩ	Birer adet
Güç kaynağı	12 voltluk	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Devre elemanlarını temin ederek sağlamlık kontrolünü multimetre ile yapınız.
4. Görsel 3.47'deki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
5. Doğruluğunu öğretmeninizle kontrol ediniz.
6. Devreye gerilim uygulayarak LDR üzerine ışık düşürünüz.
7. Devreyi gözlemleyerek devrenin çalışmasını sonuç kısmına yazınız.

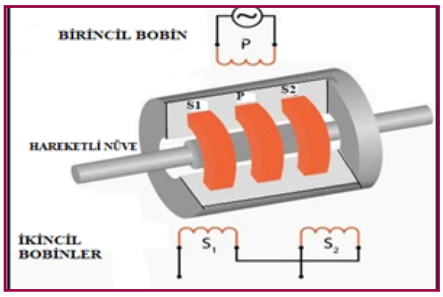
Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Devre elemanlarının sağlamlık kontrolü	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulumu	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışması	20	
Öğretmenin	4	Sürenin doğru kulanımı	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip ve düzen	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

3.6. Ses, Konum Algılayıcı ve Dönüştürücüleri

Ses, konum algılayıcı ve dönüştürücülerin biyomedikal cihazlar için önemini anlamak onların yapı ve çalışmalarını iyi öğrenmekle olur. Bu bölümde; ses, konum algılayıcı ve dönüştürücüler öğretilerek uygulamalarda kullanılacaktır.



Görsel 3.48: LVDT (Konum algılayıcı)

3.6.1. LVDT (Konum Algılayıcı)

Hareket enerjisini elektrik enerjisine çevirmede kullanılan elemanlara **LVDT** denir. Bobinlerin nüvesi hareket ettirildiğinde indüktansı değişmektedir. Kondansatörlerin ise dielektriği hareket ettirildiğinde kapasitesi değişmektedir. LVDT'ler bu ilkelerden hareket edilerek üretilmiştir. LVDT'ler; basıncın, doğrusal hareketlerin ve cisimlerin kalınlığının ölçülmesinde kullanılır (Görsel 3.48).

3.6.2. Mikrofon

Ses dalgalarını elektrik titreşimlerine çeviren elemanlara **mikrofon** denir. Konuşulduğunda, havada yayılan ses dalgaları oluşur. Kulak zarı, bu titreşimleri algılayarak beyne sinyaller yollar. Mikrofonların çalışma prensibi de buna benzer. Ses dalgaları mikrofon içindeki diyaframa çarptığında, sesin şiddetine göre elektrik sinyalleri üretir. Mikrofonlar, ses sinyalini elektrik sinyaline dönüştürme şekline göre isim almaktadır.

Dinamik Mikrofon

Mıknatıs üzerine sarılmış, diyaframa bağlı olarak hareket eden bir bobinden meydana gelen mikrofonlara **dinamik mikrofon** denir. Diyaframa çarpan ses dalgaları diyaframı titreştirerek bobinin mıknatıs üzerinde hareket etmesine sağlar. Manyetik alan içindeki bu hareket, manyetik kuvvet çizgilerini kesecek ve bobin üzerinde bir AC gerilim uygulamasına neden olacaktır. Bu gerilim ya doğrudan ya da yükseltilerek bir yükseltecin mikrofon girişine uygulanır.

Kapasitif Mikrofon

Kapasitif mikrofonda, iki iletken levha arasında hava boşluğu bırakılmak suretiyle bir kapasite elde edilmiştir. Öndeki levhanın üzeri çok ince bir alüminyum tabakası ile kaplanmıştır. Bu levha diyafram görevi yapmaktadır. Ses dalgalarının diyaframa çarpması sonucunda çok ince olan bu madde, titreşmeye başlar. Diyaframın titreşmesiyle plaklar arasında hava aralığı daralıp genişler ve kapasitenin değişmesine sebep olur. Kapasite değişimi, bataryadan çekilen akımın direnç üzerinde meydana getirdiği değişimlerden faydalanarak ses sinyalini elektrik sinyaline dönüştürür.

Kristal Mikrofon

Bu tip mikrofonlar, piezo elektrik olayından faydalanarak yapılmıştır. Baryum, kuvartz, roşel tuzu ve turmalinden yapılmış kristal maddeler üzerine ses dalgaları ile bir basınç uygulandığında üzerlerinde çok küçük bir gerilim oluşur. Diyaframa çarpan ses dalgaları iki metal elektrot arasına yerleştirilen kristale baskı yaparak kristalin titreşmesine sebep olur ve elektrotlar üzerinde AC sinyallerin oluşmasını sağlar.

Şeritli Mikrofon

Şeritli mikrofonların çalışma prensibi dinamik mikrofonların çalışma prensibine benzemektedir. Şerit mikrofonda, manyetik alan içine bobin yerine çok ince bir metal levha yerleştirilmiştir. İnce metal levhaya çarpan ses sinyalleri, metal levhanın manyetik alan içerisinde hareket etmesini sağlar. Bu şekilde levha uçlarında değişen bir gerilim oluşur. Bu gerilim şeridinin iki ucundaki teller ile dışarıya atılır. Şeritli mikrofonların empedansları çok düşük, kaliteleri yüksek olmasına karşın çok hassas olduklarından açık yerlerde ve rüzgârlı havalarda kullanıldıklarında distorsiyon oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı kapalı alanlarda kullanılmalıdır.

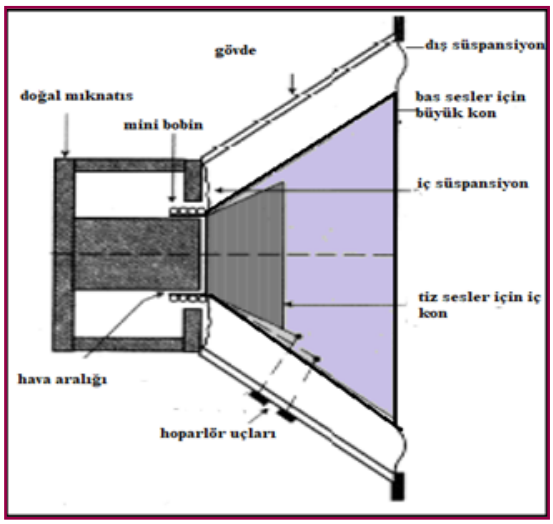
3.6.3. Hoparlör

Elektrik sinyallerini ses sinyallerine dönüştüren elemanlara **hoparlör** denir. Hoparlörler, çalışma prensibine göre isim alır. Başlıca hoparlör çeşitleri şunlardır:

- Dinamik hoparlör
- Kristalli hoparlör
- Elektrostatik hoparlör
- Elektromanyetik hoparlör
- İyonlu hoparlör

Dinamik Hoparlör

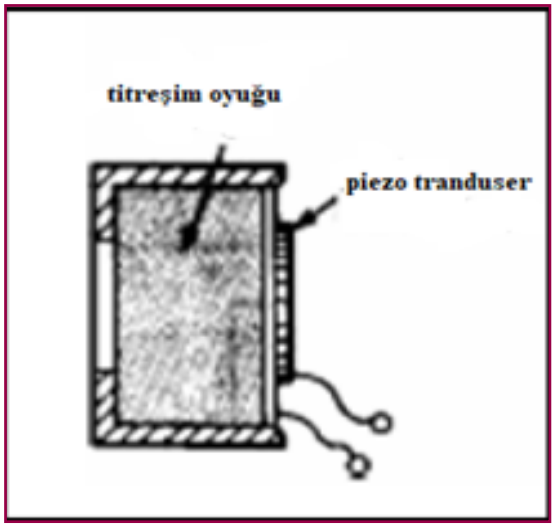
Mıknatıs üzerine sarılmış bobine uygulanan AC sinyaller, bobinin ileri geri hareketini sağlayarak diyaframın titremesini sağlar. Diyaframın titremesi esnasında, ses sinyalleri ortaya çıkar ve kulağın bu ses sinyallerini algılamasını sağlar (Görsel 3.49).



Görsel 3.49: Dinamik hoparlör yapısı

Kristal Hoparlör

Piezoelektrik hoparlör; çizgi biçiminde, birbirine karşı polarize edilmiş bükülgen piezo oksit (kurşun, elmas ve titan karışımı) maddeden yapılmıştır. Şeritlere akım uygulandığında, şeritlerin boyutu uzayıp kısalır ve karşıdakini itip çeker. Bu titreşim ise esnek membranı hareket ettirerek sesin oluşmasını sağlar. Piezoelektrik hoparlör, daha çok yüksek frekanslı seslerin elde edilmesinde (kolonların tivitırlarında) ve kulaklıklarda kullanılmaktadır. Dijital saatlerde kullanılan hoparlörler de buzzer olarak piezoelektrik esasına göre çalışır (Görsel 3.50).



Görsel 3.50: Kristal hoparlör yapısı

UYGULAMA 3.5. HOPARLÖRÜN SAĞLAMLIK KONTROLÜ

AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kuralları ile ilgili tedbirleri alarak hoparlörün sağlamlık kontrolünü yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 3.51: Multimetre



Görsel 3.52: Hoparlör

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Hoparlör		1 adet
Multimetre		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçleri hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Görsel 3.51'deki hoparlörün direnci, genellikle üzerinde yazılıdır. Yazılı değilse katalog bilgisinden kontrol ederek hoparlörün direncini, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler kısmına yazınız.
4. Görsel 3.52'deki multimetre komütatörünü ohm kademesine getiriniz.
5. Multimetre prob uçlarını hoparlörünüzün uçlarına dokundurunuz.
6. Multimetre ekranında bir değer; hoparlörünüzden çok küçük bir karıncalanma sesi alıp almadığınızı uygulamaya ilişkin değerlendirmeler kısmına yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

1. Hoparlör üzerinde yazan değer:
2. Multimetre ile ölçülen değer:
3. Ölçüm sonucuna göre hoparlörünüzün sağlam olup olmadığını yazarak sebebini açıklayınız.

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Hoparlörün direnç değerinin bulunması	20	
Sınıfı :	3	Multimetre ile hoparlörün direnç değerinin bulunması	20	
Öğretmenin	4	Sürenin doğru kullanılması	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip ve düzen	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 3.6. MİKROFONUN SAĞLAMLIK KONTROLÜ

AMAÇ

İş sağlığı ve güvenliği kuralları ile ilgili tedbirleri alarak mikrofonun sağlamlık kontrolünü yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



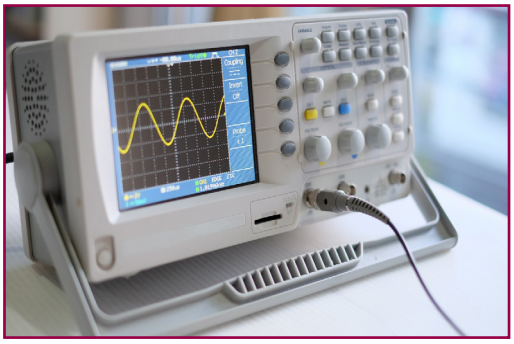
Görsel 3.53: Multimetre



Görsel 3.54: Mikrofon



Görsel 3.55: Preamplifikatör



Görsel 3.56: Osilaskop

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Mikrofon		1 adet
AVOmetre		1 adet
Osilaskop		1 adet
Preamplifikatör		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. Tüm araç ve gereçleri hazırlayınız.
2. İş güvenliği ile ilgili gerekli önlemleri alınız.
3. Görsel 3.54'teki mikrofonun direnci genellikle üzerinde yazılıdır. Yazılı değilse katalog bilgisinden kontrol ederek direncini uygulamaya ilişkin değerlendirmeler kısmına yazınız.

4. Görsel 3.53'teki multimetre komütatörünü ohm kadesine getiriniz.
5. Multimetre prob uçlarını mikrofon uçlarına dokundurunuz.
6. Multimetre ekranındaki bir değeri, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler kısmına yazınız.
7. Daha sonra mikrofonun çıkışına bir preamplifikatör (Görsel 3.55) (çok küçük sinyalleri yükselten yükseltici) bağlayınız.
8. Preamplifikatörün çıkışını da bir osilaskoba (Görsel 3.56) bağlayarak mikrofona ses dalgası veriniz.
9. Uyguladığımız seslere göre osilaskop ekranında gördüğünüz şekli, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler kısmına çiziniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

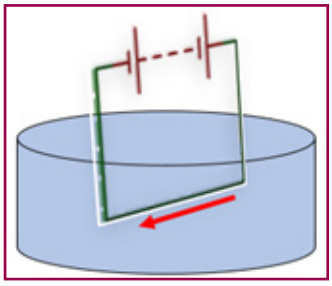
1. Mikrofon üzerinde yazan değer:
2. Multimetre ile ölçülen değer:
3. Osilaskop ekranında gördüğünüz sinyali çiziniz.
4. Ölçüm sonucuna göre mikrofonun sağlam olup olmadığını yazarak sebebini açıklayınız.

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Mikrofonun direnç değerinin bulunması	20	
Sınıfı :	3	Multimetre ile mikrofonun direnç değerinin bulunması	20	
Öğretmenin	4	Osilaskopta mikrofon sinyalinin gözlemlenmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

3.7. Sıvı-İyon Algılayıcı ve Dönüştürücüleri

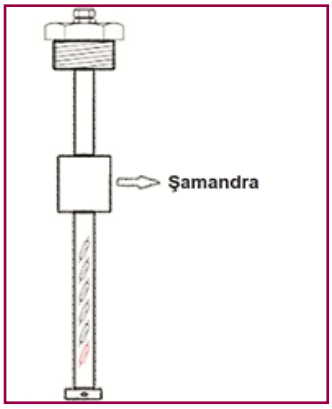
Biyomedikal alanda sıvı-iyon algılayıcı ve dönüştürücüleri; özellikle kan ölçümlerinde, kan içinde bulunan gaz iyonlarının algılamasında ve kanın kimyasal yapısının incelenmesinde kullanılmaktadır.



Görsel 3.57: Sıvıların iletkenliği

3.7.1. Sıvılarda İletkenlik

Birçok katı, üzerinden geçen akıma karşı direnç gösterir. Bu şekilde öz direnç ve iletkenlik gibi kavramlar ortaya çıkar. Sıvılar için de aynı durum geçerlidir. Sıvı iletkenlerde elektrik yüklerinin taşınması, sıvının içindeki iyonlar tarafından sağlanır. Sıvıların iletkenliği, içerisinde bulunan serbest iyonlarla doğru orantılıdır. Görsel 3.57'de, tamamen sıvı dolu bir kabın içine yerleştirilen telin üzerinden akım geçişi temsili olarak gösterilmiştir.



Görsel 3.58: Sıvı seviye algılayıcısı

3.7.2. Sıvı Seviye Algılayıcıları

Sıvı seviye algılayıcıları, sıvıların yükseklik seviyesini algılayarak gerekli durumlarda ikaz veren bir sisteme sahiptir. Görsel 3.58'de gösterilen şamandıra sıvı seviyesinin değişimi ile hareket eder. Şamandıranın hareketi sonucunda bağlı olan direnç değerleri de değişir. Direnç uçları opamp ya da wheatston köprüsü gibi değişken direnç değerlerini yorumlayan bir devreye bağlanarak ölçümler gerçekleştirir. Bu sayede özellikle kapalı mekanizmalar içindeki sıvının seviyesinin ölçümü gerçekleştirilmiş olur.



Görsel 3.59: Topraktan nem ölçümü

3.7.3. Nem Algılayıcıları

Nem sensörü, nem miktarını veya ufak ölçekte bir sıvının seviyesini ölçmek için kullanılan bir sensördür. Nem ölçer problar, ölçüm yapılacak ortama batırılarak kullanılır. Toprağın veya içine batırılan sıvının meydana getirdiği dirençten dolayı, prob uçları arasında bir gerilim farkı oluşur. Görsel 3.59'da topraktan nem ölçümü, Görsel 3.60'ta ise odunların içinden nem ölçümü görülmektedir. Bu gerilim farkının büyüklüğüne göre de nem miktarı ölçülebilir. Nem oranı arttıkça iletkenliği de artmaktadır.



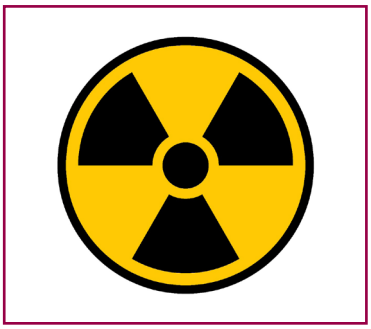
Görsel 3.60: Odunun içindeki nem ölçümü

3.8. Radyoaktivite Algılayıcı / Dönüştürücü ve Sensörleri

Atom çekirdeğinin tanecikler veya elektromanyetik ışımalar yayarak kendiliğinden parçalanmasına radyoaktivite denir. Bir enerji türüdür ve çekirdek tepkimesi sırasında ortaya çıkar. İnsan vücudundan ve bir çok nesnenin içinden geçebilir. Toprağın, kayaların ve özellikle kurşunun içinden rahatça geçemez. Radyasyon yayan nesneler, radyoaktif olarak adlandırılır.
Çevremizde her zaman için bir miktar radyasyon bulunur. Ancak radyasyonun fazlası insan sağlığını tehdit eder ve daha ileri safhalarda ölüme yol açabilir.

3.8.1. Radyoaktivite Işıma Şiddetini Algılama

Radyasyon, duyu organları ile hissedilemez. Tıbbi görüntüleme sistemlerinin çoğunda X-ray ışınları kullanılmaktadır. X-ray ışını kullanan bu cihazlardan dolayı birçok çalışan, radyasyona maruz kalmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için görüntüleme odalarının kurulumu aşamasında bir dizi önlemler alınmaktadır (Görsel 3.61). Tüm önlemlere rağmen çalışanların kontrol altında tutulması ve çalışma esnasında aldıkları radyasyon oranının tespit edilmesi gereklidir (Görsel 3.62). Bu kontrol tekniklerine **mesleki ışınlanmaların kontrolü işlemi** denir. Bu kontrolleri, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) yürütmektedir.



Görsel 3.61: ISO'nun belirlediği iyonlaştırıcı radyasyon işareti

TAEK tarafından, radyoaktivite altında çalışan personel için yıllık alınacak radyasyon doz seviyeleri belirlenmiştir. Mesleki ışınlanmalar için etkin dozun ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'yi, herhangi bir yılda ise 50 mSv'yi geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eş değer doz sınırı 500 mSv, göz merceği için 150 mSv'dir (Sv = Radyasyon ışıma birimi). Bu değerlerin takibi ise dozimetre denilen radyoaktivite ışıma algılayıcısı ile yapılır.



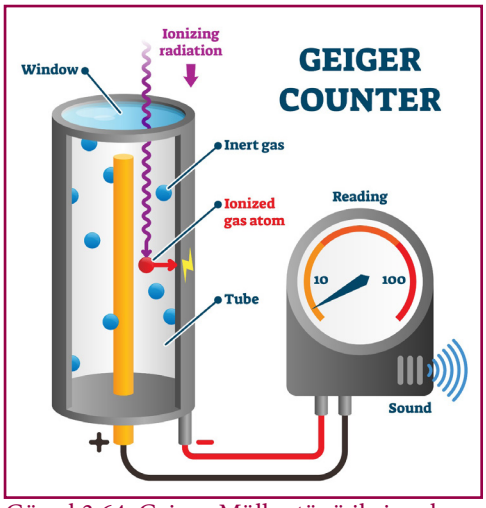
Görsel 3.62: Radyasyon dozunun ölçümü

3.8.2. Dozimetre ile Ölçüm Yapma

Radyasyonun canlılar üzerindeki etkilerini tespit etmede kullanılan detektörlere **dozimetre** denir. Dozimetre, çalışanlar için kişisel doz izlemesi yapar (Görsel 3.63). Radyoaktif bulaşma olasılığı olan yerlerde çalışanların tüm vücut sayımları belli aralıklarla yapılarak kayıtları tutulur. Kişilerin maruz kaldığı ışınlanma miktarını belirlemek için film dozimetreler, TLD dozimetreler, optik (lazerle okunan AlO3) dozimetreler, cep iyonizasyon odacıkları ve diğer küçük radyasyon dedektörleri gibi kişisel ölçüm cihazları kullanılır. Bu cihazların çoğu, kullanım boyunca alınan integral etkin doz eş değerini verir. Dozimetreler; kurşun önlüğün dışına, yakaya takıldığı takdirde baş ve boynun aldığı dozları verir. Tüm personel için dozimetre değerlerinin kayıtları düzenli bir şekilde saklanmalı ve mutlaka takip edilmelidir. Dozimetre seçimi radyasyon tipine, enerji aralığına, ölçüm açısına, menziline ve cevap süresine bağlı olarak farklılık gösterir. Radyasyonun özelliklerine göre çeşitli maddelerde meydana getirdikleri renklenme, ağartma, iyonlaştırma ve enerji soğurması gibi etkilerinden yararlanılarak ölçülmeleri sağlanır.



Görsel 3.63: Kişisel dozimetre



Görsel 3.64: Geiger-Müller tüpü ile iyonlaştırıcı radyasyon ölçümü

3.8.3. Geiger-Müller Tüpü ile Algılama

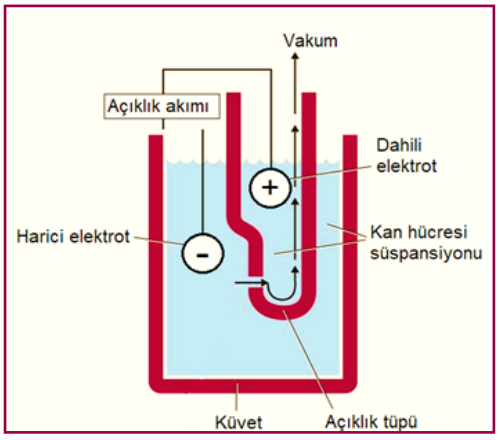
Bakır veya uygun maddeden yapılmış bir silindirik katot ile silindirin ekseninden geçen tungstenden yapılmış bir anottan oluşur. Cam tüpün içindeki iyonlaşma odasında, düşük basınçlı argon ve alkol karışımı gaz vardır.

Radyoaktif maddeden çıkan ışınlar, gaz içinden geçerken iyonlaştırma ilkesine göre çalışır. Görsel 3.64'te görüldüğü gibi sayacın cam penceresinden içeriye giren radyasyon, gaz moleküllerinin iyonlaşmasını sağlar. Bu iyonlar, elektrik alanı tarafından hızlandırılır. Hızlanan iyonlar diğer gaz atomlarına çarparak onları iyonlaştırır ve anotla katot arasında kısa süreli bir akımın geçişini sağlar.

Oluşan akım anotla katot arasındaki gerilimi düşürür ve iyonlaşma yavaşlamaya başlar. İyonlaşma iyice yavaşlayınca akım kesilir. Sayaca yeni bir radyasyon girince devreden yine kısa süreli akım geçer. Bu kısa süreli akımlar, direncin uçları arasında kısa süreli gerilim değişmelerine sebep olur. Bu kısa süreli akım–gerilim değişmeleri sayaca bağlı olan elektronik aletlerle sayılabilir.

3.9. Mikroorganizma Algılayıcı / Dönüştürücü ve Sensörleri

Mikroorganizmalar, çevrelerindeki mikrobiyel yoğunluk ve ortama verdikleri sinyal molekülleri sayesinde algılanabilmektedir. Mikroorganizmalar arasında gözlemlenen iletişim sistemleri, hücrelerin yoğunluğuna bağlı bir toplu davranış biçimi şeklinde çalışmaktadır. Mikroorganizma algılayıcıları gözle görülemeyen boyuttaki canlıların algılanması ve sayılması için kullanılan sensörlerdir. Biyomedikal alanda bu algılayıcılara daha çok laboratuvar alanında ve kan sayım cihazlarında rastlamak mümkündür.



Görsel 3.65: Elektriksel direnç değişimi

Elektriksel Direnç Değişimi Yöntemi

Kan hücrelerinin sayımı, hücrelerin direncinin çevresini saran sıvının direncinden farklı olmasından faydalanılarak gerçekleştirilir. Bu farkın tespiti için genellikle kan sayım cihazlarında kullanılan çeşitli düzenekler mevcuttur. Görsel 3.65'te elektriksel direnç değişimine örnek bir düzenek gösterilmektedir. İki ayrı bölmenin bulunduğu bu düzenek, bir açıklık ile birbirine bağlantılı çalışmaktadır. Ölçülmesi istenen sıvı, küvete doldurulur. Sıvının geçişinde ve iletiminde başlarda bir problem olmadığı için + ve – probların bağlantı noktalarından yapılan direnç ölçümü, düşük çıkacaktır. Bir süre sonra partiküller açıklıktan geçmeye başlar. Orada birikim oluştukça sıvının iletimi zorlaşacağı için ölçülen direnç değeri de artacaktır. Bu değişim prensibine dayanarak ölçümler değerlendirilir.

3.10. Elektrotların Sağlamlık Kontrolü

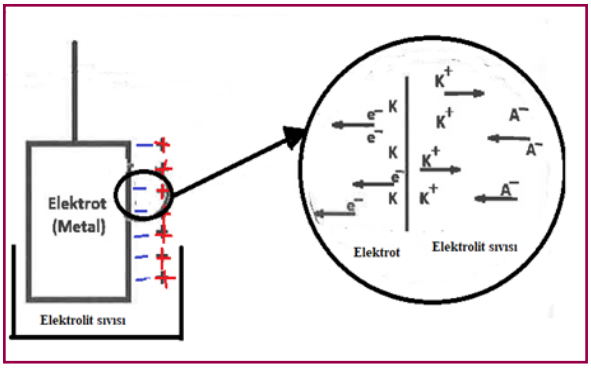
3.10.1. Elektroliz ve Elektrotlar

Canlı organizma içerisinde akım, elektronik cihazlarda iyonlar taşınırken tellerde ise elektronların hareket etmesiyle gerçekleşir. Canlı organizmadaki iyonik akımı algılayarak elektronik akıma çeviren sensörlere **elektrot** adı verilir. Elektrotlar bu algılamayı hem vücut içerisine yerleştirildiğinde hem de deri yüzeyine yerleştirildiğinde gerçekleştirmektedir.

Biyoelektrik gözlemler için ilk basamağı, elektrotlar oluşturur. Metal veya sıvı yapıda olan elektrotlar, biyoelektrik olayların deteksiyonundan başka dokulara elektrik akımı uygulamada da kullanılır.

Biyosinyalin elektrotlar aracılığıyla nasıl algılandığını anlayabilmek için öncelikle iyonlarla elektronlar arasındaki etkileşimin bilinmesi gerekmektedir. Bu etkileşimi kavrayabilmek için istenilen özellikte olan bir metal elektrot; elektrolit olarak adlandırılan iyonize, daha iletken bir sıvının içerisine daldırılır. Elektrot tarafında akım taşıyıcı olarak elektronlar elektrolit tarafında ise katyon (C+) ve anyonlar (A-) bulunur. Elektrot, elektrolit sıvısının içerisine daldırıldığında elektrolit arayüzeyinde bir yük dağılımı oluşur. Bu bölgesel yük dağılımı, doğal olarak arayüzde bir potansiyel farkın oluşmasına sebep olur. Bu potansiyel yarı hücre potansiyeli olarak adlandırılır ve her metal için farklılık gösterir. Bir metalin yarı hücre potansiyeli tek başına ölçülemez ve sabit bir değere ihtiyacı vardır. Hidroje atomunun değeri "1" kabul edilmiştir ve tüm metallerin yarı hücre potansiyeli bu belirlenen değere göre ölçülür.

Görsel 3.66'da görüldüğü gibi elektrot ile solüsyon arasında, katyon ve anyon hareketliliğini sağlayacak yükseltme indirgeme reaksiyonu oluşur. Bu reaksiyona göre elektrolit anyonlar arayüzeye yaklaşırken aynı yükler birbirini iter ve elektrolit sıvısındaki katyonlar arayüzden uzaklaşır. Bu reaksiyonu önlemek için elektrottaki elektronlar arayüzden uzaklaşır ve akım oluşur.



Görsel 3.66: Elektrot elektrolit arayüzündeki yük dağılımı

3.10.2. Algılama Amaçlı Elektrot Çeşitleri

Bir kaynaktan sinyal kaydetmek istendiğinde, iyon hareketliğinden kaynaklanan elektron akışının elektrot üzerinde kalmadan yani elektron akışına direnç uygulanmaksızın gerçekleşmesi istenir. Ag-AgCl gibi en yaygın elektrot malzemeleri bu özeliğe sahip malzemelerdir.

Biyosinyallerin en genel ölçme yöntemi, vücut yüzeyinden yapılan ölçümlerdir. Bu durumda alttaki birçok hücrenin aksiyon potansiyellerinin yüzeye gelen toplamı alınmaktadır. Bazı ölçümlerde ise bir sinire, kasa veya beynin belirli bölgelerine batırılan iğne elektrotlar yardımıyla ölçüm yapılmaktadır. Biyosinyallerin vücut yüzeyine nasıl ulaştığı kesin olarak bilinmemektedir. Ortaya birçok teori atılmıştır. Ölçme metodu ne olursa olsun biyoelektrik potansiyellerin oldukça iyi bilinen dalga şekilleri mevcuttur. Genel olarak algılama amaçlı kullanılan elektrotlar; yüzey elektrotları, dâhilî elektrotlar ve mikro elektrotlar şeklinde sıralanabilir.

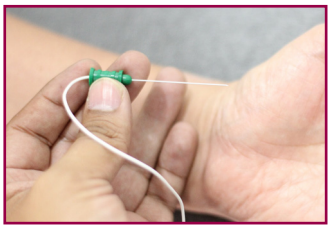
Yüzey Elektrotları



Görsel 3.67: Çeşitli yüzey elektrotları

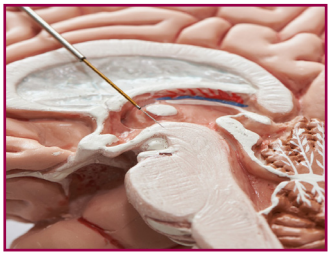
Yüzey elektrotları; yerleştirilecekleri vücut bölgesi, kaydedilecek sinyalin türü, kişinin yaşı ve kayıt süresi gibi farklı parametrelere göre birçok ebatta olabilmektedir. Yüzey elektrotları, biyosinyallerin deri üzerinden algılanmasında kullanılır. Görsel 3.67'de görüldüğü gibi metal plaka elektrotlar, emici düzenli elektrotlar, gezici elektrotlar, tek kullanımlık elektrotlar, bükülebilir elektrotlar ve kuru elektrotlar gibi çeşitleri mevcuttur.

İğne Elektrotlar


Görsel 3.68: İğne elektrot

Dâhilî elektrotlar, biyopotansiyel işaretleri vücut içinden algılamakta kullanılır. Görsel 3.68'de görüldüğü gibi deri altına batırılan iğne şeklinde olanları bulunduğu gibi tümüyle vücut içine gömülüp haricî kuvvetlendiriciye telemetri verici düzeni ile bağlı olanları da bulunmaktadır.

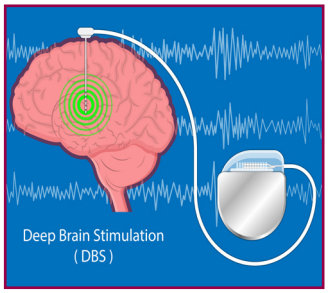
Mikro Elektrotlar


Görsel 3.69: Mikro elektrot uygulaması

Mikro elektrotlar; hücre odaklı çalışmalarda, hücre zarlarında bulunan kapıların iyon geçirgenliğinin incelemek istendiği çalışmalarda kullanılmaktadır (Görsel 3.69). Bir hücreden daha küçük uçları bulunan bu elektrotla metal, mikro pipet ve metal kaplı mikro pipet olarak üç tipi bulunmaktadır.

3.10.3. Uyartım Amaçlı Elektrotlar

Beyin Uyarıcı (Brain Stimulate) Elektrot



Görsel 3.70: Beyin pili uygulaması

Beyin uyarıcı [brain stimulate (brayn stimileyt)] pacemaker (pismekır) cihazı, parkinson veya epilepsi hastası olan kişilere ameliyatla beyin içine elektrot kısmı, göğüs içine de cihazın ana gövdesi gelecek şekilde yerleştirilir (Görsel 3.70). Cihaz, pil (batarya) ile çalışmakta olup ürettiği sinyaller elektrot yardımıyla beyne iletilir. Beynin uyarılması sağlanarak fonksiyonlarını normal yapması sağlanır.

Defibrilatör (Dışardan Kalp Uyarıcı) Elektrodu

Fibrilasyona uğramış veya yeni durmuş kalbe elektrik enerjisi şok hâlinde verildiği takdirde kalp dışarıdan uyarılmış olur ve kasılır. Dışarıdan uygulanan bu uyartım işlemi **defibrilatör** denilen cihazlarla yapılır.

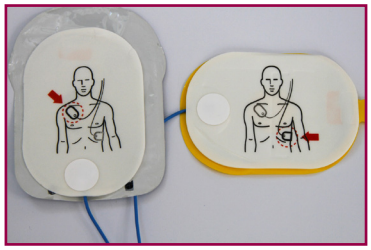


Görsel 3.71: Defibrilatör elektrodu

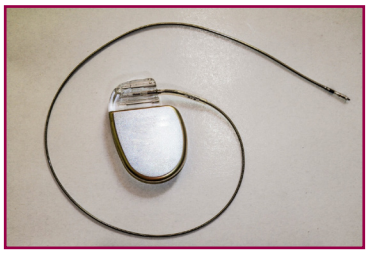
Defibrilatör cihazında iki adet elektrot (paddle) bulunur. Tutma saplı olanları (Görsel 3.71) ve vücuda yapıştırılan cinsten (Görsel 3.72) olanları mevcuttur. Defibrilasyon anında elektrotların iletken kısımlarına ve hasta vücuduna dokunulmamalıdır. Aksi hâlde yüksek elektrik şokuna maruz kalınır.

Kalbi İçeriden Uyaran Pacemaker (Kalp Pili-ICD) Elektrodu

Pacemaker, elektrotları yardımıyla kalbe periyodik uyartımlar vererek çalışma düzenini sağlayan bir cihazdır. Hastanın vücut anatomisine göre genellikle sağ omzun ön alt tarafından açılarak damara girilir ve kalbi en az eşik değeriyle uyarabilecek noktaya elektrotlar yerleştirilir. Pilin kendisi ise açılan yerde deri altına yerleştirilir. Kalbin ihtiyacına göre şok vermesi ya da kalbi uyarması için programlanır. Elektrot uçlarında sensörler bulunur. Bu sensörler, kalp atış hızını algılayarak kalp ritim hızını takip eder ve gerektiğinde kalbi uyarır (Görsel 3.73).



Görsel 3.72: AED (otomatik external defibrilatör) elektrodu



Görsel 3.73: Kalp pili ve elektrodu

3.10.4. Elektrot Durum Dedektörü

Uzun süreli kullanılan kardiyak monitörlerinde, elektrot ve hasta bağlantısı çok önemlidir. İstenmeyen durumlarla karşılaşmamak için yoğun bakım merkezlerinde elektrotlar oldukça sık (günde bir kere) değiştirilir. Gelişmiş kardiyak monitörlerinin çoğunda elektrotların hastaya temasında meydana gelecek bir bozulmayı gösteren alarm sistemleri bulunmaktadır. Elektrot bağlantılarında meydana gelebilecek bir bozukluk sonucu, elektrotlar arası empedans aniden yükselerek eşik dedektörü tetiklenir ve alarm devresi çalışır.

3.10.5. Bağlantı Çeşitlerine Göre Elektrotlar ve Fiziksel Özellikleri

Klips (Clip) Elektrotlar

Sıkıştırmalı, yaylı ve tokalı tip elektrotların geneli klips (clip) elektrotlar olarak adlandırılır (Görsel 3.74). Bu elektrotlar, vücudun ilgili bölgesine takıldıktan sonra çıkarılıncaya kadar orada kalır. Bu elektrotları kullanmak, kullanıcının daha rahat ölçüm yapması açısından pratiklik sağlar. Yaylı ve sıkıştırmalı olduğu için kolay kolay gevşeme olmaz ve elde edilen veriler daha sağlıklı olur. Bu özelliği dolayısıyla pediatride de (çocuk) kullanım alanı bulur.



Görsel 3.74: Klips elektrot



Görsel 3.75: Vakum elektrot

Emme (Vakum) Elektrotlar

Emme elektrotlar, biyoelektrik işareti ölçülecek olan bölgeye vakum yapılmak suretiyle kullanılır ve bölgeden elde edilen işaretin daha sağlıklı ölçülebilmesini sağlar. Görsel 3.75'de görüldüğü gibi bu tip elektrotlarda yapışkan yüzeye ihtiyaç yoktur. Biyo işareti, ölçülecek dokuya iç basıncın düşürülmesi (vakum) suretiyle yapışmaktadır.



Görsel 3.76: Vakum elektrot

Strap (Kayış) Elektrotlar

Bu elektrotlar el bileği, ayak bileği, kol ve baş çevresi gibi bölgelerdeki biyo işaretleri ölçmek amacıyla kullanılır. Çapları ve uzunlukları ayarlanabilir.

Yapışkan (Adhesive) Elektrotlar

Yapışkan elektrotlar, direkt olarak deri üzerine yapıştırılarak kullanılır (Görsel 3.76). Elektrot, koruyucu kılıfından çıkartılır ve önceden temizlenmiş olan bölgeye yapıştırılır.

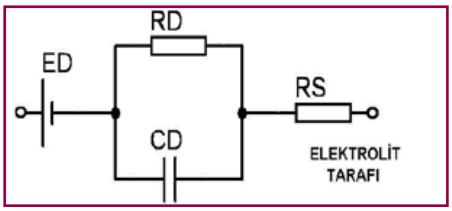
3.10.6. Elektrotlarda Kullanılan Jeller (Gel)



Görsel 3.77: Vakum elektrot

Elektrotlarda kullanılan jellerin kulanım amacı, sinyal kaynağının fiziksel hareketiyle oluşabilecek gürültüyü azaltmak ve elektrotla biyokaynak arasındaki direnci en aza indirmektir. Jeller, yüksek derecede iletken malzemelerdir (Görsel 3.77). Biyosinyal kaydına başlamadan önce, elektrodun yapıştırılacağı bölgeye sürülmektedir. Jellerin viskozitesi yüksek ve alerjik vb. yan etkilerinin olmaması gerekmektedir.

3.10.7. Elektrodun Elektriksel Devre Modeli ve Elektriksel Özellikleri

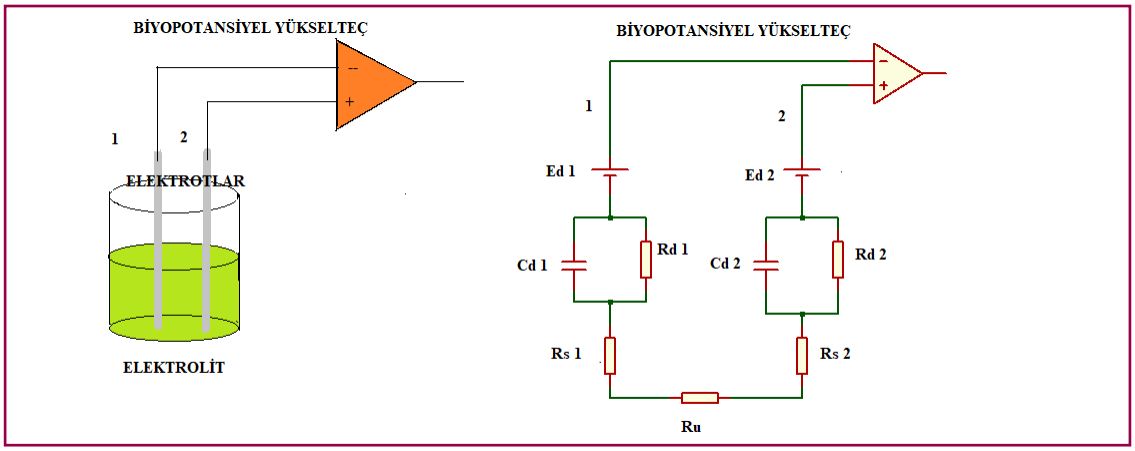


Görsel 3.78: Elektrodun eş değer devre modeli

Bir elektrodun elektriksel devre modeli Görsel 3.78'de gösterildiği gibidir. Burada CD, elektrot ve elektrolit ara yüzündeki yük birikiminin neden olduğu kapasiteyi, RD ise bu kapasitenin kaçak direncini temsil etmektedir. ED ise elektrodun yarı hücre potansiyeline karşılık olan gerilim kaynağıdır. RS, elektrolidin direncine karşılık gelir. Kullanılan elektrot Ag / AgCl elektrodu ise CD kapasitesi oldukça küçüktür ve bu yüzden de kapasitif etki oldukça azdır.

Görsel 3.79'da, elektrotların doku ile olan bağlantı durumu elektriksel eş değer modelinin çıkarılmasına yardımcı olabilecek şekil ve elektriksel eş değer modeli gösterilmiştir. Görsel 3.79'da elektrotlar, görseldeki e-

lektrot eş değer devresi ile elektrolit ise rezistif karakter göstermesi nedeni ile Ru direnci olarak gösterilmektedir.



Görsel 3.79: Elektrot-elektrolit ve yükselteçten oluşan sistem ve bu sistemin basitleştirilmiş elektriksel eş değer modeli

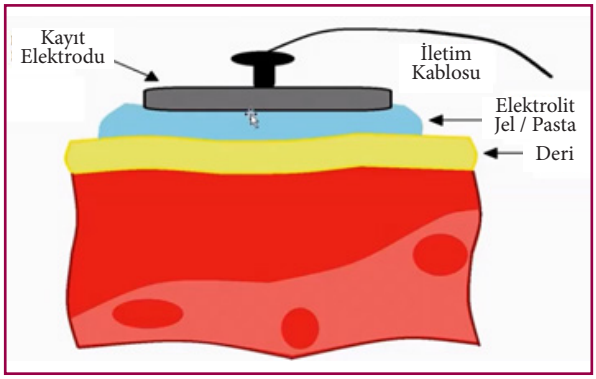
3.10.8. Ohmmetre ile Elektrotların Sağlamlık Kontrolü

Elektrotlar, hayati öneme sahip bilgiler verir. Bazen bir hastanın hayati fonksiyon bilgileri, bu elektrodun doğru bilgiler vermesiyle yakından ilgilidir. Hayati fonksiyon bilgilerinin doğru alınabilmesi için elektrotların sağlamlığı önemlidir. Bilinen yöntemlerle örneğin, AVOmetre ile bir elektrodun sağlıklı çalışıp çalışmadığı anlaşılamaz. Elektrot "lead"lerinin sağlamlık testleri, AVOmetre ile yapılabilir. Elektrotların en sağlıklı ölçümleri, hasta simülatör cihazlarıyla güvenilir olarak yapılabilir.

3.11. Elektrot Parazitlerini Önleyici Tedbirler

3.11.1. Elektrot Bağlamada Dikkat Edilecek Özellikler

- Elektrotların sağlam ve temiz bir yapıda olduğu kontrol edilir.
- Elektrotların iletkenliği kontrol edilir. Arızalı olmadığı tespit edilir.
- Uygulama bölgesine göre gerekli olan iletkenlik artırıcı ve gürültü engelleyici malzeme, ilgili bölgeye uygulanır (EKG jeli ve EEG pastası gibi).
- Hasta / sağlıklı bireyin bağlantı yapılacak bölgesi, gerekli görülürse tıraşlanarak elektrotların cilt ile temas etmesinin engelleri ortadan kaldırılır.
- Elektrot kabloları birbirlerine karıştırılmadan ve iletken bölgeleri birbirlerine temas etmeyecek şekilde bağlantı gerçekleştirilir. Görsel 3.80'de bir elektrodun deriye bağlantısı temsili olarak gösterilmektedir.



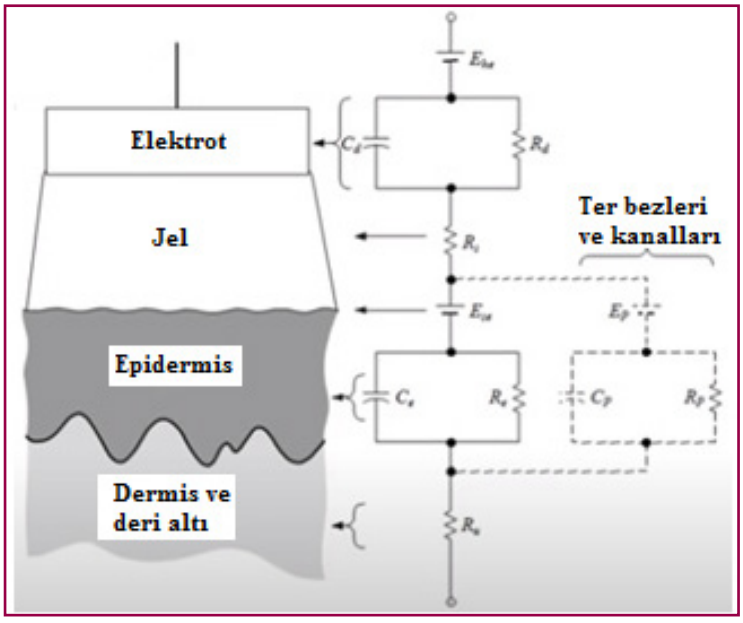
Görsel 3.80: Deriye elektrot bağlantısı

3.11.2. Elektrotların Temizlenmesi

Elektrotlar, ilk kullanımları sırasında steril bir ambalaj içerisinde ise temizlenmeye gerek duyulmaksızın kullanılabilir. Elektrotlar, steril bir ambalaj içerisinde değilse veya ilk kullanımdan sonra tekrar kullanılacaksa şu hususlara dikkat edilmelidir:

Elektrotların malzeme özellikleri dikkate alınarak uygun kimyasal solüsyonlar ile temizliği sağlanmalıdır. Solüsyonun ne miktarda uygulanacağı ve ne kadar süre elektrodun solüsyona maruz bırakılacağı kullanılan solüsyonun içeriği ile ilgilidir. Bu nedenle elektrotlar malzeme özellikleri ve kullanılacak kimyasal solüsyon özellikleri dikkate alınarak temizlenmelidir. Elektrotların temizliği sırasında elektrotlara fiziksel ve kimyasal olarak zarar verilmemelidir. Bunun için uygun temizleyiciler seçilmelidir. Uygun olmayan temizlik malzemeleri ve yöntemleri elektrotların dönüştürücü özelliklerini kaybetmelerine sebep olabilir.

Elektrotların temizliği, elektrotlar ile elde edilecek fizyolojik sinyallerin doğru bir şekilde algılanabilmesi için büyük önem taşımakla birlikte hasta ve çalışanın herhangi bir bulaşıcı hastalığa (viral, bakteriyel ve fungal) maruz kalmaması için çok önemlidir.



Görsel 3.81: Elektrodun eş değer devre modeli

3.11.3. Elektrotların Biyolojik İşaretleri Algılama Tekniği

Biyolojik işaretlerin tıpta teşhis amacına yönelik algılanabilmesi için vücut ile ölçme düzeni arasındaki iletişimi sağlayan, çeşitli amaçlar için organlara akım gönderilmesine yarayan elemanlara **elektrot** adı verilir. Elektrotlar bu görevlerini iyon akımını elektron akımına veya elektron akımını iyon akımına dönüştürerek gerçekleştirir. Elektrotların iyon akımını elektron akımına dönüştürme işlemi, elektrotların içinde bulundukları sıvı elektrolit ortamda ve elektroda yakın olan arayüzde gerçekleşir Görsel 3.81).

Elektrolit içinde elektrot atomlarının elektronlarını kaybederek pozitif iyon durumuna gelmesini (oksidasyon reaksiyonu) sağlayan veya tersine elektrolit içindeki elektrot malzemesinden elektron çalarak negatif iyona dönüşmesini sağlayan işlemler ile karşılaşılır. Yani elektrottan akım geçmediği sürece bu kimyasal reaksiyonlar dengede kalmaktadır. Bu eşitlikte katyon ve anyonların değerliklerini değişerek denge sağlamaları **elektrotların biyolojik işaretleri algılama tekniği** olarak adlandırılabilir. Kullanılan elektrodun yapıldığı malzeme ve kullanılan elektrolit sıvıdaki iyon aktivitesine göre değişen bu potansiyele **yarı hücre potansiyeli** adı verilir.

3.11.4. Elektrotların Olası Zararlı Etkileri

Elektrotlar uygun koşullar altında kullanılmazsa kaçak akımlara sebep olabilir. Kaçak akımlar, hasta veya sağlıklı bireyde zararlı etkiler meydana getirebilir. Elektrotların uygun bir şekilde temizlenmemiş olması, uygun malzeme seçiminin yapılmamış olması, elektrodun yanlış bölgede kullanılıyor olması, elektrot kablolarındaki arıza durumları, iletkenliğin ve yalıtkanlığın istenilen düzeyde olmaması gibi sebepler ters akımlara veya kaçak akımlara sebebiyet verebilir. Böyle durumlarda istenmeyen riskler meydana gelir. Ayrıca invaziv elektrotlarda eğer oksidayon durumu varsa elektrot malzemesinin dokuya nüfuz etmesine ve dolayısıyla hücre zehirlenmesine yol açabilir. Elektrot açısından da bu oksidasyon, iletim bozukluklarına sebep olur.

3.11.5. Elektrotların Ölçümler Üzerine Etkileri

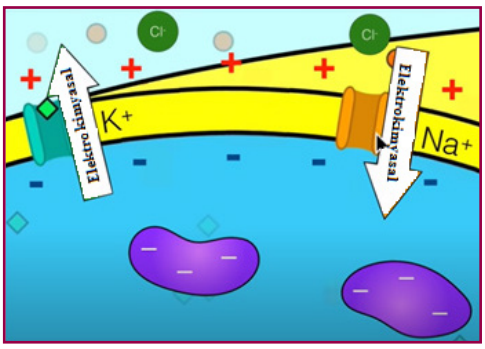
Elektrotlar, uygun yapıda ve sağlam durumda ise biyolojik işaretler elektrotlar aracılığıyla algılanarak tespit edilebilir. Biyolojik işaretlerin algılanabilmesi için temel unsur elektrotlardır. Elektrotlar, biyolojik işarete ve ölçüm bölgesine ve ortam şartlarına göre uygun yapıda seçilmelidir. Uygun olmayan elektrot özellikleri; biyolojik işaretlerde bozulmaya, bilgi kaybına veya tespit edilememeye sebep olur.

3.11.6. Hücrelerde Elektriksel Aktivasyon

Canlıların bağımsız olarak yaşamını sürdürebilen en küçük parçasına **hücre** denir. Hücrelerde elektriksel işaretler, hücrenin uyarılabilme özelliği nedeniyle oluşur. Hücrelerin uyarılabilme özelliği, belirli bir hücreden başka bir hücreye önemli ölçüde değişir. Sinir ve kas hücreleri, en büyük uyarılabilme özelliklerine sahiptir. Bu tip hücrelerin membranlarının bir kısmı, eşik seviye olarak isimlendirilen bir değerin üzerindeki işaret ile uyarılacak olurlarsa bu uyarma bütün hücreye yayılır Görsel 3.82)ww. Eşik değerin altındaki uyaranlarda ise herhangi bir uyartım oluşmaz. Buna **ya hep ya hiç prensibi** denir.

3.11.7. Elektrot Arıza Dedektörü

Elektrotların göz ile elektriksel güvenlik test analizörüyle veya Görsel 3.83'teki gibi ölçü aleti (AVOmetre ve multimetre gibi) ile arıza durumları kontrol edilebilir. Elektrotların girişine uygulanan bir işaretin elektrot çıkışında ölçümü ile elektrodun sağlamlık durumu, yüksek empedans veya düşük empadans durumu tespit edilebilir. Ayrıca elektrot uçları arasında bir fark olup olmadığının tespiti için girişe bir işaret verildiğinde elektrot uçları arasındaki gerilim farkı tespit edilebilir. Elektrot ve toprak, elektrot ve şase arasındaki akım değerleri ölçülerek sağlamlık ve elektriksel güvenlik testleri yapılabilir. Elektriksel güvenlik testleri için TS EN 60601-1 güvenlik standardı temel olarak alınır.



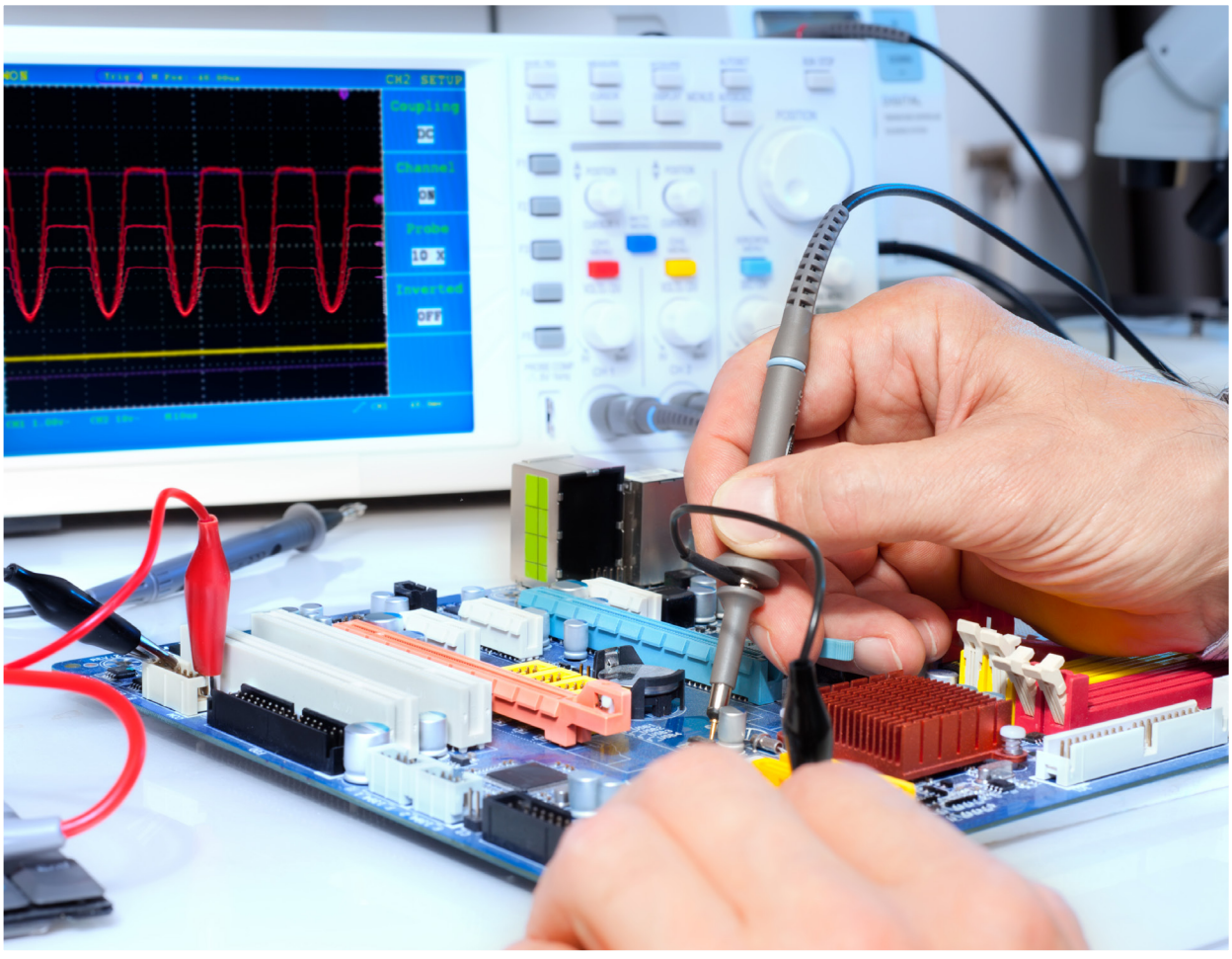
Görsel 3.82: Hücre elektriksel aktivasyonunu sağlayan iyon geçişi



Görsel 3.83: EKG elektrotları bağlantı kablosunun multimetre ile kontrolü

4

BİYOPOTANSİYEL YÜKSELTEÇLER



Bu öğrenme biriminde;

- Biyopotansiyel yükselteçleri seçmeyi
- Biyopotansiyel yükselteç devrelerini çalıştırmayı öğreneceksiniz.

AMAÇ

Biyopotansiyel yükselteçleri; tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak seçmek. Biyopotansiyel yükselteç uygulamaları yaparak devreleri çalıştırmak.

GİRİŞ

Tıpta, kişilerin sağlık durumlarının belirlenebilmesi amacıyla tanı koymak hayati önem taşımaktadır. Doğru tanının konulabilmesi için insan vücudunun oluşturduğu biyolojik işaretlerin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu işaretler çok düşük genlikli (100 µV-1 mV), alçak frekanslı (0,1 Hz-2000 Hz) zayıf sinyaller olduğu için algılanmaları oldukça zordur. Ayrıca bu tip sinyaller, çeşitli etkenler sebebiyle gürültü içermektedir. Temel gürültü kaynaklarına örnek olarak 50 Hz'lik şebeke gürültüsü, diğer biyolojik işaret kaynakları ve elektronik eleman gürültüleri verilebilir. Yükselteçler sayesinde istenen sinyallerin kuvvetlendirilmesi ve istenmeyen gürültülerin filtrelenmesi gibi işlemler yapılabilmektedir.
Biyolojik işaretlerin işlenmesini daha iyi anlayabilmek için biyopotansiyel yükselteçlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde; biyopotansiyel yükselteçlerin görevleri, genel yapıları ve çeşitleri hakkında bilgi verilecektir.

4.1. Biyopotansiyel Yükselteçler

Canlı vücudundan dönüştürücüler aracılığıyla algılanan sinyallere **biyolojik işaretler** denir. Biyolojik işaretler; insan vücudundaki sinir sistemi, beyin, kalp ve kas gibi çeşitli organların faaliyetleri sırasında oluşur. Bu işaretler, uygun algılayıcılar ile algılandıktan sonra çeşitli işlemlerden geçirilir. Yeterince açık ve anlaşılır sinyallerin oluşturduğu çıktılar, hekimlere büyük kolaylık sağlar. Biyolojik işaretlerden elde edilen verilerin işlenmesinde bazı elektronik düzeneklerden yararlanılır.



Görsel 4.1: Genel bir elektronik sistem blok diyagramı

Elektronik düzenekler genel olarak Görsel 4.1'de şematize edildiği gibi giriş, işlem ve çıkış olmak üzere üç temel birimden oluşur. Elektriksel, fiziksel ya da kimyasal işaretlerin algılandığı yüksek hassasiyetteki algılayıcılar giriş biriminde bulunur. Bu birimde, insan vücudunun oluşturduğu sinyaller (kalp sesleri, kan akış hızı, kaslardan gelen sesler vb.) algılanıp işlem basamağına gönderilir. İşlem basamağında biyopotansiyel yükselteçler, algılanan sinyalleri dış gürültülerden arındırıp tıbbi cihazlarda kullanılabilecek seviyeye yükseltir. Son olarak çıkış biriminde işlenen sinyal; ses, görüntü, çizim veya elektriksel sinyal şekline dönüştürülerek kullanıcıya sunulur.

4.1.1. Biyopotansiyel Yükseltecin Tanımı ve Çeşitleri

Algılanan bir sinyali olduğundan daha güçlü bir sinyal hâline dönüştüren elektronik düzeneklere **yükselteç** denir. Yükselteçler; girişine uygulanan sinyali, istenen düzeyde kuvvetlendirme işlevi gören bir düzenektir. Ayrıca istenmeyen çeşitli sin-

yalleri (gürültüleri) filtrelemek, matematiksel işlemler yaparak sinyalleri değiştirmek, sinyal dalga şekillerini dönüştürmek ve regülasyon yapmak gibi birçok özelliği olan önemli bir elektronik düzenektir. Yükselteçler, akımdan ya da gerilimden kazanç sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Yükselteç devreleri, aktif devre elemanları sayesinde girişlerine uygulanan küçük elektriksel sinyalleri kaynak sinyalleriyle birleştirerek kuvvetlendirir ve çıkışlarına aktarır. Kısacası; yükseltecin çıkışında ölçülen elektriksel sinyalin gücü, girişine uygulanan sinyalin gücünden büyüktür. Görsel 4.2'de bir yükseltecin girişine uygulanan sinyalin özelliklerini koruyarak ve güçlendirerek çıkışa aktarması durumu, bir hoparlörün ses sinyallerine yaptığı işleme benzetilmiştir.

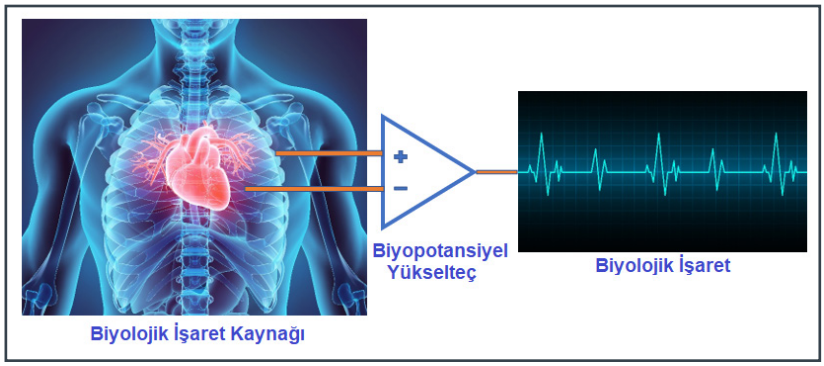


Görsel 4.2: Yükselteçlerin sinyallere etkisi

Yükselteçler; giriş bölümünden gelen sinyalleri toplama, çıkarma, çarpma ve integral alma gibi çeşitli matematiksel işlemlerden geçirerek değişiklik yaptıkları için işlemsel yükselteçler olarak da bilinmektedir. Hemen hemen bütün elektronik devrelerde temel eleman olarak kullanılır. İşlemsel yükselteçlere uygun şekilde bağlanan devre elemanları sayesinde istenilen işlemler (karşılaştırma, regüle etme, fark alma, filtreleme…) yaptırılabilir.

Elektroniğin her dalında çeşitli tip ve özellikte olan işlemsel yükselteçler, kullanım özelliklerine göre isimlendirilir. Eviren, evirmeyen, temel fark alıcı, gerilim izleyici, türev ve integral alıcı yükselteçler bunlara örnek olarak gösterilebilir.

İnsan vücudundan algılanan sinyaller, çok zayıf elektriksel sinyallerdir. Özellikle tıpta teşhis amacı ile kullanılan biyolojik sinyallerin yeterli derecede yükseltilmesi gerekmektedir. Canlı vücudunun oluşturduğu elektriksel sinyallerin istenilen derecede kuvvetlendirilmesi için kullanılan yükselteç devrelerine **biyopotansiyel yükselteç devreleri** denir. Görsel 4.3'te, biyolojik işaret kaynağından (insandan) gelen düşük sinyalleri yükselterek çıkışa aktaran biyopotansiyel yükselteç sembolü görülmektedir.

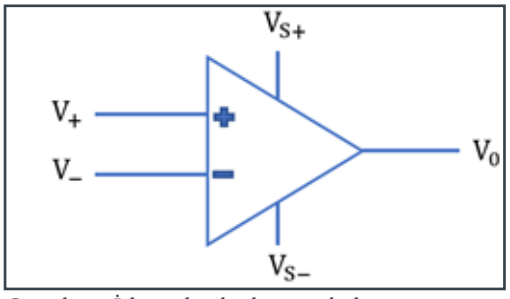


Görsel 4.3: Biyolojik işaretlerin algılanması

4.1.2. İşlemsel Yükselteçlerin Genel Özellikleri

İngilizcesi "Operational Amplifier (Apereyşinıl Emplifayır)" olan işlemsel yükselteçler, kısaca Op Amp olarak da kullanılmaktadır. Adından da anlaşılacağı gibi işlemsel yükselteçler, sinyalleri hem işlemede hem de yükseltmede görev alan aktif devre elemanlarıdır. Her işlemsel yükseltecin kullanım alanı farklı olduğu gibi özellik ve işlevleri de farklıdır.

İşlemsel yükselteçlerin temel görevleri; analog bilgisayar işlemleri (toplama, fark alma, integral alma vb.) yapma, temel yükselteç görevi görme (enstrümantasyon yükselteci vb.), dalga şekillendirme (kırpıcı, dönüştürücü, kenetleyici vb.), regülasyon ve veri transferi yapma, sinyal oluşturma veya işleme, filtreleme, test ve ölçüm işlemlerini gerçekleştirme olarak sıralanabilir. Görsel 4.4'te, işlemsel yükselteç sembolü görülmektedir. Bu elemana uygun şekilde bağlanan devre elemanları sayesinde istenilen işlem yaptırılabilir.

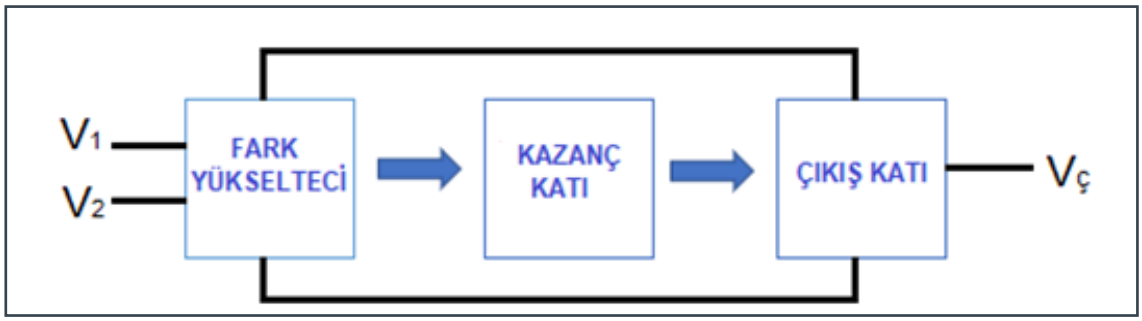


Görsel 4.4: İşlemsel yükselteç sembolü

İşlemsel yükselteç sembolünde evirmeyen (+) ve eviren (-) olmak üzere iki giriş ve bir çıkış ucu bulunur. Eviren uca gelen herhangi bir sinyalin x eksenine göre tersi alınarak yani sinyal eksi ile çarpılarak çıkışa aktarılırken evirmeyen uca gelen sinyalin şekli değişime uğramadan sinyal çıkışa aktarılır. İşlemsel yükselteçlerin V_{S+} (pozitif besleme gerilimi) ve V_{S-} (negatif besleme gerilimi) olmak üzere iki besleme ucu bulunmaktadır. Besleme uçları sembol üzerinde gösterilmeyebilir. V_+ (pozitif giriş gerilimi), V_- (negatif giriş gerilimi) ve V_0 (çıkış gerilimi) işlemsel yükselteç sembolü üzerinde gösterilmektedir.

4.1.3. İşlemsel Yükseltecin Yapısı

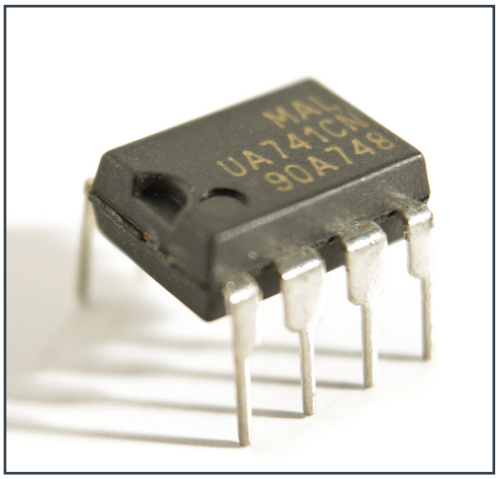
İşlemsel yükselteçlerin yapısı Görsel 4.5'te görüldüğü gibi fark yükselteci, kazanç katı ve çıkış katı olmak üzere üç temel bölümden oluşur. Fark yükseltecin,eviren ve evirmeyen giriş uçları arasındaki farkı alır. Kazanç katında alınan bu fark yükseltilir ve giriş çıkış arası izolasyon sağlanır. Çıkış empedans değerini minimum yapmak amacı ile emitör çıkışlı bir çıkış katı bulunmaktadır.



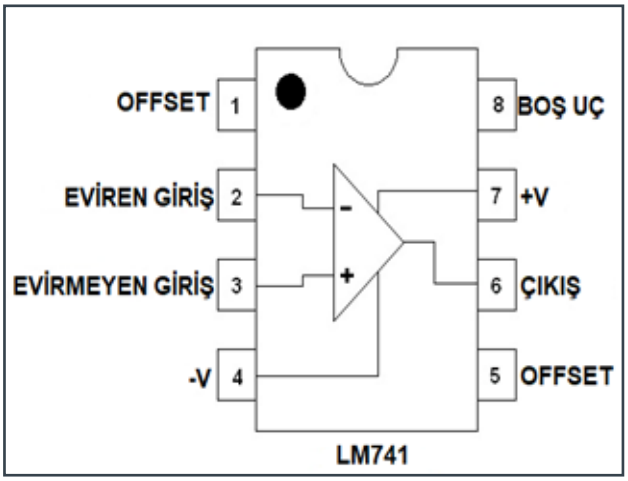
Görsel 4.5: İşlemsel yükseltecin blok diyagramı

İşlemsel yükselteçler; plastik, seramik veya metal gibi çeşitli malzemelerden üretilebilir. Yüksek kazançlı ve doğrusal entegre devreler şeklinde üretilmiştir.

İşlemsel yükselteçlerin tercih edilmesindeki en büyük etkenlerden biri de daha az eleman kullanımıyla daha kapsamlı devre tasarımlarının gerçekleştirilebilmesidir. Görsel 4.6'da uygulamalarda sıkça kullanılan LM741 (UM741 ve UA741) olarak adlandırılan entegre görülmektedir. LM741, içerisinde bir adet işlemsel yükselteç bulunan bir entegredir. Bu tip entegrelerin kullanımı için dış devre bağlantılarını bilmek önemli ve yeterlidir. Her entegrenin üretici firması tarafından hazırlanan datasheetlerinden (veri sayfasından) faydalanılarak bacak bağlantıları öğrenilebilir. Görsel 4.6'da LM741 entegresi, Görsel 4.7'de ise LM741 entegresinin iç yapısı ve bacak bağlantıları gösterilmiştir.

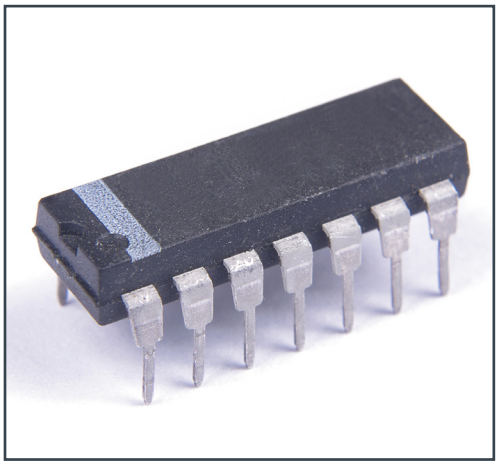


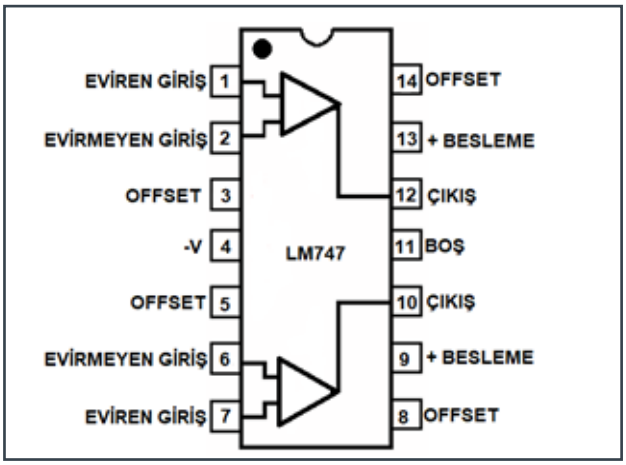
Görsel 4.6: LM741 entegresi



Görsel 4.7: LM741 bacak bağlantıları

8 bacak bağlantısı olan entegrenin 1 ve 5 numaralı bacakları genellikle kullanılmamaktadır. 2 numaralı bacak eviren (-) giriş, 3 numaralı bacak evirmeyen (+) giriş, 4 numaralı bacak -V beslemesi, 7 numaralı bacak +V beslemesi, 6 numaralı bacak çıkış ucudur ve 8 numaralı bacak kullanılmamaktadır. Yaygın olarak kullanılan bir diğer işlemsel yükselteç ise LM 47 entegresidir. LM747 entegresi, iki adet işlemsel yükselteç kullanılarak oluşturulmuştur. Görsel 4.8'de LM747 entegresi ve Görsel 4.9'da entegrenin bacak bağlantıları gösterilmiştir.


Görsel 4.8: LM477 entegresi



Görsel 4.9: LM477 entegresi bacak bağlantıları

4.1.4. İşlemsel Yükseltecin Kazanç Hesaplamaları

Bir yükseltecin girişine uygulanan sinyalin çıkışında kaç kat kuvvetlendirilmiş olduğunu gösteren birimsiz kat sayıya **kazanç** denir. Kazanç kat sayısı G (Gain), Av [Amplitude voltage (Empletud voltaj)] veya K (kazanç) olarak gösterilebilir. Sistemlerin kazançları genel olarak;

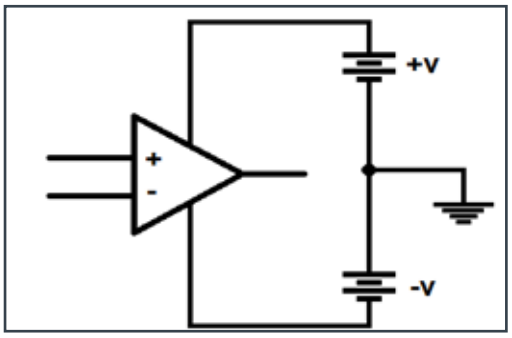
$$Kazanç\ (K) = \frac{Çıkış\ Değeri}{Giriş\ Değeri}$$

formülü ile hesaplanır.

Örneğin; kazancı 2 olan bir işlemsel yükseltecin girişine uygulanan sinyalin 100 mV olduğu biliniyorsa bu sinyalin çıkışta 200 mV olarak ölçülmesi, kazanç formülü ile hesaplanabilir.

4.1.5. İşlemsel Yükseltecin Besleme Şekiller

Daha önce işlemsel yükselteç sembolünde gösterilmiş olan +V ve -V uçları, besleme kaynağının bağlandığı uçlardır. Kullanılan işlemsel yükseltecin çeşidine göre besleme geriliminin maksimum değeri ±5 V, ±12 V, ±15 V ve ±18V olacak şekilde değişebilir. İşlemsel yükseltecin AC sinyal yükseltmesinde, tek güç kaynağı kullanmak yeterlidir. Besleme, genellikle simetrik kaynaktan yapılmakla beraber regüle edilmiş tek bir kaynaktan da yapılabilir.



Görsel 4.10: Besleme gerilimi bağlantısı

Görsel 4.10'da simetrik bir besleme kaynağı görülmektedir. Birbirine seri bağlı iki gerilim kaynağı orta uçları devrenin şase (GND) noktasına verilmektedir. Kaynağın (+) ucu işlemsel yükseltecin V_{CC} (Vs+) ucuna, (-) ucu ise işlemsel yükseltecin V_{EE} (Vs-) ucuna bağlanmaktadır.

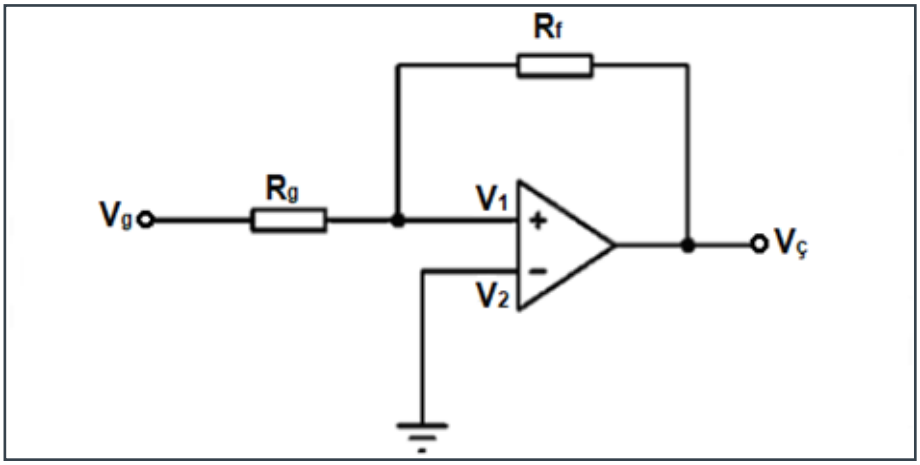
4.2. Biyopotansiyel Yükselteç Devreleri

Yüksek kazanç sağlayan, fark yükselteçleri olarak da tanımlanabilen, işlemsel yükselteçlere uygun şekilde bağlanan devre elemanları sayesinde çeşitli işlemler yaptırılabilir. Opampların en temel uygulamalarından biri yükselteç (amplifikatör) tasarımıdır. Bu bölümde, biyopotansiyel yükselteçlerin çalışma mekanizmaları ve opampla gerçekleştirilen temel yükselteç devreleri hakkında bilgi verilmektedir.

4.2.1. Eviren Yükselteç Devresinin Yapısı ve Görevi

Giriş sinyalini eviren (-) girişten alan işlemsel yükselteç devrelerine **eviren yükselteç devresi** denir. Bu tür devreler, aldıkları sinyali 180° faz farkı oluşturarak yani sinyali x eksenine göre ters çevirerek çıkışa aktarır. Görsel 4.11'de, bir eviren yükselteç devresi görülmektedir. Devrede R_g direnci giriş direncini, R_f direnci geri besleme direncini, I_g akımı giriş akımını giriş direnci üzerinden akan akımı ve I_f akımı ise geri besleme direnci üzerinden geçen akımı ifade etmektedir.

Geri besleme direnci adından da anlaşılacağı gibi çıkışta elde edilen sinyali tekrar girişe aktarır. İşlemsel yükselteçlerin giriş empedansları çok yüksek olduğundan + ve – girişlerden akım akmıyor olarak kabul edilebilir. Akım akmadığı kabul edildiğinde giriş uçlarındaki potansiyeller birbirine eşit olur. - girişin toprağa bağlı olmasından dolayı V_2 sıfır volttur. $V_1 = V_2$ olduğu için, V_1 de sıfır volta eşit olacaktır. Kirchoff'un akımlar kanununa göre bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, giden akıma eşittir. Bu nedenle I_g ve I_f akımları birbirine eşit olacaktır.



Görsel 4.11: Eviren yükselteç

Eviren yükselteçlerde kazanç;

$$K = \frac{V_ç}{V_g} = -\frac{R_f}{R_g}$$

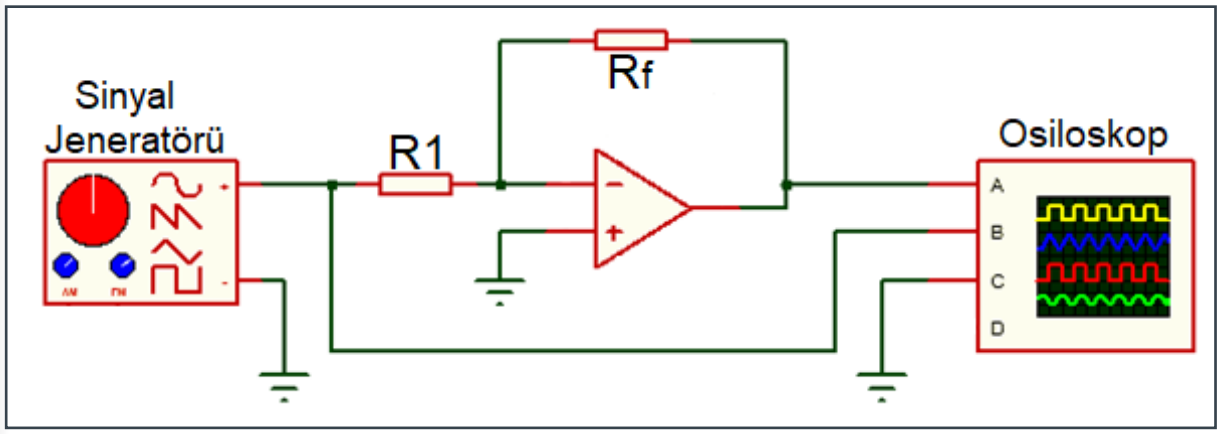
formülü ile hesaplanır.

UYGULAMA 4.1. EVİREN YÜKSELTEÇ DEVRESİ

AMAÇ

İşlemsel yükselteç ile yapılan eviren yükselteç devresini kurmak. Giriş ve çıkış sinyallerini osilaskop ekranında gözlemlemek, kazanç hesaplamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.12: Eviren yükselteç devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
LM741 Entegresi		1 adet
Breadboard, AVOmetre		1 adet
Direnç	10 kΩ	2 adet
Direnç	1 kΩ, 3,3 kΩ	Birer adet
Osilaskop	2 kanalı gösteren	1 adet
Sinyal jeneratörü		1 adet
Güç kaynağı	±15 V simetrik	1 adet
Bağlantı kabloları		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Görsel 4.12'deki devreyi elemanlarının sağlamlık kontrolünü yaparak breadboard üzerine kurunuz.
4. Sinyal jeneratör frekans ayarını 1 kHz, dalga şeklini sinüs olarak ayarlayıp girişe uygulayınız.
5. Simetrik güç kaynağını (±15 V) besleme uçlarına bağlayınız.

6. Kalibre edilmiş osilaskobun Time/Div, Volt/Div ayarlarını yapınız. A kanalına, giriş işaretini; B kanalına çıkış işaretini uygulayınız.
7. Tablo 4.1'de verilen Rf direnç değerlerini değiştirdiğinizde oluşan çıkış gerilimlerini ölçerek tabloyu doldurunuz.
8. Sinyal jeneratörünü devreden çıkarıp ayarlı güç kaynağını 1 V'a ayarlayarak girişe uygulayınız. Önceki basamakta yapılan işlemleri tekrarlayınız ve sonuçları Tablo 4.1'e kaydediniz.
9. Osilaskopta gözlemlediğiniz çıkış dalga değerlerini gösteren grafiği aşağıdaki alana çiziniz.
10. Devrenin gerilim kazancını eviren yükselteç formülüne göre hesaplayarak tabloyu doldurunuz.

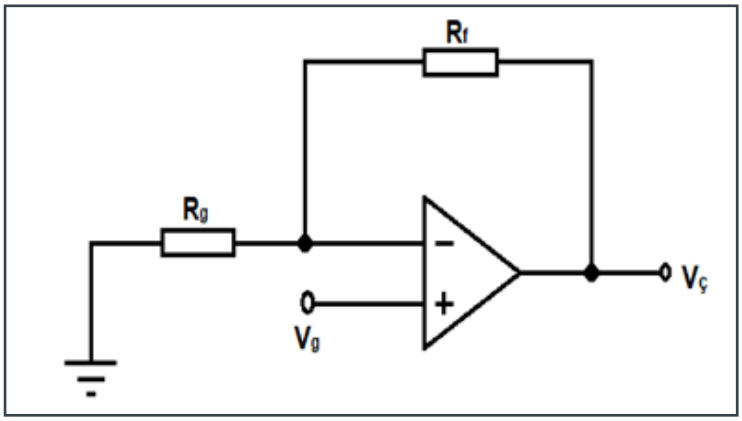
Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 4.1: Ölçüm Değerleri Tablosu

R_1	R_f	Vg	Vç	Kazanç	Faz Farkı
1 kΩ	10 kΩ	0,5 V 100 Hz			
1 kΩ	3.3 kΩ	0,5 V 100 Hz			
10 kΩ	1 kΩ	1 V 100 Hz			
10 kΩ	10 kΩ	+5 V DC			
10 kΩ	10 kΩ	-5 V DC			

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız. Osiloskop üzerinde gözlemlediğiniz grafiği aşağıda bulunan görsel üzerine çiziniz.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışma prensibinin anlaşılması	20	
Öğretmenin	4	Ölçüm sonuçlarının doğruluğu	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	



Görsel 4.13: Evirmeyen yükselteç

4.2.2. Evirmeyen Yükselteç Devresinin Yapısı ve Görevi

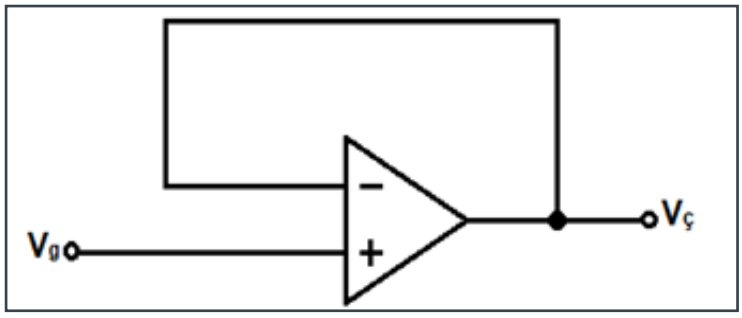
Giriş sinyalini evirmeyen (+) girişten alan işlemsel yükselteç devrelerine **evirmeyen yükselteç devresi** denir. Bu tür devrelerin giriş ve çıkış sinyalleri arasında faz farkı yoktur. Görsel 4.13'te bir evirmeyen yükselteç devresi görülmektedir.

Görsel 4.13'te bir evirmeyen yükselteç görülmektedir. Giriş ile çıkış sinyalleri arasında faz farkı oluşmadığı için bu tip yükselteçlere f**az terslemeyen yükselteçler** de denilmektedir. Evirmeyen yükselteçlerde kazanç;

$$\boldsymbol{K} = \frac{V_ç}{V_g} = -(1 + \frac{R_f}{R_g})$$

formülü ile hesaplanır.

Formülde görüldüğü gibi evirmeyen yükseltecin kazancı, eviren yükseltecinkinden daima büyüktür.



Görsel 4.14: Opampın gerilim izleyici devresi

4.2.3. Gerilim İzleyici Devresinin Görevi

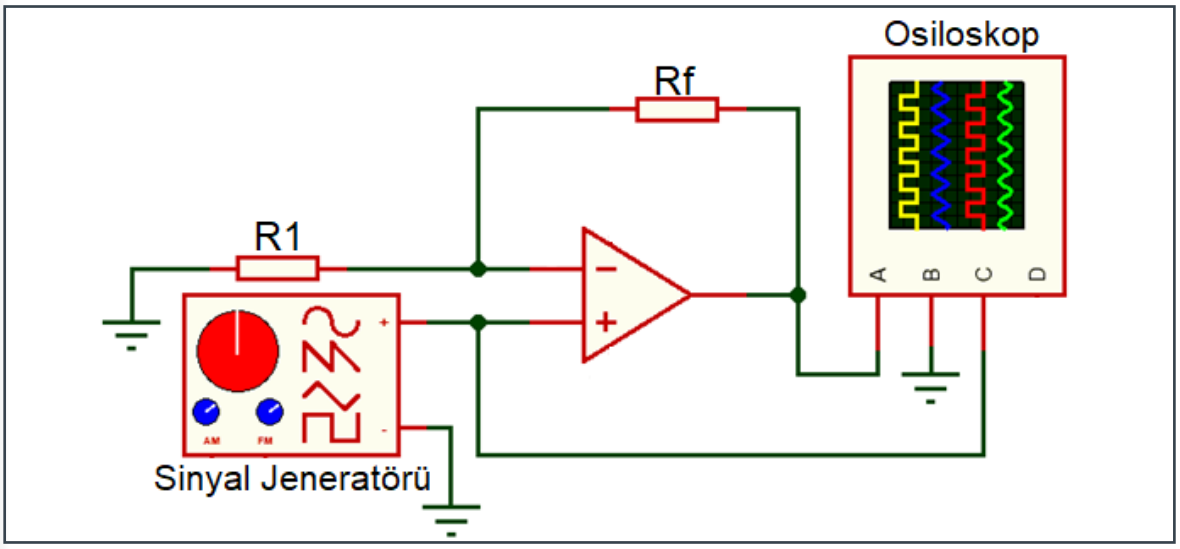
Görsel 4.14'te görülen gerilim izleyici devreler, adından da anlaşılabileceği gibi giriş ve çıkış sinyalleri aynı fazda olan yükselteç devreleridir. Bu devrelerin gerilim kazancı 1'dir ve kazancı 1 olan evirmeyen yükselteçler gibidir. Bu devrelerin giriş empedansı büyük, çıkış empedansı ise çok küçüktür. Bu sayede yüksek dirençli biyopotansiyel kaynaklardan alınan sinyalleri, düşük dirençli sinyallere çevirmek kolaylaşır. Kısacası; EKG ve EEG gibi cihazlarda giriş-çıkış sinyalleri, aradaki direnç uyumsuzluğunu ortadan kaldırıp tampon görevi yapar.

UYGULAMA 4.2. EVİRMEYEN YÜKSELTEÇ DEVRESİ

AMAÇ

İşlemsel yükselteç ile yapılan evirmeyen yükselteç devresini kurup çalıştırmak. Giriş ve çıkış sinyallerini osilaskop ekranında gözlemlemek. Kazanç hesaplamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.15: Evirmeyen yükselteç devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
LM741 Entegresi		1 adet
Breadboard, AVOmetre		Birer adet
Direnç	10 kΩ	2 adet
Direnç	1 kΩ, 3,3 kΩ	Birer adet
Osilaskop	2 kanalı gösteren	1 adet
Sinyal jeneratörü		1 adet
Güç kaynağı	±15 V simetrik	1 adet
Bağlantı kabloları		

C. İşlem Basamakları

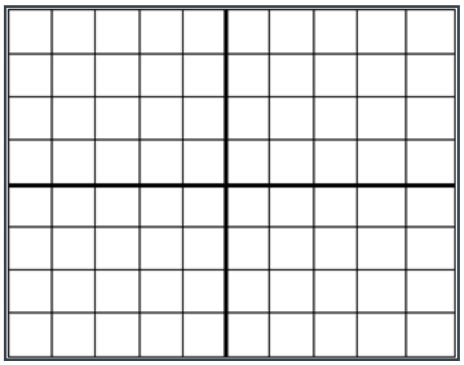
1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Görsel 4.15'teki devreyi, elemanlarının sağlamlık kontrolünü yaparak breadboard üzerine kurunuz.
4. Sinyal jeneratörünü 1 V, 100 Hz sinüs olarak ayarlayıp girişe uygulayınız.

5. Simetrik güç kaynağını (±15 V) besleme uçlarına bağlayınız.
6. Kalibre edilmiş osilaskobun 5 ms./Div, 1. ve 2. kanallarına 0,5 Volt/Div ayarlarını yapınız.
7. Tablo 4.2'de verilen Rf direnç değerlerini değiştirerek ölçülen çıkış gerilimleri ile tabloyu doldurunuz.
8. Güç kaynağını açarak devreye enerji uygulayınız.
9. Osilaskopta gözlemlediğiniz giriş ve çıkış sinyallerini aşağıdaki alana çiziniz.
10. Devrenin gerilim kazancını, evirmeyen yükselteç formülüne göre hesaplayarak tabloyu doldurunuz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 4.2: Ölçüm Değerleri Tablosu

R_1	R_f	Vg	Vç	Kazanç	Faz Farkı
10 kΩ	10 kΩ	0,5 V 100 Hz			
1 kΩ	3.3 kΩ	0,5 V 100 Hz			
10 kΩ	1 kΩ	1 V 100 Hz			
10 kΩ	10 kΩ	+5 V DC			
10 kΩ	10 kΩ	-5 V DC			



Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız. Osiloskop üzerinde gözlemlediğiniz grafiği aşağıda bulunan görsel üzerine çiziniz.)

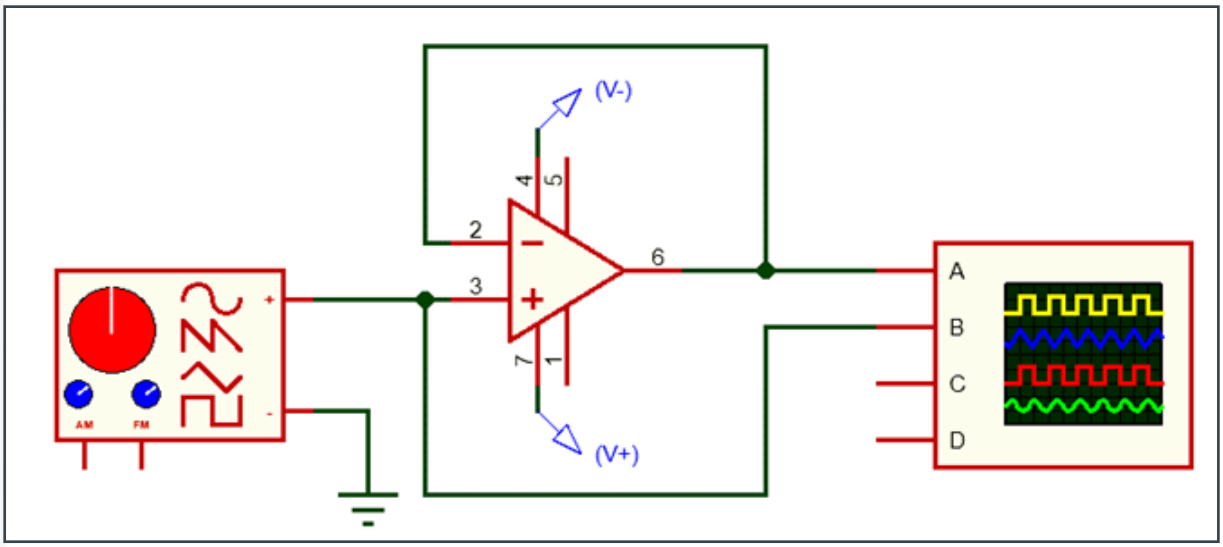
Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışma prensibinin anlaşılması	20	
Öğretmenin	4	Ölçüm sonuçlarının doğruluğu	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 4.3. GERİLİM İZLEYİCİ DEVRE

AMAÇ

Gerilim izleyici devre kurup çalıştırmak. Giriş ve çıkış sinyallerini, osilaskop kullanarak incelemek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.16: Gerilim izleyici devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
LM741 Entegresi		1 adet
Breadboard		1 adet
Osilaskop	2 kanalı gösteren	1 adet
Sinyal jeneratörü		1 adet
Güç kaynağı	± 12 V simetrik	1 adet

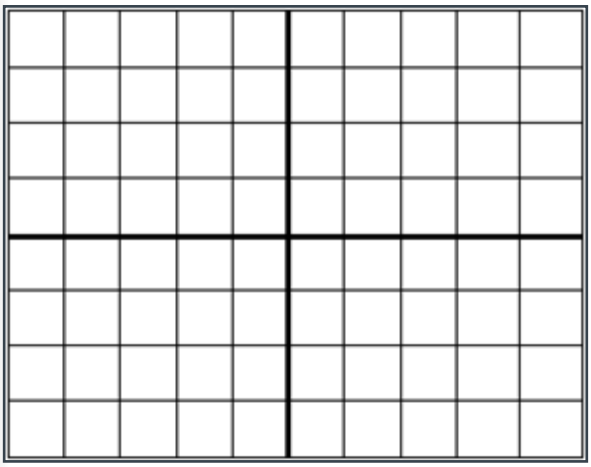
C. İşlem Basamakları

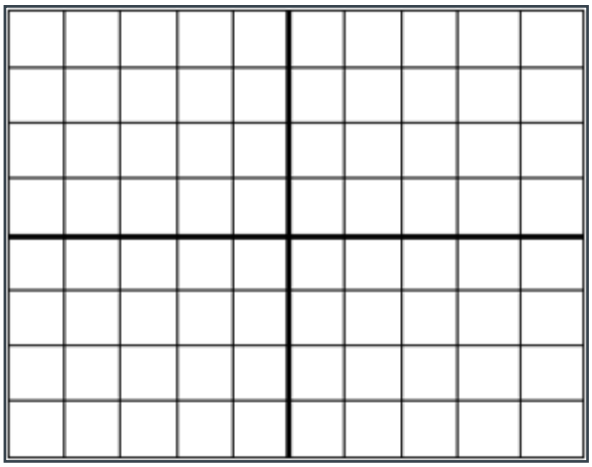
1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Bacak bağlantılarına dikkat ederek Görsel 4.16'daki devreyi kurunuz.
4. + ve – besleme uçlarına, ± 12 V bağlantılarını yapınız.
5. Giriş gerilim değerini değiştirerek çıkış gerilim değerini ölçünüz. Tablo 4.3'ü ölçüm değerlerinize göre doldurunuz.
6. Ekrandaki sinyali aşağıdaki boş osilaskop ekranlarına çiziniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 4.3: Ölçüm Değerleri Tablosu

$V_{giriş}$	$V_{çıkış}$	Kazanç ($V_{çıkış}/V_{giriş}$)



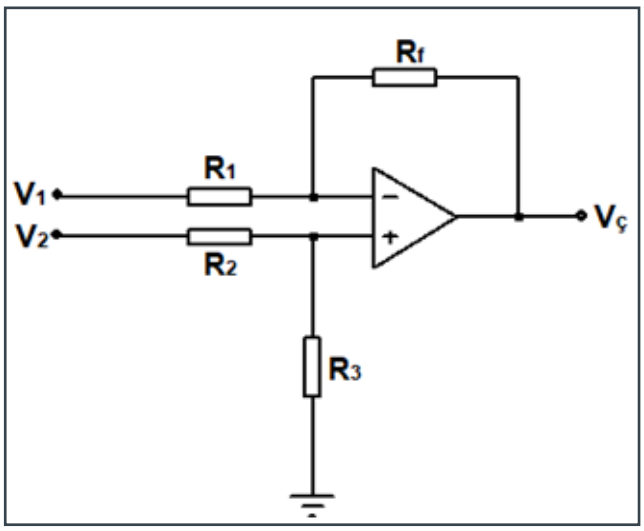


Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız. Osiloskop üzerinde gözlemlediğiniz grafiği aşağıda bulunan görsel üzerine çiziniz.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışma prensibinin anlaşılması	20	
Öğretmenin	4	Ölçüm sonuçlarının doğruluğu	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

4.2.4. Fark Yükselteç Devresinin Yapısı ve Görevi

Fark yükselteçleri, işlemsel yükselteçlerin giriş devresinde bulunan en önemli bölümdür. Çeşitli uygulamalarda kullanılan özel bir devre türüdür. Temel fark alıcı devre, çıkarıcı amplifikatör veya farksal yükselteç olarak da isimlendirilebilir. Görsel 4.17'de, iki girişli temel bir fark yükselteç devresi görülmektedir. Bu tür devrelerde, opampın her iki girişi de kullanılmaktadır. Bu devrelere fark yükselteci denmesinin nedeni, girişlerine uygulanan iki sinyalin farkıyla orantılı bir çıkış sinyali üretmeleridir.



Görsel 4.17: Opampla yapılan fark yükselteç

Fark yükselteçlerinde çıkış voltajı;

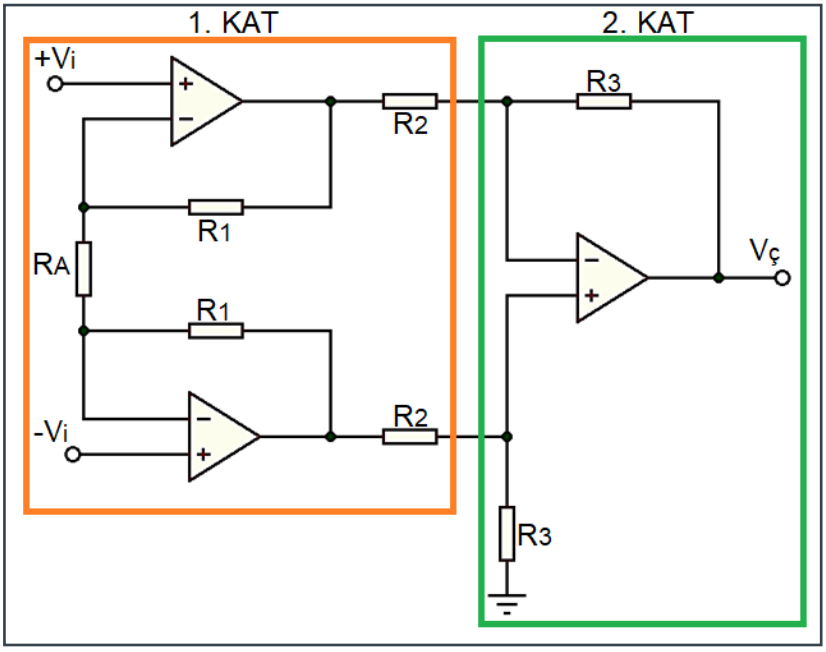
$$V_{ç} = \frac{R_f}{R_1} \times (V_2 - V_1)$$

formülü ile hesaplanır.

4.2.5. Enstrümantasyon Yükselteçleri

Tıbbi aletlerle yapılan birçok uygulamada, μV düzeyinde fark gerilimlerinin yanında bu gerilimlerle aynı seviyelerdeki ortak işaret gerilimleri de çalışılmalara dâhil olmaktadır. İşlemsel yükselteçlerle yapılan basit kuvvetlendirici devreleri, enstrümantasyon işlemleri için yetersiz kalır. Bu tür işaretlerin kuvvetlendirilmesi için enstrümantasyon yükselteçleri geliştirilmiştir.

Enstrümantasyon yükselteçleri; yüksek fark kazancı, düşük ortak mod kazancı, yüksek giriş empedansı ve çok yüksek bir ortak işaret bastırma oranı gerektiren yerlerde kullanılır. Enstrümantasyon yükselteçleri açık çevrimde çalıştırılır. Görsel 4.18'de görüldüğü gibi giriş işaretleri doğrudan yükselteçlerin fark girişine uygulanır. Çıkışta elde edilen sinyaller, katlar üzerinden girişe aktarılır. Yani doğrudan bir geri beslemeleri yoktur. Enstrümantasyon yükselteçleri, yüksek giriş empedansları ve ayarlanabilir kazançları sayesinde özellikle çok küçük fark gerilimlerinin ölçümünde önemlidir. Görsel 4.18'de görüldüğü gibi enstrümantasyon yükselteçleri, iki kattan oluşur ve işlemsel yükselteçlerin birleşiminden meydana gelir. Burada birinci kat, farksal giriş ve farksal çıkış şeklinde çalışan bir fark yükseltecidir. İkinci kat ise bir fark yükseltecidir.



Görsel 4.18: Enstrümantasyon yükselteci

Enstrümantasyon yükselteçlerinin kazancı;

$$K = \frac{R_3}{R_2} \times \frac{2R_1 + R_A}{R_A}$$

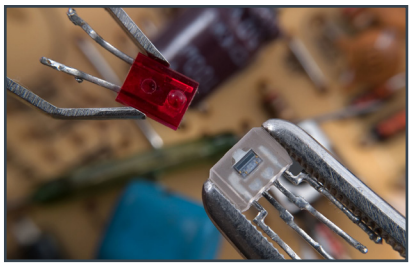
ya da

$$K = \frac{V_ç}{(-V_1) - (+V_1)}$$

formülleri ile hesaplanır.

4.2.6. İzolasyon Yükselteçleri

Elektriksel cihazların enerjiyi üreten kısmından, metal şasisine sızan düşük değerli akıma **kaçak akım** denir. Elektrik ile çalışan tüm cihazlar, herhangi bir arızası olsun ya da olmasın mutlaka bir kaçak akım oluşturur. Cihazların çalışması sırasında oluşan bu tip kaçak akımların önlenmesi için gerekli tedbirler izolasyon yükselteçleri ile alınabilmektedir. Kaçak akımların izole edilmesi, hastane ortamında hastaların ve sağlık çalışanlarının birçok elektriksel cihazla temas hâlinde oldukları düşünüldüğünde özellikle biyomedikal anlamda hayati öneme sahiptir. Aynı zamanda yüksek gerilimlere dayanabildikleri için cihazların zarar görmesini de büyük oranda engellemiş olurlar. Örneğin; Görsel 4.19'da gösterilen optokuplör, kaynak ve yük arasında elektriksel izolasyonu sağlayan bir devre elemanıdır. Optik yalıtıcı olarak da isimlendirilir. İçinde bir infrared diyot (LED) ve onun karşısında bir foto transistör vardır.



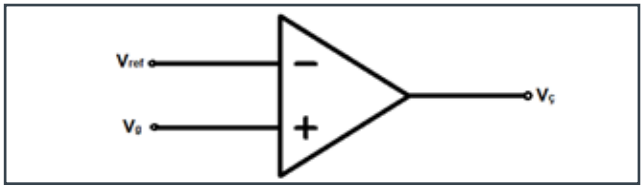
Görsel 4.19: Optokuplör

İzolasyon yükselteçleri sayesinde, elektriksel gürültüler izole edilmiş olur. Elektriksel gürültü, sinyal yolundaki veya test çevresindeki ortamdaki diğer elektriksel bileşenler tarafından oluşturulan sinyallerdir. Gürültü sinyallerinin çoğu nispeten düşük seviyelerde bulunur ve harici elektrik potansiyelleri sinyali büyük ölçüde etkileyerek yanlış okumalara neden olabilir. İzolasyon sayesinde özellikle ölçmek istenilen analog giriş sinyalleri arındırılmış olur.

4.2.7. Karşılaştırıcı Devrelerinin Yapısı ve Görevi

Girişlerine uygulanan sinyalleri karşılaştırarak yükselten devrelere **karşılaştırıcı, kıyaslayıcı devreler** veya **opamplı komparatör devreleri** denir. Girişine uygulanan gerilimlerden biri giriş gerilimi diğeri ise referans gerilimidir.

Çıkış gerilimi maksimum ve minimum ± besleme kaynaklarının seviyesine ulaşabilir. Girişlere uygulanan gerilimler birbirlerine eşit ise çıkış gerilimi sıfır volt olacaktır. + girişe uygulanan gerilim, – giriş geriliminden büyük ise çıkış gerilimi pozitif yönde maksimum değerde olur.
– Girişe uygulanan gerilim, + giriştekinden fazla ise çıkış gerilimi negatif yönde maksimum değerde gözlenecektir. Çıkış gerilimini istenen bir değere sabitlemek için çıkışa bir seri direnç ve zener diyot bağlanabilir. Görsel 4.20'de gösterilen karşılaştırıcı devrede de görüldüğü gibi bu tip bağlantılarda geri besleme direnci (R_f) yoktur. İşlemsel yükselteçler geri beslemesiz olarak çalıştırılırsa çok yüksek kazançlar elde edilecektir.



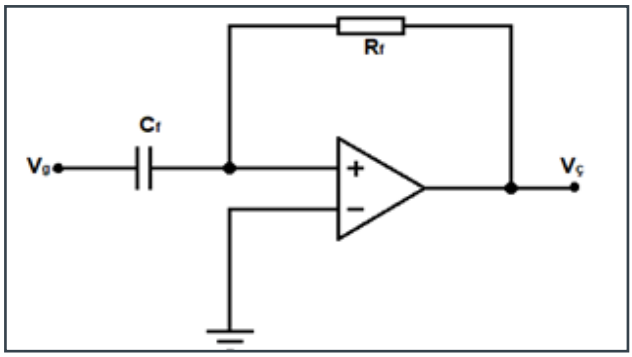
Görsel 4.20: Opampla yapılan karşılaştırıcı devre

4.2.8. Türev ve İntegral Alıcı Devrelerinin Yapısı ve Görevi

Türev alıcı devreler, girişine uygulanan sinyalin türevini alarak çıkışa aktaran devrelerdir. Bu devrelerde, girişe üçgen dalga uygulandığında çıkışından kare dalga, kare dalga uygulandığında ise çıkışından sivriltilmiş dalga elde edilir. Görsel 4.21'de sembolü gösterilen türev alıcı devrelerin çıkış sinyalinin frekansı;

$$V_O\,(t) = -RC\,\frac{dv\,(t)}{dt}$$

formülü ile hesaplanır.

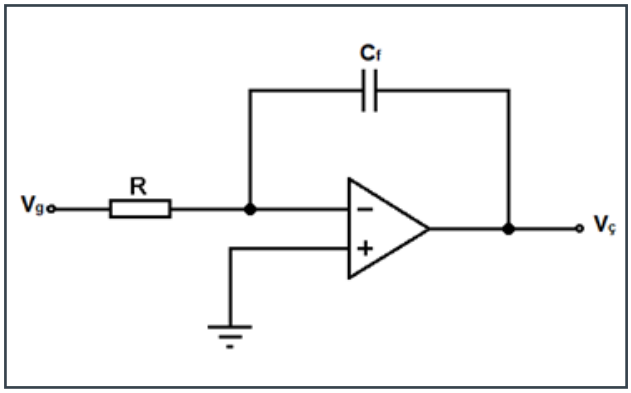


Görsel 4.21: Türev alıcı devre

İntegral alıcı devreler, girişine uygulanan sinyalin integralini alarak çıkışa aktaran devrelerdir. Bu devrelerde, girişine kare dalga uygulandığında çıkışından üçgen dalga elde edilir. Görsel 4.22'de sembolü gösterilen türev alıcı devrelerin çıkış sinyalinin frekansı;

$$V_O\,(t) = -\frac{1}{RC}\int v\,(t)\,dt$$

formülü ile hesaplanır.



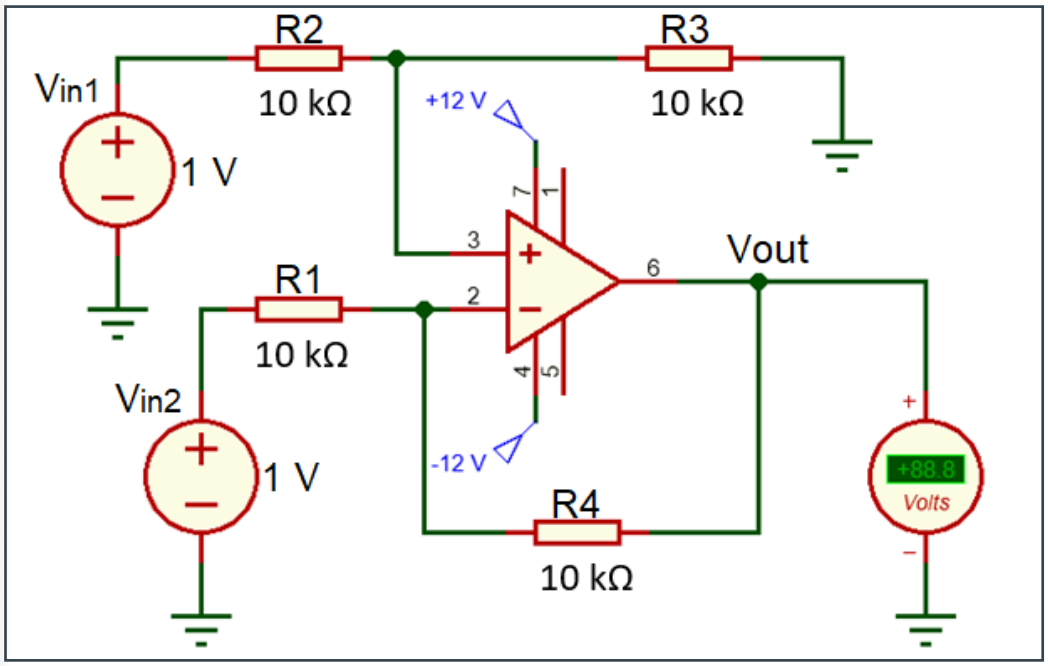
Görsel 4.22: İntegral alıcı devre

UYGULAMA 4.4. FARK YÜKSELTEÇ DEVRESİ

AMAÇ

Fark yükselteci devresini kurmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 4.23: Fark yükselteç devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
LM741 Entegresi		1 adet
Breadboard, AVOmetre		Birer adet
Direnç	10 kΩ	4 adet
Güç kaynağı	±12 V simetrik	2 adet
Bağlantı kabloları		

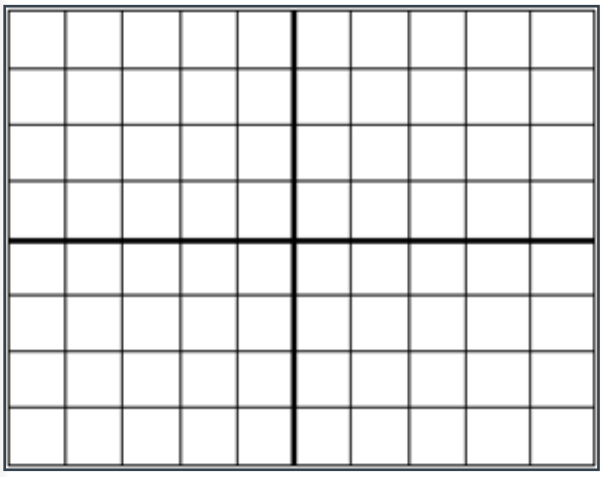
C. İşlem Basamakları

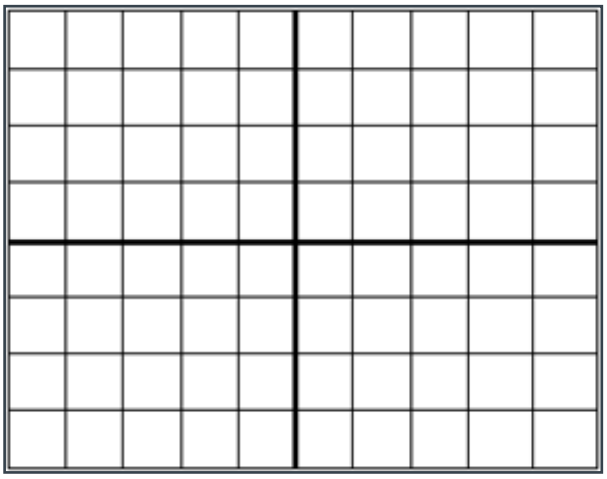
1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Görsel 4.23'teki devreyi kurunuz.
4. Tablo 4.4'te verilen giriş voltaj değerlerini uygulayarak çıkış gerilimlerini ölçünüz. Ölçümü, fark yükselteci formülü ile bulduğunuz sonuçlarla karşılaştırarak tabloyu doldurunuz.
5. Osilaskoptan giriş ve çıkış sinyallerini inceleyerek aşağıdaki osilaskop ekran görüntüsü üzerine incelemenizi çiziniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 4.4: Ölçüm Değerleri Tablosu

V_1	V_2	R_1	R_2	V_{out}
1 V	1 V	10 kΩ	10 kΩ	
5 V	1 V	10 kΩ	10 kΩ	
5 V	1 V	100 kΩ	10 kΩ	
7 V	1 V	10 kΩ	10 kΩ	



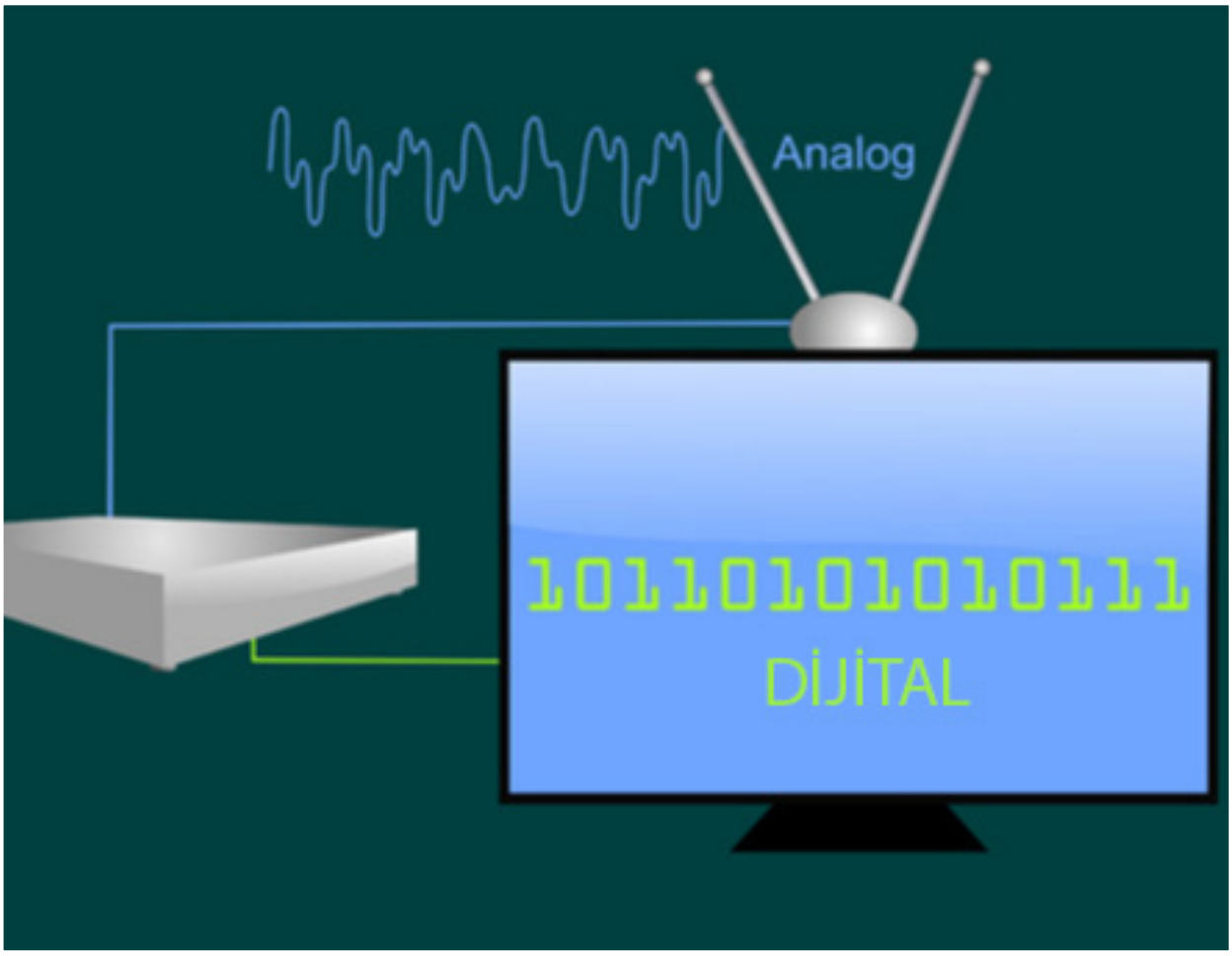


Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız. Osiloskop üzerinde gözlemlediğiniz grafiği aşağıda bulunan görsel üzerine çiziniz.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin doğru kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin çalışma prensibinin anlaşılması	20	
Öğretmenin	4	Ölçüm sonuçlarının doğruluğu	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

5

BİYOLOJİK İŞARETLERİN ANALOG VE SAYISAL İŞLEMLERİ



Bu öğrenme biriminde;

- Biyolojik işaretleri analog işleyen devrelerin seçimini yapmayı
- Biyolojik işaretleri analog işleyen devrelerin kurulumunu yapmayı
- Analog sinyallerin sayısal sinyallere çevrilmesi ile ilgili devre uygulaması gerçekleştirmeyi
- Sayısal sinyallerin analoğa çevrilmesi ile ilgili devre uygulaması gerçekleştirmeyi
- Tümleşik devrelerle A / D ve D / A uygulama devrelerinin yapımını öğreneceksiniz.

AMAÇ

Tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak biyolojik işaretleri analog işleyen devre uygulamalarını ve bu biyolojik işaretlerin sayısal işlenmesinde DA / AD uygulamalarını yapmak.

GİRİŞ

Canlıdan algılayıcılar ve dönüştürücüler aracılığı ile alınan biyolojik işaretlerin anlaşılabilir düzeye getirilebilmesi için biyolojik işaretler çeşitli analog ve sayısal işlemlere tabi tutulur. Bu işlemlerin gerçekleştirebilmesi için biyolojik işaretleri analog işleyen devrelerin kurulumunun ve seçiminin yapılması, analog sinyallerin sayısala çevrilmesi (ADC) ile ilgili devrelerin uygulanması ve sayısal sinyallerin analoğa çevrilmesi (DAC) ile ilgili devrelerin analiz edilerek uygulanması gerekir. Ayrıca teknolojinin ilerlemesi ile birlikte gelişmiş işaret işleme olanaklarını sağlayan DAC tümleşik devrelerinin ve ADC tümleşik devrelerinin katalog parametrelerinin açıklanabilmesi gerekir.

Bu öğrenme biriminde; biyolojik işaretleri analog işleyen devrelerin seçimi, biyolojik işaretleri analog işleyen devrelerin kurulumu, analog sinyallerin sayısala çevrilmesi ile ilgili devre uygulaması, sayısal sinyallerin analoga çevrilmesi ile ilgili devre uygulaması, tümleşik devrelerle A / D ve D / A uygulama devrelerinin yapımını öğreneceksiniz.

5.1. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerin Seçimi

Canlı sistemlerden biri olan insan üzerinden çeşitli biyolojik işaretlerin algılanmasında ve değerlendirilmesinde farklı teknoloji ve yöntemler kullanılmaktadır. İnsan enstrümantasyon sistemi bu yöntemlerden biridir.

5.1.1. İnsan Enstrümantasyon Sistemi Blok Diyagramı

Belli bir büyüklüğü ölçmek için kullanılan cihazlara **enstrüman**; yapılan işleme **enstrümantasyon**; üzerinde ölçüm yapılan insan organizması ve ölçümü yapan ölçüm sistemi ile birlikte oluşan tüm sisteme **insan enstrümantasyon sistemi** adı verilir. Bu sistem ile insan üzerinden algılanan veriler işaret işleme bloğundan geçirilerek işlenir ve görüntülenir. Bu verilere ihtiyaç duyuldukça daha sonra ulaşabilmek için veriler kaydedilir. İnsan enstrümantasyon sistemi aşağıdaki bloklardan oluşmaktadır (Görsel 5.1).

a. Subje: Üzerinde ölçüm yapılan canlı organizmadır. Subje olarak genellikle insan kullanılır.

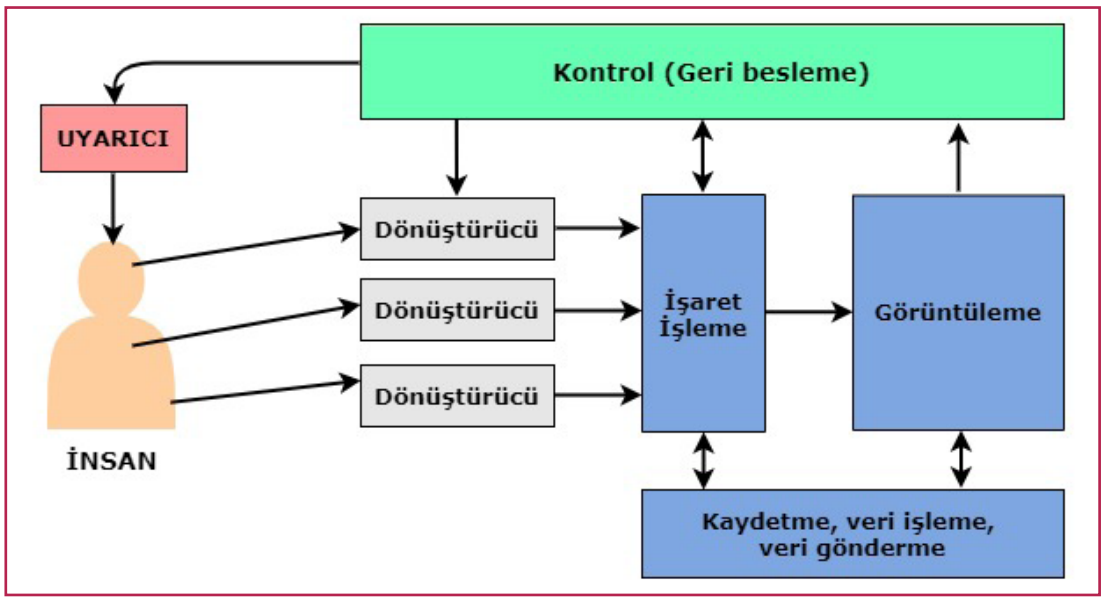
b. Uyarıcı: Uyarıyı üreten ve subjeye uygulanmasını sağlayan ünitedir. Uyarma; görsel (bir ışığın parlaması), ses veya sinir sisteminin bir kısmının elektriksel uyarılması şeklinde olabilir.

c. Dönüştürücü: Ölçülen büyüklüğü elektriksel işarete çevirir. Dönüştürülen büyüklük; sıcaklık, basınç, akış veya herhangi bir fizyolojik büyüklük olabilir. Birden fazla dönüştürücü kullanılabilir.

ç. İşaret İşleme: Dönüştürücü çıkışındaki işaretin görüntüleme ve kaydetme ünitelerine uygulanabilmesini sağlamak amacıyla işaret üzerinde yapılması gereken işlemleri gerçekleştirir.

d. Görüntüleme Ünitesi: Bir önceki ünitenin çıkışındaki işaretin anlamlı olabilmesi için kolayca algılanabilen bir formda genellikle görüntü veya ses şeklinde çıkış veren ünitedir. Görüntüleme ünitesinde ölçüleri sürekli saklamak amacıyla bir grafik kaydedici de bulunabilir.

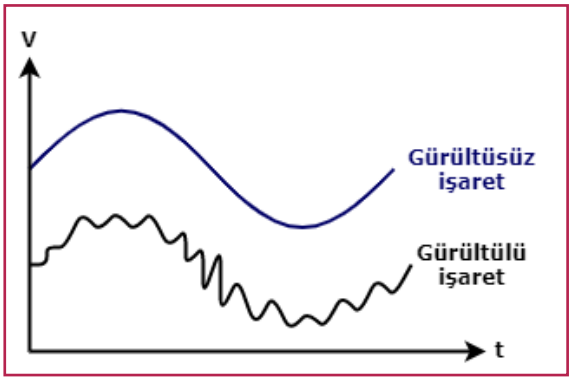
e. Kaydetme, Veri İşleme ve Gönderme Ünitesi: Daha sonra kullanmak üzere bilgilerin otomatik olarak depolanması, verilerin işlenmesi veya başka bir yere gönderilmesi işlemlerini sağlayan ünitedir. Bu ünite bazen bir bilgisayar olabilir.



Görsel 5.1: İnsan enstrümantasyon sistemi

5.1.2. Biyolojik İşaretlerde SNR (İşaret Gürültü Oranı)

Biyolojik işaretler, küçük genlikli olması ve insan vücudu gibi çeşitli işaret kaynaklarına sahip olan gürültülü bir ortam içinde bulunan bir yapıdan alınması nedeniyle gürültülü işaretlerdir. Görsel 5.2'de görüldüğü üzere algılanması istenen esas işaret dışında olan bozucu durumdaki her türlü işaret gürültü olarak tanımlanmaktadır. İşaretin gürültülerden temizlenmesinde işaret / gürültü oranı (SNR) kullanılmaktadır. SNR değeri ne kadar küçükse işarete karışan gürültü o kadar fazla demektir. İşaret / gürültü oranını artırmak için gürültü zayıflatma, yok etme veya işaret iyileştirme teknikleri uygulanmaktadır. Böylece daha az gürültülü işaret elde edilmiş olunur.



Görsel 5.2: Gürültülü ve gürültüsüz işaret

5.1.3. Biyolojik İşaretlerde Gürültü Azaltma Yöntemleri

Biyolojik işaretlerde istenmeyen bozucu işaretleri azaltmanın birçok yolu vardır. Gürültüyü azaltmak ve bozucu işaretin etkisini yok etmek için işaret kuvvetlendirilmeli, gürültü filtrelenmeli, baskı devreden kaynaklı gürültü faktörleri ortadan kaldırılmalı ve işaret ile aynı modda gelen ortak işaretlerin bastırılması gerekir.

Biyolojik işaretlerde gürültü azaltmada kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

a. Ortak Mod Bastırma Oranı (CMRR)

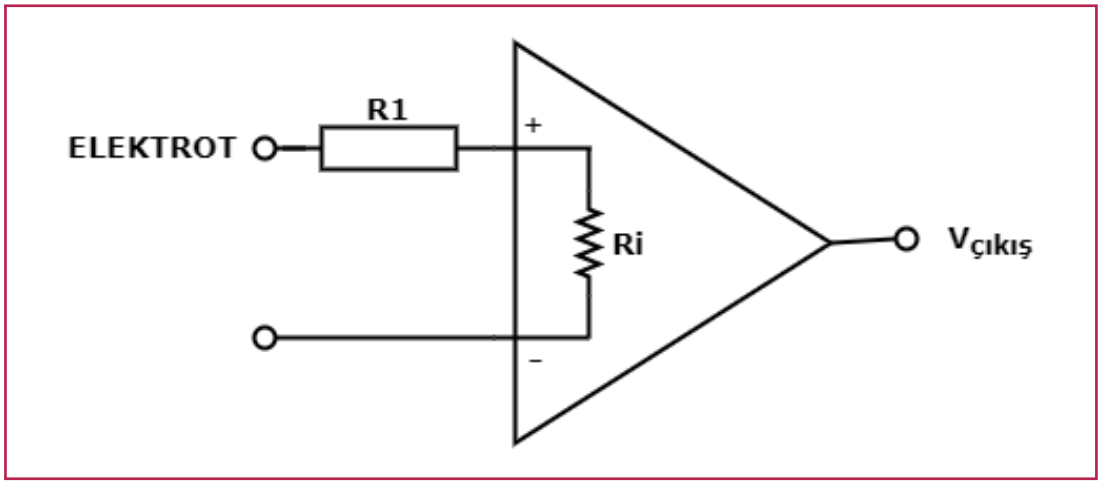
Fizyolojik işaretlerin kuvvetlendirilmesinde kullanılan fark kuvvetlendiricilerinde, fizyolojik işaretler ile ortak mod işaretleri birlikte fark kuvvetlendirici girişlerine gelmektedir. Bunlar genellikle 50 Hz şebeke frekansında olan işaretlerdir. Bu yüzden fark işaretlerinin ortak mod işaretlerinden ayrılması gerekir. Çözüm olarak biyopotansiyel kuvvetlendirici giriş katlarında CMRR değeri büyük olan fark kuvvetlendiricileri kullanılmalıdır. Böylece gürültü şeklindeki ortak mod işaretleri, daha zayıf olarak kuvvetlendirici çıkışında gözükecektir.

b. Giriş Empedanslarının Dengesi

Ortak mod gerilimi, girişlere seri bulunan dirençlerle kuvvetlendiricinin giriş dirençleri arasında bölüneceğinden kuvvetlendirici girişinde fark gerilimi oluşur. Yüksek kazançlı fark kuvvetlendiricisi, bu gürültü bileşenini de kuvvetlendirir. Girişte seri dirençlerin eşit yapılması durumunda bu gürültü etkisiz hâle getirilir.

c. Kuvvetlendirici Giriş Empedansı ile Kuvvetlendirici İç Empedansı

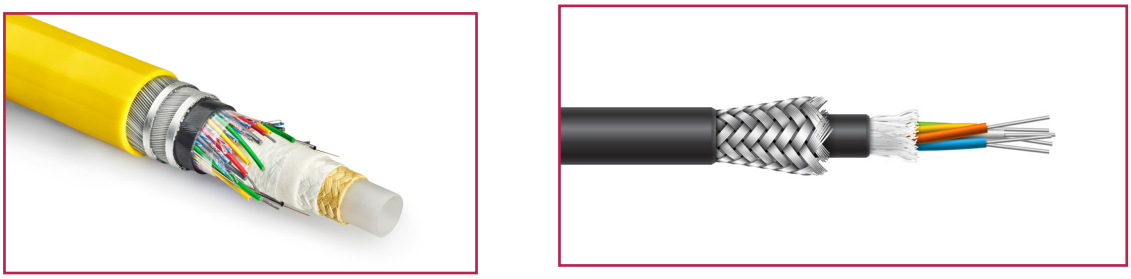
Kuvvetlendiricinin içyapısındaki giriş direnci (Ri), elektrodun bağlı olduğu kısımdaki giriş direncinden (R1) büyük olması gerekir (Görsel 5.3).



Görsel 5.3: Kuvvetlendirici giriş empedansı ile kuvvetlendirici iç empedansı

ç. Ekranlama

Kuvvetlendiriciyle kaynak arasındaki kabloların uzun olması durumunda toprağa olan kablo kaçak kapasitelerinin engellemesine karşı yapılan izolasyon işlemlerine **ekranlama** denir. Kablolardan işarete karışacak gürültüleri engelleyebilmek için giriş bağlantı kabloları standartlara uygun seçilmeli ve ekranlanmış olmalıdır (Görsel 5.4).



Görsel 5.4: Çizgili kesit ekranlanmış kablo (a) ve örgülü ekranlanmış fiber optik kablo (b)

d. Manyetik Alan

Kuvvetlendirici ve elektrot arasındaki bağlantı kablosu, ortamdaki manyetik alandan etkilenerek manyetik alan ortak mod akımını oluşturur. Kuvvetlendirici girişinde bir fark işareti meydana getirecek ve bir gürültü geriliminin oluşmasına neden olacaktır. Bu tür gürültüden kurtulmak için önlem olarak kablolar birbirine burulmalı, manyetik alanın meydana geleceği alan daraltılmalı ve devre girişlerinde manyetik geçirgenliği çok yüksek malzemelerden (trafo sacı gibi) yapılmış manyetik alan ekranlaması kullanılmalıdır.

e. Elektrik Alanı

Elektrik alan kuplajını engellemek için bağlantı kablolarının ekranlama yapılması gerekir. Bunu yaparken de iletkenliği yüksek malzemeler ve bakır levhalar kullanılmalıdır (Elektrik alan kuplajı; bir iletkenin üzerinde gerilim olmamasına rağmen ortamdaki elektrik alanından etkilenerek gerilim yüklenmesi hâlidir.). Kaçak akımlardan kaynaklı gürültüyü azaltmak maksadıyla hastanın emniyetli şekilde küçük dirençle topraklanmasını sağlayan ve özellikle elektrokardiyografik işaretlerin algılanmasında kullanılan sağ bacak sürücü devresi kullanılmalıdır.

f. Toprak Çevrimleri

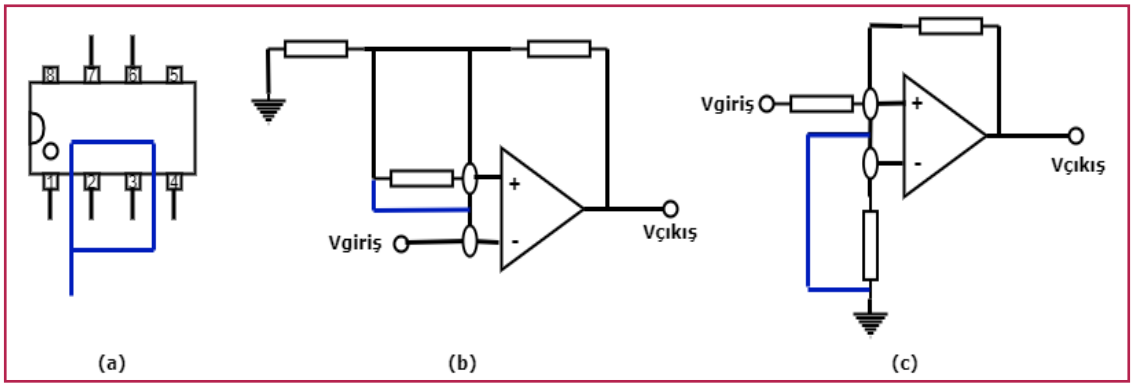
Teşhis ve tedavi sırasında hastaya birden fazla tıbbi cihaz bağlandığında, bağlanan cihazların toprağa bağlantıları tek toprak noktası üzerinden olmalıdır. Farklı topraklama hattı kullanılırsa cihazlardan birinin toprak hattı kopunca diğer cihazın toprak hattını kullanamaz ve akım hasta üzerinden akar. Bu durumda hem işarete gürültü karışır hem de hasta zarar görür.

g. Elektronik Devre Tasarımında Baskı Devre Düzenlemesi

Gürültü oluşumunu engellemek için her elemanın besleme kaynağına giden uçlarını elemana en yakın yerden bir kapasite elemanı ile toprağa bağlamak gere-

kir. Genellikle gürültü azaltmada uygulanan yöntemlerden biri de her kuvvetlendiriciyi bir alçak geçiren filtre olarak gerçekleştirmektir.

Devre üzerinde elemanlara ait işaret ve işaret dönüş hatlarının çevrim oluşturmaması gerekir. Bunun için çok katmanlı baskı devre kullanılarak katmanlardan biri işaret dönüş hatlarına ayrılmalıdır. İşaretle gürültü karışımını önlemenin farklı bir yolu da düşük genlikli işaretlerin uygulandığı kuvvetlendirici girişlerinin, koruma halkaları ile yüksek gerilimli noktalardan gelecek olan kaçak akımlara karşı korunmasını sağlamaktır (Görsel 5.5).



Görsel 5.5: Koruma halkasının uygulanışı (a), Terslemeyen yükselteçte koruma halkası (b), Tersleyen yükselteçte koruma halkası (c)

5.1.4. Biyolojik İşaretlerin Analog ve Dijital İşlenme Yöntemleri

Biyolojik işaretler, analog işaretler olduğundan bilgisayar teknolojisinde kullanılabilir ve işlenebilir düzeye getirilebilmesi için analog işaretler sayısal işaretlere çevrilmelidir. Sayısal işarete çevrilen veriler üzerinde gerekli işaret işleme yöntemleri gerçekleştirildikten sonra biyolojik işaretleri kullanıcı tarafından anlaşılabilir düzeye getirmek için analog verilere çevirmek gerekmektedir. Bu nedenle biyolojik işaretlerin cihazlar ve doktor tarafından anlaşılabilmesi amacıyla biyolojik işaretler, analog işleme ve sayısal (dijital) işleme olmak üzere iki farklı işaret işleme yöntemine tabi tutulur.

İşaret işleme yöntemlerini analiz edebilmek için genel ölçme ve tanılama sisteminin blok diyagramı, sinyal işleme sisteminin blok diyagramı ve blokların ana görevleri bilinmelidir. Analog işaretler, analog devre elemanlarından oluşturulan filtrelerin kararlı olmamasından dolayı sayısal ortamda da filtreleme işlemine tabi tutulur. Sayısal tasarımlarla analog tasarımlar arasındaki temel fark, analog devreler frekans domeninde çalışırken sayısal tasarımlar zaman domeninde çalışmaktadır. Sayısal sistemlerin analog sistemlere göre diğer farklılıkları şu şekilde sıralanabilir:

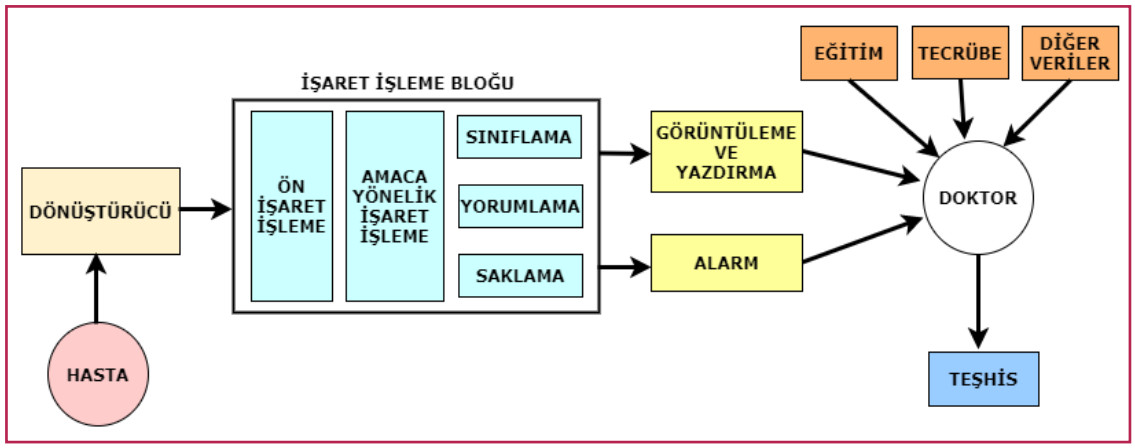
1. Sayısal sistemlerin tasarımı analog sistemlerin tasarımına göre daha kolaydır.
2. Sayısal sistemlerde bilgi saklamak daha kolaydır.
3. Sayısal sistemlerde analog sistemlere göre doğruluk ve birbirine bağlanabilecek devre sayısı daha yüksektir.
4. Sayısal devrelerde işlemler programlanabilirken analog sistemlerde bu mümkün değildir.
5. Sayısal devreler gürültüden daha az etkilenir.

6. Sayısal sistemlerde bir entegre içerisine daha fazla sayıda sayısal devre elemanı yerleştirilebilir.

5.1.5. Genel Ölçme ve Tanılama Sisteminin Blok Diyagramı

Teknolojinin gelişmesiyle gelişmiş işaret işleme olanakları sayesinde ve doktorların aldığı eğitimi, sahip oldukları deneyimi ölçme cihazlarına kazandırmalarıyla daha hızlı ve güvenilir teşhis koyma imkânı sağlanmıştır. Bu sistemde hastalığı tanımaya çalışan doktor veya izleyicinin biyolojik işareti anlayabilmesi için dönüştürücü ile hastadan alınan biyolojik işaretler işaret işleme bloğundan geçirilmektedir (Görsel 5.6).

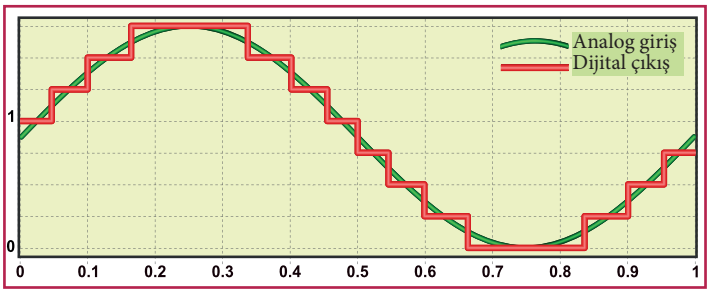
İşaret işleme bloğunda, işaret önce ön işaret işleme bloğundan geçirilir. Daha sonra amaca ve işarete uygun işaret işleme teknikleri kullanılarak işaret işlenir. İşaret, karşılaştırma yapılabilmesi ve izlenebilmesi için saklanmaktadır. Bunun yanı sıra ileri işaret işleme teknikleri kullanılarak işaretin yorumlanması ve sınıflanması da yapılabilmekte, gerektiğinde sınıflama çıktısına göre sistemin alarm çıkışı da sağlanabilmektedir. Sistem çıkışının teşhis dışında kontrol amacına yönelik kullanımı da mümkündür.



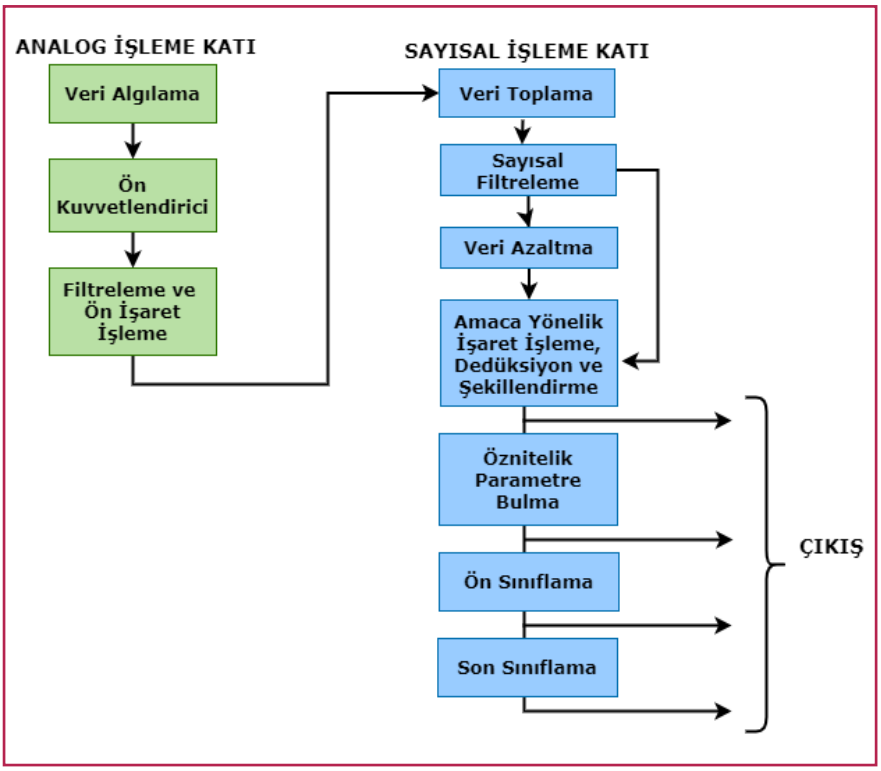
Görsel 5.6: Genel ölçme ve tanılama sisteminin blok diyagramı

5.1.6. Sinyal İşleme Sisteminin Blok Diyagramı ve Blokların Ana Görevleri

Analog ve dijital (sayısal) işaret işleme, sinyal işleme sisteminin farklı iki modunu oluşturmaktadır. Analog durumdaki sinyaller süreklidir; dijital durumdaki sinyaller ikilik sayı sistemindeki 0 ve 1 kullanılarak ifade edilmektedir. Yani sinyal 0 ve 1 bite kuantalanmıştır. Bilgisayar, mikroişlemci gibi dijital ortamda çalışan araçların analog sinyalleri işleyebilmesi için analog sinyalin dijitale dönüştürülmesi gerekir (Görsel 5.7). Bu nedenle analog dijital çeviriciler (ADC veya A / D çevirici) ve dijital analog çeviriciler (DAC veya D / A çevirici) kullanılmaktadır.



Görsel 5.7: Analog giriş-dijital çıkış sinyalleri



Görsel 5.8: Sinyal işleme sisteminin blok diyagramı

ADC ve DAC yapıları özel kodlama ve kod çözme yapılarından oluşmaktadır. ADC girişine uygulanan bir analog giriş işareti 0 ve 1'lerden oluşan bir kelimeye dönüştürülür. Bilgisayar teknolojisi ile işlenen dijital işaret, ikilik sayı sisteminde bulunan verinin onluk sayı sistemine dönüştürülmesiyle bulunan çıkış büyüklüğü, giriş kelimesine karşı düşen farklı analog gerilim seviyesine karşılık gelir. Analog ve sayısal işleme katları arasında ilişki bulunmaktadır (Görsel 5.8).

a. Veri Algılama

Veri algılamada, biyolojik veya fizyolojik büyüklükleri elektriksel büyüklüğe çeviren dönüştürücüler kullanılır. Biyolojik işaretleri algılamak amacıyla kullanılan dönüştürücülere **elektrot** adı verilir. Dönüştürücü seçilirken algılanmak istenen büyüklük veya parametreye uygun olmasına, hastaya acı ve zarar vermeyecek şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Hastaya acı ve zarar vermeyen noninvasive yani dolaylı yöntemlerin kullanılması durumunda algılanan işaret zayıf olmaktadır (Görsel 5.9). Ayrıca işarete daha çok gürültü karışmaktadır. Gürültünün algılanan işaretten ayıklanması ve işlenmesi için daha ileri seviyeli işaret işleme teknikleri kullanılması gerekmektedir.

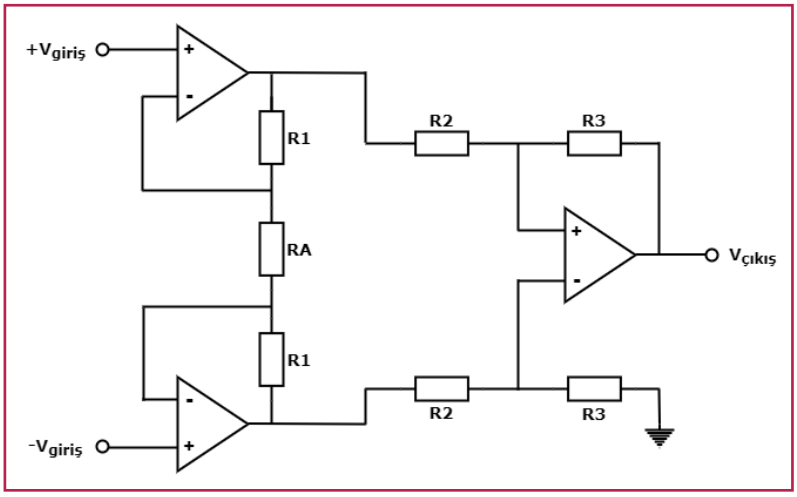


Görsel 5.9: Parmağa takılan noninvasive aktif elektrot örneği

Algılanan işarete karışan gürültü miktarını azaltmak için biyolojik işaret algılamada; gürültüsü az olan gümüş-gümüş klorür (Ag-AgCl) elektrotlar kullanılmalıdır. Elektrotların bağlanacağı deri yüzeyi temizlenmiş olmalı gürültü kaynaklarından uzak bir ortamda hastadan algılama yapılmalıdır. Gerekirse biyolojik işareti daha sağlıklı algılayabilmek için gürültüye karşı yalıtılmış özel odalar kullanılmalı, manyetik ve elektrik alan oluşturan kaynaklar ekranlanmalı ve elektrot kabloları ekranlı olmalıdır. Hasta sakinken ölçüm yapmaya özen gösterilmelidir. Biyolojik işaretin algılanmasında aktif elektrotlardan seçmek ve elektrot ile deri arasında uygun jel kullanmak gürültü miktarını azaltmada önemli rol oynayacaktır.

b. Ön Kuvvetlendirme

Elektrotlardan alınan sinyallerin yükseltildiği kısımdır. Burada kullanılan yükselticiler, sinyal gürültüsü en az olacak şekilde seçilmelidir. Genellikle fark kuvvetlendiricilerinden olan enstrümantasyon kuvvetlendiricileri kullanılır (Görsel 5.10). Enstrümantasyon kuvvetlendiricisinin toplam kazancı;
KT = (R3 / R2) x (2 x R1 + RA) / RA) ile bulunur.



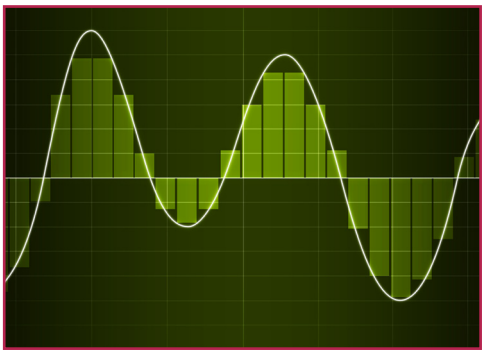
Görsel 5.10: Enstrümantasyon kuvvetlendiricisi

c. Süzme ve Ön İşaret İşleme

Biyolojik işarete karışan hastanın hareketinden kaynaklı gürültünün, biyolojik gürültülerin, şebeke gürültüsünün, manyetik veya elektrostatik kaynaklardan karışan gürültünün, elektronik elemanların iç gürültüsünün ve işaret işleme kısmındaki dönüştürme gürültüsünün filtrelendiği (süzüldüğü) kısımdır. Bu gürültüleri devre bazında bastırmak için çeşitli filtreler kullanılır. Bu filtreler gürültüyü bastırarak işaretin geçmesine olanak sağlayacak şekilde bant geçiren filtre olarak tasarlanmalıdır.

ç. Veri Toplama

Veri toplama aşamasında, analog olarak algılanan biyolojik işaretin sayısal işleme tabi tutulması için ilk olarak analog işaretten sayısal işarete dönüştürülme işlemi gerçekleşir. Bunun için analog-dijital dönüştürücüler (ADC) kullanılarak analog işaret öncelikle örneklenir (Görsel 5.11). Ayrık biçime getirilen örnekler sayısal işarete dönüştürülür.


Görsel 5.11: ADC ile analog sinyalin örneklenmesi

d. Sayısal Süzme

Vücuttan alınan ve kuvvetlendirilen işarette analog işaret işleme ünitelerinden geçtikten sonra filtrelenemeyen gürültüler, sayısal işaret işleme katında da uygun sayısal filtreler kullanılarak tekrardan filtrelenmektedir. Sayısal filtreleme için gürültü ile algılanması istenen biyolojik işaretin yapısına uygun alçak geçiren, yüksek geçiren veya bant geçiren özelliğe sahip bir dizi filtreleme yöntemleri ve bunların dışında özel filtreleme yöntemleri kullanılmaktadır.

e. Veri Azaltma

Veri azaltma işlemi, bir bilgi sıkıştırma işlemidir. Bilgi sıkıştırma, belli bir miktar

veriyi belli bir zamanda taşımak için gerekli bant genişliğini azaltan veya belli bir bant genişliğinde ve belli miktardaki bilgiyi göndermek için gerekli zamanı azaltan ya da belli bant genişliğine sahip belli zaman içinde gelen işaretteki bilgi miktarını azaltan bir tekniktir. Burada daha çok işlenecek veya saklanacak bilginin miktarındaki azaltma işlemi gerçekleştirilir.

f. Amaca Uygun İşaret İşleme, Dedüksiyon ve Şekillendirme

Bazen işaret üzerinde özel amaçlar için özel işaret işleme tekniklerinin uygulanması gerekir. Bazen de işareti başka domene (frekans domenine, z domenine) taşıyarak bu domende işaret işleme gerçekleştirilir. Ayrıca sınıflamada da kullanılmak üzere biyolojik işarete ait belli parametrelerin bulunabilmesi, zaman içinde belli noktaların veya işaretteki belli şekle sahip anların ve bu anlardaki işaret değişim şekillerinin ortaya çıkartılması için dedüksiyon işleminin gerçekleştirildiği kattır. Buna EKG işaretinde R dedüksiyonu örnek olarak verilebilir.

g. Öznitelik Parametre Bulma

Bu blokta elde edilen biyolojik işaretlerin periyodunun bulunması, işaretin yapısına göre gecikme süresinin elde edilmesi, deterministik olduğu varsayılan işaretlerde karakteristik noktaların tepe değerlerinin ölçümü gerçekleştirilir.

ğ. Sınıflama

Sınıflamada izlenen yol, kalıp uyumlaştırma işlemidir. Gözlenen işaretin hangi sınıfa dâhil edileceği belirlenir. İşarete ait öznitelik grubunun tespitinde her sınıf için seçilen kalıplara ne kadar uyduğu ölçülür. Bu uygunluk işlemi, bir uyumlaştırma ölçütü çerçevesinde işaret-kalıp karşılaştırmasının sonucunun değerlendirilmesine bağlıdır. Eğer işaret, 1. sınıfa ait kalıba seçilen bir ölçüte göre diğer sınıf kalıplarına göre daha iyi uyuyorsa işaret 1. sınıfa koyulmaktadır. Son sınıflama bloğunda daha sıkı karşılaştırma işleminden geçirilerek sınıflama işlemi tamamlanmaktadır.

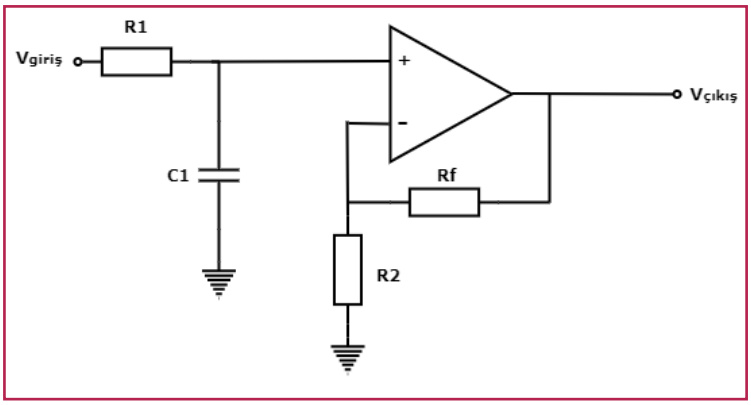
5.1.7. Filtre ve Dalga Şekillendirici Devre Çeşitleri

Filtre devreleri; belli bir frekans bandını geçirmek ve bu frekansın dışındaki sinyalleri zayıflatmak, gürültü gibi işaret bozucu etkileri ortadan kaldırmak amacı ile geliştirilmiştir. Filtre devreleri; yapım elemanlarına göre aktif ve pasif filtreler olarak sınıflandırılır. Çalışma prensibine göre ise alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren ve bant durduran filtreler olarak sınıflandırılır. Dalga şekillendirici devreler; kırpıcı devreler, gerilim kenetleyiciler, doğrultucu devreler ve aktif tepe dedektör devreleri olmak üzere genel olarak dört grupta incelenir.

a. Aktif Filtreler

Aktif filtreler; transistör, opamp, mikroişlemci gibi çalışması için güç kaynağına ihtiyaç duyan aktif devre elemanlarını içeren filtre devreleridir. Aktif filtrelerde indüktif eleman kullanılmaz. Aktif filtreler, filtrenin geçirgen olduğu frekanslar-

da bir zayıflatma işlemi uygulamaz. Bu filtrelerde giriş empedansı çok yüksek, çıkış empedansı ise çok düşüktür. Opampın bant genişliği sınırlı olduğundan bazı frekanslarda filtreleme işlemi yapmak mümkün olmadığından birinci, ikinci ve üçüncü dereceden aktif filtreler yapılır. Bu bölümde birinci ve ikinci dereceden aktif filtre devreleri incelenecektir.



Görsel 5.12: Birinci dereceden alçak geçiren filtre devresi

- **Alçak Geçiren Filtre Devresi**

Alçak geçiren filtre, belirli bir frekans değerinin (kesim frekensının) altındaki frekansları geçiren üstündekileri ise zayıflatan bir devredir. Kesim frekansı "fc" ile gösterilir. Birinci dereceden alçak geçiren aktif filtre devresinin kazancı, kesim frekansı değerinden sonra zayıflar.

Görsel 5.12'de birinci dereceden alçak geçiren aktif filtre devresi görülmektedir. Kesim frekansı; fc = 1 / (2π x R1 x C1) formülü kullanılarak hesaplanır. Çıkış gerilimi ($V_{çıkış}$) ise kazanç (1 + Rf / R2) ile giriş geriliminin ($V_{giriş}$) çarpılması sonucu elde edilir.

Örnek: R1 = 1 kΩ, R2 = 5 kΩ, Rf = 10 kΩ, C1 = 1 µF değerinde devre elemanları kullanarak alçak geçiren filtre devresi gerçekleştiriniz. Giriş gerilimi olarak devreye 5 volt uygulayınız. Alçak geçiren filtre devresinin çıkış gerilimini, kazanç değerini ve kesim frekansını hesaplayınız. (π = 3 alınız.)

Çözüm: Öncelikle aktif alçak geçiren filtre devresinin kazancı hesaplanır. Kazancı hesaplarken A = 1 + Rf / R2 formülü kullanılır. Bu formülde Rf ve R2 değerleri yerine yazılır. Bu durumda devrenin kazancı;

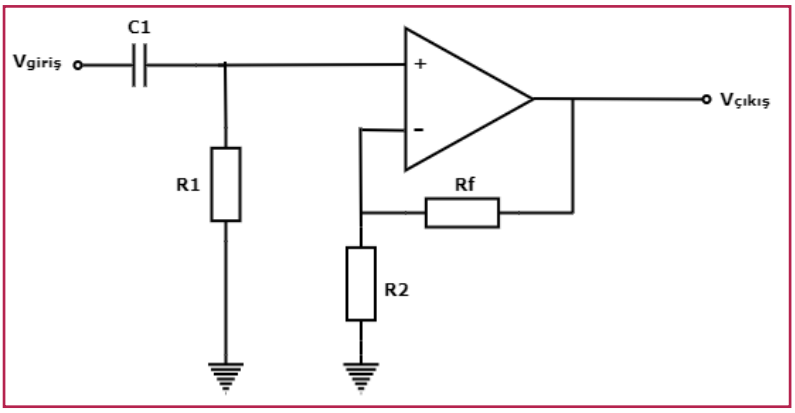
A = 1 + (10 kΩ) / (5 kΩ) = 1 + 10 / 5 = 1 + 2 = 3

elde edilir. A = 3 ifadesi devrenin girişine uygulanan gerilimin çıkışta 3 kat artırıldığı anlamına gelir. Yani çıkış gerimi 5 volt gerilim değerinin 3 katı olan 15 volta eşittir.

Devrenin kesim frekansını ise π = 3 alarak fc formülünde değerleri yerine yazılıp hesaplanır. Hesaplama yapmadan önce R1 direncinin ve C1 kapasitans değerlerinin ohm ve farad cinsinden karşılıkları bulunmalıdır.

R1 = 1 kΩ = 1 x 10^3 = 1000 Ω
C1 = 1 µF = 1 x 10^{-6} F
fc = 1 / (2 x π x R1 x C1) = 1 / (2 x 3 x 1000 x 1 x 10^{-6}) = 166,7 Hz

elde edilir. Bu durumda alçak geçiren filtre devresi 166,7 Hz değerinin aşağısındaki değerleri geçirip üzerindeki değerleri ise filtrelemektedir.



Görsel 5.13: Birinci dereceden yüksek geçiren filtre devresi

- **Yüksek Geçiren Filtre Devresi**

Yüksek geçiren filtre; belirli bir frekans değerinin üzerindeki frekansları geçiren, altındaki frekansları ise zayıflatan filtre devresidir. Görsel 5.13'te birinci dereceden yüksek geçiren aktif filtre devresi görülmektedir.

Çıkış gerilimi ($V_{çıkış}$) ise kazanç (1 + Rf / R2) ile giriş geriliminin ($V_{giriş}$) çarpılması sonucu elde edilir. Yüksek geçiren filtre devresinde kesim frekansı;
fc = 1 / (2π x R1 x C1) formülü ile hesaplanır.

Örnek: R1 = 2 kΩ, R2 = 10 kΩ, Rf = 10 kΩ, C1 = 100 nF değerinde devre elemanları kullanarak alçak geçiren filtre devresi gerçekleştiriniz. Giriş gerilimi olarak devreye 4 volt uygulayınız. Yüksek geçiren filtre devresinin çıkış gerilimini, kazanç değerini ve kesim frekansını hesaplayınız. (π = 3 alınız.)

Çözüm: Öncelikle aktif alçak geçiren filtre devresinin kazancını hesaplayınız. Kazancı hesaplarken A = 1 + Rf / R2 formülünü kullanınız. Bu formülde Rf ve R2 değerlerini yerine yazınız. Bu durumda devrenin kazancı;

A = 1 + (10 kΩ) / (10 kΩ) = 1 + 10 / 10 = 1 + 1 = 2

elde edilir. A = 2 ifadesi devrenin girişine uygulanan gerilimin çıkışta 2 kat artırıldığı anlamına gelir. Bu durumda çıkış gerilimi; girişe uygulanan 4 volt gerilim değerinin 2 katı olan 8 volta eşittir.

Devrenin kesim frekansını ise π = 3 alarak fc formülünde değerleri yerine yazıp hesaplayınız. Hesaplama yapmadan önce R1 direncinin ve C1 kapasitans değerlerinin ohm ve farad cinsinden karşılıklarını bulunuz.

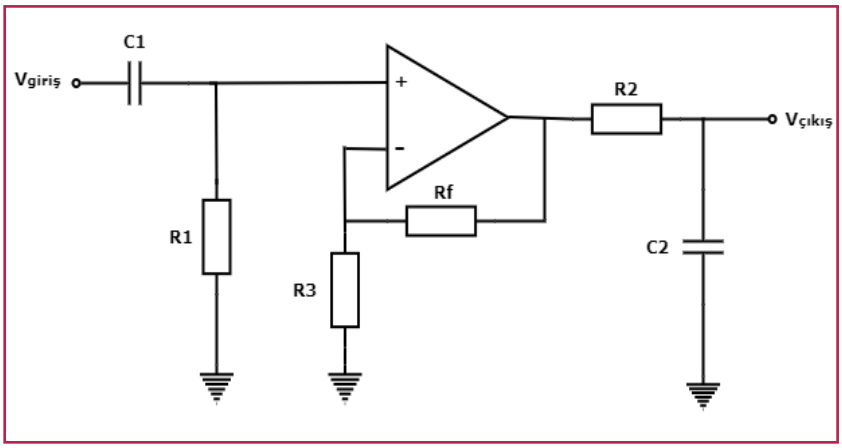
R1 = 2 kΩ = 2 x 10^3 = 2000 Ω
C1 = 100 nF = 100 x 10^{-9} F
fc = 1 / (2 x π x R1 x C1) = 1 / (2 x 3 x 2000 x 100 x 10^{-9}) = 833,3 Hz

elde edilir. Bu durumda yüksek geçiren filtre devresi 833,3 Hz değerinin üzerindeki değerleri geçirip aşağısındaki değerleri ise filtrelemektedir.

- **Bant Geçiren Filtre Devresi**

Bant geçiren filtre belirli bir frekans aralığındaki işaretleri geçiren, bu frekanslar dışındaki işaretleri ise geçirmeyen filtre devresidir. Birinci dereceden bant geçiren aktif filtre devresinde alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerin seri bağlanmasıyla elde edilir (Görsel 5.14).

Yüksek geçiren filtre frekansı alt kesim frekansını, alçak geçiren filtre frekansı ise üst kesim frekansını ifade eder. Alt ve üst kesim frekanslarının arasındaki değerler ise sistemin bant genişliğini verir. Bu frekans sınırları dışında kazanç zayıflar.



Görsel 5.14: Birinci dereceden bant geçiren filtre devresi

Filtrenin çıkış geriliminin ve kazancının maksimum olduğu frekansa **rezonans frekansı** denir. Bu nokta tepe noktası olarak adlandırılır. Rezonans frekansı, alt kesim frekansı ile üst kesim frekansının ortalaması hesaplanarak bulunur. Yani orta noktası tepe noktasını belirtmektedir.

Örnek: R1 = 1 kΩ, R2 = 2 kΩ, R3 = 10 kΩ, Rf = 10 kΩ, C1 = 1 μF, C2 = 100 nF değerinde devre elemanları kullanarak alçak geçiren filtre devresi gerçekleştiriniz. Giriş gerilimi olarak devreye 3 volt uygulayınız. Bant geçiren filtre devresinin kazanç değerini, alt ve üst kesim frekanslarını, rezonans frekansını hesaplayınız. (π = 3 alınız.)

Çözüm: Öncelikle aktif alçak geçiren filtre devresinin kazancını A = 1 + Rf / R2 formülünü kullanarak hesaplayınız. Bu formülde Rf ve R3 değerlerini yerine yazınız. Bu durumda devrenin kazancı;

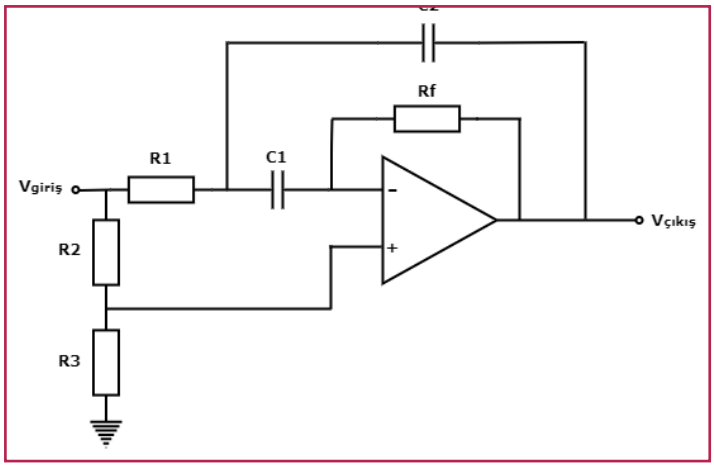
A = 1 + (10 kΩ) / (10 kΩ) = 1 + 10 / 10 = 1 + 1 = 2

elde edilir. Devrenin alt kesim frekansını; fc = 1 / (2 x π x R1 x C1) formülü ile üst kesim frekansını ise fc = 1 / (2 x π x R2 x C2) formülünü kullanarak hesaplayınız. Hesaplamalarda dirençlerin birimi Ω (ohm), kondansatörlerin birimi ise F (farad) birimleri cinsinden olmalıdır.

R1 = 1 kΩ = 1 x 10^3 = 1000 Ω
C1 = 1 μF = 1 x 10^{-6} F
fcalt = 1 / (2 x π x R1 x C1) = 1 / (2 x 3 x 1000 x 1 x 10^{-6}) = 166,7 Hz (alt kesim frekansı)

R2 = 2 kΩ = 1 x 10^3 = 2000 Ω
C2 = 100 nF = 1 x 10^{-9} F
fcüst = 1 / (2 x π x R2 x C2) = 1 / (2 x 3 x 2000 x 100 x 10^{-9}) = 833,3 Hz (üst kesim frekansı)

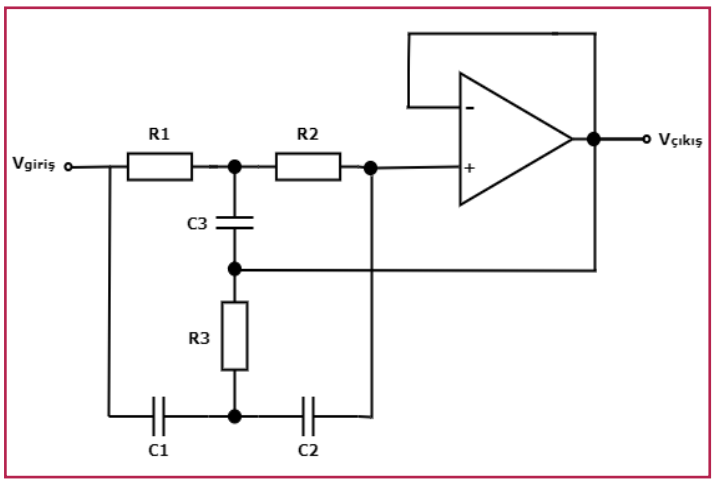
fr = (fcalt + fcüst) / 2 = (166,7 + 833,3) / 2 = 500 Hz (rezonans frekansı)



Görsel 5.15: Bant durduran filtre devresi

- **Bant Durduran Filtre Devresi**

İstenmeyen veya parazit etkisi yapan işaretlerin devre üzerindeki etkisini azaltmak veya yok etmek için bant durduran filtreler kullanılmaktadır. Özellikle 50 Hz şehir şebekesinden kaynaklanan gürültülerin çeşitli elektronik cihazlarda bozucu etkisini önlemek amacı ile bu tip filtrelerden yararlanılmaktadır. Bant durduran filtrenin fonksiyonu, bant geçiren filtrenin tersidir. Bu tip bir filtrede bant genişliği içerisindeki belli bir grup frekans hariç, diğer tüm frekansların geçişine izin verilir. Görsel 5.15'te bant durduran aktif filtre devresi görülmektedir.



Görsel 5.16: Çentik (Notch) filtre devresi

- **Çentik (Notch) Filtre Devresi**

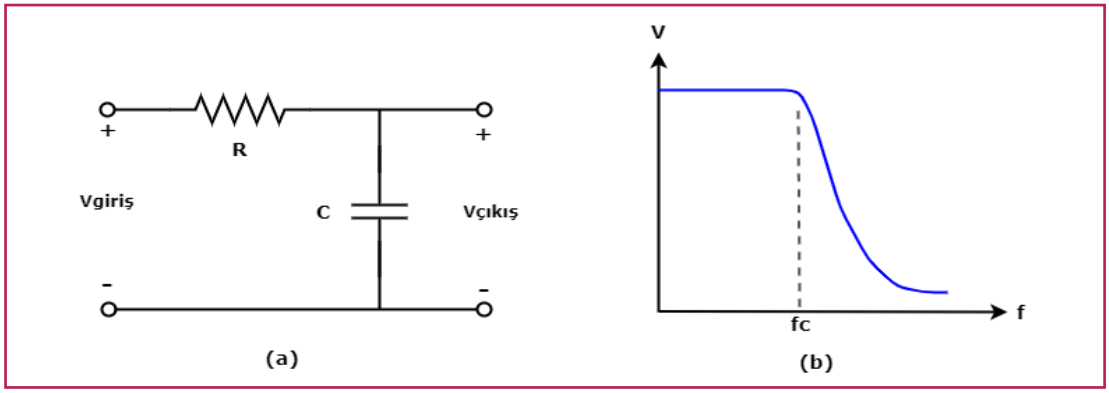
Çentik filtre, özellikle biyomedikal cihazlarda 50 Hz'lik şebeke frekanslı gürültüleri bastırmak için kullanılan bant durduran filtre yapısındaki filtre devresidir. Devrenin çentik frekansı; fo = 1 / (2 x π x R1 x C1) formülü ile hesaplanır. Çentik (notch) aktif filtre devresinde 2 x C1 = 2 x C2 = C3 ve R1 = R2 = 2 x R3 bağıntılarına göre kondansatör ve direnç değerleri seçilir (Görsel 5.16). İstenilen çentik frekansı için uygun R1 ve C1 değerleri seçilmelidir.

b. Pasif Filtreler

Pasif filtreler; direnç (R), bobin (L), kondansatör (C) pasif devre elemanlarının seri ya da paralel bağlanmasıyla oluşturulan filtre devreleridir. Pasif filtreler çalışma prensibine göre alçak geçiren filtre, yüksek geçiren filtre, bant geçiren filtre ve bant durduran filtre olmak üzere dörde ayrılır.

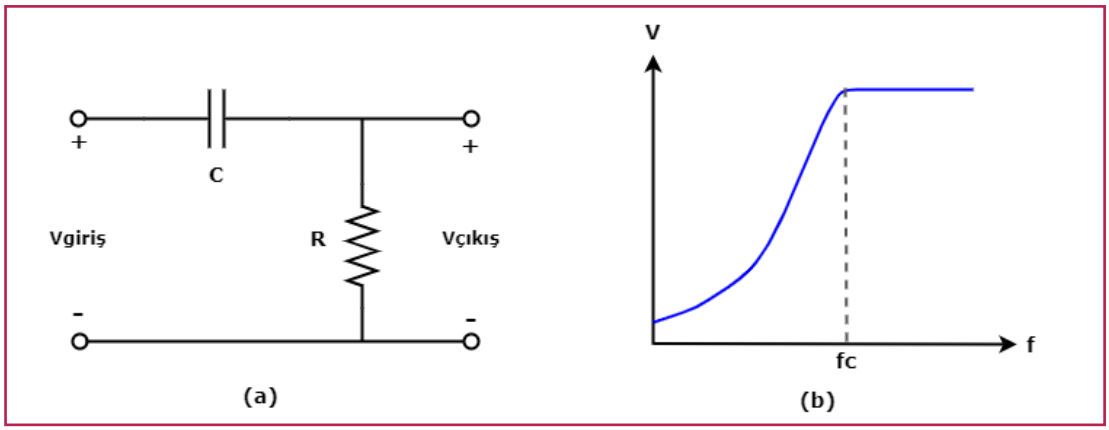
RC filtreleri kolay gerçekleştirilen filtre devreleri olup alçak geçiren veya yüksek geçiren filtre devreleri olarak tasarlanmaktadır. Devrede çıkış sinyali kondansatör üzerinden alınırsa devre alçak geçiren [Görsel 5.17 (a)], devrede çıkış sinyali direnç üzerinde alınırsa devre yüksek geçiren filtre devresi olmaktadır [Görsel 5.18 (a)].

Alçak geçiren filtre devresinde, düşük frekans değerlerinde çıkış gerilimi yüksektir [Görsel 5.17 (b)]. Kesim frekansı (fc) değerinden sonra çıkış gerilimi azalmaya başlar.



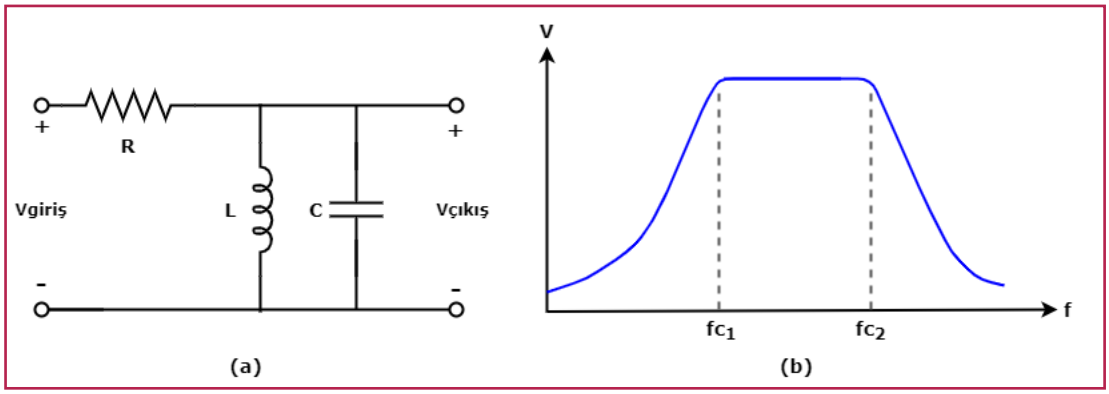
Görsel 5.17: Alçak geçiren pasif filtre devresi (a) ve frekans cevabı (b)

Yüksek geçiren filtre devresinde, yüksek frekans değerlerinde çıkış gerilimi yüksektir [Görsel 5.18 (b)]. Kesim frekansı (fc) değerinden düşük frekans değerlerinde çıkış gerilimi azalmaya başlar. Alçak geçiren ve yüksek geçiren pasif filtrelerin kesim frekansı; fc = 1 / (2 x π x R x C) formülü kullanılarak hesaplanır.

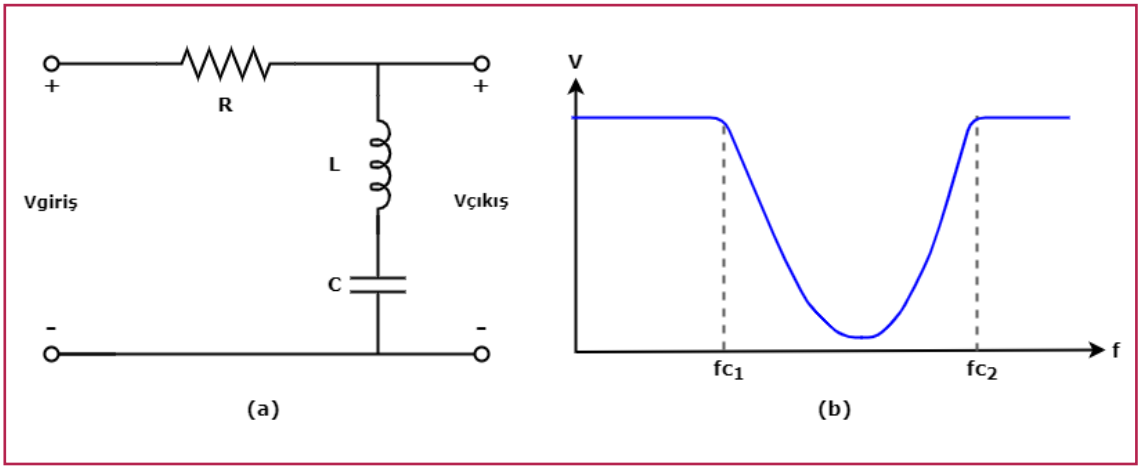


Görsel 5.18: Yüksek geçiren pasif filtre devresi (a) ve frekans cevabı (b)

RLC filtreleri ile bant geçiren pasif filtre devresi veya bant durduran pasif filtre devresi tasarlanabilmektedir. Devrede çıkış birbirine paralel bağlı olan bobin ve kondansatör üzerinden alınırsa devre bant geçiren pasif filtre devresi (Görsel 5.19); devrede çıkış birbirine seri bağlı olan bobin ve kondansatör üzerinden alınırsa devre bant durduran pasif filtre devresi olur (Görsel 5.20).



Görsel 5.19: Bant geçiren pasif filtre devresi (a) ve frekans cevabı (b)



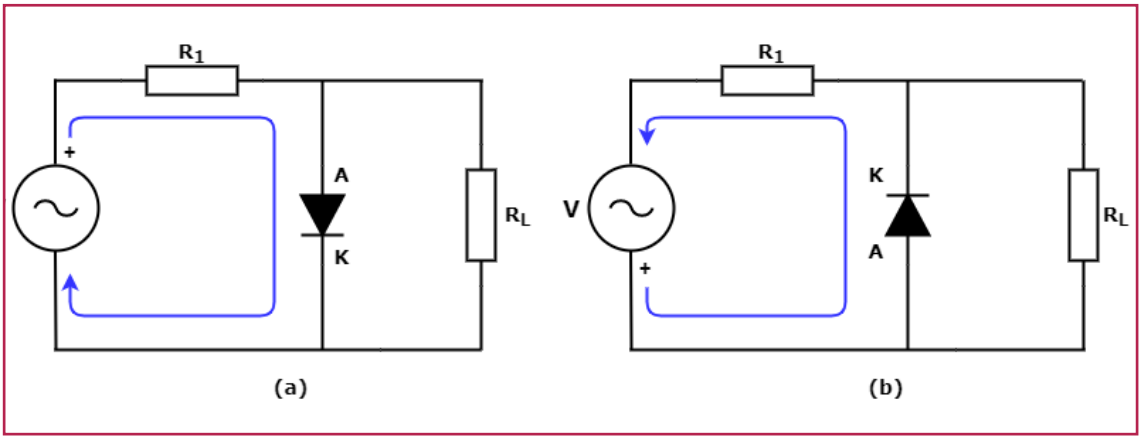
Görsel 5.20: Bant durduran pasif filtre devresi (a) ve frekans cevabı (b)

c. Kırpıcı Devreler

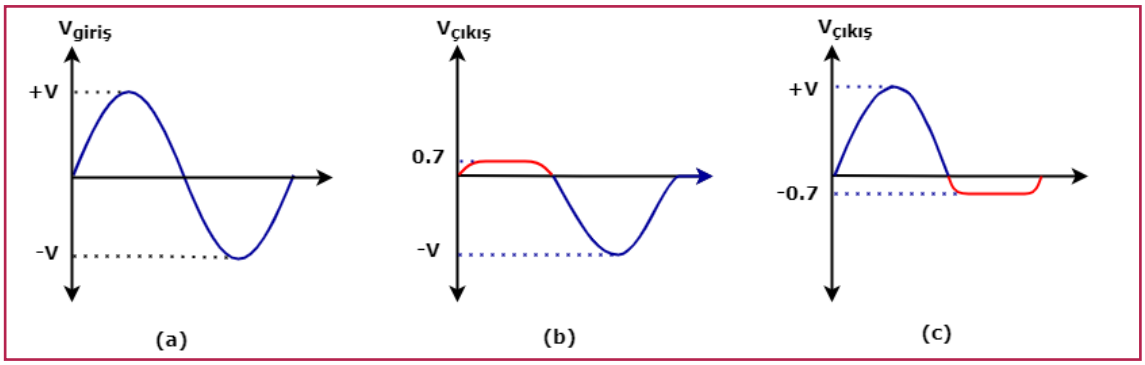
Elektriksel bir işareti, istenilen seviyede kırpmak veya sınırlandırmak amacıyla kullanılan girişine uygulanan işaretin bir kısmını çıkışına aktarıp diğer bir kısmını ise kırpan devrelerdir. Kırpıcı devreler, pozitif kırpıcı devre ve negatif kırpıcı devre olmak üzere ikiye ayrılır (Görsel 5.21). Bu tür devrelerde kırpma işlemini gerçekleştiren devre elemanı diyottur.

Diyot, tek yönlü akım geçiren anot ve katot olmak üzere iki ucu bulunan yarı iletken devre elemanıdır. Diyot üzerinde 0,7 voltluk ön gerilim değeri görülür. Anoda uygulanan gerilim değeri katoda uygulanan gerilim değerinden büyük olduğu durumda diyot iletime geçer. Yani doğru polarma meydana gelir. Anoda uygulanan gerilim değeri katoda uygulanan gerilim değerinden küçük olduğu durumda ise diyot elektrik akımını iletmez. Yani ters polarma meydana gelir.

Pozitif kırpıcı devrelerde doğru polarma olduğunda pozitif alternans kırpılır ve devrede diyodun ön gerilim değeri olan 0,7 voltun üzerindeki değerler kırpılır (Görsel 5.22). Negatif kırpıcı devrede ise ters polarma olduğu durumda negatif alternansta kırpma işlemi gerçekleşir ve -0,7 voltun altındaki değerler kırpılır (Görsel 5.22). Çıkış gerilim değerleri RL yük dirençleri üzerinden ölçülür.

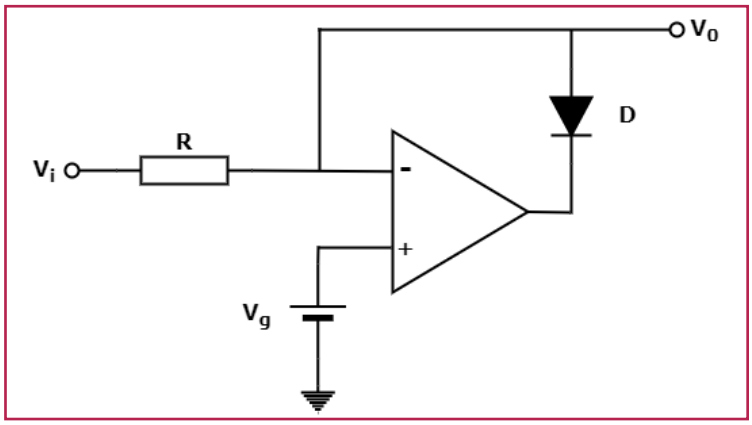


Görsel 5.21: Pozitif alternans kırpıcı devre (a), negatif alternans kırpıcı devre (b)



Görsel 5.22: Kırpıcı devrelerin giriş sinyali (a), pozitif alternans kırpıcı devrenin çıkış sinyali (b), negatif alternans kırpıcı devrenin çıkış sinyali (c)

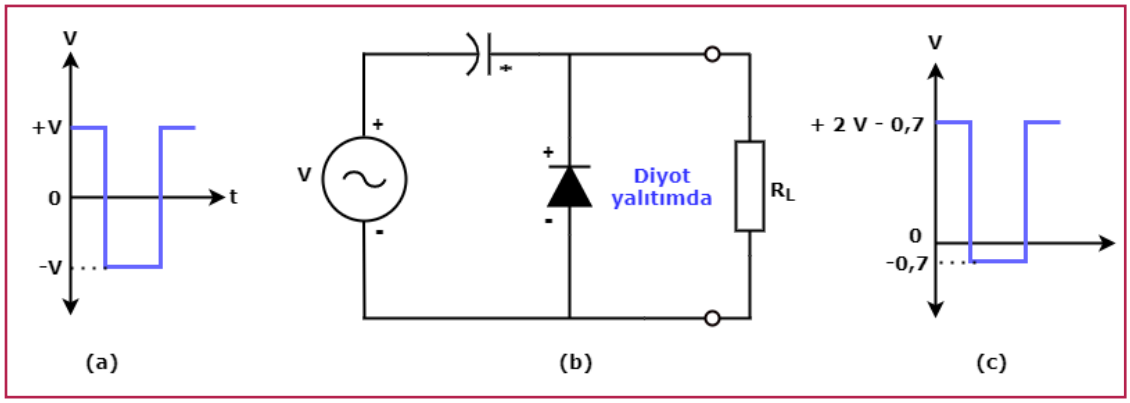
Opamp kullanılan kırpıcı devrede, Vg geriliminin üstündeki değerler kırpılır ve Vg geriliminin altındaki değerler kırpılmadan çıkışa aktarılır. Vg geriliminin altındaki değerler kırpılmak istenildiğinde ise diyodun yönünü ters çevirmek gerekir (Görsel 5.23).



Görsel 5.23: OPAMP kullanılan kırpıcı devre

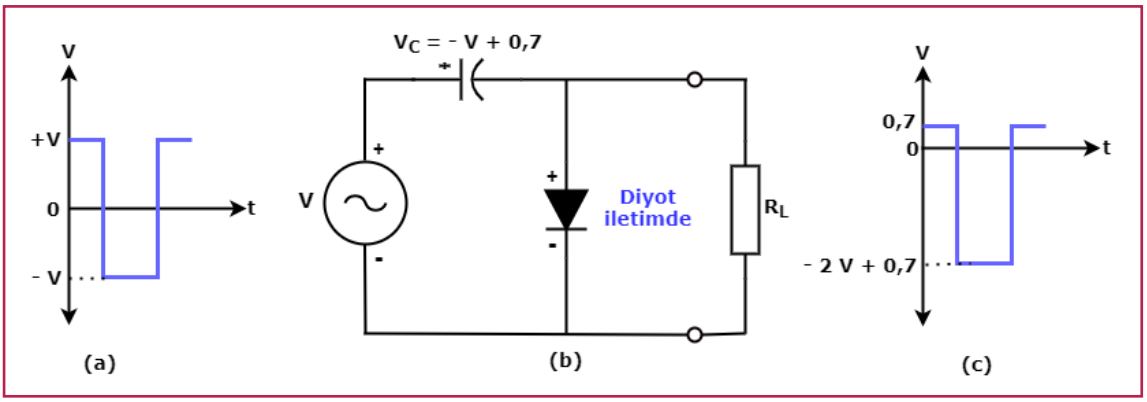
d. Gerilim Kenetleyiciler

Girişlerine uygulanan bir işaretin alt veya üst seviyesini istenilen sabit bir gerilime kenetlemek veya belli bir gerilim değerinde sabit tutmak amacı ile kullanılan devrelere **gerilim kenetleyici** adı verilir. Kenetleme devrelerinde diyot, kondansatör ve direnç devre elemanları kullanılır. Diyot yardımı ile kondansatörün şarj ve deşarjından yararlanılarak gerilim kenetleme işlemi gerçekleştirilir. Kenetleme devreleri, pozitif ve negatif kenetleme devreleri olmak üzere ikiye ayrılır. Pozitif kenetlemede girişten uygulanan işaretin en alt seviyesi sıfır referans noktasında kenetlenir (Görsel 5.24).



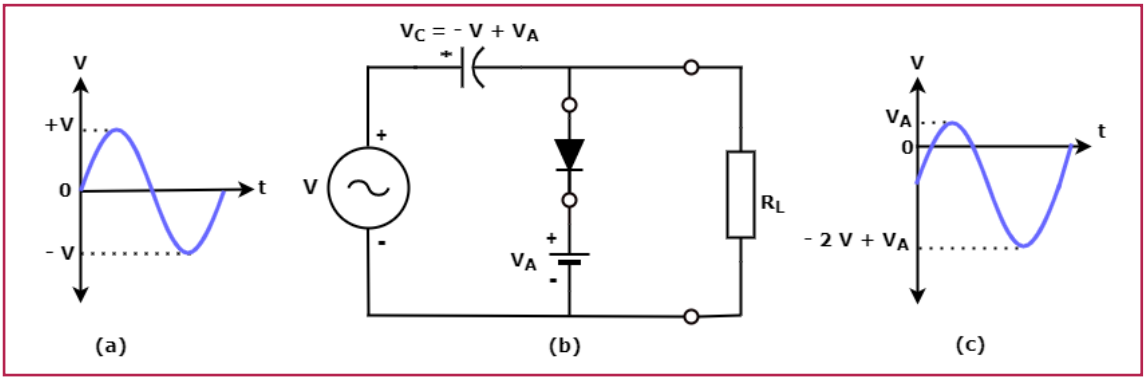
Görsel 5.24: Pozitif gerilim kenetleme devresinin giriş sinyali (a), pozitif gerilim kenetleme devresi (b), pozitif gerilim kenetleme devresinin çıkış sinyali (c)

Negatif kenetleme devrelerinde, girişten uygulanan işaretin en üst seviyesi sıfır referans noktasına kenetlenir (Görsel 5.25).



Görsel 5.25: Negatif gerilim kenetleme devresinin giriş sinyali (a), negatif gerilim kenetleme devresi (b), negatif gerilim kenetleme devresinin çıkış sinyali (c)

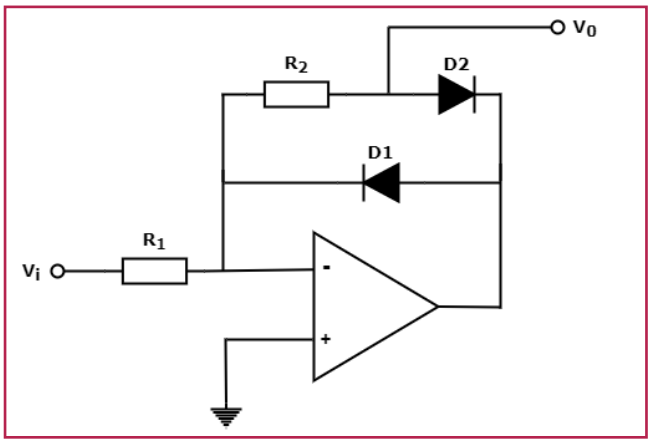
Polarmalı kenetleyiciler, girişinden uygulanan işareti DC bir değer üzerine bindirerek çıkışına aktaran devrelerdir. Görsel 5.26'da görüldüğü üzere VA değerindeki DC gerilim üzerine sinyal binmiştir. Yani çıkış geriliminde VA geriliminin de katkısı olmaktadır.



Görsel 5.26: Polarmalı kenetleyici devrenin giriş sinyali (a), polarmalı kenetleyici devre (b), polarmalı kenetleyici devrenin çıkış sinyali (c)

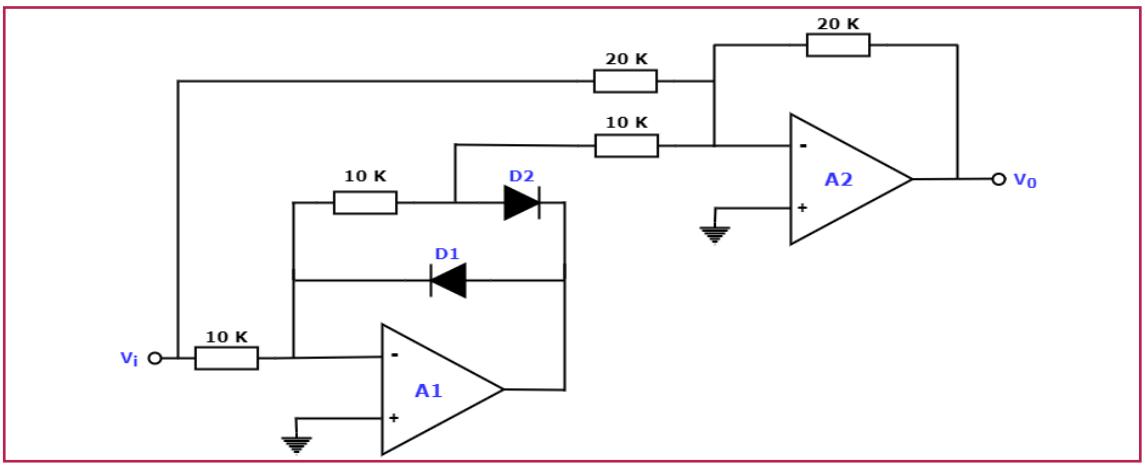
e. Doğrultucu Devreler

Kırpıcı devrelerde olduğu gibi doğrultucu devrelerde de doğrultma işlemi için tek yönlü akım geçiren diyot devre elemanı kullanılır. Doğrultucu devreler, pozitif ve negatif yönlü akımların kırpılması veya çıkışa aktarılması prensibine göre çalışmaktadır. Kullanım amaçlarına göre genel olarak tek yollu (Görsel 5.27) ve çift yollu (Görsel 5.28) doğrultucular olmak üzere iki gruba ayrılır.



Görsel 5.27: Tek yollu doğrultma devresi

Tek yollu doğrultma devresinde girişin pozitif olduğu durumda pozitif girişi toprak potansiyelinde olan kuvvetlendirici çıkışı negatif yönde doyuma gider. D2 diyodu iletime geçer ve kuvvetlendiricinin bir evirici gibi çalışmasını sağlar. Böylece R1 = R2 olması durumunda çıkış, girişi evirerek izlemektedir. Girişin negatif olması durumunda ise D1 diyodu iletime geçer ve çıkış, sıfır potansiyelinde kalır.

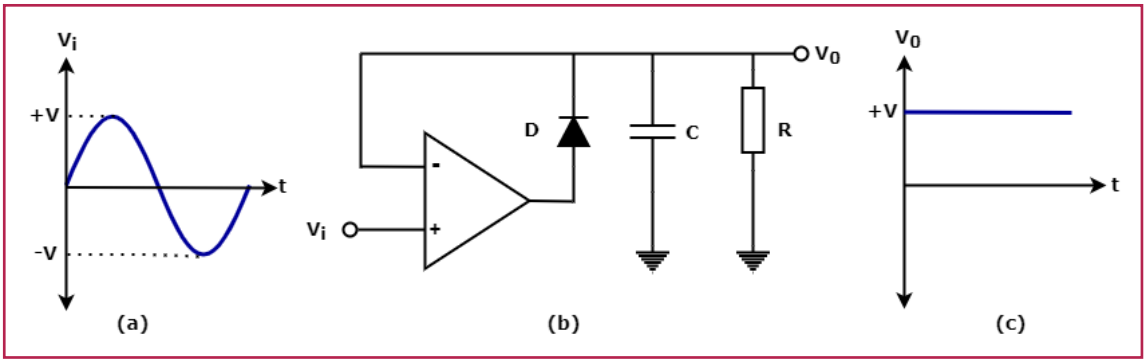


Görsel 5.28: Çift yollu doğrultma devresi

Çift yollu doğrultma işleminde A1 kuvvetlendiricisi tek yollu doğrultucu gibi çalışırken A2 kuvvetlendiricisi ise A1 kuvvetlendiricisinin çıkışı ile esas işareti toplamaktadır. Bu durumda A2 kuvvetlendiricisinin çıkışı, giriş negatif iken A1 kuvvetlendiricisinin devrede olmaması nedeniyle giriş işaretinin evirilmiş pozitif değerini çıkışa aktarır. Giriş pozitif iken de A1 kuvvetlendiricisinin evirici durumuna geçmesi nedeniyle V0 çıkışı, girişin kazançlı olarak pozitif değerine eşit olmaktadır.

f. Aktif Tepe Dedektörü

Aktif pozitif tepe detektörü temel devresinde diyot, kondansatör, direnç ve opamp bulunmaktadır (Görsel 5.29). İşlemsel yükselteç ve diyot bir doğrultucu devre gibi çalışmaktadır. Devrenin Vi girişi pozitif yönde artarken D diyodu iletimdedir. Bu durumda kuvvetlendirici bir izleyici gibi çalışarak C kondansatörünün uçlarında gözüken Vo çıkış geriliminin V gerilimine eşit olmasını sağlar. Vi gerilimi azalmaya başladığında ise kuvvetlendirici çıkış gerilimi, kondansatör geriliminin seviye olarak altında kalmaya başlar. Sonuç olarak diyot kesime girer ve işlemsel yükselteç devre dışı kalır. Bu durumda C kondansatörünü dolduran etken ortadan kalktığından C kondansatörü, Vo geriliminin daha önceki değerlerinin en büyük olduğu değeri tutmuş olur.



Görsel 5.29: Aktif tepe dedektörü devresi giriş sinyali (a), aktif tepe dedektör devresi (b) ve çıkış sinyali (c)

Pratikte C kondansatörü, kendinden sonra gelen devrenin giriş direnciyle yükünü boşaltmaktadır. Bazı durumlarda çıkış geriliminde böyle bir azalma istendiğinden R direnci özel olarak devreye eklenir. R yük direncinin C elemanını yüklemesi durumunda kondansatörün geriliminin zamanla azalması istenmiyorsa C ve R elemanları arasına bir izleyici kullanılmalıdır.

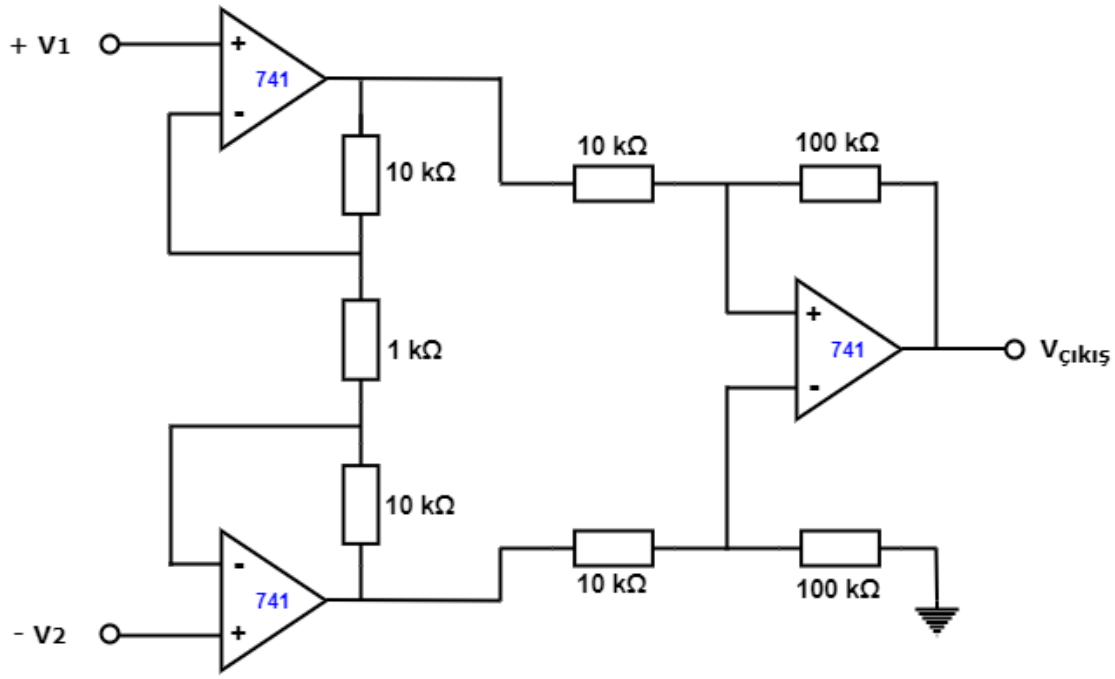
UYGULAMA 5.1.

ENSTRÜMANTASYON KUVVETLENDİRİCİ DEVRESİ KURMAK

AMAÇ

Enstrümantasyon kuvvetlendirici devresi gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.30: Enstrümantasyon kuvvetlendirici devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Opamp	UA741CN	3 adet
Direnç	1 kΩ	1 adet
Direnç	10 kΩ	4 adet
Direnç	100 kΩ	2 adet
Gerilim kaynağı		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Görsel 5.30'daki uygulama devresini breadboard üzerine kurunuz.
4. V1 ve V2 giriş gerilimlerini Tablo 5.1'de yer alan farklı değerlerdeki gerilimleri uygulayınız.
5. Farklı değerlerdeki giriş gerilimlerinin uygulanmasından sonra çıkış gerilimlerini ölçünüz.
6. Ölçülen çıkış gerilimlerini Tablo 5.1'e yazınız.
7. Devrenin kazancını hesaplayınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 5.1: Farklı Giriş Gerilimlerine Karşılık Ölçülen Çıkış Gerilimleri ve Hesaplanan Kazanç Değerleri

Giriş Gerilimleri (Volt)		Çıkış Gerilimi (Volt)	Kazanç Değerleri
V1 Değeri	V2 Değeri	V0 Değeri	A
3	5		
6	10		
9	12		

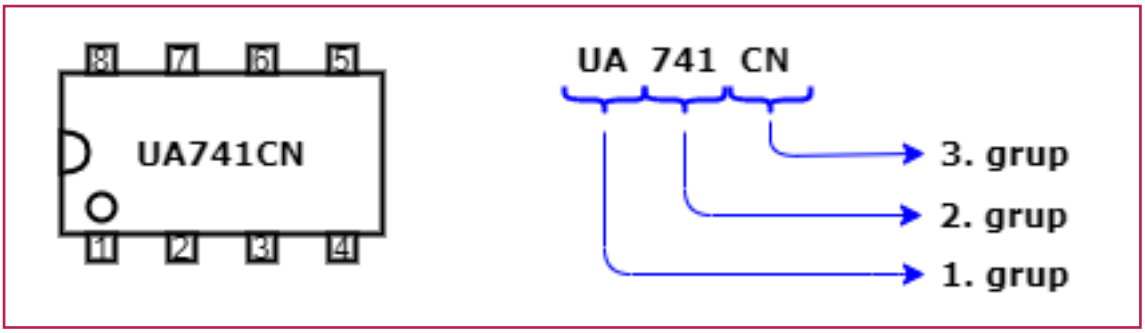
Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin giriş ve çıkış geriliminin ölçülmesi, devre kazancının hesaplanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

5.2. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerin Kurulumu

5.2.1. Entegre Kodlama Sistemi

Elektronik devrelerde çok sayıda devre elemanını tek bir devreyi oluşturacak şekilde tek bir pakette toplayan elemanlara **entegre** adı verilir. Entegrelere, üretici firmalar tarafından elemanı tanıtan kodlar verilir. Üretici firmaların entegre kodlamalarında uyduğu kodlama sistemi Görsel 5.31'de gösterilmektedir. Kodlama genellikle üç gruba ayrılarak yapılır.



Görsel 5.31: Entegre kodlama sistemi

Bazı üretici firmalar farklı kodlama sistemleri kullanabilmektedir. Bu durumda üretici firmanın ürün kataloglarına bakılması gerekir. Pek çok üretici firmanın uyduğu kodlama sisteminin genel özellikleri Tablo 5.2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

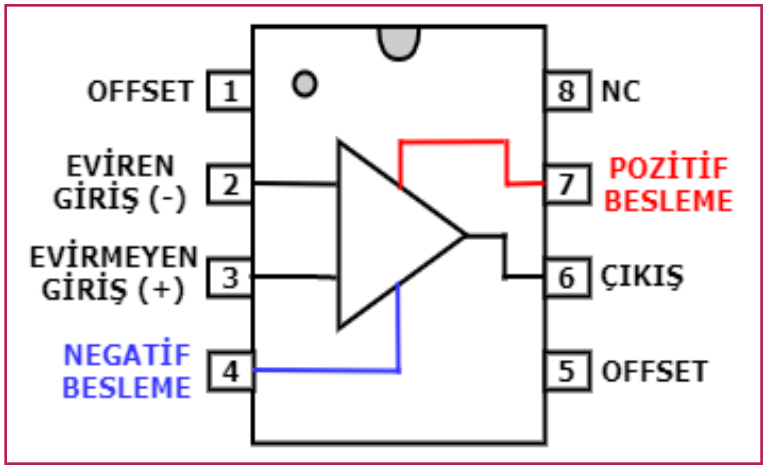
Tablo 5.2: Kodlama Örnekleri

Entegrelerde Kodlama Örnekleri		
Grup sayısı	**Özellikler**	**Örnekler**
1. Grup	İki veya üç harften oluşan bir kısaltma kullanılır. Bu grup üretici firmayı belirler.	LM: National, NE: Fairchild, MC: Motorola, SE: Signetics, SN: Texas Ins., AD: Analog Dv., CD: Haris vb. gibi
2. Grup	3'ten 7'ye kadar çeşitli rakam ve harflerden oluşabilir. Son harf entegrenin kullanım alanını ve çalışma sıcaklığını belirler.	C: Ticari, Çalışma aralığı: 0° C – 70° C I: Endüstri, Çalışma aralığı: -25° C – 85° C M: Askeri, Çalışma aralığı: -25° C – 25° C
3. Grup	Bir veya iki harften meydana gelir. Paket tipini ve kılıf malzemesini belirtir.	C: Seramik kılıf P: Plastik kılıf D, J: Çift sıralı soket (DIP)

5.2.2. Biyolojik İşaretleri Analog İşleyen Devrelerde Kullanılan Filtre Entegreleri ve Besleme Sistemleri

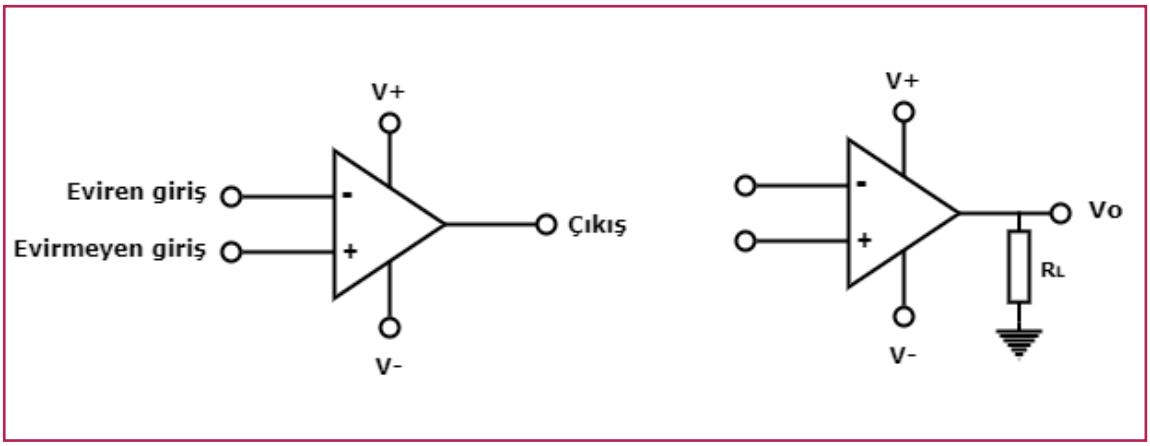
Biyolojik işaretleri analog işleyen devrelerde filtre entegresi olarak genellikle UA741CN entegresi kullanılmaktadır. UA741CN bir opamp (operational amplifier) yani işlemsel yükselteç entegresidir. Yapısında bir adet opamp bulunur.
UA741CN işlemsel yükseltecinin 8 adet pin ucu bulunur. Bu pinler eviren ve evirmeyen girişleri, pozitif ve negatif besleme uçlarını, offsetnull (sıfır dengeleme) ucunu, çıkış ucu ve not connected (bağlantısız) ucu ifade etmektedir (Görsel 5.32). Not connected (NC) ucuna hiçbir bağlantı yapılmaz. Bazen pin uçlarına bacak ismi de verilmektedir.

Opamplar genellikle ± 5 V ile ± 18 V arasında simetrik besleme gerilimine gereksinim duyar. Ayrıca 0 V-30 V arasında tek bir besleme gerilimi ile çalışan opamplar ve özel besleme gerilimlerine gereksinim duyan opamplar da vardır.



Görsel 5.32: UA741CN entegresinin içyapısı

Bir opampın gereksinim duyduğu besleme gerilimi üretici firmanın ürün kataloglarına bakılarak belirlenebilir. Besleme sırasında opamp toprağa (ground) direkt olarak bağlanmaz. Akım, dış devreden ve yük üzerinden geçirilerek toprağa bağlanır (Görsel 5.33). Amaç, işlemsel kuvvetlendiriciyi istenmeyen durumlardan korumaktır.



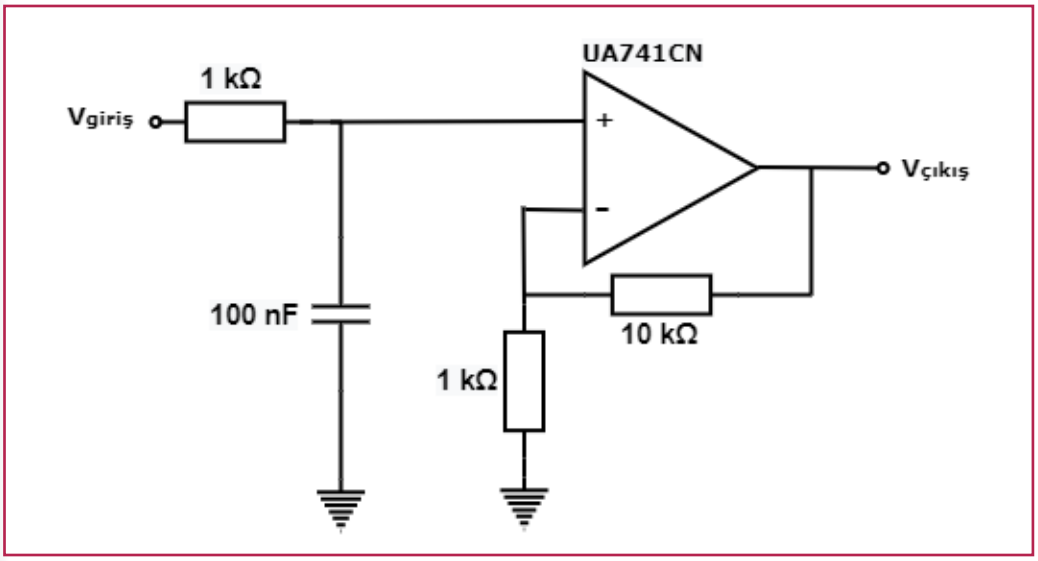
Görsel 5.33: Opamp girişleri ve beslemesi

UYGULAMA 5.2. ALÇAK GEÇİREN VE YÜKSEK GEÇİREN AKTİF FİLTRE DEVRELERİ KURMAK

AMAÇ

Alçak geçiren ve yüksek geçiren aktif filtre devresini gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.34: Alçak geçiren aktif filtre devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Osiloskop	2 kanallı	1 adet
Opamp	UA741CN	1 adet
Direnç	1 kΩ	2 adet
Direnç	10 kΩ	1 adet
Kondasatör	100 nF	1 adet
Gerilim Kaynağı		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Uygulamaya ait devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Osiloskop kanallarından CH1'i giriş gerilimine, CH2'yi çıkış gerilimine bağlayınız.
5. Giriş gerilimi olarak 5 volt değerinde gerilim uygulayınız ve çıkış gerilimini ölçünüz.

6. Devrenin kazancını giriş ve çıkış gerilim değerlerini kullanarak hesaplayınız.
7. Alçak geçiren aktif filtrenin kesim frekansını (fc) hesaplayınız.
8. Osiloskopta görülen sinyali sonuç kısmına Görsel 5.35 üzerine çiziniz.
9. Girişe bağlı olan direnç ile kondansatörün yerini değiştiriniz.
10. Yüksek geçiren filtrenin kesim frekansını hesaplayınız.
11. Osiloskopta görülen sinyali Görsel 5.36 üzerine çiziniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 5.3: Farklı Frekans Değerlerine Göre Çıkış Gerilimleri

Filtre Çeşidi	Frekans Değerlerine Göre Çıkış Gerilimleri				
	100 Hz	500 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz
Alçak Geçiren					
Yüksek Geçiren					

Görsel 5.35: Alçak geçiren aktif filtre devresinin çıkış sinyali

Görsel 5.36: Yüksek geçiren aktif filtre devresinin çıkış sinyali

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrelerin kesim frekanslarının, devre kazancının hesaplanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Filtreler arasındaki farkın ve devrelerin çalışma prensiplerinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	**TOPLAM PUAN**	100	

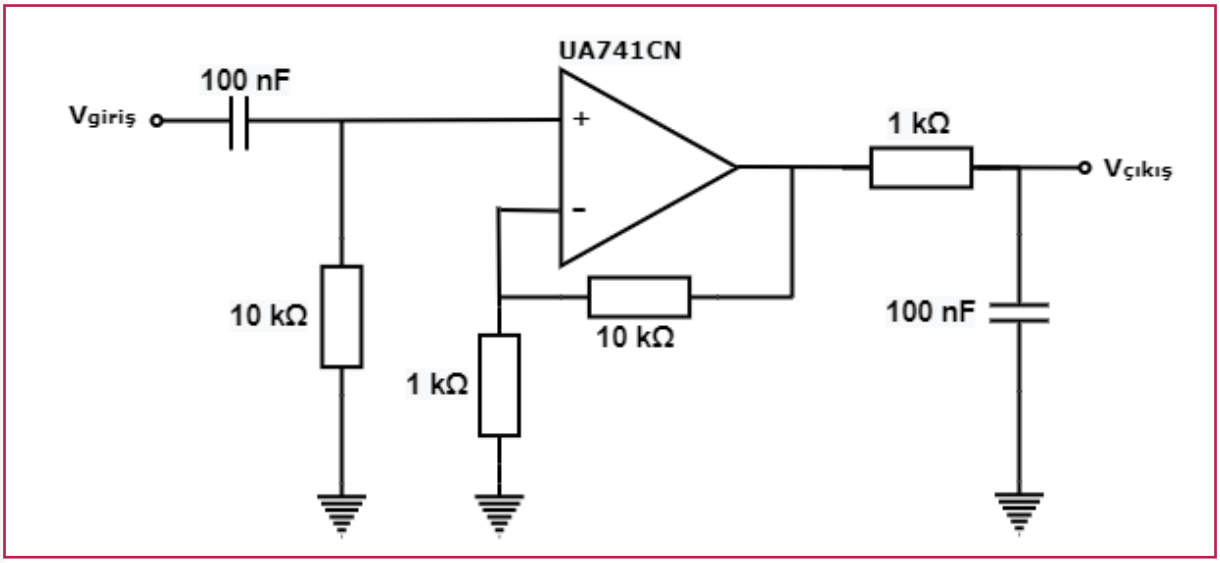
UYGULAMA 5.3.

BANT GEÇİREN AKTİF FİLTRE DEVRESİ KURMAK

AMAÇ

Bant geçiren aktif filtre devresini gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.37: Bant geçiren aktif filtre devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Osiloskop	2 kanallı	1 adet
Opamp	UA741CN	1 adet
Direnç	10 kΩ, 1 kΩ	2 adet
Kondansatörler	100 nF	2 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Uygulamaya ait devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Osiloskop kanallarından CH1'i girişe, CH2'yi çıkış geriliminin olduğu yere bağlayınız.
5. Girişe, sinüs dalga şekilli 1 kHz frekans değerinde 5 volt gerilim uygulayınız.
6. Osiloskopta görünen çıkış sinyalini Görsel 5.38 üzerine ölçülerine dikkat ederek çiziniz.

7. Devrenin kazancını, alt ve üst kesim frekanslarını hesaplayınız.
8. Filtrenin çıkış geriliminin ve kazancının maksimum olduğu rezonans frekansını bulunuz.
9. Tablo 5.4'te verilen frekans değerlerini uygulayarak çıkış gerilimlerini ölçüp tabloya not ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 5.4: Farklı Frekans Değerlerine Göre Çıkış Gerilimleri

Filtre Çeşidi	Frekans Değerlerine Göre Çıkış Gerilimleri				
	100 Hz	160 Hz	1000 Hz	1600 Hz	2000 Hz
Bant Geçiren Aktif Filtre					

Görsel 5.38: Bant geçiren aktif filtre devresinin çıkış sinyali

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

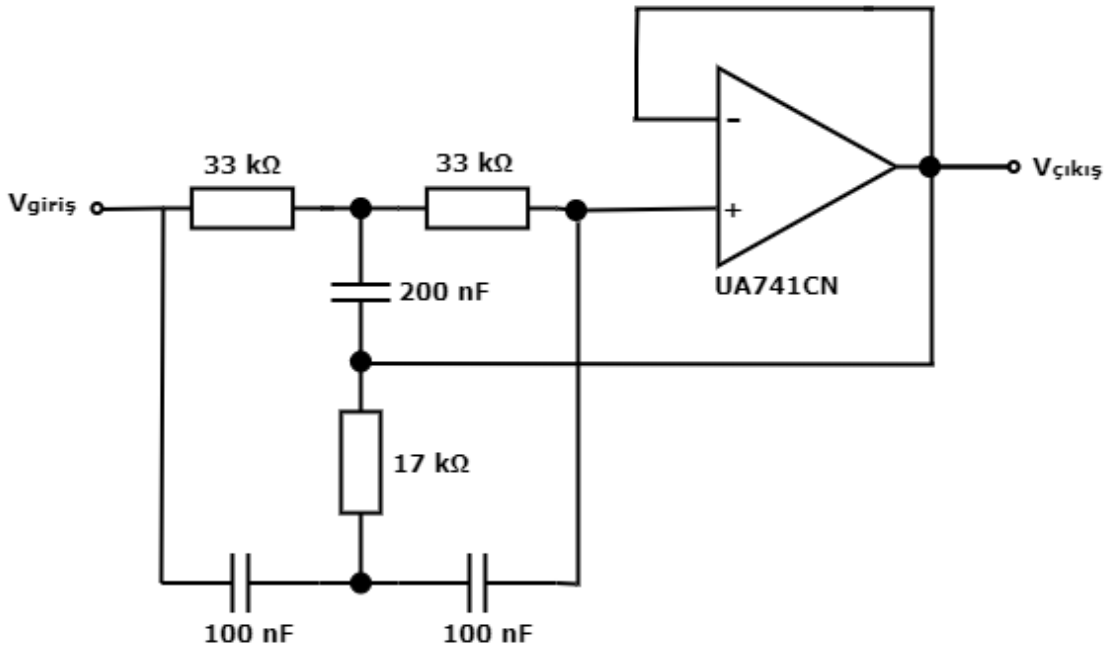
Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin kazancının, alt ve üst kesim frekanslarının hesaplanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Filtre devresinin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 5.4. ÇENTİK (NOTCH) AKTİF FİLTRE DEVRESİ KURMAK

AMAÇ

50 Hz frekans değeri için çentik (notch) aktif filtre devresini gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.39: Çentik (notch) aktif filtre devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Osiloskop	2 kanallı	1 adet
Opamp	UA741CN	1 adet
Direnç	33 kΩ	2 adet
Direnç	17 kΩ	1 adet
Kondansatör	100 nF	2 adet
Kondansatör	200 nF	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Uygulamaya ait devreyi breadboard üzerine kurunuz.

4. Osiloskop kanallarından CH1'i girişe, CH2'yi çıkışa bağlayınız.
5. Girişe, 50 Hz frekans değerinde 5 volt gerilim uygulayınız.
6. Osiloskopta görülen çıkış sinyalini Görsel 5.40 üzerine çiziniz.
7. Giriş ve çıkış gerilimini ölçünüz ve devre kazancını hesaplayınız.
8. Çentik frekansını hesaplayınız.
9. Tablo 5.5'te verilen frekans değerlerini uygulayarak çıkış gerilimlerini ölçüp tabloya not ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 5.5: Farklı Frekans Değerlerine Göre Çıkış Gerilimleri

Filtre Çeşidi	Frekans Değerlerine Göre Çıkış Gerilimleri				
	10 Hz	40 Hz	50 Hz	70 Hz	100 Hz
Çentik Filtre					

Görsel 5.40: Çentik (notch) aktif filtre devresi çıkış

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

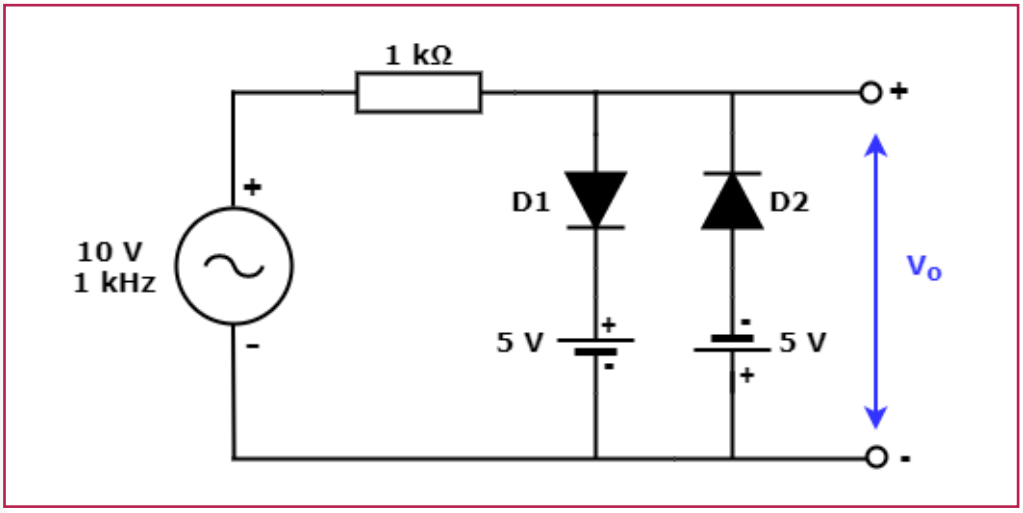
Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin kazancının, alt ve üst kesim frekanslarının hesaplanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Filtre devresinin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 5.5. KIRPICI DEVRELERİNİ KURMAK

AMAÇ

Negatif ve pozitif kırpıcı devrelerini gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.41: Negatif ve pozitif kırpıcı devre

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Osiloskop	2 kanallı	1 adet
Direnç	1 kΩ	1 adet
Diyot	1N4001	2 adet
Sinyal Jeneratörü	10 V / 1 kHz	1 adet
Gerilim Kaynağı	5 volt	2 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Uygulamaya ait devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Osiloskop kanallarından CH1'i giriş gerilimine, CH2'yi çıkış gerilimine bağlayınız.
5. Sinyal jeneratöründen girişe 10 volt / 1 kHz değerinde sinüs dalga şekilli gerilim uygulayınız.
6. Osiloskopta görülen sinyali ölçülerine dikkat ederek Görsel 5.42 üzerine çiziniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler



Görsel 5.42: Kırpıcı devrenin giriş ve çıkış sinyali

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

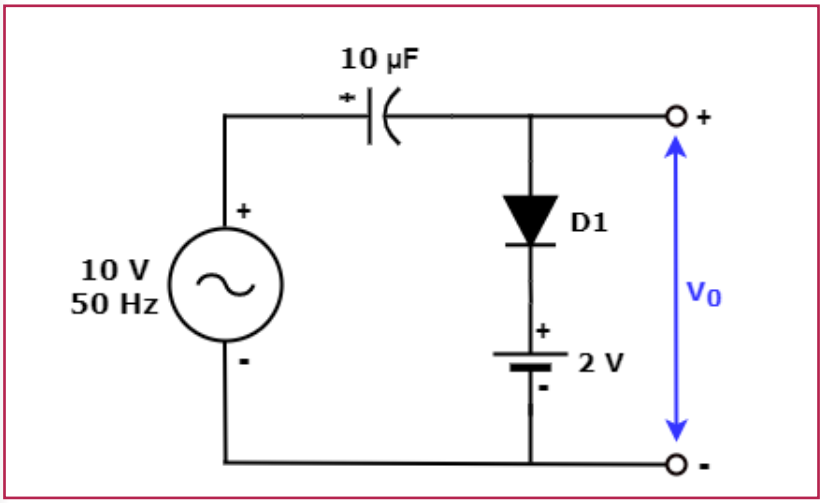
Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devredeki diyotların kullanım amacının açıklanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 5.6. GERİLİM KENETLEYİCİ DEVRELERİNİ KURMAK

AMAÇ

Pozitif ve negatif gerilim kenetleyici devrelerini gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.43: Pozitif gerilim kenetleyici devre

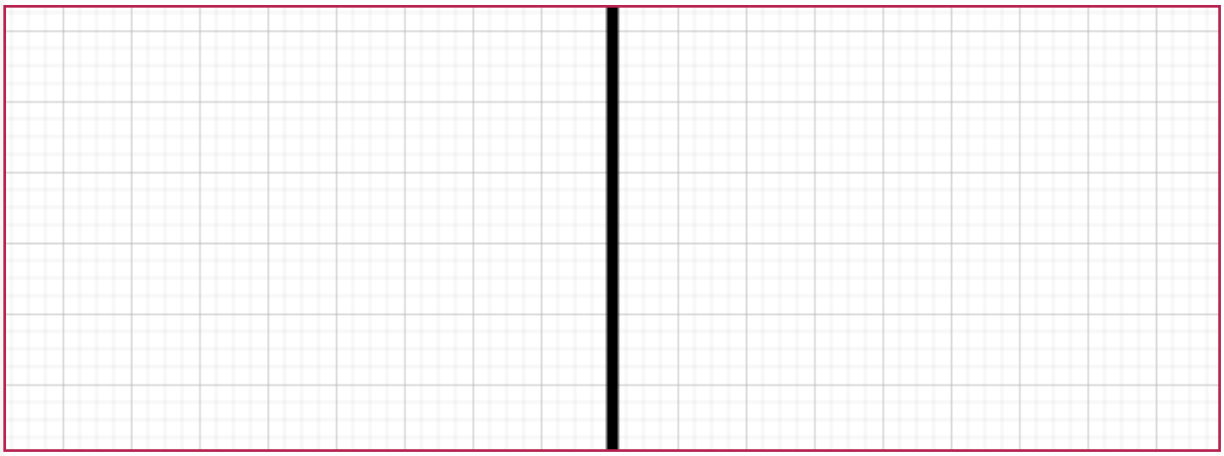
B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Osiloskop	2 kanallı	1 adet
Kondansatör	10 µF	1 adet
Diyot	1N4001	1 adet
Sinyal Jeneratörü	10 V / 50 Hz	1 adet
Gerilim Kaynağı	2 volt	1 adet

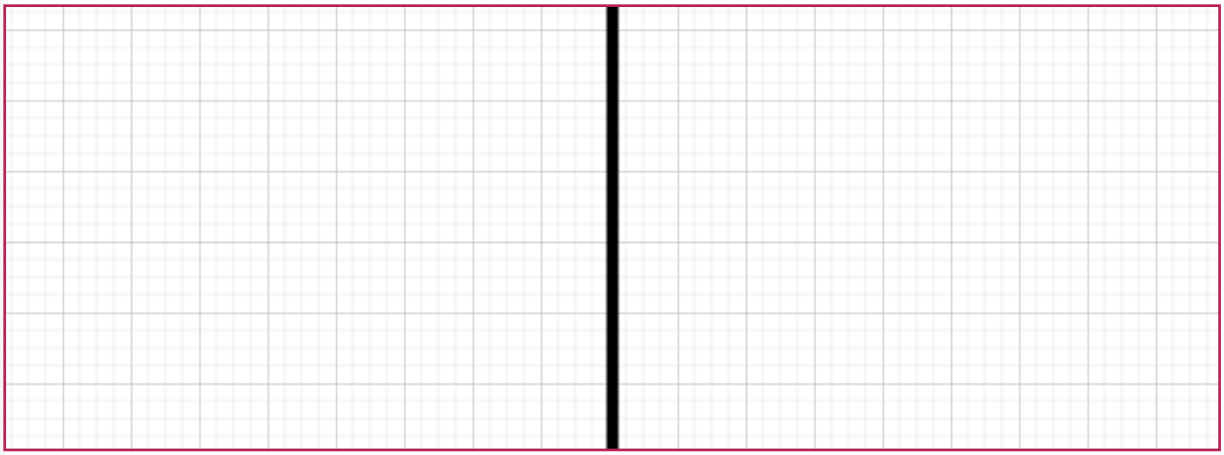
C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Uygulamaya ait devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Osiloskop kanallarından CH1'i girişe, CH2'yi çıkış gerilimine bağlayınız.
5. Sinyal jeneratöründen girişe 10 V / 50 Hz değerinde sinüs dalga şekilli gerilim uygulayınız.
6. Osiloskopta görülen çıkış sinyalini Görsel 5.44 üzerine çiziniz.
7. Kondansatör ve diyot devre elemanlarının yönlerini değiştiriniz.
8. Osiloskopta görülen çıkış sinyallerini Görsel 5.45 üzerine çiziniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler



Görsel 5.44: Pozitif gerilim kenetleyici devrenin giriş ve çıkış sinyali



Görsel 5.45: Negatif gerilim kenetleyici devrenin giriş ve çıkış sinyali

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

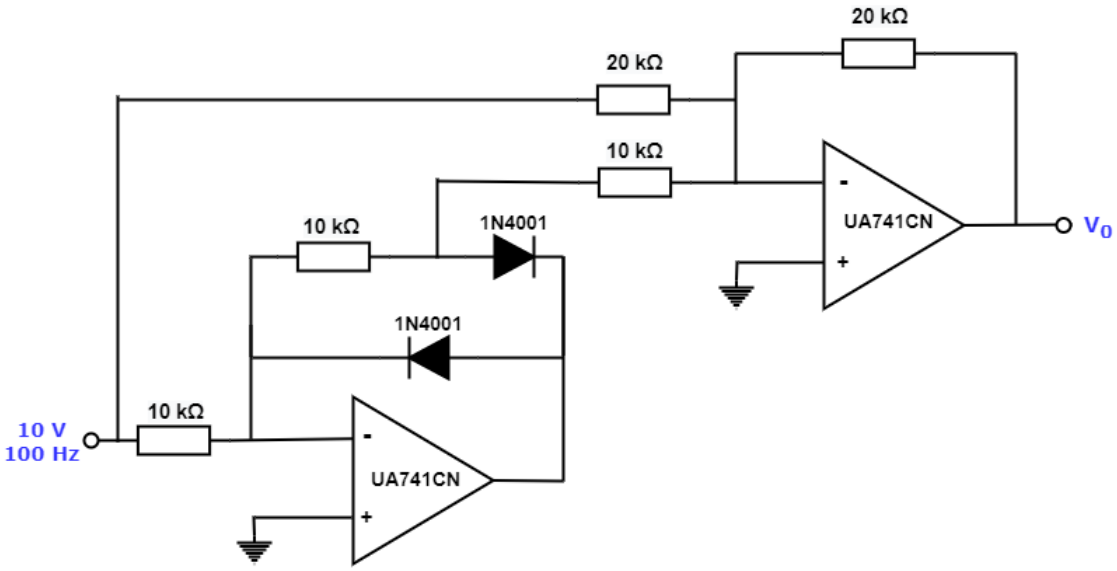
Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrede kullanılan elemanların kullanım amaçlarının açıklanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 5.7. DOĞRULTUCU DEVRE KURMAK

AMAÇ

Çift yollu sinyal doğrultucu devre gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.46: Çift yollu sinyal doğrultucu devre

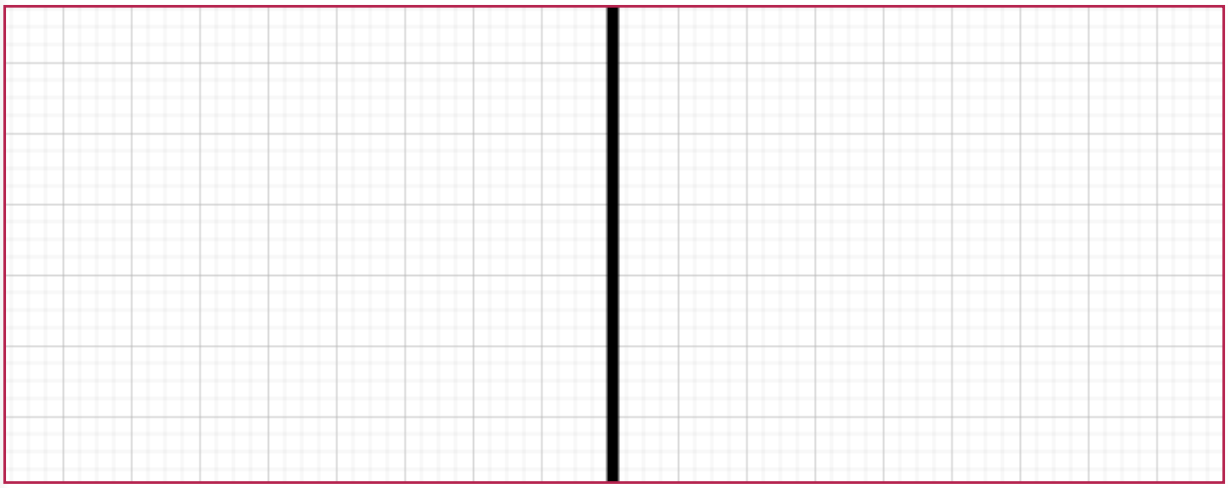
B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Osiloskop	2 kanallı	1 adet
OPAMP	UA741CN	2 adet
Direnç	10 kΩ	3 adet
Direnç	20 kΩ	2 adet
Diyot	1N4001	2 adet
Sinyal Jeneratörü	10 V / 100 Hz	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Uygulamaya ait devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Osiloskop kanallarından CH1'i giriş gerilimine, CH2'yi çıkış gerilimine bağlayınız.
5. Sinyal jeneratöründen girişe 10 V / 100 Hz değerinde sinüs dalga şekilli gerilim uygulayınız.
6. Osiloskop da görülen CH1 ve CH2 sinyallerini Görsel 5.47 üzerine çiziniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler



Görsel 5.47: Çift yollu doğrultucu devrenin giriş ve çıkış sinyali

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

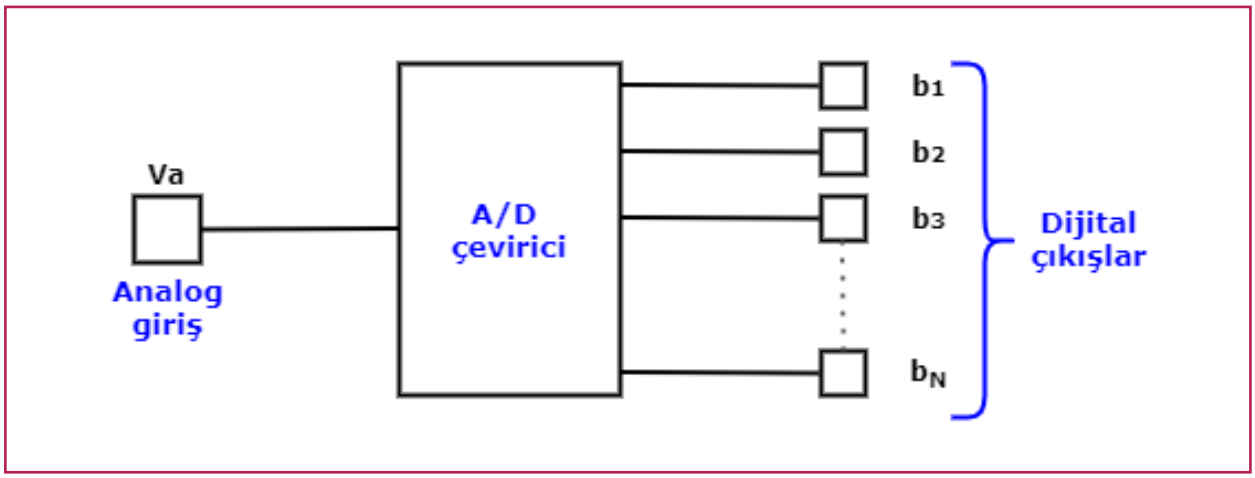
Öğrencinin		DEĞERLENDİRME		../../20...
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrede kullanılan elemanların kullanım amaçlarının açıklanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

5.3. Analog Sinyallerin Sayısala Çevrilmesi ile İlgili Devre Uygulaması

Elektronik devrelerin giriş işaretlerinin büyük çoğunluğu analog olduğundan bu işaretleri işlemek ve çeşitli işlemlerde kullanmak için sayısala dönüştürmek gerekir. Analog işaretler, sayısala dönüştürülmeden önce işlenmek istenen değişken dışında gürültüler içerebilir. Bu nedenle öncelikle analog sinyal, filtre devresinden geçirilerek gürültü filtrelenir.

Analog işaret sayısala dönüştürülürken analog işaretten belirli aralıklarla örnekler alınır. Alınan örneklerin bu aralıkta sabit kaldığı varsayılır. Bu işlemin sakıncası ise yeterli sıklıkta örnekler alınmaması durumunda giriş işaretinin birçok özelliğin kaybolmasıdır.

Bir analog dijital çeviricinin ana işlevi, akım ya da gerilim gibi analog büyüklükleri 0 ve 1'lerden oluşan dijital veri hâline getirmektir. A / D çeviricinin genel yapısını; bir analog girişin toplandığı blok, bu bloğu takip eden A / D çevirici ve çıkışta elde edilen dijital veri çıkışı oluşturmaktadır (Görsel 5.48).



Görsel 5.48: A / D çeviricinin basit blok diyagramı

A / D çeviriciler, yapılacak olan işlemlere göre farklı özelliklerde seçilir. Analog dijital çevricilerinde, sınıflandırılmasında ve seçiminde dikkat edilen bazı özellikler vardır. Bu özellikler aşağıda yer almaktadır.

1. **Çevrim Zamanı:** Dönüştürme hızını belirtir.
2. **Çevrim (Örnekleme) Frekansı:** Analog / dijital dönüşüm frekansını ifade eder.
3. **Çözünürlük:** Analog / dijital çeviricinin analog girişindeki en küçük değer değişimine karşılık çıkışında dijital farklılık oluşturma yeteneği olarak tanımlanır.
4. **Bölüntü Seviyesi:** Analog sinyalin minimum ve maksimum genlik değerleri arasında eşit aralıklara bölündüğü seviyelerin sayı değeridir.
5. **Doğruluk:** Girişe göre çıkışta elde edilmesi beklenen teorik çıkışın, elde edilen çıkış ile arasındaki ilişkidir.
6. **Polarite:** Girişe sıfır (0)-pozitif (+Vin) ve negatif (-Vin)-pozitif (+Vin) sinyallerin uygulanabilirliğini belirten özelliktir.

5.3.1. Analog İşaretlerin Sayısala Çevrilmesinde Kullanılan Yöntemler

Analog dijital çeviricilerde çevirme işlemi, seri ve paralel olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle analog sinyallerin sayısala çevrilmesi ile ilgili uygulamalarda kullanılan farklı türlerde A / D çeviriciler bulunmaktadır. Analog / dijital çeviriciler on iki gruba ayrılır.

1. **İntegrasyon Tipi ADC:** Dönüştürme adımı sırasında bir zamanlama kondansatörü dolduran ya da boşaltan çevirici tipidir.
2. **Sayısal Rampa Tipi ADC:** Bir geri besleme çevrimi içinde ikili kodda sayıcı ve DAC kullanan tip çeviricidir.
3. **Ardışık (Sıralı) Yaklaşımlı ADC:** Birbirini izleyen deneme adımları sonrasında sayısal çıkış üreten tip çeviricidir. Bu yönteme SAR adı da verilir. Çevrim süresi kısa ve sabit olup orta hızlı ADC devreleridir. Bu yöntem ile yüksek çözünürlükte ADC'ler yapılabilir. Çözünürlük arttıkça hızı yavaşlamaktadır. Analog sinyalde bulunan gürültüler dijital çıkışı etkiler. Orta doğruluk seviyesinde dönüştürücülerdir.
4. **Flash (Paralel Karşılaştırıcı) ADC:** Çevrim zamanı çok kısa ve hızı yüksek olduğundan çevirme işlemini tek adımda yapan çevirici türüdür.
5. **Tek Eğimli ADC:** Rampa fonksiyon üreteci kullanılarak yapılmış ADC devresidir. Çevrim süresi sabit değildir, girişteki analog sinyalin genliği ile değişir.
6. **Çift Eğimli ADC:** Yüksek hassasiyete sahiptir. Çevrim süresi sabit değildir, girişteki analog sinyalin genliği ile değişir. Hızları yavaştır. Dijital ölçü aletlerinde kullanılan yöntemlerden biridir.
7. **Sigma-Delta ADC:** Çok yüksek doğrulukta ve çözünürlükte dönüşüm yapan, çıkışında dijital filtreler kullanılan ve sayıcı saat frekansı değiştirilerek analog sinyalin türüne göre ADC özelliklerini (çevrim frekansı ve çözünürlüğü) değiştirilebilen dönüştürücü türüdür. Çözünürlük arttıkça çevrim süresi uzamaktadır. Giriş sinyalinin bant genişliği düşük olduğunda daha iyi sonuçlar verir. Load cell, termokupl vb. transdüserlerin çıkışlarını dijitale dönüştürmek için kullanılan bir çeviricidir.
8. **Girişi İzleyen ADC:** Sayısal rampa tipi dönüştürücünün geliştirilmiş biçimidir ve çevrim süresi daha kısadır.
9. **Gerilim-Frekans Dönüştürücülü ADC:** Analog sinyalin genliğine bağlı olarak frekans değişimi oluşturan gerilim-frekans dönüştürücü devreleri kullanılır. Gerilim-frekans dönüştürücü devresinin çıkışı, sabit periyotlar içinde bir sayıcı devresi ile sayılarak dijital çıkış elde edilmektedir.
10. **Boru Hattı (Pipeline) Tipi ADC:** Yüksek frekanslı sinyalleri A / D dönüştürmek için kullanılan çevirici türüdür. Paralel karşılaştırıcılı ADC ile ardışık yaklaşımlı ADC tekniğinin birleştirilmesi ile elde edilmiştir.
11. **Şarj Dengeleyen ADC:** Kapasitif sensörlerde kullanılan bir yöntem olup kapasite değişiminden elde edilen analog sinyallerin direkt olarak dijital sinyallere dönüştürülmesi amacıyla kullanılır. Diğer A / D dönüştürücülerde kullanılan örnekleme devresinden önce, kondansatör şarj dengeleme sistemi kullanılarak kapasitif değişim algılanmaktadır.
12. **Ayrık Zamanlı ADC:** Analog-dijital dönüştürmede kullanılan farklı yöntemlerin avantajlarını birleştirmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntemde "n" sayıda ADC birbirine paralel olarak bağlanmıştır. Bir kontrol devresi kullanılarak her ADC'nin çevrimi farklı zamanlarda başlatılır. ADC sonuçları da aynı sıra ile çıkışa yönlendirilir.

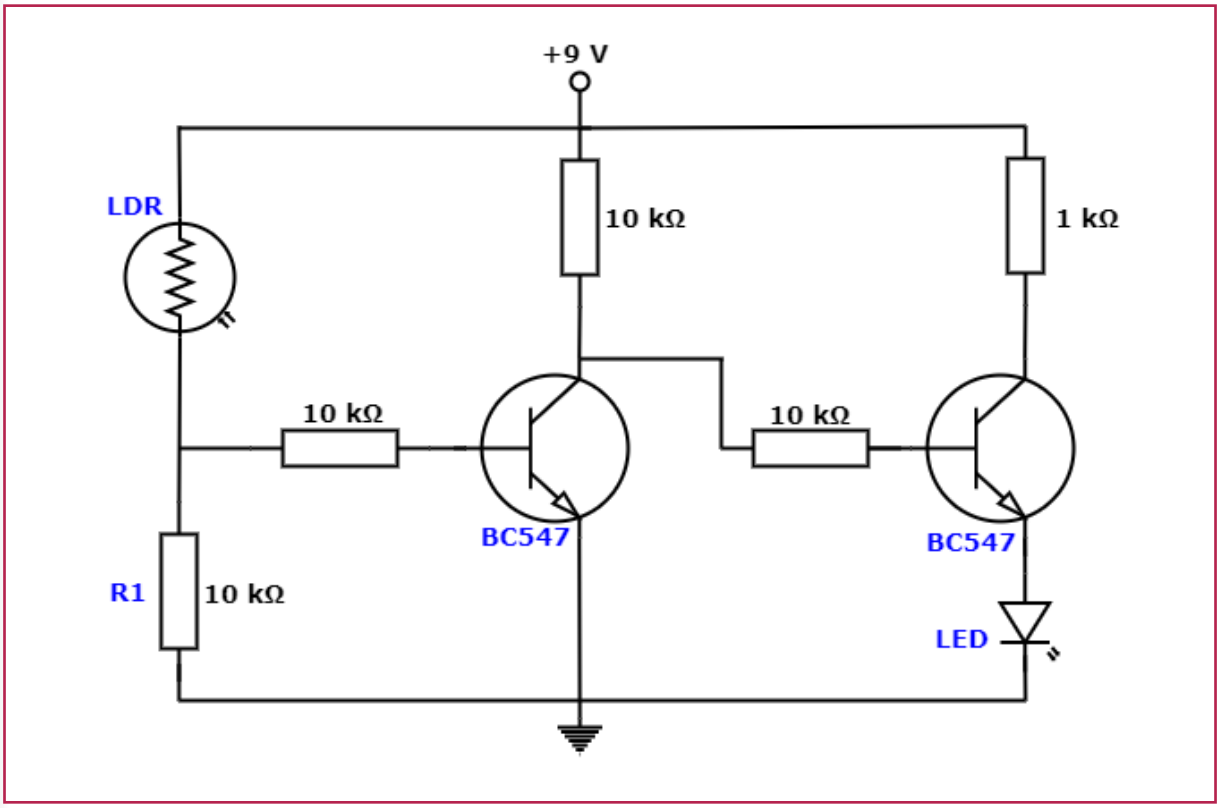
UYGULAMA 5.8.

ANALOG SİNYALLERİN SAYISALA ÇEVRİLMESİ İLE İLGİLİ LDR DEVRE UYGULAMASI

AMAÇ

Analog sinyal olan ışık sinyalinin varlığını kontrol eden LDR devresini kurmak ve çalışmasını incelemek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.49: LDR devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Breadboard, LDR		Birer adet
Transistör	BC547	2 adet
Direnç	10 kΩ	4 adet
Direnç	1 kΩ	1 adet
Led	Yeşil	1 adet
Gerilim Kaynağı	9 volt	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Breadboard üzerinde devre bağlantı şekline göre devreyi kurunuz.
4. Devreyi kurarken breadboard bağlantı yollarına ve eleman özelliklerine dikkat ediniz.
5. Devreyi kurduktan sonra öğretmen gözetiminde devreye enerji veriniz.
6. Enerjiyi kestikten sonra LDR ile R1 direncinin yerini değiştirerek devreyi tekrar çalıştırınız.
7. Gözlemlerinizi sonuç kısmına not ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

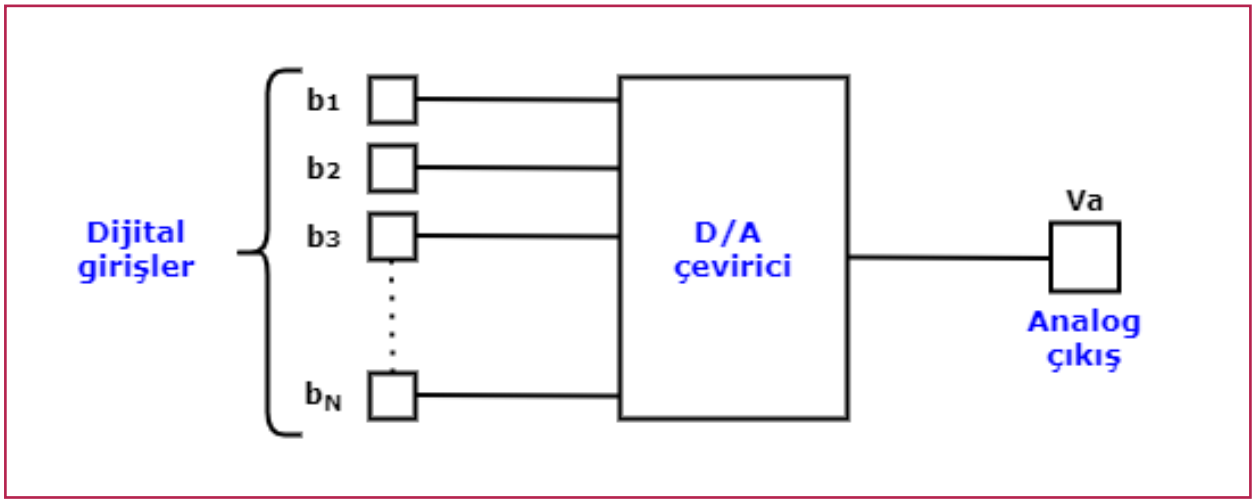
Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrede kullanılan elemanların kullanım amaçlarının açıklanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

5.4. Sayısal Sinyallerin Analoğa Çevrilmesi ile İlgili Devre Uygulaması

Analog değerler dijitale dönüştürüldükten sonra dijital değerler üzerinde işlem yapılır, saklanır, uzak mesafelere iletilir ve çeşitli ekranlarda gösterilir. Fakat dijital değerlerin anlaşılır olabilmesi için yeniden analog değerlere dönüştürülmesi gerekir. Bu amaçla dijital değerleri analog değerlere dönüştüren devrelere **D / A dönüştürücü (DAC)** adı verilir.

D / A çeviriciler, dijital olarak kodlanmış işaretleri akım ve gerilim gibi analog çıkış işaretlerine dönüştüren kod çözücü devreler olarak da bilinmektedir. D / A çeviricilerin temel blok diyagramı Görsel 5.50'de görülmektedir. Görselde de görüldüğü üzere 0 ve 1'lerden oluşan dijital veriler onluk sayı sistemine dönüştürülerek analog çıkış elde edilmektedir. Çıkıştan alınan analog; büyüklük, gerilim, akım, ışık şiddeti ve sıcaklık gibi analog veriler olabilir.



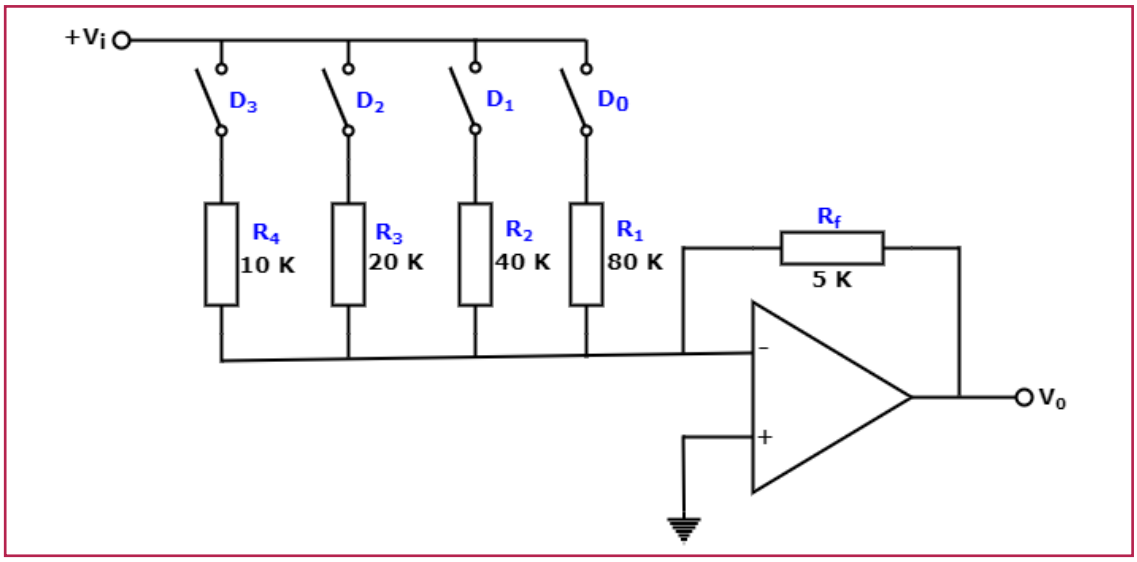
Görsel 5.50: D / A çeviricinin basit blok diyagramı

5.4.1. Sayısal İşaretlerin Analog İşaretlere Çevrilmesinde Kullanılan Yöntemler

Dijital sinyalleri analog sinyallere dönüştürmede, ağırlık dirençli (paralel girişli) D / A dönüştürücü ve R-2R merdiven tipi D / A dönüştürücü olmak üzere iki temel yaklaşım bulunmaktadır.

a. Ağırlık Dirençli (Paralel Girişli) D / A Dönüştürücü

Ağırlık dirençli (paralel girişli) D / A dönüştürücü yöntemde opamp, toplayıcı ve eviren yükselteç olarak kullanılmıştır. Giriş dirençleri ikinin ağırlıklarına göre giriş bit sayısı kadar belirlenir. Bu tip DAC'nin devresi, Görsel 5.51'de gösterilmiştir.

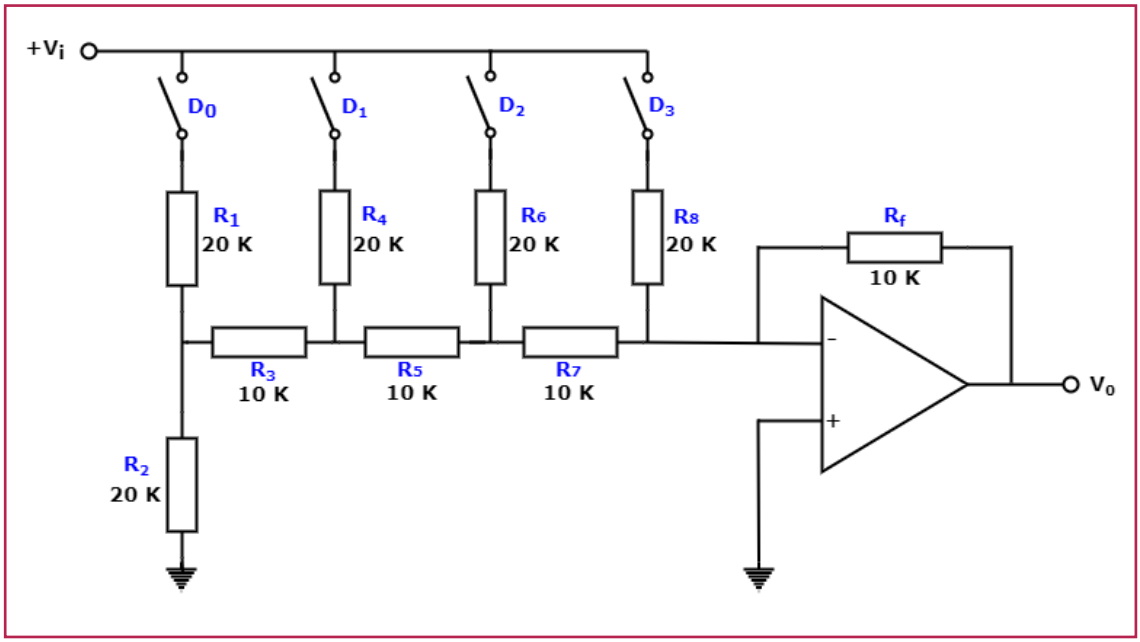


Görsel 5.51: Ağırlık dirençli 4 bit D/A çevirici

Giriş direncinin değeri bu girişin temsil ettiği bitin ağırlığına bakılarak belirlenir. Çıkış gerilimine etkisinin fazla olması için ağırlığı yüksek olan girişin direnci küçük seçilir. Ağırlık düştükçe aynı oranda direnç değeri artar.

b. R-2R Merdiven Tipi D / A Dönüştürücü

24 bit giriş gibi çözünürlüğü yüksek olan D / A çeviricilerde ağırlık dirençli D / A dönüştürücü kullanılırsa her giriş için farklı değerde direnç kullanmak zorluk oluşturur. Görsel 5.52'de görüldüğü üzere dirençler bağlanırsa devreyi oluşturmak için iki farklı değerde direnç olması yeterli olmaktadır.



Görsel 5.52: R-2R merdiven tipi D / A dönüştürücü

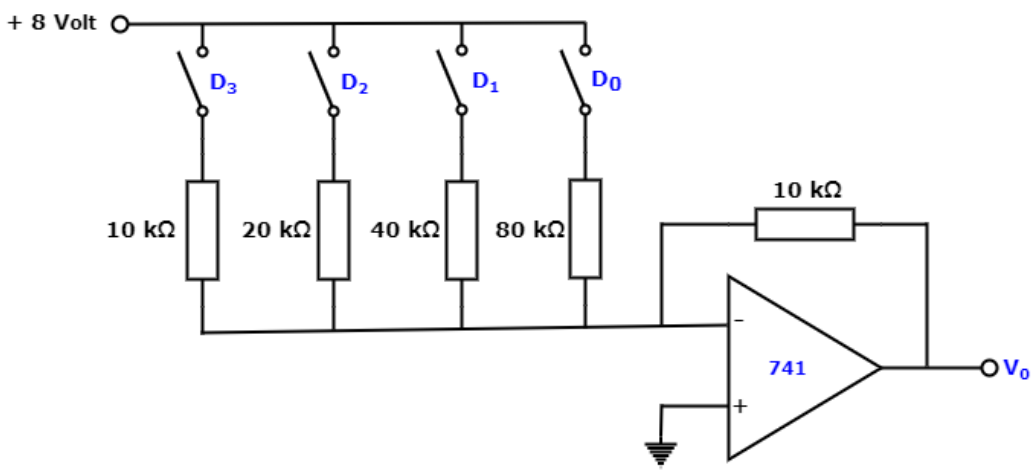
Bu devrede direnç değerlerinin R-2R olarak sıralanması ve çıkış dalga şeklinin merdiven basamağı şeklinde artması sebebiyle bu tip dönüştürücülere **R-2R merdiven tipi D / A dönüştürücü** denilir.

UYGULAMA 5.9. D / A ÇEVİRİCİ DEVRESİ KURMAK

AMAÇ

Ağırlık dirençli 4 bitlik D / A çevirici devresi gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.53: Ağırlık dirençli 4 bit D / A çevirici devre

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Opamp	UA741CN	1 adet
Direnç	20 kΩ, 40 kΩ, 80 kΩ	1 adet
Direnç	10 kΩ	2 adet
Anahtar	2 pinli	4 adet
Gerilim Kaynağı	8 volt	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Devreyi breadboarda kurunuz.
4. Girişe 8 volt değerinde gerilim uygulayınız.
5. Tablo 5.6'da verilen anahtar değerlerini sırasıyla uygulayarak çıkış gerilimini ölçüp Tablo 5.6'ya not ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 5.6: Ağırlık Dirençli 4 Bit D / A Çevirici Devrenin Dijital Giriş Değeri ve Çıkış Gerilimi

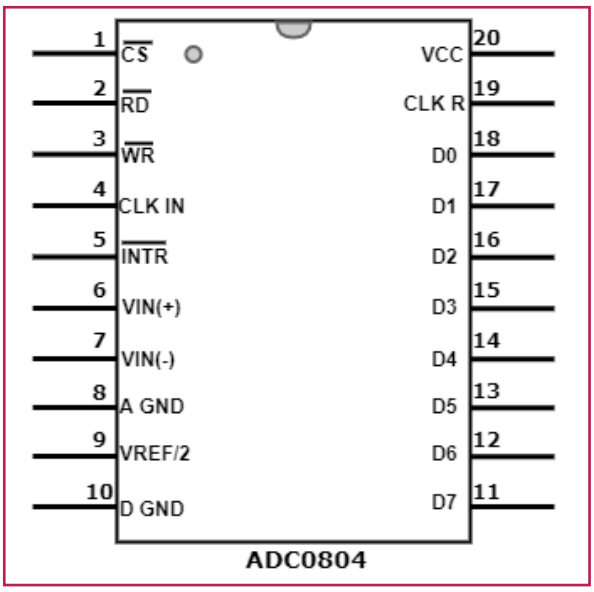
D3	D2	D1	D0	DİJİTAL GİRİŞ DEĞERİ	ÇIKIŞ GERİLİMİ (Volt)
0	0	0	0		
0	0	0	1		
0	0	1	0		
0	0	1	1		
0	1	0	0		
0	1	0	1		
0	1	1	0		
0	1	1	1		
1	0	0	0		
1	0	0	1		
1	0	1	0		
1	0	1	1		
1	1	0	0		
1	1	0	1		
1	1	1	0		
1	1	1	1		

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devredeki dijital giriş ve çıkış geriliminin ölçülebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

5.5. Tümleşik Devrelerle A / D ve D / A Uygulama Devrelerinin Yapımı

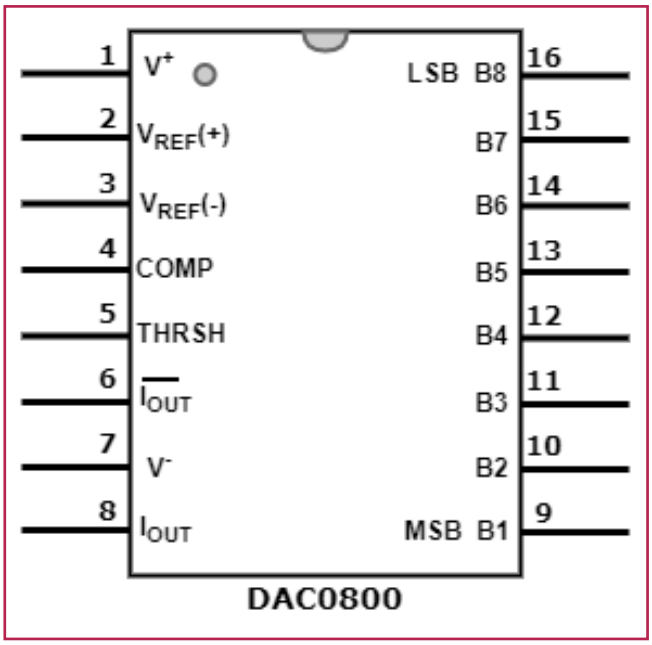
Analog işaretlerin dijital işaretlere çevrilmesinde ve dijital işaretlerin analog işaretlere çevrilmesinde tümleşik entegre devre elemanları kullanılmaktadır. Analog işaretlerin dijital işaretlere çevrilmesinde kullanılan entegrelerden 8 bitlik dijital çıkışa sahip ADC0804 entegresinin içyapısı Görsel 5.54'te; dijital işaretlerin analog işaretlere çevrilmesinde kullanılan entegrelerden 8 bitlik analog çıkışı olan DAC0800 entegresinin içyapısı Görsel 5.55'te görülmektedir. ADC0804 ve DAC0800 entegrelerinin pin tanımları Tablo 5.7 ve Tablo 5.8'de açıklanmıştır. Piyasada bu entegrelerin dışında A / D çevirici ve D / A çevirici entegre olarak birçok entegre türleri de bulunmaktadır.



Görsel 5.54: ADC0804 entegresinin içyapısı

Tablo 5.7: ADC0804 Entegresinin Pin Tanımları

ADC0804 Entegrenin Pin Tanımları	
CS	Chip seçme (Entegre aktif) (active LOW)
RD	Çıkışları aktif etme (active LOW)
WR	Dönüşüme başla (active LOW)
CLK IN	Harici saat girişi veya dâhilî saat için kapasitör bağlantı pini
INTR	Dönüşüm sonlandı ("Veri hazır") pini (active LOW)
V_{in}(+), V_{in}(-)	Diferansiyel analog girişler
A GND	Analog GND
$V_{REF}/2$	Opsiyonel referans voltaj girişi (Kullanılırsa V_{cc} yerine referans kabul edilir.)
D GND	Dijital GND
V_{CC}	5 V enerji girişi ve dönüştürmede referans kabul edilen giriş
CLK R	Dâhilî saat için direnç bağlantı pini
D0-D7	Dijital çıkışlar



Görsel 5.55: DAC0800 entegresinin içyapısı

Tablo 5.8: DAC0800 Entegresinin Pin Tanımları

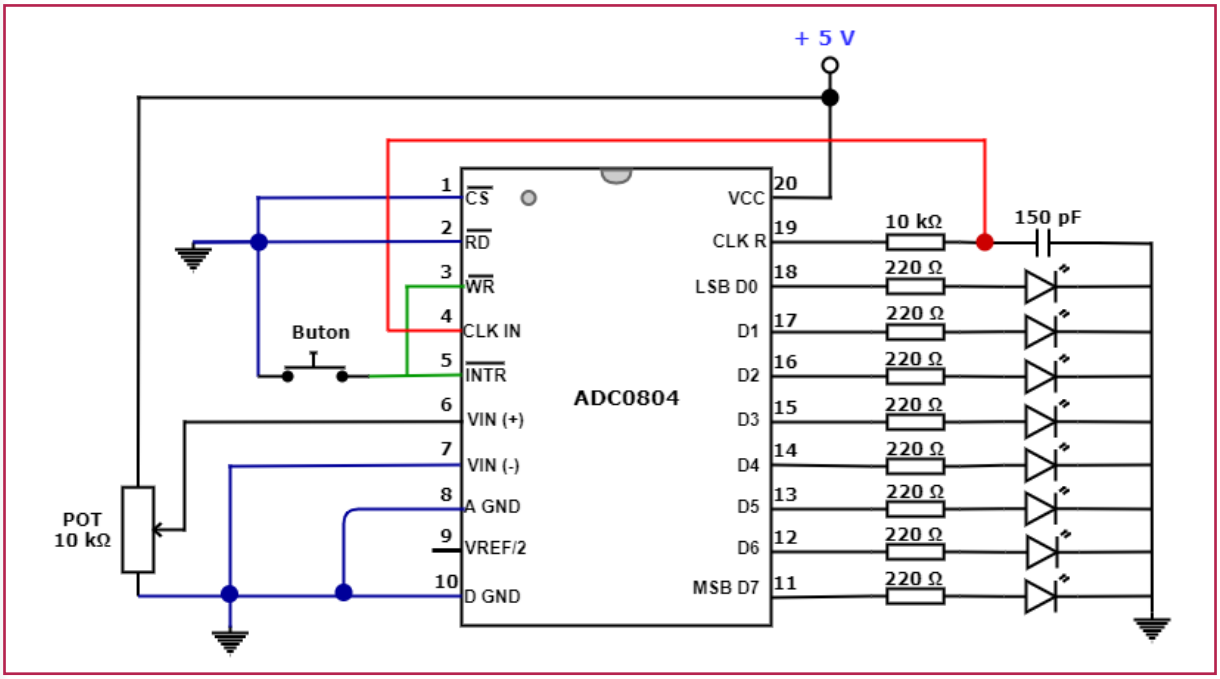
DAC0800 Entegrenin Pin Tanımları	
V^+/ V^-	Pozitif kaynak voltajı / Negatif kaynak voltajı
$V_{REF}(+)$, $V_{REF}(-)$	Pozitif referans voltajı / Negatif referans voltajı
THRSH	Eşik değer (threshold) kontrol pini
COMP	Dengeleme (compensation) voltajı
I_{OUT}	Çıkış akımı
B1-B8	Dijital girişler

UYGULAMA 5.10. TÜMLEŞİK DEVRE İLE A / D UYGULAMA DEVRESİNİN YAPIMI

AMAÇ

Tümleşik devre ile A / D uygulama devresinin yapımını gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.56: ADC0804 tümleşik devre ile A / D uygulama devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Entegre	ADC0804	1 adet
Direnç	220 Ω	8 adet
Direnç	10 kΩ	1 adet
Potansiyometre	10 kΩ	1 adet
Kondansatör	150 pF	1 adet
LED	Yeşil	8 adet
Anahtar	2 pinli	1 adet
Gerilim kaynağı	DC 5 volt	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Devreye öğretmeninizin gözetiminde 5 volt gerilim uygulayınız.
5. Potansiyometrenin değerini tablodaki değerlere göre değiştirerek çıkıştaki LED'lerin durumunu Tablo 5.9'a not ediniz.
6. Potansiyometrenin değerlerini, multimetre yardımıyla tablodaki değerlere göre ayarladığınızı kontrol ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 5.9: Potansiyometrenin Ayarlanan Değerine Göre Dijital Çıkışlar

POTANSİYOMETRENİN AYARLANAN DEĞERİ	DİJİTAL ÇIKIŞLAR							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1 kΩ								
2 kΩ								
4 kΩ								
6 kΩ								
8 kΩ								
10 kΩ								

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

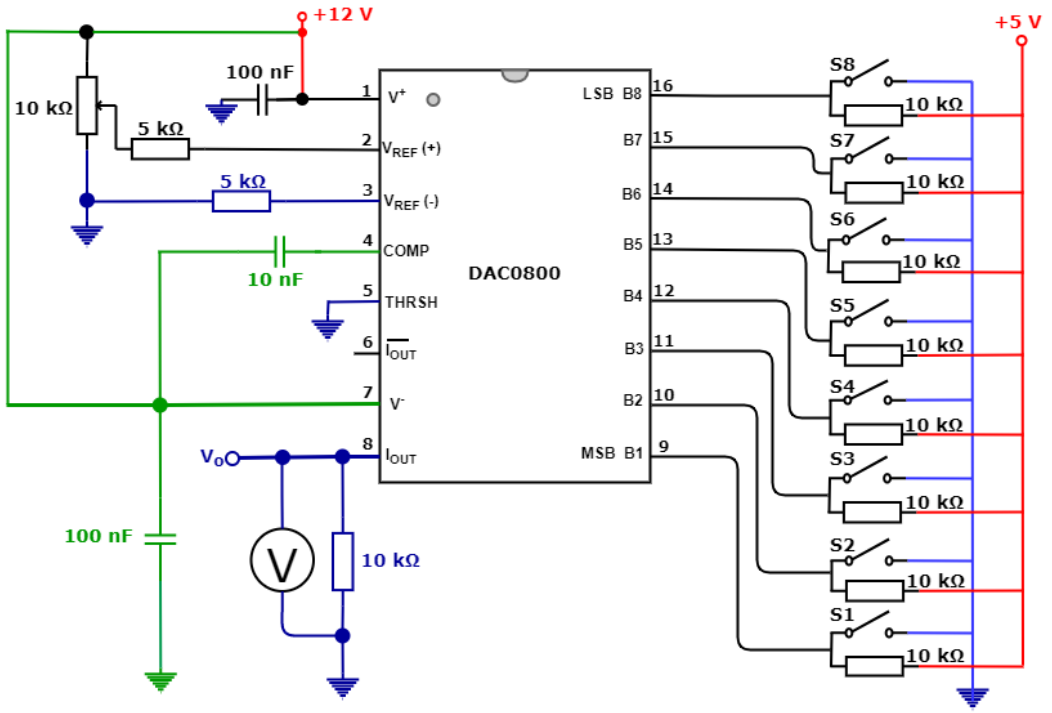
Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Potansiyometre değerinin ayarlanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 5.11. TÜMLEŞİK DEVRE İLE D / A UYGULAMA DEVRESİNİN YAPIMI

AMAÇ

Tümleşik devre ile D / A uygulama devresinin yapımını gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 5.57: DAC0800 tümleşik devre ile D / A uygulama devresi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Entegre	DAC0800	1 adet
Direnç	5 kΩ	2 adet
Direnç	10 kΩ	9 adet
Potansiyometre	10 kΩ	1 adet
Kondansatör	100 nF	2 adet
Kondansatör	10 nF	1 adet
Anahtar	2 pinli	8 adet
DC gerilim kaynağı	5 volt, 12 volt	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Görsel 5.57'de yer alan devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. Potansiyometreyi orta konuma ayarlayınız.
5. Devre bağlantılarını yeniden kontrol ettikten sonra devreye gerilim kaynağını bağlayınız.
6. Devreye enerji verip bütün anahtarları açık duruma alınız.
7. Voltmetrede okunan gerilim değerini potansiyometre ile -8 V olacak şekilde ayarlayınız.
8. Bütün anahtarları kapatınız. (Çıkış gerilimi voltmetrede "0" olarak okunmalıdır.)
9. Anahtarların değerini Tablo 5.10'daki değerlere göre değiştirerek çıkışta multimetre ile ölçülen V_o çıkış gerilim değerlerini Tablo 5.10'a not ediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 5.10: DAC0800 Tümleşik Devre Uygulamasının Dijital Girişleri ve Çıkış Gerilim Değerleri

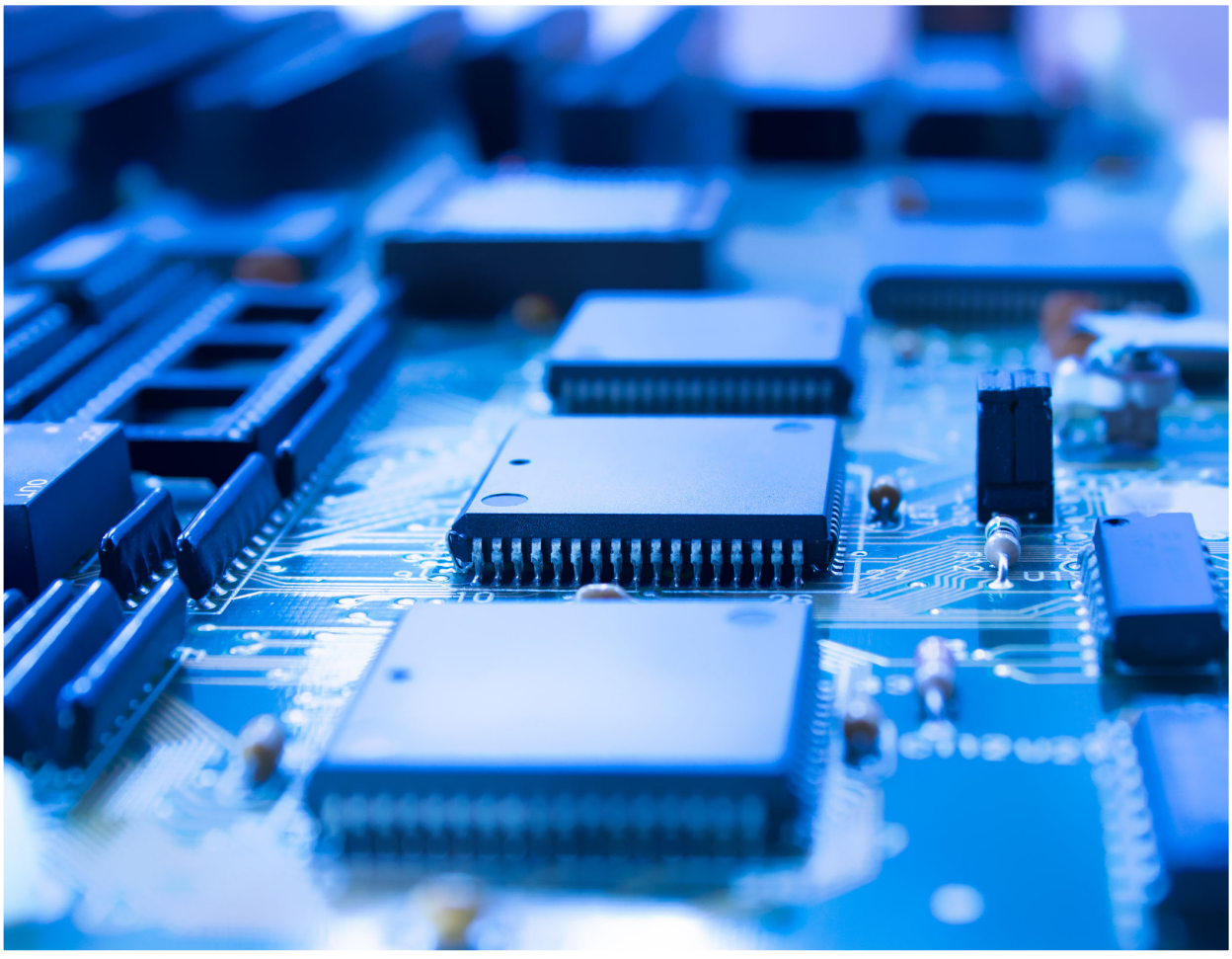
DİJİTAL GİRİŞLER								V_o (Volt)
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	1	1	
0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	0	1	1	1	1	
0	0	0	1	1	1	1	1	
0	0	1	1	1	1	1	1	
0	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Potansiyometrenin ayarlanabilmesi ve dijital girişlerin uygulanabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma prensibinin açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

6

ELEKTRONİK GÜÇ DEVRELERİ



Bu öğrenme biriminde;

- Transistörlü zamanlama devrelerinin kurulumunu yapmayı
- Elektronik anahtarlama devreleri ile güç kaynaklarının kontrolünü yapmayı öğreneceksiniz.

AMAÇ

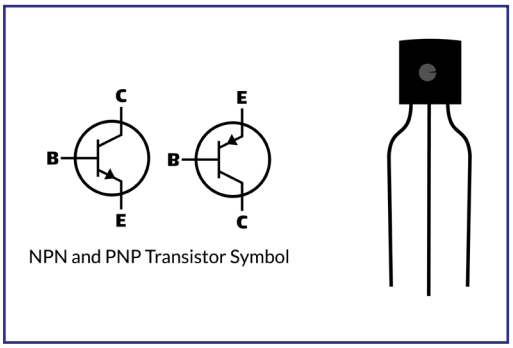
Gerekli ortam sağlandığında TS EN ISO standardına, tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak elektronik güç devrelerini analiz etmek.

GİRİŞ

Biyomedikal sistemlerde tıbbi teşhis ve tedavide kullanılan biyomedikal cihazlar; elektrik, elektronik, bilgisayar gibi çeşitli bilimlerin sentezi sonucu üretilmiş cihazlardır. Biyomedikal cihazların incelenebilmesi için elektrik-elektronik ünitelerinin öğrenilmesi oldukça önemlidir.
Bu bölüm ile sadece biyomedikal cihazların elektronik ünitelerini değil, aynı zamanda günlük hayatta kullanılan elektronik cihazların çalışmaları hakkında da bilgi sahibi olacaksınız.

6.1. Transistörler

Transistörler, yarı iletken malzemeden yapılmış elektronik devre elemanlarıdır. Temel görevleri akımı yükseltmektir. Transistör, küçük akımlar ile büyük akımları kontrol edebilen aktif devre elemanıdır. Devredeki kullanımlarına göre gerilim ve güç yükseltmesi de yaparlar. Transistörler, elektroniğin birçok alanında yükseltici ve anahtarlama devre elemanı olarak kullanılır. Transistörler genellikle çalışma bölgelerine göre sınıflandırılarak incelenebilir. Transistörün üç çalışma bölgesi vardır. Bunlar; kesim, doyum ve aktif bölge olarak adlandırılır. Transistör; kesim ve doyum bölgelerinde bir anahtar işlevi görür. Özellikle sayısal sistemlerin tasarımında transistörün bu özelliğinden yararlanılır. Transistörün çok yaygın olarak kullanılan bir diğer özelliği ise yükselteç olarak kullanılmasıdır. Yükselteç olarak kullanılacak bir transistör, aktif bölgede çalıştırılır.



Görsel 6.1: Transistörlerin yapısı

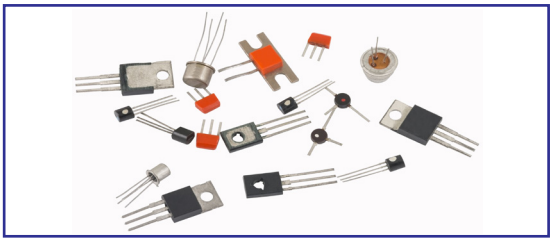

Görsel 6.2: Elektronik kart üzerine bağlanmış transistörler

Bir transistör üç bölümden meydana gelir. Bunlar; Emitter (Emitör), Base (Beyz), Collector (Kollektör) bölümleridir. Her bölümün bir bağlantı ucu vardır. Görsel 6.1'de transistör yapısı ve bağlantı uçları görülmektedir.

6.1.1. Transistörün Yapısı

Transistörler, silisyum ve germanyum maddeleri kullanılarak yapılır. Bu malzemeler kullanılarak uygun katkı maddeleri ile P ve N tipi yarı iletken maddeler oluşturulur. Bu yarı iletken maddeler ile transistörler yapılır.

Transistörler, yapılarında kullanılan yarı iletken P ve N malzemelerinin birleşme sırasına göre iki çeşittir.
1. NPN transistörler
2. PNP transistörler
Her iki tip transistör de aynı N ve P tipi yarı iletken malzemelerden yapılmışlardır. Bunları farklı kılan özellikleri, N ve P malzemelerinin birleşme sırasıdır.



Görsel 6.3: Çeşitli yapılarda transistör örnekleri

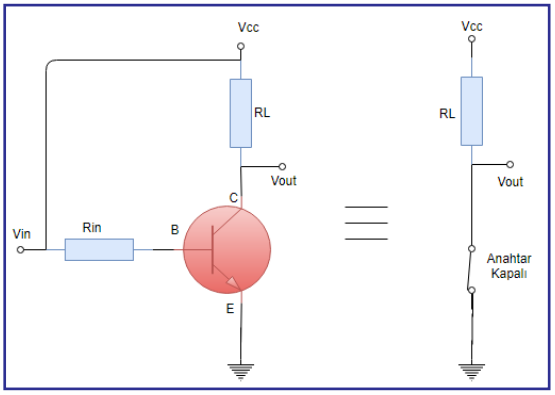
6.1.2. Transistörün Sağlamlık Kontrolü ve Uç Tespiti

Transistörün diyot eş değeri göz önüne alındığında transistörün sağlamlık kontrolü ve uçlarının tespiti daha kolay olacaktır. Transistörün ters yönde seri bağlı iki diyot gibi düşünülmesi büyük kolaylık sağlar. PNP tipi transistör katotları birbirine bağlı iki diyot, NPN tipi transistör ise anotları birbirine bağlı iki diyot gibi düşünülebilir.

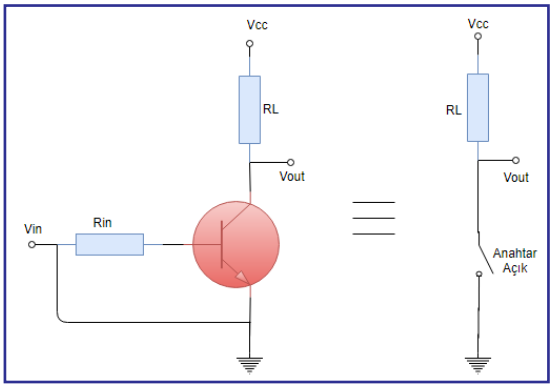
Ölçü aletinin bir probu transistörün bir ayağında sabit tutulurken diğer prob ayrı ayrı boştaki diğer iki ayağa değdirilir. Ölçü aletinde birbirine yakın, iki değer okununcaya kadar problar yer değiştirmelidir. Ölçü aletinin sabit tutulan ucu transistörün beyz ucunu gösterir. Daha az değer gösteren uç kolektör, diğeri emiter ucunu belirtir. Beyz ucunda sabit tutulan probun rengi kırmızı ise transistör NPN tipinde, beyz ucunda sabit tutulan probun rengi siyah ise transistör PNP tipindedir.

6.1.3. Transistörlerin Anahtarlama Elemanı Olarak Kullanılması

Transistörler motor, bobin veya lamba gibi yüksek güçlü elemanlarda ve lojik kapı devrelerinde anahtarlama elemanı olarak kullanılır. Transistörler, anahtarlama elemanı olarak kullanıldığında kesim ve doyum bölgelerinde çalıştırılır. Doyum bölgesinde çalıştığında kapalı anahtar, kesim bölgesinde çalıştığında açık anahtar olarak görev yapar. Transistörlerin kesim ve doyum durumları Görsel 6.4 ve 6.5'te gösterilmiştir.



Görsel 6.4: Transistörün doyum durumunda iletimde olması



Görsel 6.5: Transistörün kesim durumunda yalıtımda olması

Transistör doyumdayken tamamıyla iletkendir. IC akımı en üst seviyede, VCE gerilimi sıfırdır.

Transistör kesimdeyken tamamıyla yalıtkandır. IC akımı sıfır, VCE gerilimi en üst seviyededir.

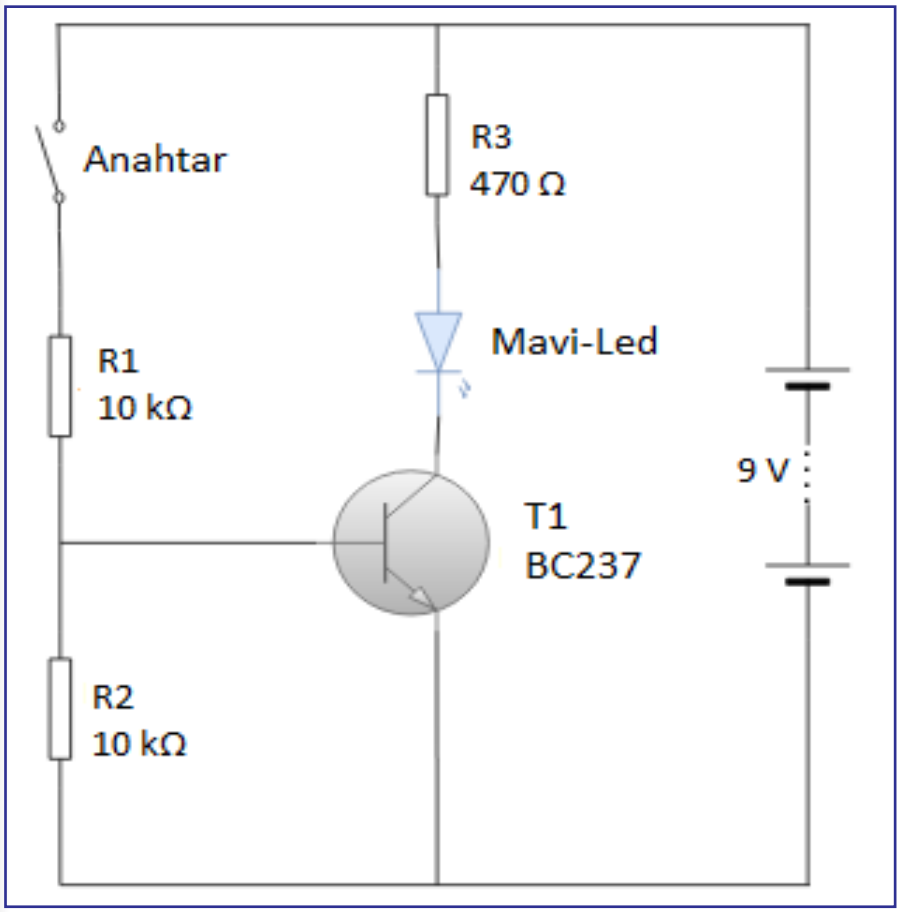
UYGULAMA 6.1.

TRANSİSTÖRÜN ANAHTAR OLARAK KULLANILMASI

AMAÇ

Transistörün anahtar olarak kurulup çalıştırılması uygulama bilgi ve becerisini kazanmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.6: Transistörün anahtar olarak kullanılması devre şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Breadboard, AVOmetre. Anahtar		Birer adet
Direnç	10 kΩ	1 adet
Direnç	470 Ω	2 adet
Güç kaynağı	9 V	1 adet
LED	Mavi	1 adet
Transistör	BC237	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Görsel 6.6'daki devreyi bredboard üzerine kurunuz.
3. Devreyi doğru kurduğunuzu kontrol ettikten sonra devreye gerilim uygulayınız.
4. Anahtar kapatıldığında LED' in yandığını gözlemleyiniz.
5. Gözlemleriniz sonucunda aşağıdaki tabloyu uygun olarak doldurunuz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 6.1: Buton Durumuna Göre LED'lerin Durumu

Anahtarın Durumu	LED Yanık / Sönük
S1 Açık	
S1 Kapalı	

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Elamanları tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Elemanların sağlamlık kontrollerinin yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

6.1.4. Transistörün Zamanlayıcı Olarak Kullanılması

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

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

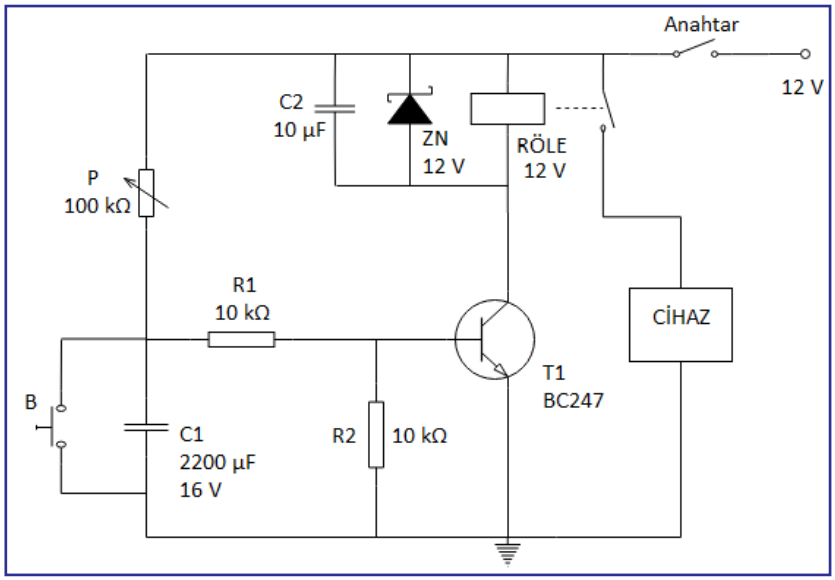
6.1.5. Transistörlü Zaman Gecikmeli Devreler

Zaman gecikmeli devrelerde RC elemanları, şarj ya da deşarj olurken üzerlerinden geçen akım değeri genellikle küçük olur. Bu küçük akım bir röleyi veya cihazı sürecek seviyede değildir. Bu yüzden bu akımın kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Bu işlem de genellikle transistör ile gerçekleştirilir. Bu devrelerde transistör bir anahtar olarak kullanılırken yeterli akım sağlama ve çıkışına bağlanan cihazları sürme işlemini de gerçekleştirir.

a. Zaman Gecikmesi İle Çalışan (Turn On) Devreler

Zaman gecikmesi ile çalışan devrelerde sistem, start aldıktan belirli bir süre sonra çalışır. Görsel 6.7'de bir Turn On devre şeması gösterilmiştir. Bu devrenin çalışması şu şekildedir:

A anahtarı kapatıldığı zaman C1 kondansatörü P potansiyometresi üzerinden şarj olmaya başlar. C1, şarj oldukça üstündeki voltaj da yükselir. Bu voltaj, R1 R2 gerilim bölücü dirençleri üstünden T1'in bazına aktarılır. Voltaj belirli bir seviyeye ulaşınca T1 iletime geçer ve bir süre sonra doyuma ulaşır. Bu esnada kollektörden geçen akım, röleyi çalıştırıp kontaklarının kapanmasını sağlar. Böylece kontaklara bağlı cihaz da belli bir zaman gecikmesi ile çalıştırılmış olur. Röle bobinine paralel bağlı zener diyot, bobin voltajının 12 V üstüne çıkmasını engelleyerek röle bobinini korur.

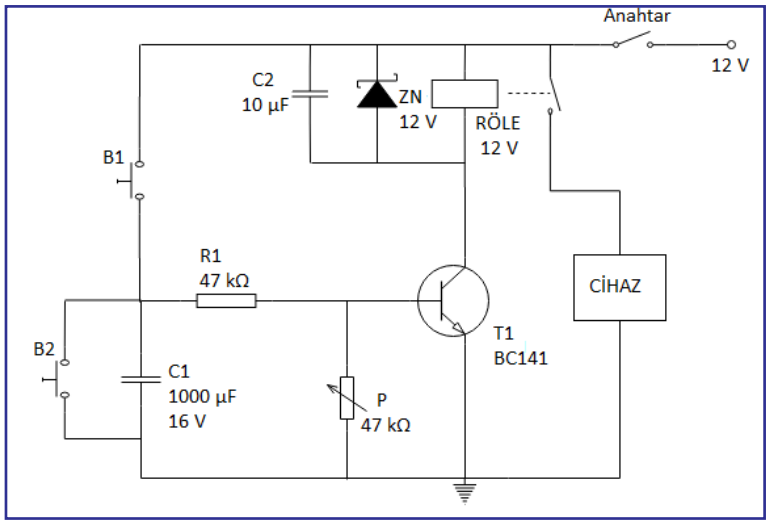


Görsel 6.7: Zaman gecikmesi ile çalışan (Turn On) devre şeması

Röle bobinine paralel bağlı kondansatör, röle bobininin kararlı çalışıp kontak titremesini engeller. Devrede gecikme süresi, P potansı ile sağlanır. B botonu, reset butonu olup devreyi ilk çalışma konumuna getirir. Röle kontağına bağlı cihaz yerine değişik devreler bağlanabilir. Bu devrelerin çalışma voltajı başka kaynaklardan da alınabilir.

b. Zaman Gecikmesiyle Enerji Kesen (Turn Off) Devreler

Bu tür devreler, sisteme elektrik verildiğinde kontrol ettiği cihazı hemen çalıştıran ve bir müddet sonra cihazı durduran devrelerdir. Böyle bir Turn Off devre şeması Görsel 6.8'de verilmiştir.



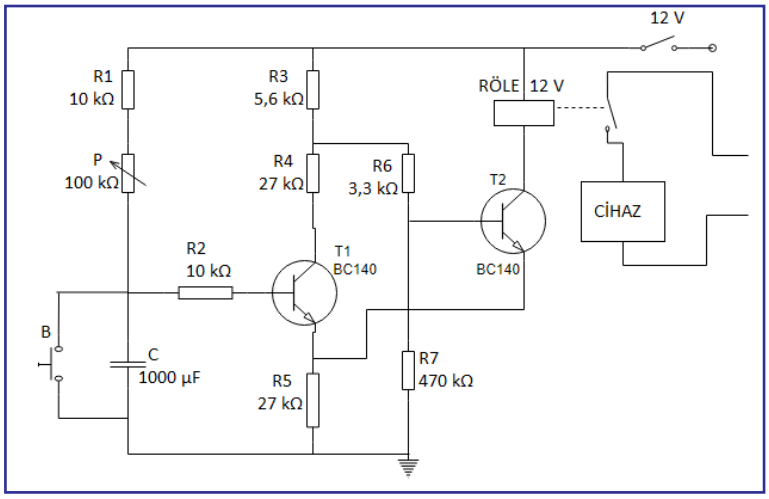
Görsel 6.8: Zaman gecikmesiyle enerji kesen (Turn Off) devre şeması

Devrenin Çalışması

A anahtarı kapatılıp B1 butonuna basıldığında, C1 anında şarj olur ve uçlarındaki 12 V gerilim R1 ve P gerilim bölücüleri üzerinden T1'in bazına uygulanır. Bu voltaj ile doyuma gelen transistör, kollektörü üzerindeki röleyi enerjiler. Röle kontaklarına bağlı olan cihaz hemen çalışır. B1 butonundan elin çekilmesiyle 12 V ile şarjlı kondansatör R1, P ve transistör üstünden deşarj olur. Voltaj, belli bir seviyenin altına düştüğünde transistör kesime gider ve rölenin enerjisini keserek cihazı durdurur.

c. Schmitt Trigger (Şimit Triger) Tipi Zamanlayıcı Devresi

Transistörün baz akımı artarken kolektör akımı da bununla orantılı olarak artar. Transistörün kolektörüne yük olarak bir röle bağlıysa rölenin çekme akımında kontaklar titreşir. Kolektör akımının doğrusal artışı istenmeyen bir durum yaratır. Bu sorunu önlemenin en iyi yöntemi, transistörü birdenbire kesime ya da doyuma ulaştırmaktır.



Görsel 6.9: Shmitt trigger tipi zamanlayıcı devresinin şeması

Transistörün bu çalışmayı göstermesinin en iyi yollarından biri schmitt trigger bağlantısı kullanmaktır. İşte bu şekilde transistörlerin ani olarak kesime ya da doyuma gittiği devrelere **shmitt trigger tipi zamanlayıcı devreleri** denir. Görsel 6.9'da böyle bir devre verilmiştir.

Devrenin Çalışması

Shmitt trigger tipi zamanlayıcı devresinin çalışması, aşağıda anlatıldığı şekilde gerçekleşir.

A anahtarı kapatılıp devreye elektrik uygulanınca boş olan C kondansatörü şarj olmaya başlar. İlk anda, C üstünde 0 volt olacağından T1 yalıtımda olur. T1'in kollektöründe olan voltaj T2'ye geleceğinden T2 iletimde olur. C kondansatörü belirli bir voltaj seviyesine ulaşınca T1 iletime geçer ve kollektöründeki voltaj düşer. Bu yüzden T2 baz polarması alamaz ve yalıtım durumuna geçer. Rölenin enerjisi kesilir ve çalıştırdığı cihazı durdurur.

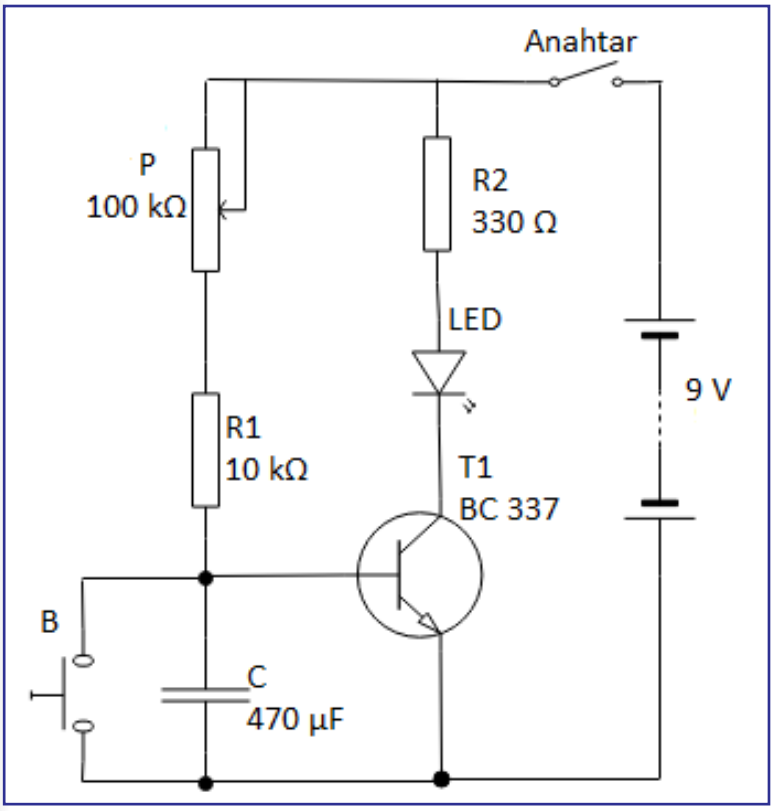
UYGULAMA 6.2.

TRANSİSTÖRLÜ ZAMAN GECİKMELİ ÇALIŞAN DEVRE (TURN ON)

AMAÇ

Transistörlü zaman gecikmeli çalışan devre şemasını uygulama bilgi ve becerisini kazanma.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.10: Transistörlü zaman gecikmeli çalışan devre şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Breadboard, Anahtar, Mini buton		Birer adet
Direnç	330 Ω, 10 kΩ	Birer adet
Pil ve bağlantı kablosu	9 V	1 adet
Transistör	BC337	1 adet
Kondansatör	470 µF, 16 V	1 adet
Potansiyometre	100k	1 adet
LED diyot		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Görsel 6.10'da verilen devre için gerekli elemanları seçiniz.
3. Devre elemanlarının AVOmetre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
4. Breadboard üzerine devreyi kurunuz. Devrenin doğruluğunu kontrol ediniz.
5. Devreye enerji verip LED'in yanma süresini gözlemleyiniz.
6. Potansiyometreyi en düşük ve en yüksek direnç değerine ayarlayarak devrenin gecikme sürelerini kaydediniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 6.2: Potansiyometre Direncine Göre Gecikme Süreleri

Potansiyometre Direnci	Gecikme Süresi
Minimum	
Maksimum	

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

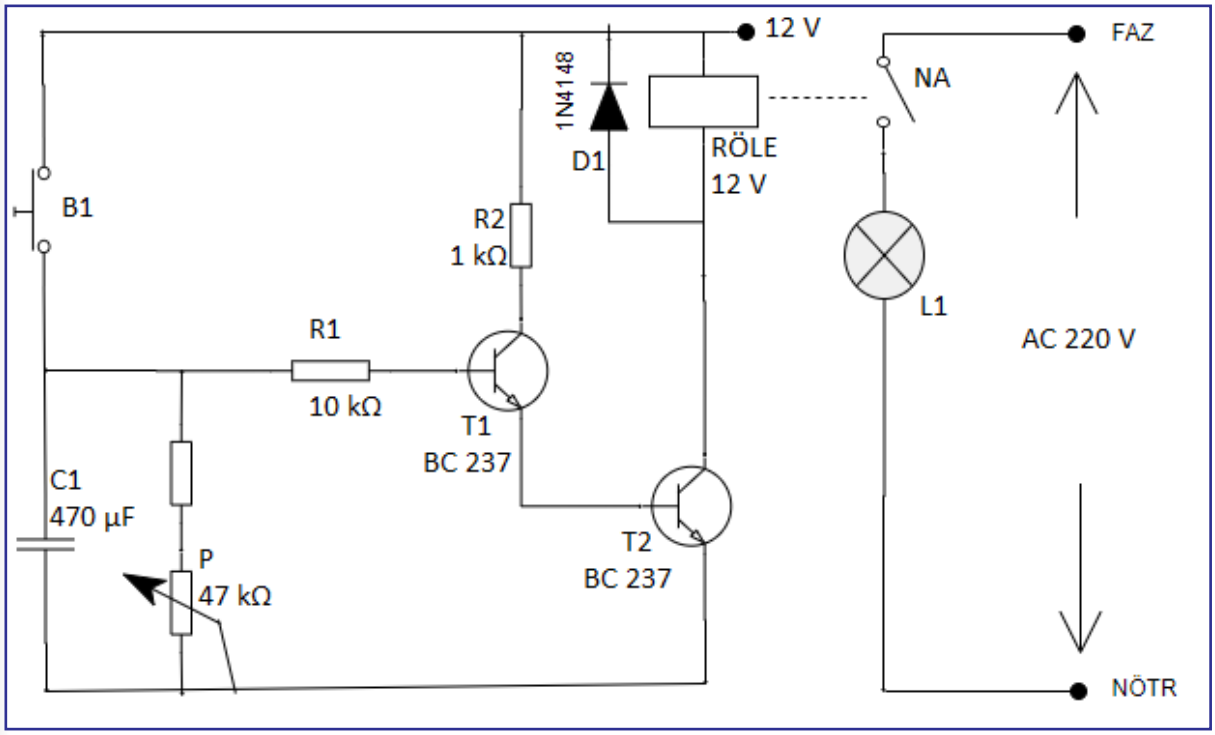
Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Elamanların tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Elemanların sağlamlık kontrollerinin yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 6.3. ZAMAN GECİKMESİYLE ENERJİ KESEN DEVRELER (TURN OFF)

AMAÇ

Transistörlü zaman gecikmesiyle enerji kesen devre şemasını uygulama bilgi ve becerisini kazanmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.11: Zaman gecikmesiyle enerji kesen devre şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
AVOmetre, DC Güç kaynağı, Lamba		Birer adet
Buton, Kontak		Birer adet
Direnç	1 kΩ, 10 kΩ	Birer adet
Potansiyometre	47 kΩ	1 adet
Transistör	BC237	1 adet
Röle	12 V	1 adet
Diyot	1N4148	1 adet
Kondansatör	470 µF	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Verilen malzemelerin sağlamlığını kontrol ediniz.
3. Devreyi bakırlı pertinaks üzerine kurunuz.
4. Devrenin çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz. Çalışmıyorsa hatayı bulup devrenin çalışmasını sağlayınız.
5. Devre yukarıda anlatıldığı gibi çalışıyor mu? Çalışmıyorsa hatayı bulup devrenin çalışmasını sağlayınız.
6. Potansiyometreyi minimum ve maksimum direnç konumlarına getirerek devrenin çalışmasına etkisini açıklayınız.
7. Farklı C1 değerleri kullanarak devrenin çalışmasına olan etkisini inceleyiniz.
8. T1 beyzindeki gerilim kaç volta düştüğünde lamba sönmektedir? (Ölçüm yaparak cevaplandırınız.)
9. Devrede kullanılan malzemelerin görevlerini yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Elamanların tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Elemanların sağlamlık kontrollerinin yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

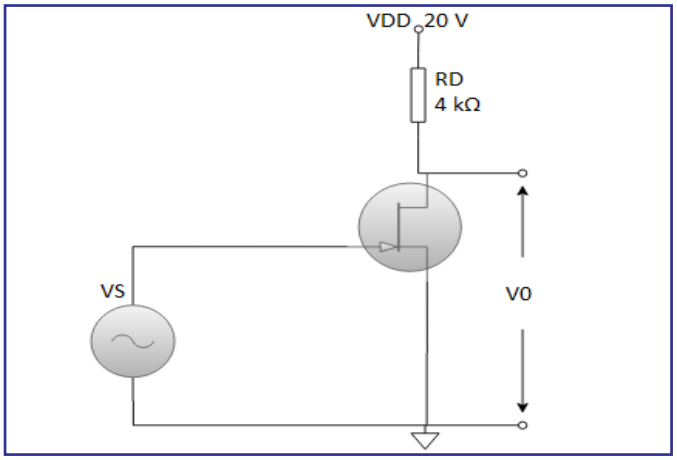
6.1.6. FET ve MOSFET

a. FET (Field Effect Transistör - Alan Etkili Transistör)

NPN ve PNP tipi olarak adlandırılan klasik tip transistörler (İki Kutuplu Jonksiyon Transistör - BJT) alçak giriş empedansına sahiptir. BJT'ler, hem elektron akımı hem de delik (boşluk) akımının kullanıldığı akım kontrollü elemanlardır. FET (Field Effect Transistör - Alan Etkili Transistör) ise yüksek giriş empedansına sahip, tek kutuplu, gerilim kontrollü bir elemandır. Elektrik alanı prensiplerine göre çalıştığından alan etkili transistörler olarak bilinir. FET'ler, transistörlerin kullanıldığı yerlerde rahatlıkla kullanılabilir.

- FET'lerin klasik transistörlere (BJT) göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir:
- Giriş empedansları daha yüksektir.
- BJT'lere nazaran daha az gürültülüdür.
- Anahtar olarak kullanıldığında, sapma gerilimi yoktur.
- BJT'lere göre daha küçüktür. Bu nedenle entegrelerde daha fazla kullanılır.
- Isısal değişimlerden etkilenmez.
- Yüksek giriş empedansı ve alçak elektrodlar arası kapasitans özelliği ile yüksek frekans devrelerinde rahatlıkla kullanılır.
- Radyasyon (yayınım) etkisi yoktur.

BJT'lere göre sakıncası ise band genişliklerinin dar olması ve çabuk hasar görebilmesidir.
FET (JFET) ve MOSFET'ler aynı gerilim kazançlı yükselteçler tasarlamak için kullanılabilirken MOSFET'ler FET'lere nazaran çok daha yüksek giriş empedanslarına sahiptir. Görsel 6.12'de bir FET'li yükselteç devresi verilmiştir.



Görsel 6.12: FET'li yükselteç devresi



Görsel 6.13: N-kanallı JFET sembolü (a), p-kanallı JFET sembolü (b)

Alan etkili transistörler (FET) iki ana gruba ayrılır.

1. JFET [Junction Field Effect Transistör (Jankşın Fiyıld Efekt Transistör), Eklem Alan Etkili Transistör]
2. MOSFET [Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistör (Metal Oksit Semikondaktır Fiyıld Efekt Transistör), Metal Oksit Yarı İletken Alan Etkili Transistör]

BJT'lerde olduğu gibi JFET'lerde de üç terminal vardır. Bunlar; drain (oluk ve akaç), source (kaynak) ve gate (kapı ve geçit)'dir. Transistörlerde, kollektörün karşılığı drain, emiterin karşılığı source, beyzin karşılığı gatedir. Transistörler nasıl NPN ve PNP tipi olmak üzere iki tipte ise JFET'ler de; n-kanallı JFET, p-kanallı JFET olmak üzere iki tipte imal edilir.

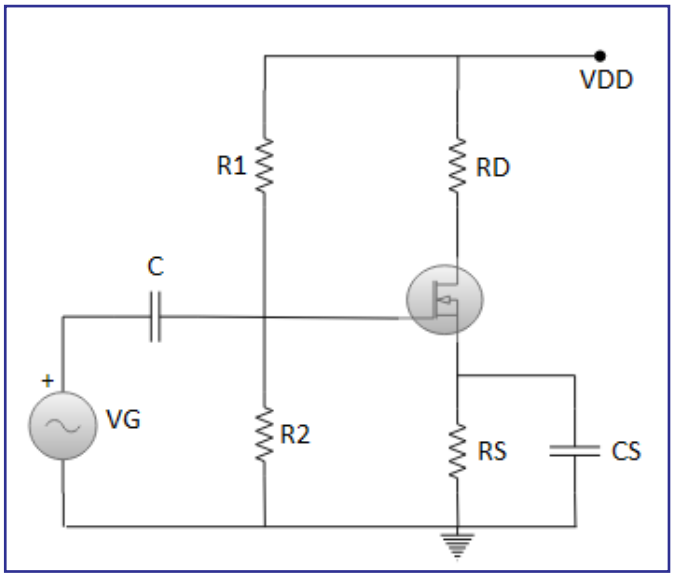
b. MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistör, Metal Oksit Yarı İletken Alan Etkili Transistör)

Alan etkili transistörün (FET) geliştirilmi tipi genellikle "Mosfet" olarak bilinen metal oksit yarı iletkendir. Mosfet kelimesinin açılımı metal oxide semiconductor field effect transistor'dür (Metal oksit yar iletken alan etkili transistör). Mosfet, İngilizce açılımının baş harfleri bir araya getirilerek oluşturulmuştur. İzole edilmiş gate özelliğinden dolayı MOSFET'lerin giriş empedansı son derece yüksek olup (1014) elektrodlar arası iç kapasitansı çok küçüktür. Bundan dolayı MOSFET'ler normal transistörlerin, frekans sahasının çok daha üstündeki frekanslarda ve yüksek giriş empedanslı yükselteçlere ihtiyaç duyulan devrelerde daha fazla kullanılır. Bunun için MOSFET'ler; voltmetre, ohmmetre ve diğer test aletlerinde kullanılır. MOSFET'lerde, JFET'lere ve klasik transistörlere nazaran gürültü daha az olup band genişliği daha fazladır.

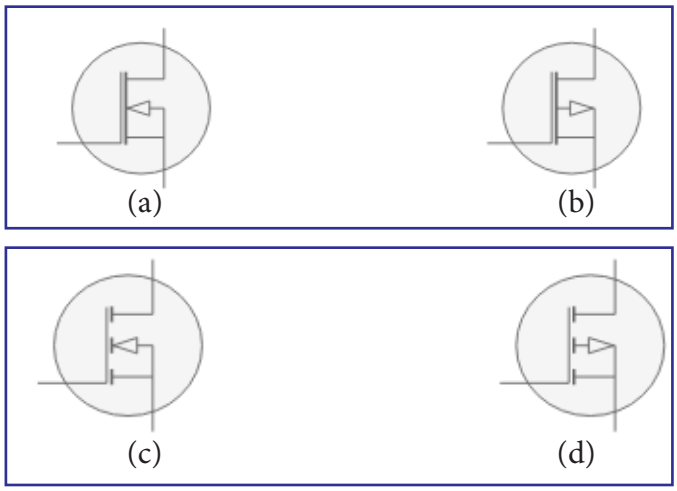
MOSFET'ler şu şekilde sınıflandırılır:

- Azalan tip MOSFET
- N-kanallı azalan tip MOSFET
- P-kanallı azalan tip MOSFET
- Çoğalan tip MOSFET
- N-kanallı çoğalan tip MOSFET
- P-kanallı çoğalan tip MOSFET

MOSFET'lerin yukarıda belirtilen üstünlüklerine rağmen bazı dezavantajları vardır. Şöyle ki MOSFET yapısında ince silikon oksit tabakası bulunduğundan bu tabaka kolaylıkla tahrip olabilir. MOSFET'e elle dokunulması durumunda insan vücudu üzerindeki elektrostatik yük nedeniyle oksit tabakası delinebilir ve kullanılamayacak şekilde tahrip olabilir. Bu yüzden MOSFET'ler; özel ambalajlarında korunmalı MOSFET'e dokunmadan önce kullanıcı, üzerindeki elektrostatik yükü topraklayarak boşaltmalıdır. MOSFET devre üzerine montaj edilirken düşük güçlü havyalar kullanılmalı ve havya kesinlikle topraklanmalıdır.



Görsel 6.14: MOSFET'li yükselteç devresi



Görsel 6.15: N-kanallı azalan tip MOSFET (a), p-kanallı azalan tip MOSFET (b), n-kanallı çoğalan tip MOSFET (c), p-kanallı çoğalan tip MOSFET (d)

c. FET ve MOSFET'in Sağlamlık Kontrolü ve Uç Tespiti

FET

Sağlam FET Transistörün Kaynak–Oluk uçları (D–S) arasında her iki yönde de küçük direnç görülür. Ayrıca sağlam bir FET'in, Gate–Drain ve Gate–Source uçları arasında bir yönde küçük direnç diğer yönde sonsuz direnç görülmelidir.

MOSFET

Ölçü aleti ohm konumuna alınır. + prob drain ucuna, - prob ise source ucuna dokundurulur. Ölçülen değer yaklaşık sıfır olmalıdır ve problar yer değiştirdiğinde de aynı değer okunmalıdır.
+ prob drain ucuna , - prob gate ucuna bağlanır ve ölçü aletinde okunan direnç değeri yaklaşık 7 - 8 Ω okunmalıdır.
+ prob source ucuna , - prob gate ucuna dokundurulur. Ölçü aletinde 7 - 8 Ω'luk bir direnç değeri okunmalıdır.

6.2. Multivibratörler

6.2.1. Multivibratörlerin Yapısı

Sayısal devrelerde tetikleme sinyali olarak kullanılan, kare veya dikdörtgen sinyali üreten devrelere **multivibratör (osilatör)** adı verilir. Flip flop devrelerde gerekli olan kare dalga sinyalini yani tetikleme sinyalini bu devreler sağlar. Yani multivibratörlere birer kare dalga osilatörü de denilebilir. Ayrıca flip flopların temelini bu devreler oluşturmaktadır. Devreye bağlı bir LED'in, art arda yanıp sönmesi flip flop olarak adlandırılır.

Multivibratörler; bilgi saklamada, sayıcılarda, kare ya da dikdörtgen dalga üreteçleri gibi yerlerde sıkça kullanılır. Multivibratör devreleri, önceden tamamen transistörlerle yapılmaktayken artık entegrelerle yapılmaktadır.

6.2.2. Multivibratör Çeşitleri

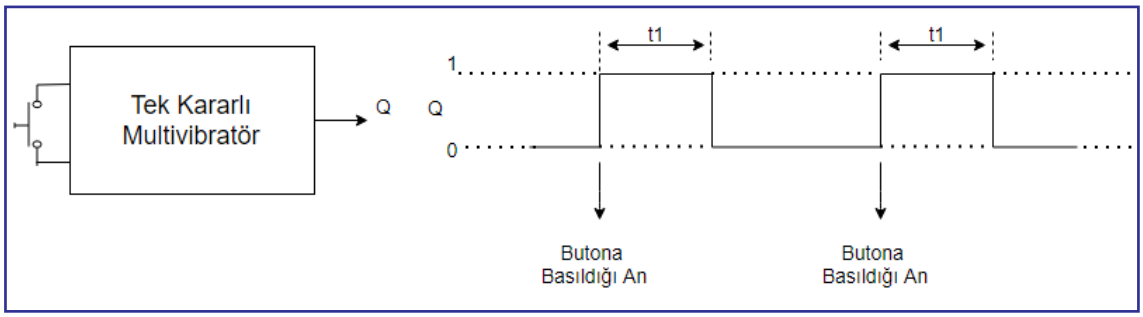
Multivibratörler çalışma şekillerine göre üç gruba ayrılmaktadır.

- Tek kararlı (Monostable) multivibratörler
- Kararsız (Astable) multivibratörler
- Çift kararlı (Bistable) multivibratörler

Multivibratör devrelerinin kurulumunda transistörlü devreler kullanıldığı gibi hazır entegre zamanlama devrelerinden de faydalanılır.

a. Tek Kararlı (Monostable) Multivibratörler

Monostable multivibratörler, girişlerine uygulanan işarete bağlı olarak sadece tek bir darbe şeklinde çıkış işareti verir. Bu devreler one-shot olarak adlandırılır. Çıkış işaretinin süresi, dışarıdan bağlanacak olan direnç ve kondansatör gibi zamanlama elemanlarının değerlerine bağlıdır.

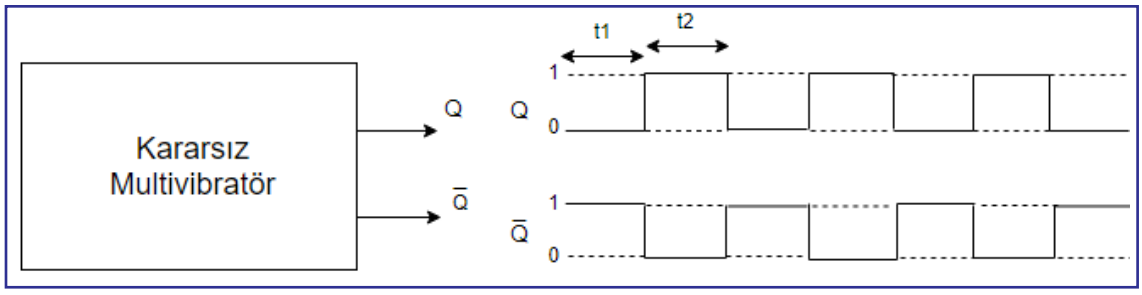


Görsel 6.16: Monostable multivibratör blok diyagramı ve giriş-çıkış grafiği

Görsel 6.16'da bir monostable multivibratörün blok diyagramı ve giriş (tetikleme) işareti ve çıkış işaret gerilimleri gösterilmiştir. Tetikleme (giriş) sinyalinin süresi çıkış darbesinden bağımsız olarak büyük veya küçük olabilir. Çıkış darbesinin süresi, giriş darbesinden geniş olabilir.

b. Kararsız (Astable) Multivibratörler

Çalışma geriliminin uygulanmasından itibaren, zamanlama elemanlarının belirlediği sürelerde durum değiştiren devrelere **astable (serbest çalışan, kararsız) multivibratörler** denir. Kararsız multivibratör, zamanlama devrelerinde tetikleme sinyali amaçlı bir kare dalga osilatör olarak kullanılır. Aşağıda Görsel 6.17'de kararsız multivibratör blok şeması gösterilmiştir.

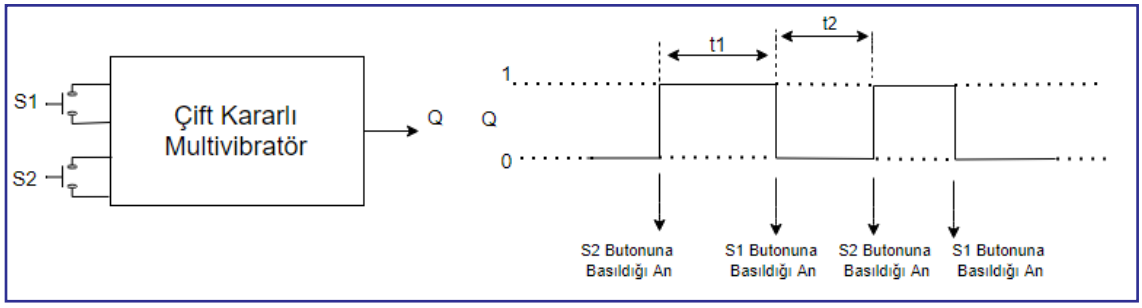


Görsel 6.17: Kararsız (Astable) multivibratör blok şeması ve çıkış dalga şekilleri

Görüldüğü gibi bu devrenin iki adet çıkışı mevcuttur. Herhangi bir anda çıkışlardan biri "lojik 1" iken diğeri "lojik 0" olur. Her iki çıkış da devrenin çıkışı olarak kullanılabilir. Çünkü her iki çıkıştan da kare dalga üretilmektedir.

c. Çift Kararlı (Bistable) Multivibratörler

Dışarıdan bir tetikleme sinyali olmadıkça durumlarını koruyan devrelere **çift kararlı (bistable) multivibratör** adı verilir. Dışarıdan uygulanan her tetikleme sinyalinde devre konum değiştirecektir. Görsel 6.18'de çift kararlı multivibratörün blok şeması ve çıkış dalga şekilleri gösterilmiştir.



Görsel 6.18: Çift Kararlı (Bistable) multivibratör blok şeması ve çıkış dalga şekilleri

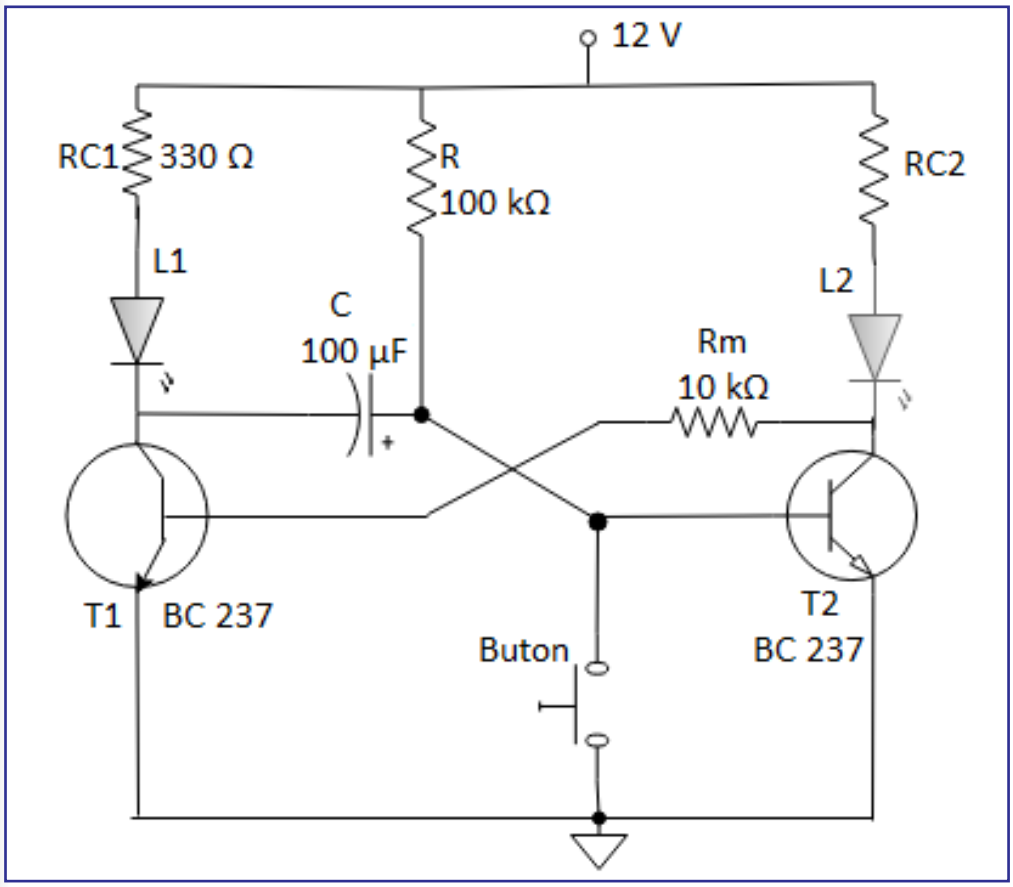
UYGULAMA 6.4.

TEK KARARLI (MONOSTABLE) MULTİVİBRATÖR

AMAÇ

Tek kararlı multivibratör devresini uygulama bilgi ve becerisini kazanma.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.19: Tek kararlı multivibratör devre şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Transistör	BC237	2 adet
LED	5 mm standart LED	2 adet
Direnç	330 Ω	2 adet
Direnç	10 kΩ, 100 kΩ	Birer adet
Kondansatör	100 µF, 1000 µF	Birer adet
Buton		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Görsel 6.19'da verilen tek kararlı multivibratör devresini deney seti üzerine kurunuz.
3. Devreyi doğru kurduğunuzdan emin olduktan sonra devreye gerilim uygulayınız.
4. Osilaskop kullanarak tek kararlı multivibratör devresinde T1 ve T2 transistörlerinin kollektör uçlarını ölçünüz ve dalga formunu gözlemleyiniz.
5. Çalışma anında hangi LED'in yandığını gözlemleyiniz.
6. Butona basılı iken hangi LED'in yandığını ve butonu bıraktıktan bir süre sonra hangi LED'in yandığını Tablo 6.3'e kaydediniz.
7. R ve C elemanlarını Tablo 6.4'de verilen değerler ile enerjiyi keserek değiştiriniz ve devreyi çalıştırıp LED'lerin durum değişimi için geçen süreyi ölçünüz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 6.3: Buton Durumuna Göre LED'lerin Durumu

Buton Durumu	L1 (LED) Yanık / Sönük	L2 Yanık / Sönük
Buton basılı iken		
Buton bırakıldıktan bir süre sonra		

Tablo 6.4: R ve C elemanlarının Değerlerine Göre LED'lerin Durum Değişimi İçin Geçen Süre

R	C	Süre
100 K	100 µFZ	
100 K	1000 µF	
470 K	1000 µF	

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

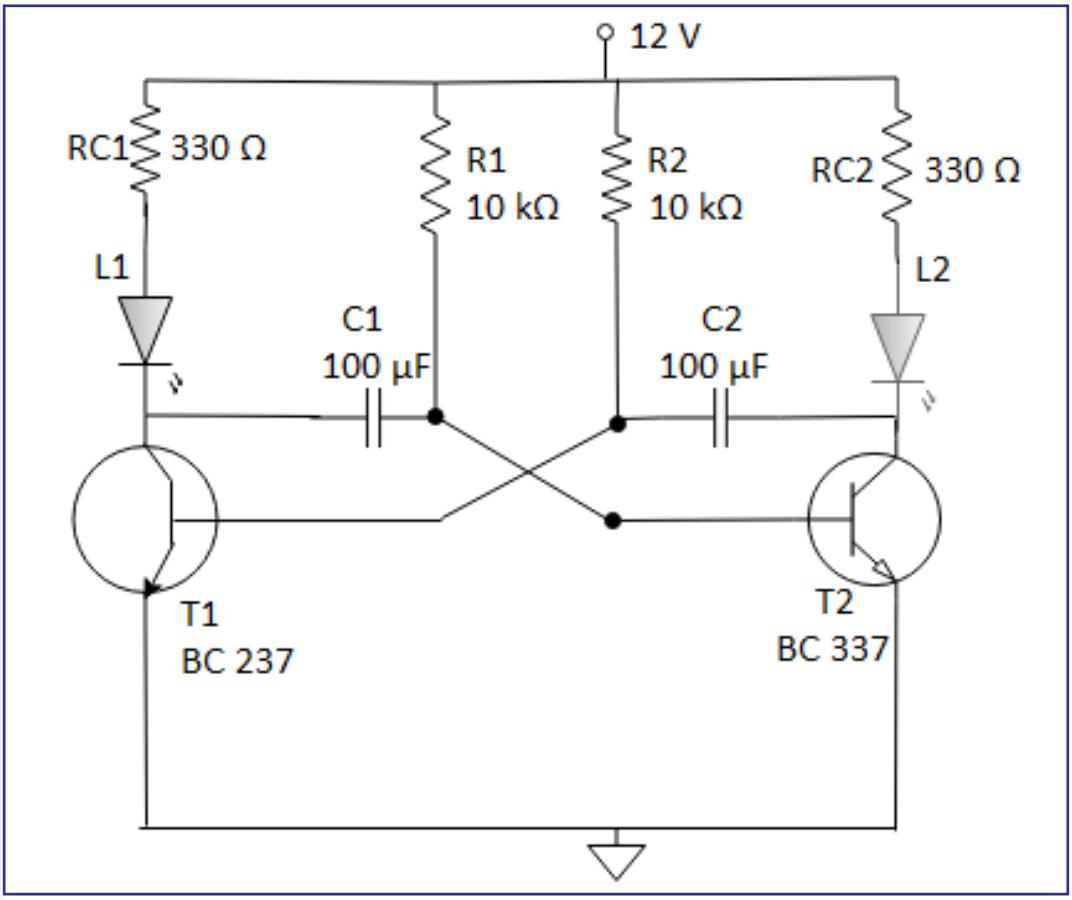
Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Elamanların tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Elemanların sağlamlık kontrollerinin yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 6.5. KARARSIZ (ASTABLE) MULTİVİBRATÖR

AMAÇ

Kararsız (Astable) multivibratör devresini uygulama bilgi ve becerisini kazanmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.20: Kararsız multivibratör devre şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Güç kaynağı	12 V DC	1 adet
Breadboardi buton		Birer adet
Transistör	BC237	2 adet
LED	5 mm standart LED	2 adet
Direnç	330 Ω	2 adet
Direnç	10 kΩ, 100 kΩ	Birer adet
Kondansatör	100 µF, 1000 µF	Birer adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Görsel 6.20'de verilen kararsız multivibratör devresini deney seti üzerine kurunuz. Devreyi doğru kurduğunuzu kontrol ettikten sonra devreye gerilim uygulayınız.
3. Osilaskop kullanarak multivibratör devresinde T1 ve T2 transistörlerinin kollektör uçlarını ölçünüz ve dalga formunu inceleyiniz.
4. Çalışma anında LED'lerin yanık kalma sürelerini tabloya kaydediniz.
5. R ve C elemanlarını Tablo 6.5'teki değerler doğrultusunda, enerjiyi kestiğinizden emin olarak değiştiriniz ve devreyi çalıştırıp LED'lerin durum değişimi için geçen süreyi ölçünüz.
6. R1 = R2, C1 = C2 ve RC1 = RC2 değerlerinin eşit seçilmesi durumunda sonucu osilaskopla inceleyerek gözlemleyiniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 6.5: R ve C Elemanlarının Değerlerine Göre LED'lerin Yanma Süreleri

R1	R2	C1	C2	L1 Yanma Süresi	L2 Yanma Süresi
10 K	10 K	100 µF	100 µF		
10 K	10 K	100 µF	1000 µF		
10 K	10 K	1000 µF	1000 µF		
10 K	1 K	1000 µF	100 µF		

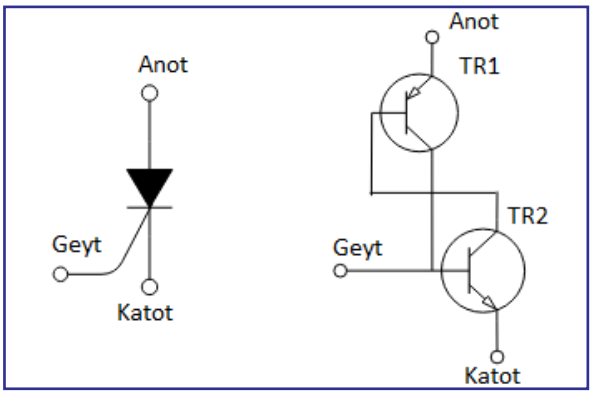
Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Elamanların tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Elemanların sağlamlık kontrollerinin yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

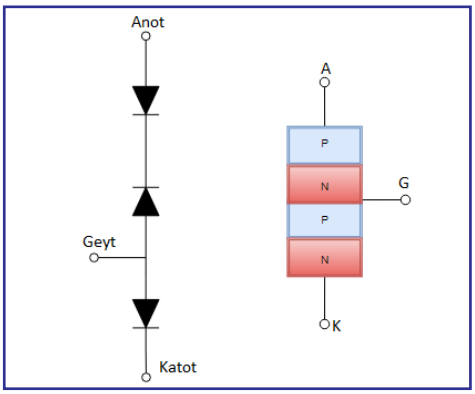
6.3. Tristörler

6.3.1.Tristörün Yapısı, Özellikleri ve Çalışması

Anot, katot ve geyt adı verilen üç adet ayağı bulunan, PNPN şeklinde dört yarı iletken tabakadan oluşan anahtarlama elemanına **tristör** denir. Tristörler, hem DC akım hem de AC akım ve gerilimlerde çalışabilir. Elektrik-elektronikte, güç kontrolü gereken yerlerde kullanılır.



Görsel 6.21: Tristörün sembolü ve eşleniği



Görsel 6.22: Tristörün iç yapısı

Tristör, PNPN tipi maddelerin yan yana getirilmesiyle oluşturulan elemanlardır. Değişik kılıf şekillerinde anot ve katot uçları, geyt ucuna göre daha kalın imal edilir. Geyt ucunun bağlı olduğu maddeye göre P kapılı ya da N kapılı olarak ikiye ayrılır. Uygulamada daha çok P kapılı olanlar kullanılır. Bu yüzden P kapılı tristörler daha çok imal edilir. Tristörler, küçük bir geyt (kapı) akımıyla büyük akımların kontrolünü yapabilen yarı iletken bir anahtarlama devre elemanıdır. Anoduna (+), katoduna (-) gerilim verildiğinde hemen çalışmaz. Anot ve katot arasını iletime geçirebilmek için katoduna göre geyte (+) gerilim vermek gerekir. DC gerilimde çalıştırıldığında, tristör iletken olduktan sonra geyt tetikleme akımı kesilse de tristör çalışmaya devam eder. Ancak tristör, AC gerilimde çalıştırıldığında geyt tetikleme gerilimi kesildiğinde tristörün iletkenlik özelliği kaybolur ve tristör yalıtkan hâle geçer.

Tristörlerde yük, anot veya katot uçlarına bağlanır. Anahtarlama işlemini yaptıracak düşük tetikleme akımı geyt ucuna verilir. Geyt tetikleme akımı uygulanmadığında anot ve katot arasındaki direnç çok yüksektir. Anot ve katot arasından akım geçemez. Bu durumda tristör "yalıtkandır" şeklinde ifade edilir. Geyt tetikleme akımı uygulandığında ise anot ve katot arası direnç çok düşüktür. Anot ve katot arasından akım geçer. Bu durumda ise tristör "iletkendir" ifadesi kullanılır.

6.3.2. Tristör Tetikleme Yöntemleri

- Ayrı bir DC üretecinden tetikleme akımı sağlama
- Ana besleme kaynağından tetikleme akımı sağlama
- İzolasyon trafosuyla tetikleme
- Optokuplör ile tristörün tetiklenmesi
- Tristörün anot ve katot arasına yüksek gerilim uygulayarak tetikleme
- Yüksek sıcaklık ile tetikleme

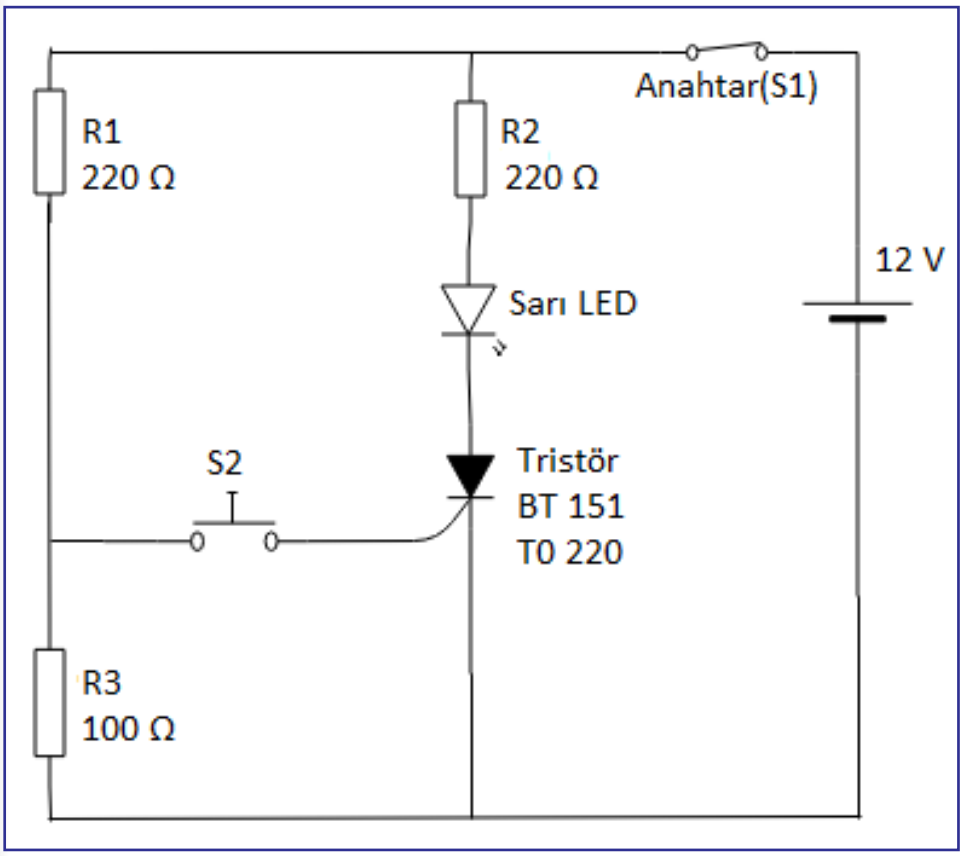
UYGULAMA 6.6.

TRİSTÖRÜN DC GERİLİMDE R DİRENCİ ÜZERİNDEN TETİKLENMESİ

AMAÇ

Tristörün DC gerilimde tetiklenmesini gözlemlemek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.23: Transistörün DC gerilimde tetiklenmesi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Tristör	BT151	1 adet
Direnç	220 kΩ	2 adet
Direnç	100 kΩ	1 adet
LED	Sarı	1 adet
Buton	2 pinli	1 adet
Anahtar	2 konumlu 3 pinli	1 adet
Breadboard, AVOmetre		

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. AVOmetre ile devre elemanlarının sağlamlık kontrollerini yapınız.
3. Görsel 6.23'te verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. S1 ve S2 anahtarları açık konumdayken devreye enerji uygulayınız. Bu durumda LED'in yanmadığını gözlemleyiniz.
5. S1 açık iken, S2 anahtarı kapatıldığında LED'in yanmadığını gözlemleyiniz.
6. S1 ve S2 anahtarı kapatıldığında LED'in yandığını gözlemleyiniz.
7. S2 anahtarını açınız. Bu durumda LED'in yanmaya devam ettiğini gözlemleyiniz.
8. S1 anahtarını açınız. LED'in yanmadığını gözlemleyiniz.
9. Sonuçları gözlem tablosuna yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 6.6: Anahtarların Konumuna Göre LED'lerin Durumu

S1	S2	LED'in Durumu
Açık	Açık	
Kapalı	Açık	
Kapalı	Kapalı	

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Elamanların tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Elemanların sağlamlık kontrollerinin yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

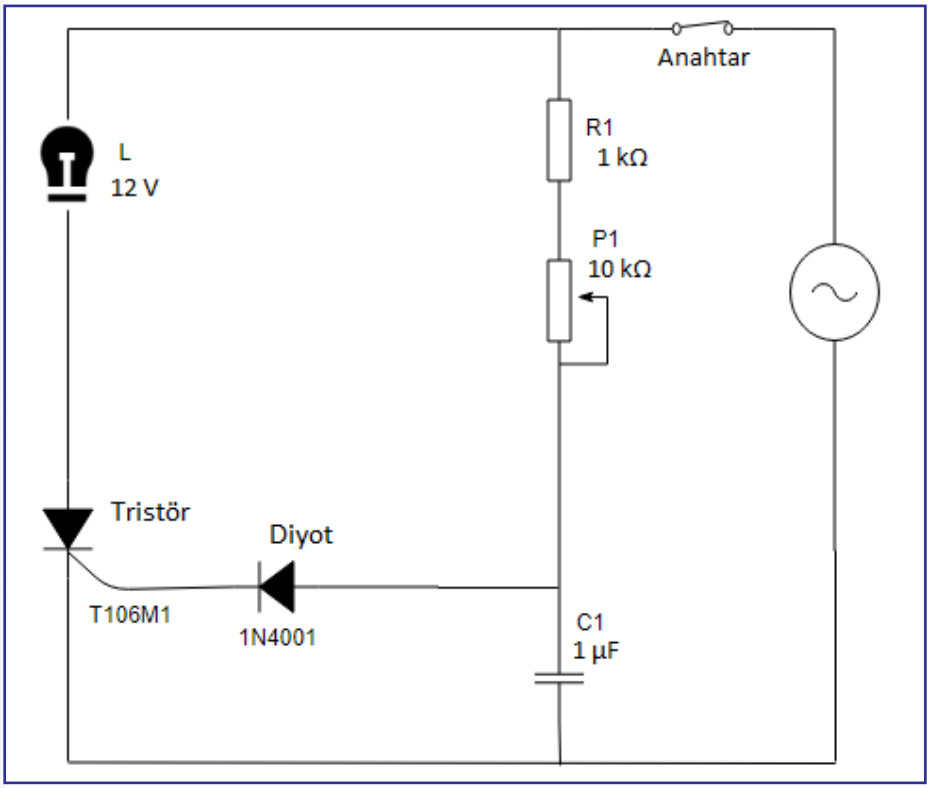
UYGULAMA 6.7.

AC GERİLİMDE TRİSTÖRÜN DİRENÇ VE KONDANSATÖR İLE TETİKLENMESİ

AMAÇ

AC gerilimde tristörün direnç ve kondansatör yardımıyla tetiklenmesini incelemek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 6.24: Transistörün AC gerilimde tetiklenmesi

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Tristör	BT151	1 adet
Lamba	12 V	1 adet
Diyot	1N4001	1 adet
Kapasitör	1 uF / 16 V	1 adet
Direnç	1 kΩ	1 adet
Potansiyometre	10 kΩ	1 adet
AVOmetre, AVOmetre, Anahtar		Birere adet
Transformatör	220 / 12 V AC	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. AVOmetre ile devre elemanlarının sağlamlık kontrollerini yapınız.
3. Devreyi breadboard üzerine kurunuz.
4. S1 anahtarını kapatarak devreye enerji veriniz. Bu anda LED'in yanmadığını gözlemleyiniz.
5. S2 anahtarını kapatıp Led'in yandığını gözleyiniz.
6. Potansiyometrenin konumunu değiştirerek lambanın parlaklığını gözlemleyiniz.
7. Sonuçları gözlem tablosuna yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 6.7: Anahtarların Konumuna Göre LED'in Durumu

S1 Anahtarı	S2 Anahtarı	LED'in Durumu
Açık	Kapalı	
Kapalı	Açık	
Kapalı	Kapalı	

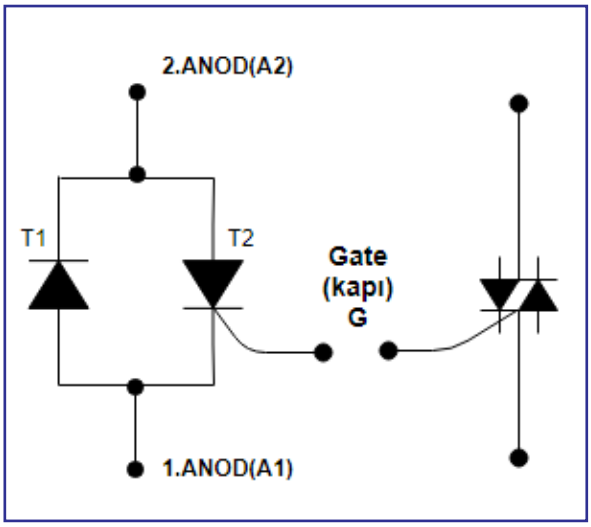
Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Elamanların tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Elemanların sağlamlık kontrollerinin yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

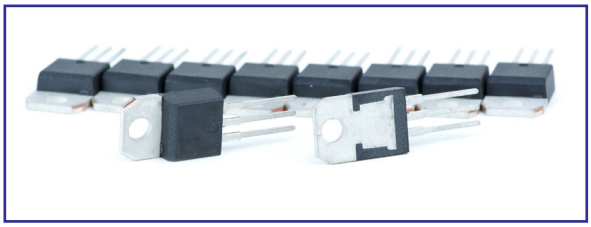
6.3.3. Triyak

a. Yapısı ve Çalışması

N kapılı ve P kapılı iki adet tristörün ters paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş alternatif akımda, her iki yönde akım geçiren yarı iletken anahtarlama elemanıdır. Triyak birbirine ters paralel bağlanmış iki adet tristör gibi düşünülebilmektedir. Bu yüzden çift yönlü tristör olarak da bilinir.



Görsel 6.25: Triyağın sembolü ve iç yapısı



Görsel 6.26: Triyak örnekleri

Triyak; birçok alandaki endüstriyel ve elektronik uygulamalarda, alternatif gerilimin anahtarlaması ve kontrol edilmesi amacıyla yoğun olarak kullanılan bir güç yarı iletken elemanıdır. Yapısından da görüldüğü gibi tristör ile aynı özellikleri göstermektedir. Tristörden farkı, her iki yönde de rahatlıkla iletime geçebilmesidir. Triyağın sembolü ve yapısı görsel 6.25'te verilmiştir.

Triyak, tıpkı tristörler gibi iletime geçmesi kontrol edilebilen bir anahtardır. Triyağın yalıtıma geçebilmesi için içinden geçmekte olan akımın sıfıra düşmesi veya düşürülmesi gerekmektedir. Triyak, iletimde olduğunda tam iletim; yalıtımda olduğunda tam yalıtım durumunda bulunur. Geçiş anı dışında herhangi ara durumu yoktur. Triyağın, genel amaçlı tristörler gibi en önemli özelliği düşük frekanslarda çalışmak için üretilmiş olmasıdır. İdeal çalışma frekansları 50-60 Hz, max. frekansları ise 1 kHz'dir. Triyaklar, çift yönlü olmaları nedeniyle genel amaçlı tristörler gibi çok yüksek akım ve gerilimlerde kullanılamamaktadır.

b. Triyağın AVOmetre İle Sağlamlık Kontrolünün Yapılması

AVOmetrenin direnç konumunda yapılan ölçümlerinde, A1–G arası çift yönlü tristör olduğu için her iki yönde de düşük direnç görülmelidir. A2–G arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç görülmelidir. A1–A2 arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç görülmelidir. A1–A2 arası ölçüm yapılırken AVOmetrenin uçlarından herhangi biri geyt ucuna dokundurulup çekildiğinde görülen direnç değeri düşüyorsa triyak iletime geçiyor demektir. AVOmetrenin uçları değiştirilip işlem tekrarlandığında aynı şekilde direnç değeri düşüyorsa triyak her iki tetikleme hâlinde de iletime geçtiği için sağlamdır.

Yukarıdaki anlatılanlardan biri gerçekleşmezse ya da A1–A2 arası düşük direnç değeri gösterirse triyak arızalıdır.

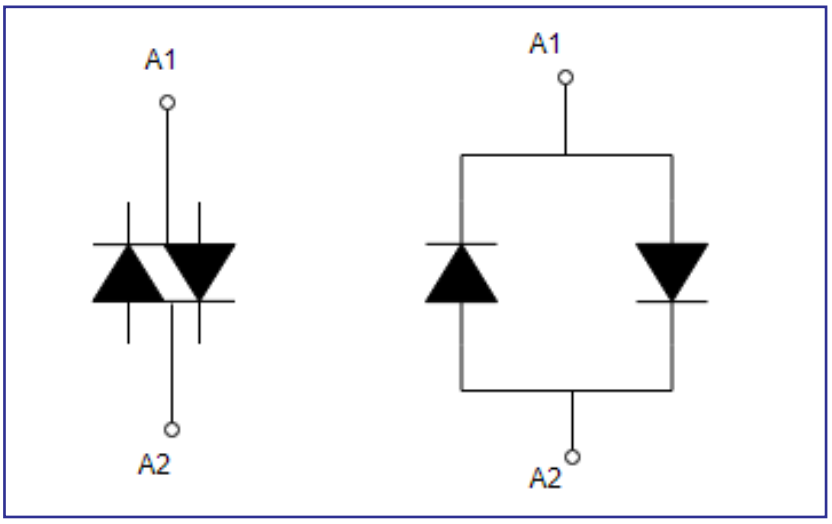
c. AVOmetre ile Triyağın Uçlarının Tespiti

Triyakların uçları, ya AVOmetre ile aşağıda anlatıldığı gibi ölçüm yapılarak ya da kataloglardan bakılarak tespit edilmelidir. AVOmetrenin probları sırayla triyağın ayaklarına değdirilir. Ölçü aletinde bir sapma görülünceye kadar işlem sürdürülür. İbre saptığında skaladaki direnç değeri okunur. Problar ters çevrilerek tekrar direnç değeri okunur. Bu iki değer arasında çok küçük bir değer farkı vardır. Küçük direnç okunduğunda AVOmetrenin siyah probunun bağlı olduğu uç G (Geyt), kırmızı probun bağlı bulunduğu uç ise A1 (Anot1)'dir. Kalan diğer uç ise A2 (Anot2)'dir.

6.3.4. Diyak

a. Yapısı ve Çalışması

Her iki yönde akım geçiren yarı iletken elemanlara **diyak** denir. Diyak (Diac), sadece triyak tetiklemek (uyarmak) için özel olarak üretilmiş bir elemandır ve görevi şebeke frekansında uyarma palsi üretmektir.

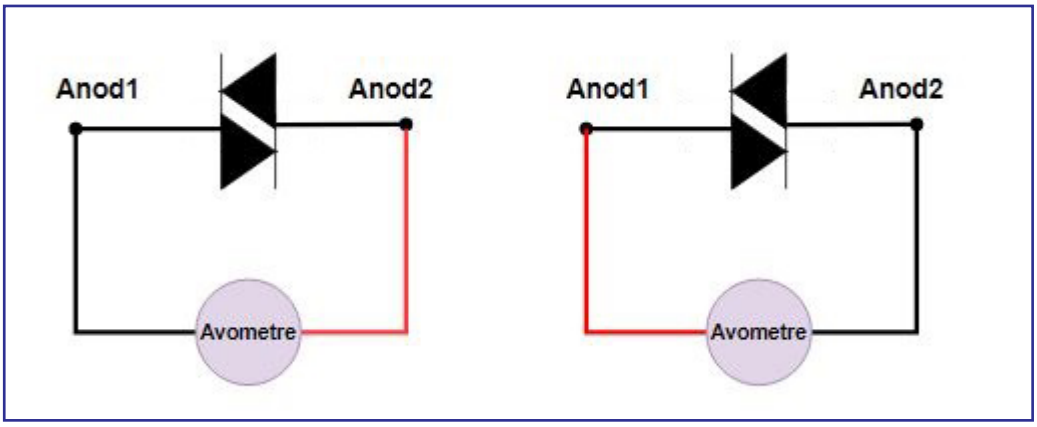


Görsel 6.27: Diyağın sembolü ve diyot eş değeri

Diyak (ortalama olarak) uçlarına uygulanan gerilim, 20 V ile 50 V olan "diyak kırılma gerilimine" ulaştığında iletken olur. Bu özelliği her iki yönde de gösterir. Son zamanlarda 20 V ile 80 V arasında çalışan diyaklar yapılmıştır. Her iki alternansı geçiren, triyak gibi yarı iletken elemanların tetiklenmesinde kullanılan yarıiletken bir elemandır. Triyaktan farkı ise uyarma terminalinin (gate) bulunmamasıdır. Çünkü diyak bir güç elemanı değil, sadece triyak uyarmak için kullanılan çok düşük güçlü bir uyarma elemanıdır.

b. Diyağın Sağlamlık Kontrolü

Avometre ile diyağın sağlamlık kontrolü yapılırken ölçü aleti ohm kademesine alınır. Ölçü aletinin kırmızı ve siyah uçları diyağın iki ucuna rastgele temas ettirilir. Daha sonra uçlar yer değiştirilir. Eğer diyak sağlamsa her iyi ölçümde de yüksek direnç göstermelidir. Eğer diyak arızalı ise her iki ölçümde de düşük direnç gösterir. Güvenilir bir sağlamlık kontrolü diyak devrede, iletimde ve yalıtımda iken veya basit bir triyak tetikleme devresinde iken yapılmalıdır.



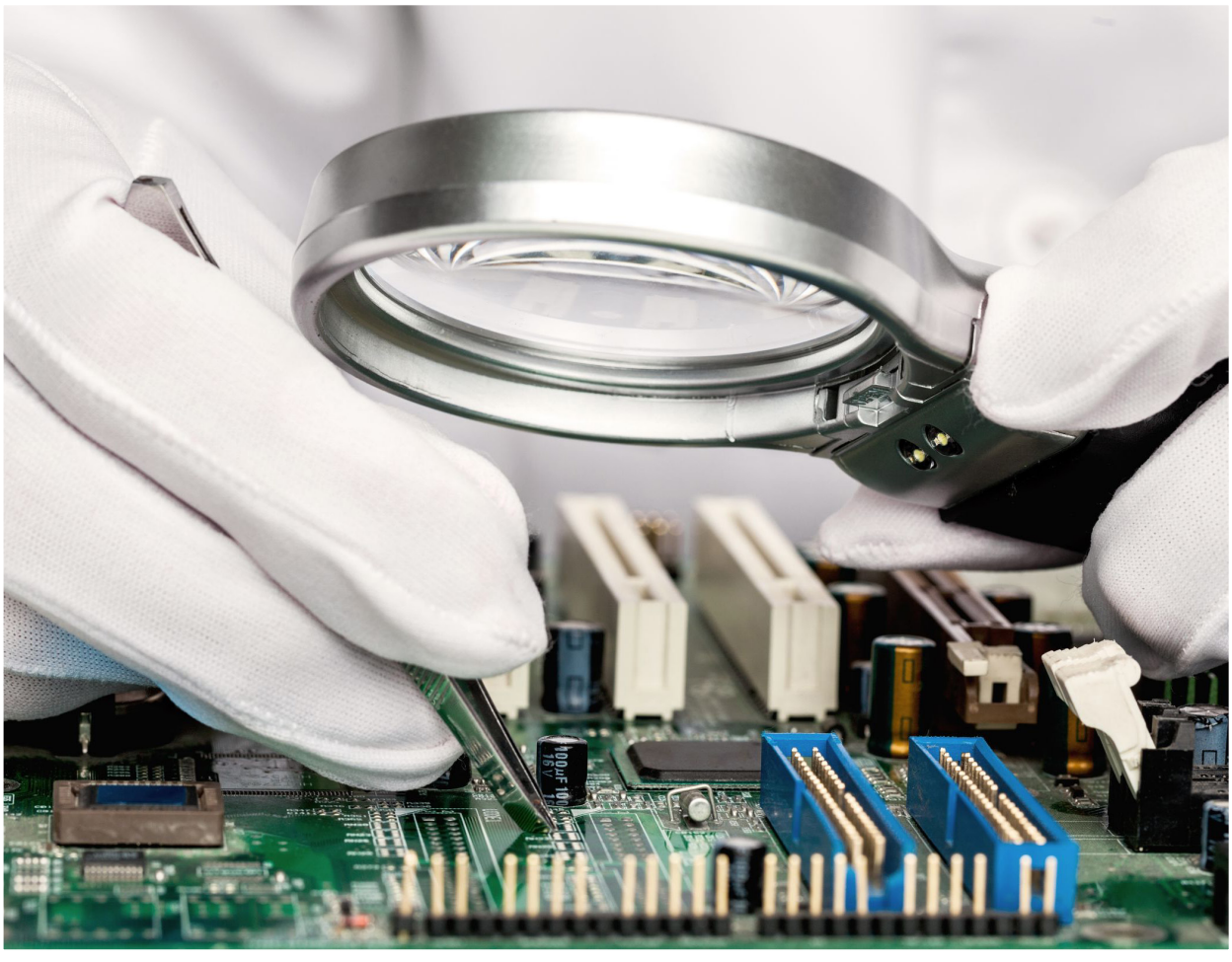
Görsel 6.28: Diyağın sağlamlık kontrolü yapılışı

c. Diyak Kullanım Alanları

Diyaklar, triyakların faz kontrol devrelerinde, bir ışık kaynağını istenilen şiddette yakıp söndürmekte, ısı kontrolü gereken yerlerde, matkap, vantilatör gibi seri motorların devir sayısılarını kontrol etmede, triyakları tetiklemek amacıyla kullanılırlar.

7

BİYOMEDİKAL SİTEMLERDE ARIZA YAKLAŞIMI



Bu öğrenme biriminde;

- Biyomedikal cihazlarda elektrik-elektronik, bilgisayar ve mekanik ünitelerinin ayrımını yapmayı
- Biyomedikal cihazlarda elektrik ve elektronik ünitelerinin elektriksel ölçüm ve testlerini
- Biyomedikal cihazlarda bilgisayar ve kumanda merkezi ölçüm ve testlerini
- Biyomedikal cihazlarda mekanik ve birleşik ünitelerinin ölçüm ve testlerini
- Biyomedikal cihazlarda çıktı birimlerinin ayrımını ve arıza analizini öğreneceksiniz.

AMAÇ

TS EN ISO standartlarına, tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun biyomedikal sistemlerde uygun arıza analizi yapmak.

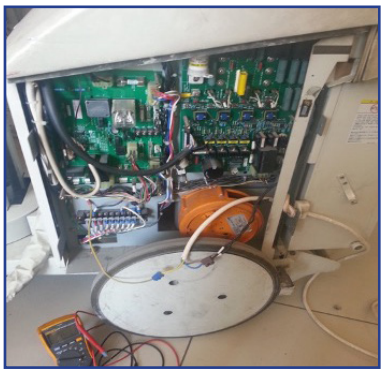
GİRİŞ

Biyomedikal sistemlerde arıza yaklaşımı, cihazın hızlı ve güvenilir şekilde yeniden çalışır hâle getirilmesinde kullanılacak bir yöntemdir. Biyomedikal cihazlarda, arızayı çözümleyebilmek için elektrik-elektronik, bilgisayar ve mekanik ünitelerinin tarif edilebilmesi önemlidir. Arızaya yaklaşım sağlayabilmek için cihazın bileşenleri ve bileşenlerin birbiriyle çalışması iyi analiz edilmelidir. Biyomedikal cihazlarda elektrik ve elektronik ünitelerinin elektriksel ölçüm ve testleri, bilgisayar ve kumanda merkezi ölçüm ve testleri, mekanik ve birleşik ünitelerinin ölçüm ve testleri yapılabilmelidir. Ayrıca biyomedikal cihazlarda çıktı birimlerinin ayrımının ve arıza analizinin yapılması gerekir.

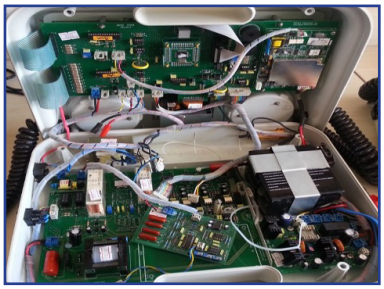
7.1. Biyomedikal Cihazlarda Elektrik-Elektronik, Bilgisayar ve Mekanik Ünitelerinin Ayrımı

Biyomedikal cihaz bileşenlerinin özelliklerinin kavranması ve arıza yaklaşımı yapabilmek için elektrik-elektronik, bilgisayar ve mekanik ünitelerinin bilinmesi önemlidir.
Biyomedikal cihazlar genel olarak üç üniteden meydana gelir. Bunlar;

- Elektrik-elektronik üniteler
- Bilgisayar üniteleri
- Mekanik üniteler



Görsel 7.1: Seyyar röntgen iç yapısı



Görsel 7.2: Defibrilatör cihazı iç yapısı

7.1.1. Elektrik-Elektronik Üniteler

Maddedeki parçacıkların hareketiyle ortaya çıkan bir enerji türü olan elektrik, temel olarak maddenin fiziksel özelliğini inceleyen fiziğin bir dalıdır. Elektronik ise elektronların etkisiyle oluşan olayları ve elektriksel sistemleri inceleyen mühendislik dalıdır.

Biyomedikal cihazlarda elektronik üniteler cihazların en önemli kısımlarından biridir. Elektronik ünitelerin arıza analizlerinde arıza yaklaşım yöntemi kullanılır. Servis el kitaplarında elektronik ünitelerde oluşacak arızalar için giderme yöntemlerine yer verilebilir. Servis el kitapları takip edilerek de arızalar çözümlenebilir.

Arızalı elektronik ünitelere, teknik şartnamede belirtilen şartlar veya garanti belgelerindeki kurallar dâhilinde müdahale edilmelidir. Arıza giderimi için gerekli ortam ve koşullar tüm elektronik üniteler için de sağlanabilmelidir.

Arıza için elektronik kartların ilk önce kablo bağlantıları daha sonra soket ve konnektörleri kontrol edilir (Görsel 7.1, Görsel 7.2). Arıza giderilirken tamir edilebilen kısımlar tamir edilir. Görsel 7.3'te kırmızı ile yuvarlak içine alınan malzemenin değişimi yapılmıştır. Arıza giderilememiş ise kart, yedek parça veya servisten istenecek parça ile değiştirilmelidir.



Görsel 7.3: Seyyar röntgen güç kartı

7.1.2. Bilgisayar Üniteleri

Diğer cihazlarda olduğu gibi biyomedikal cihazlarda da tüm üniteler bilgisayar üniteleri tarafından kontrol edilir. Kontrol dışında ise yapılan işlemlerin kaydedilmesine, görüntülenmesine ve aktarılmasına yardımcı olur. Görsel 7.4'te kan sayım cihazında bilgisayar ünitelerinden monitör, fare ve klavye gösterilmektedir.



Görsel 7.4: Kan sayım cihazı

Bilgisayar ünitelerinde bulunan kısımlar şunlardır:

- Bilgisayar
- Yazıcı
- Tarayıcı
- Klavye
- Fare ve Monitör
- Bağlantı elemanları (ağ, yazıcı, tarayıcı, klavye, fare ve monitör)

7.1.3. Mekanik Üniteler

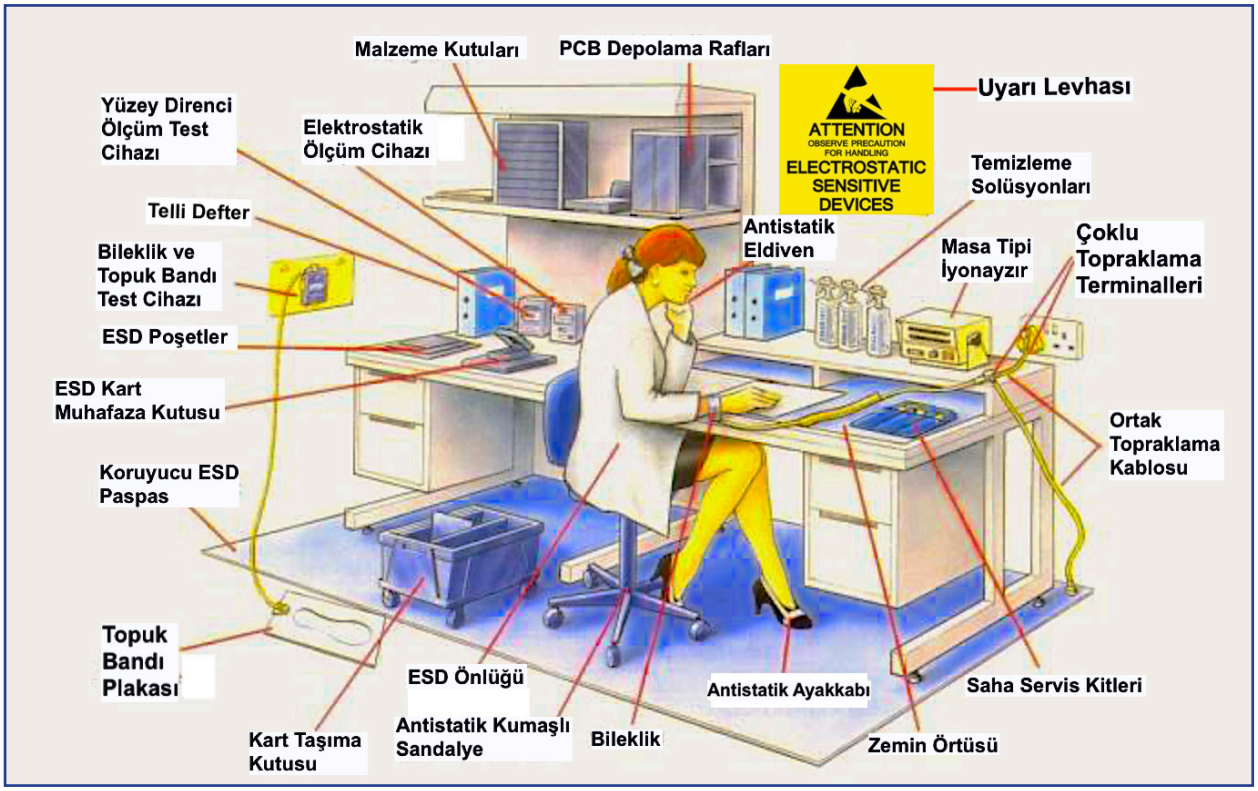
Biyomedikal cihazların mekanik üniteleri, çevresindeki kapaklar ve çalışma sistemindeki mekanik yapıdır (Tablo 7.1). Biyomedikal cihazlar mekanik, elektrik ve elektronik malzemelerden oluşur. Cihazları oluşturan elemanların özelliklerinin ve hangi fonksiyonu yerine getirdiklerinin bilinmesi cihazın çalışma mantığını anlamak ve arıza yaklaşımı için önemlidir.

Tablo 7.1: Biyomedikal Cihazlarda Kullanılan Mekanik Malzemeler

Miller	Fanlar	Selenoid valfler
Vidalar	Kompresörler	Valfler
Dişliler	Filtreler	Anahtarlar
Somunlar	Sigortalar	Motorlar
Rulmanlar	Şalterler	Sensörler
Klemensler	Musluklar	Termostatlar
Çatallı çiviler	Vanalar	Transformatörler
Kapı contaları	Pullar	Problar
Makaralar	Bantlar	Isı probları
Pabuçlar	Borular	Basınç probları
Tekerlekler	Orijinal yedek parçalar	Kablo bağlantıları
Montaj malzemeleri	Ham madde sert plastik çubuk	Ham madde metal çubuk

7.2. Biyomedikal Cihazlarda Elektrik ve Elektronik Ünitelerinin Elektriksel Ölçüm Ve Testleri

Arıza yaklaşımlarında ilk olarak iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınmalıdır. Görsel 7.5'teki antistatik laboratuvar ortamı ile güvenlik sağlanabilir. Tüm güvenlik önlemleri alındıktan sonra arıza yaklaşım yöntemlerine geçilir.



Görsel 7.5: Antistatik laboratuvar ortamı

7.2.1. Antistatik Laboratuvar

Statik, durgun anlamına geldiğinden antistatik de bu durgunluğun ortadan kalkmış olduğunu ifade eder. Malzemeye statik yük boşaldığında malzeme yanabilir, çalışmayabilir, karakteristiği bozulabilir veya çalışma ömrü kısalabilir. Antistatik laboratuvar oluşturmak çalışanın güvenliğini sağlaması yanında malzemenin bozulmasını da önler.



Görsel 7.6: ESD koruyucu cihaz seti

Teknisyen ya da teknikerin alması gereken güvenlik önlemleri şu şekilde sıralanabilir (Görsel 7.6):

- Antistatik önlük
- Statik dağıtkan eldiven
- Antistatik ayakkabı
- Bileklik

Ortam şartları için alınması gereken önlemler şunlardır:

- İkaz etiketleri (Görsel 7.7)
- Elektrostatik ölçüm cihazı
- Köpükler (Görsel 7.8)
- Masa örtüleri
- Hava iyonlaştırma cihazları
- Ortak topraklama kablosu
- Antistatik kumaşlı sandalye
- Antistatik temizleme fırçası (Görsel 7.10)
- ESD (Elektro Statik Deşarj) poşetleri (Görsel 7.9)
- ESD (Elektro Statik Deşarj) kart muhafaza kutusu
- Temizleme solüsyonları



Görsel 7.7: İkaz etiketi


Görsel 7.8: Köpük


Görsel 7.9: ESD poşeti

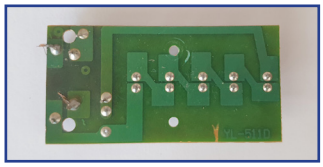

Görsel 7.10: Antistatik fırça

7.2.2. Teknik Servis Formu Düzenleme

Elektronik üniteler de tıpkı hasta gibi düşünülüp elektronik üniteler için bir form düzenlenmelidir. Bu formlarda; kart seri numarası, teknik servis personelinin adı, geliş tarihi, istenilen onarım zamanı gibi bilgiler yer alır. Şikâyetler ve yapılan tüm işlemler teknik servis formuna işlenmelidir.

7.2.3. Fiziksel Kontrol

Kartın tozlarını silmeden önceki kontrol ve kartı temizledikten sonra yapılan kontrol olarak ikiye ayrılır. Temizlik sonrası kontrolde sorulması gereken sorular vardır.


Görsel 7.11: Matlaşmış ve rengi değişmiş elektronik kart

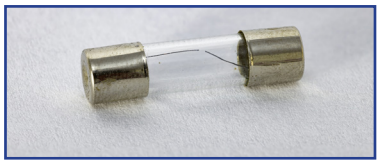
Bunlar;

- Rengi değişmiş mi? (Görsel 7.11)
- Şişmiş mi?
- Çatlamış mı?
- Soğuk lehim matlaşmış mı? (Görsel 7.11)
- Koklandığında yanık kokusu var mı? (Görsel 7.12)


Görsel 7.12: Yanmış elektronik kart

7.2.4. Konnektör ve Klemenslerin Kontrolü

Konnektörler ve klemensler, fiziksel olarak kontrol edilmelidir. Oksitlenme varsa soketin takıldığı yer ve kendisi kontak sprey ile temizlenmelidir.


Görsel 7.13: Yanmış cam sigorta

7.2.5. Sigorta Malzemeleri Kontrolü

Sigortaların yanıp yanmadığı kontrol edilmelidir. Yanmış sigortaların değişimi yapılmalıdır (Görsel 7.13).

7.2.6. Batarya veya Pilin Kontrolü

Şarj edilebilir mi, şarj edilemez mi ne tür bir batarya ile çalışıldığı tespit edilmelidir. Ömrü bitenler yenisi ile değiştirilmelidir. Batarya ya da pil, muadilleri ile değil birebir aynısı ile değiştirilmesi daha doğru olacaktır. Aksi hâlde cihaz bir süre sonra değişik çalışma arızaları verebilir.

7.2.7. Kartın Üzerindeki Malzemelerin Tanımlanması

Elektronik kart devre şeması ve teknik kitaplar istenmelidir. Elektronik kart üzerindeki malzemelerin teknik özellikleri internet ortamından bulunmalıdır. Tüm malzemelerin özellikleri gözden geçirilmelidir.

7.2.8. Şikâyetin Olduğu Kısmın Lokalizasyonu

Elektronik kartta, şikâyetin olduğu bölgenin tespit edilmesidir. Tespit ederken şikâyet ve malzemelerin özellikleri göz önüne alınmalıdır. Lokalizasyon sayesinde devrenin tamamına bakmak yerine 5-10 elemanın olduğu kısım kontrol edilir. Arızanın tespiti hızlanmış olur. Biyomedikal cihazlarda arızanın giderilmesinde hızın önemli olduğu unutulmamalıdır.

7.2.9. Lokalizasyon Sonrası Malzeme Testi

Kontroller ve lokalizasyon tamamlandıktan sonra testler yapılmaya başlanır. Yapılması gereken testler şunlardır:

- Kısa devre ve açık devre testi
- Elektronik karta enerji verilerek TP (test noktası) kontrolü
- Empedans testi
- Programlı malzeme testi
- Fonksiyonel test
- Boundary (baundri) scan (sken) testi
- Termal test
- LCR metre ile hassas test
- Arızalı malzemenin yolu üzerindeki diğer malzemelerin testi

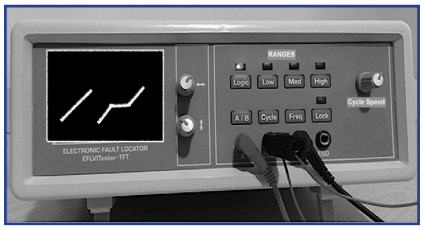
a) Kısa Devre ve Açık Devre Testi

Kısa devre, bir elemanın arızalanabileceğini veya kart üzerindeki yollarda birleşme olabileceğini ifade eder. Kısa devre testi, gerilim ya da direncin multimetre yardımı ile ölçülerek yapılır. Besleme ve toprak arası gerilim 0 volt veya 0 volta yakınsa kısa devre var demektir. Açık devre ise devre yolunda bir kopma olduğunu ifade eder. Açık devre testi devreden akımın akıp akmadığını bulmak için yapılır. Elektronik kart üzerinde multimetre yardımı ile direnç ölçümü yapılan testtir. Direnç ölçümünde sonsuz direnç görünmezse açık devre var demektir.

b) Elektronik Karta Enerji Verilerek TP (Test Noktası) Kontrolü

Elektronik karta enerji verilerek sağlam sinyal bilgileri arızalı kart ile karşılaştırılır. Bir bloğun girişinde sinyal var fakat çıkışında yoksa blok devre arızalıdır. TP noktaları sinyal bilgilerinin olması işleri kolaylaştıracaktır. TP sinyal bilgileri sağlam bir elektronik kart yardımı ile elde edilebilir.

c) Empedans Testi



Görsel 7.14: Empedans test cihazı

Elektronik karta enerji verilmeden elektronik malzemelerin empedans karakteristik eğrileri test edilerek sağlamlık kontrolünün yapıldığı testtir. Kondansatörün deşarj edilmiş olması önemlidir. Diğer malzemelere zarar vermeden arızayı bulmayı kolaylaştırır. Her malzemenin bir empedans eğrisi vardır. Empedans eğrisinden sapma olması arızanın orda olduğunu gösterir. Testi yapabilecek yerli üretim cihazlar mevcuttur (Görsel 7.14).

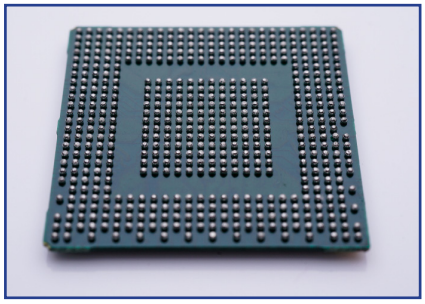
ç) Programlı Malzeme Testi

Programlanmış malzemenin programlayıcı kullanılarak test edilmesidir. Programlanma ve sistem yedeklerinin alınma işlemi kart bozulmadan önce yapılmalıdır.

d) Fonksiyonel Test

Bir malzemenin hem devre içinde hem de devre dışında enerji verilerek test edilmesidir.

e) Boundary Scan Testi


Görsel 7.15: BGA (top ızgara dizisi) IC (entegre devre) mikroçip

Bazı kılıf yapılı malzemelerde bacaklar kılıf içindedir (Görsel 7.15). Boundary scan test,entegre bir devre içindeki devre kartları ve alt bloklar üzerindeki ara bağlantıları test etmek için kullanılan bir yöntemdir. Boundray scan mimarisi, fiziksel test probları kullanmadan ara bağlantıları test etmek için bir yol sağlar. Boundary Scan test ile yapılabilecek işlemler şunlardır:

- Entegre devre pimlerinin durumlarını izlemek
- Voltajı ölçmek
- Entegre bir devre içindeki alt blokları analiz etmek

f) Termal Test

Arızalı olduğu düşünülen elektronik karta ve sağlam olan elektronik karta termal çekim yapılır. Sağlam olan elektronik kart ile arızalı olan elektronik kart karşılaştırılarak yapılan testtir.

g) LCR Metre ile Hassas Test

İki arızalı kart arasında malzemelerin ölçümü ayrı ayrı yapılıp karşılaştırılır. Fark

olup olmadığı gözlenir. Kart üzerinde ya da malzemenin bir bacağı karttan sökülerek işlem yapılabilir. Direnç, kondansatör, bobin testlerini ve besleme toprak arası kısa devre arızasını belirlemede kullanılabilir.

ğ) Arızalı Malzemenin Yolu Üzerindeki Diğer Malzemelerin Testi

Arıza bulunmuşsa arızanın bulunduğu yol üzerindeki malzemelerin de bozulabileceği düşünülerek yapılan testtir. Malzemelerin devre dışında sağlam olup olmadığı kontrol edilir.

7.3. Biyomedikal Cihazlarda Bilgisayar ve Kumanda Merkezi Ölçüm Ve Testleri

Bilgisayarın diğer birimlerle olan bağlantı elemanları en fazla arıza oluşturan kısımlardır. Arıza analizlerinde öncelikle bu kablo bağlantılarında fiziksel sorun olup olmadığı, kablo soketlerinin oturup oturmadığı kontrol edilmelidir. Sorun iletimde görülürse kablo pinleri basit bir kısa devre testi ile kontrol edilebilir. Bağlantı arızaları dışındaki monitör arızaları besleme kartları, besleme sigortaları, pil ve batarya arızalarından kaynaklanabilir. Cihaz içinde arıza varsa flash hafıza kartının olmaması veya kartın düzgün takılmaması da arızaya sebep olabilir.

7.4. Biyomedikal Cihazlarda Mekanik ve Birleşik Ünitelerin Ölçüm Ve Testleri

Cihazlarda kullanılan mekanik malzemeler titreşime, neme, toza, ışığa, ısıya ve darbelere karşı hassastır. Mekanik ünitelerde meydana gelecek arızaların ve aksaklıkların tüm cihazı etkileyeceği unutulmamalıdır. Örneğin, toz etkisi yüzeylerde sürtünmeyi artırıp malzemelerin aşınmasına, tıkanmasına, dış yüzeylerin çizilmesine sebep olabilir. Montaj esnasında oluşabilecek aksaklıklar da tüm sistemin çalışmasını engelleyebilir.

Malzemenin arızası giderildikten sonra mekanik aksamları birleştirilirken dikkatli olunmalıdır. Yapılacak en ufak hata çok büyük hatalarla sonuçlanabilir. Söküm sırasında parçalara numara verilmelidir. Özellikle karmaşık bir cihaz sökülmüşse numaralandırmak montajda kolaylık sağlayacaktır. Varsa mekanik ünite şemaları takip edilmelidir.

Biyomedikal cihazlarının temizliği belirlenen periyotlarda nemli bir bez ile yapılmalıdır. Belli periyotlarda yapılan temizlikler sayesinde toz ve kir gibi etmenlerden kaynaklanacak arızaların önüne geçilmiş olunur. Ayrıca tüm söküm ve birleştirme işlemlerinde de nemli bir bez ile cihazın temizliği yapılmalıdır.

Cihazların mekanik parçalarının iç ve dış kuvvetlere karşı gösterdiği tepkiye **titreşim (vibrasyon)** denir. Titreşim makinenin erken uyarı sistemi gibidir. Titreşimin meydana geldiği frekans arızanın tipini ve kaynağını gösterebilir. Ortamdaki nem, ısı, ışık ve titreşim ölçümleri gerekli ölçü aletleriyle ölçülmelidir. Biyomedikal Fiziksel Ölçümler ünitesinde nem, ısı, ışık ve titreşim ölçümleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler yer almaktadır.

7.5. Biyomedikal Cihazlarda Çıktı Birimlerinin Ayrımı

Biyomedikal cihazlarda kasetli kayıt, CD kayıt, filmler, kâğıtlar gibi birçok çıktı birimleri bulunmaktadır. CD kayıt birimleri ve USB kayıt birimleri bilgisayar ünitelerinin içinde yer almaktadır. Görüntüleme cihazlarındaki çıktılar öncelikle monitörlerde görüntülenir.

Monitörlerde izlenen görüntüler kontrol ünitelerinin yardımı ile bilgisayara aktarılır. Görüntü işlenme programları ile CD'lere, USB belleklere, kasetlere veya termal bir yazıcıyla kâğıda aktarılır. Biyomedikal cihazlarda kullanılan çıktı birimleri şunlardır:

- Film çıkarma birimleri (Görsel 7.16)
- Kimyasal solüsyonlar
- Yazıcılar (Görsel 7.17)
- Kasetler (Görsel 7.18)
- Filmler


Görsel 7.16: Film banyo cihazı



Görsel 7.17: Film yazıcı cihazı



Görsel 7.18: Kasetler

7.6. Arıza Analizi

Cihazda sistem bütünlüğünün bozulmasına ve cihazda meydana gelen normal olmayan durumlara **arıza** denir. Arıza analizi ise sistem bütünlüğü bozulan cihazın normal işleyişine devam edebilmesi için arızanın tespitinde kullanılır. Arızayı bulmak, arızalı bir sistemin ya da cihazın gösterdiği belirtilerin sistemli olarak analiz edilmesidir. Cihazı meydana getiren tüm parçalar ve sistemler bilinmelidir. Her bir eleman ya da sistemin normal parametre değeri vardır. Normal değerden sapma olması demek arıza olduğunu gösterir. Arızanın giderilebilmesi için belli bir tecrübenin olması şarttır. Teknik el kitapları verimli olarak kullanılmalıdır.

Biyomedikal cihazlardaki sistemlerde arızayı en kısa sürede gidermek, hastanede görev yapan teknisyen için maliyet ve zaman kaybı açısından; şirkette görev yapan teknisyen için maliyet ve zaman kaybının yanında üretim açısından oldukça önemlidir. Cihazlardan meydana gelen arızaların insan hayatı ile ilişkili olduğu unutulmadan en kısa sürede arıza çözümlenmelidir.



Görsel 7.19: Arıza gidermede işlem basamakları

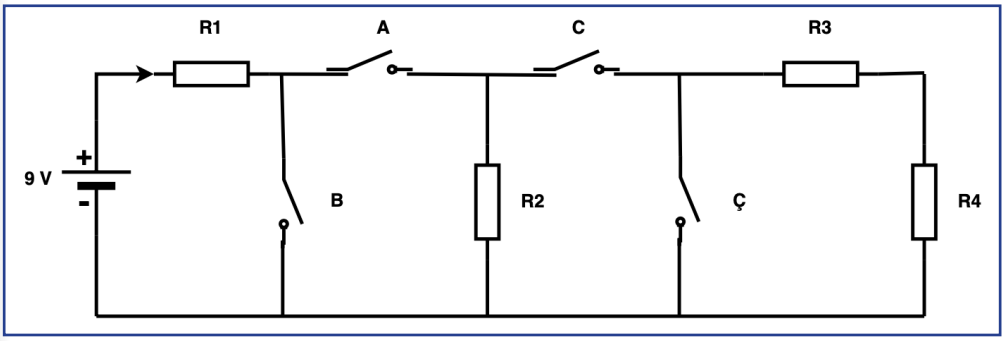
Arıza gidermede kullanılacak işlem basamakları Görsel 7.19'daki gibidir. Belirtiler ilk olarak teşhis edilir. Enerji kontrolü ile sisteme enerji gidip gitmediğinin kontrolü yapılır. Fiziksel bir kontrol ile duyu organları kullanılarak kontrol yapılır. Arızalı kısım izole edilerek yani tek devreye indirgenerek sinyal izleme tekniği kullanılır. Hata analizi uygulanarak arıza tek elemana ya da eleman grubuna indirgenir. Arızayı gidermek için onarım yapılır. Malzeme yenisi ile değiştirilir veya tamiri mümkünse tamir edilir.

UYGULAMA 7.1. KISA DEVRE VE AÇIK DEVRE TESTİ

AMAÇ

Kısa devre ve açık devre kavramlarını anlamak ve testini yapabilmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 7.20: Kısa devre ve açık devre

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Pil	9 V	1 adet
Pil yatağı		1 adet
Direnç	470 Ω	4 adet
Led	Farklı renklerde	3 adet
Anahtar	2 pin, iki konumlu	4 adet
Jumper kablo	M-M, 100 mm	Yeteri kadar

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile elemanların sağlamlığını kontrol ediniz.
4. Görsel 7.20'de A, B, C ve Ç ile isimlendirilenler anahtardır.
5. Görsel 7.20'deki devreyi kurunuz.
6. Anahtarların açık ve kapalı olma durumuna göre Tablo 7.2'ye, dirençler üzerinde gördüğünüz akım ve gerilim değerlerini doldurunuz.
7. Tablo 7.2'deki açıklama kısmına, gördüğünüz sonuçların nedenini yazınız.
8. Görsel 7.20'deki devreyi R2, R3 ve R4 dirençlerinin yerine farklı renklerde LED koyarak yeniden kurunuz.
9. Anahtarların açık ve kapalı olma durumuna göre Tablo 7.2'yi doldurunuz.
10. Tablo 7.3'teki açıklama kısmına, gördüğünüz sonuçların nedenini yazınız.
11. Sonuç kısmına uygulamadan ne anladığınızı kısaca yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 7.2: Anahtar Durumuna Göre Direnç Üzerinden Geçen Akım ve Gerilim

A	B	C	Ç	R1	R2	R3	R4	Açıklama
Açık	Açık	Açık	Açık					
Açık	Açık	Açık	Kapalı					
Açık	Açık	Kapalı	Açık					
Açık	Açık	Kapalı	Kapalı					
Açık	Kapalı	Açık	Açık					
Açık	Kapalı	Açık	Kapalı					
Açık	Kapalı	Kapalı	Açık					
Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı					
Kapalı	Açık	Açık	Açık					
Kapalı	Açık	Açık	Kapalı					
Kapalı	Açık	Kapalı	Açık					
Kapalı	Açık	Kapalı	Kapalı					
Kapalı	Kapalı	Açık	Açık					
Kapalı	Kapalı	Açık	Kapalı					
Kapalı	Kapalı	Kapalı	Açık					
Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı					

Tablo 7.3: Anahtar Durumuna Göre LED Durumu

A	B	C	D	R1	L2	L3	L4	Açıklama
Açık	Açık	Açık	Açık					
Açık	Açık	Açık	Kapalı					
Açık	Açık	Kapalı	Açık					
Açık	Açık	Kapalı	Kapalı					
Açık	Kapalı	Açık	Açık					
Açık	Kapalı	Açık	Kapalı					
Açık	Kapalı	Kapalı	Açık					
Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı					
Kapalı	Açık	Açık	Açık					
Kapalı	Açık	Açık	Kapalı					
Kapalı	Açık	Kapalı	Açık					
Kapalı	Açık	Kapalı	Kapalı					
Kapalı	Kapalı	Açık	Açık					
Kapalı	Kapalı	Açık	Kapalı					
Kapalı	Kapalı	Kapalı	Açık					
Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı					

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

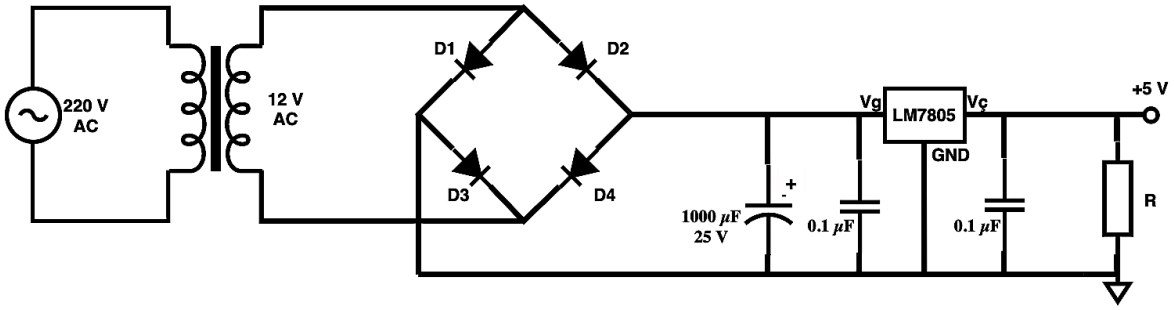
Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Anahtarların durumuna göre devrenin yorumlanması	20	
Öğretmenin	4	Kısa devre ve açık devre kavramlarının devre üzerinde açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 7.2. GİRİŞ VE ÇIKIŞ SİNYALLERİNİN TESTİ

AMAÇ

Devredeki giriş ve çıkış sinyallerini ölçmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 7.21: Güç kaynağı devresi

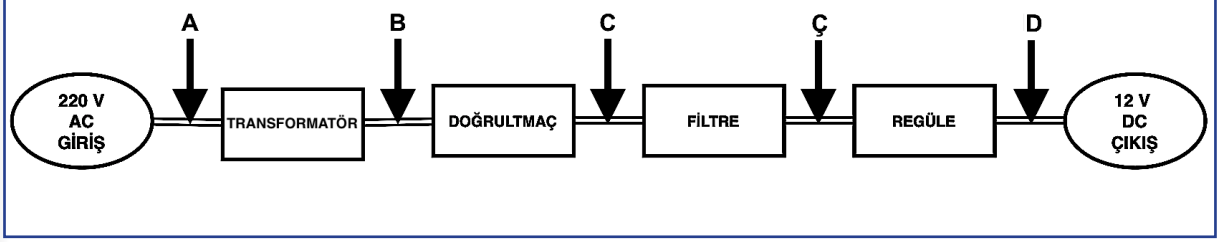
B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, Breadboard		Birer adet
Osiloskop, Güç kaynağı		Birer adet
Transformatör		1 adet
Regülatör	LM7805	1 adet
Diyot	1N4001	4 adet
Kondansatör	1000 µF 25 V kutuplu	1 adet
Kondansatör	0,1 µF kutupsuz	2 adet
Direnç	1 kΩ	1 adet
Jumper kablo	M-M, 100mm	Yeteri kadar

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile elemanların sağlamlığını kontrol ediniz.
4. Görsel 7.21'deki devreyi breadboard üzerine kurunuz.
5. Her bir bölge için görüntülediğiniz sinyalleri Tablo 7.4'e çiziniz.
6. Gördüğünüz sinyallere göre yorumunuzu sonuç kısmına yazınız.
7. Görsel 7.22'de gösterilen yerlerin sinyal görüntülerini osiloskop yardımı ile görüntüleyiniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler



Görsel 7.22: Güç kaynağı blok şeması

Tablo 7.4: Osiloskoptaki Sinyal Görüntüleri

A	B	C	Ç	D

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Osiloskop ile ölçüm alınması	20	
Öğretmenin	4	Her bir bölgenin görevinin bilinmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

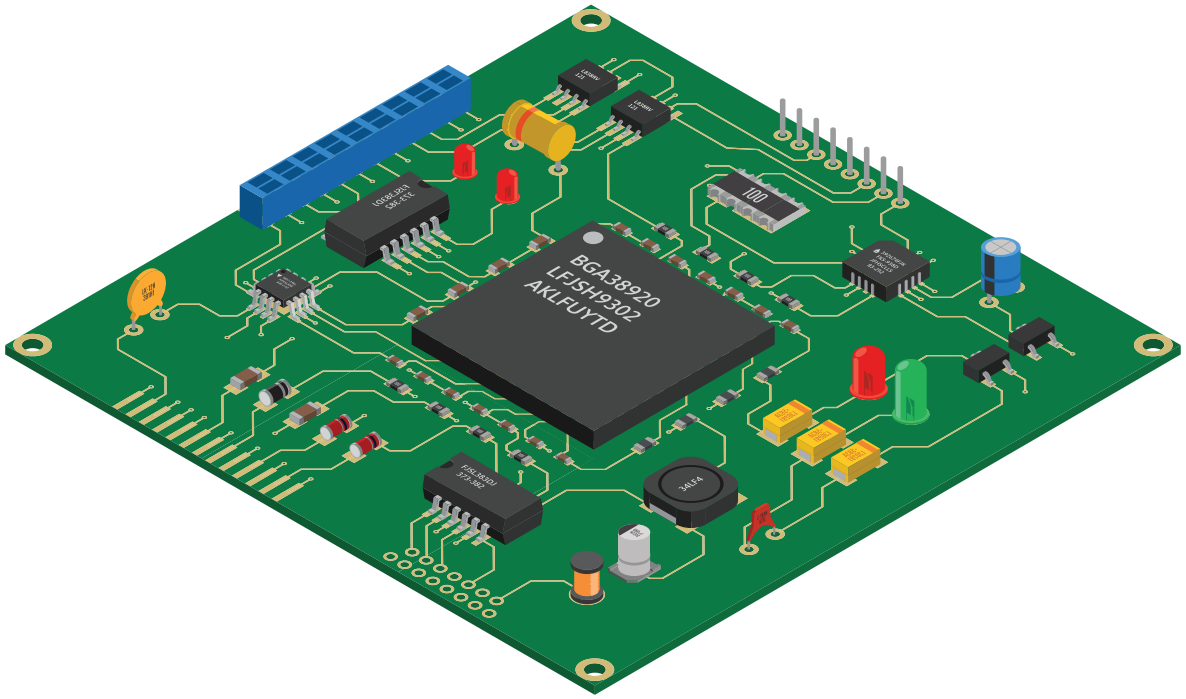
UYGULAMA 7.3.

ELEKTRONİK KART ÜZERİNDE ARIZA ANALİZİ

AMAÇ

Elektronik kart üzerinde arıza analizi yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 7.23: Elektronik kart

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre, LCR metre		Birer adet
Elektronik kart		1 adet
Güç kaynağı	10 Ω 12 V DC	1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Görsel 7.23'teki gibi bir elektronik kartı fiziksel olarak kontrol ediniz.
4. Kartın üzerindeki malzemeleri tanımlayınız.
5. Kart üzerinde tanımlayabildiğiniz malzemelerin adını ve özelliklerini Tablo 7.5'e yazınız.
6. Kart üzerindeki elemanların sağlamlığını enerji vermeden AVOmetre ya da LCR metre ile kontrol ediniz.

8. Gözlemlerinizi Tablo 7.5'e yazınız.
9. Kart üzerindeki elemanların sağlamlığını enerji vererek AVOmetre ya da LCR metre ile kontrol ediniz.
10. Gözlemlerinizi Tablo 7.5'e yazınız.
11. Sonuç kısmına, uygulamada yaptığınız aşamalar hakkında kısaca bilgi veriniz.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Tablo 7.5: Elektronik Kart Arıza Analizi

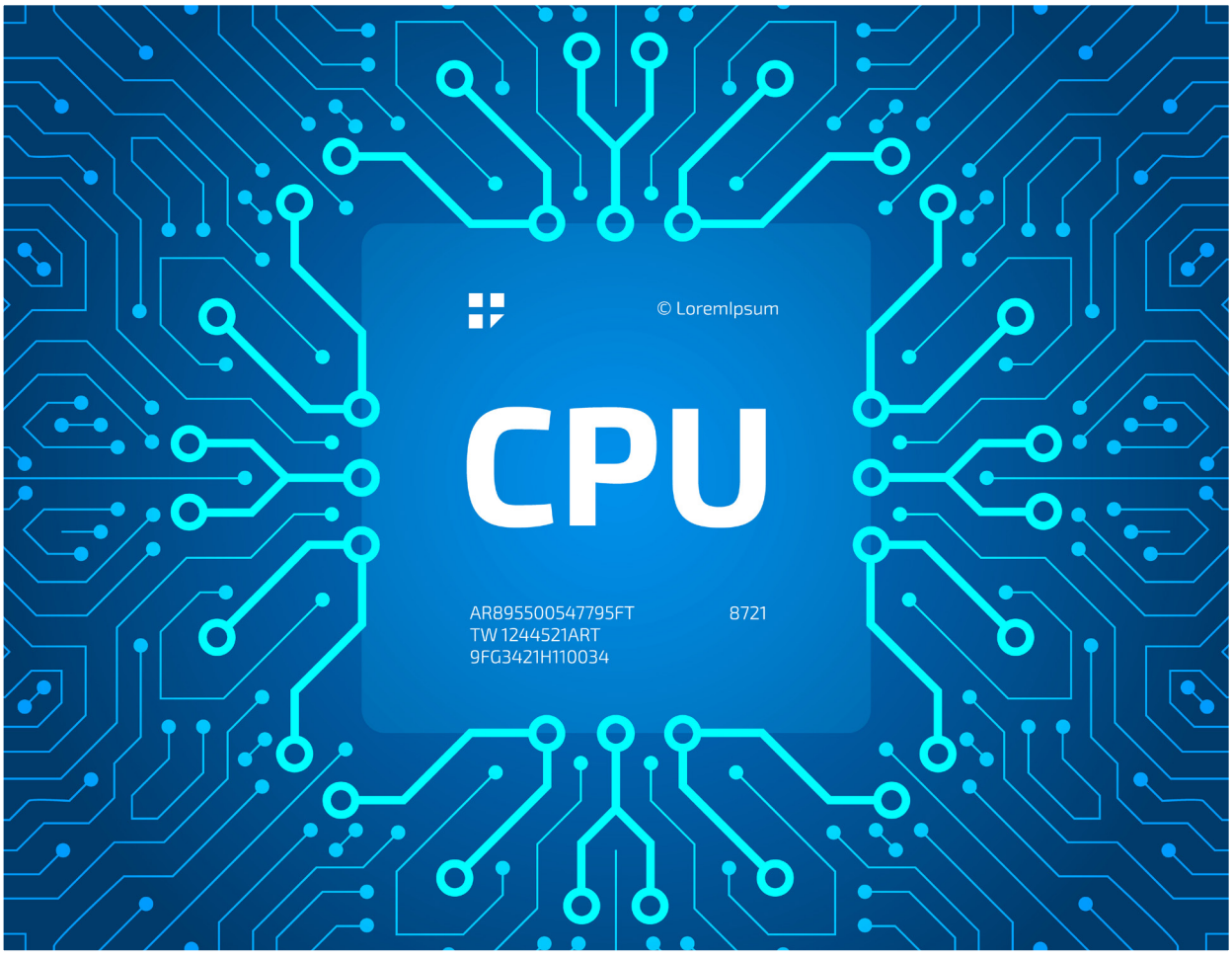
Malzemenin Adı	Malzemenin Özelliği	Enerji Yokken	Enerji Varken

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Arıza analizinin yapılabilmesi	20	
Sınıfı :	3	Elemanların tanınabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Sağlamlık kontrolünün yapılabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

8

MİKROİŞLEMCİ VE MİKRODENETLEYİCİ PROGRAMLAMA



Bu öğrenme biriminde;

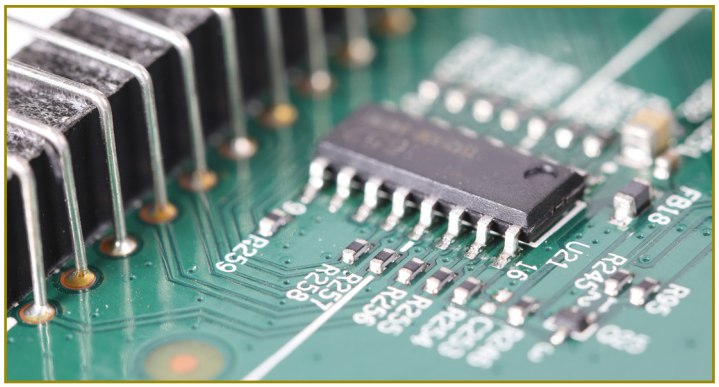
- Mikrodenetleyici programını ve mikrodenetleyici programının temel yazılım bilgilerini
- Mikrodenetleyicide kullanılan genel komutları
- Mikrodenetleyici program menülerini
- Mikrodenetleyici uygulamaları yapmayı öğreneceksiniz.

AMAÇ

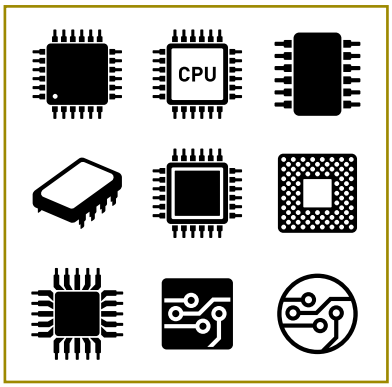
Tekniğine, iş sağlığı ve güvenliği kurallarına uygun olarak mikroişlemcilerin ve mikrokontrolcülerin mimari yapısının analizini yapmak ve mikrodenetleyici ile sistem tasarlayarak sistemi kullanıma hazır hâle getirmek.

GİRİŞ

Biyomedikal cihazlarda, tıpkı insan beyninde olduğu gibi işlemleri gerçekleştirmek için komut veren yapılara ihtiyaç vardır. Bu yapılar sayesinde istenilen iş ve işlemler yapılabilir. CPU (Merkezi İşlem Birimi) (Görsel 8.2) denen bu yapılar, merkezi işlem birimi olarak görev yapar. Merkezi işlem birimi, ön bellek ve giriş/çıkış birimleri bulunan devrelere **mikroişlemci** denir. İnsanı kontrol eden beyin gibi mikroişlemciler de bilgisayarı kontrol eder.



Görsel 8.1: Mikrodenetleyici

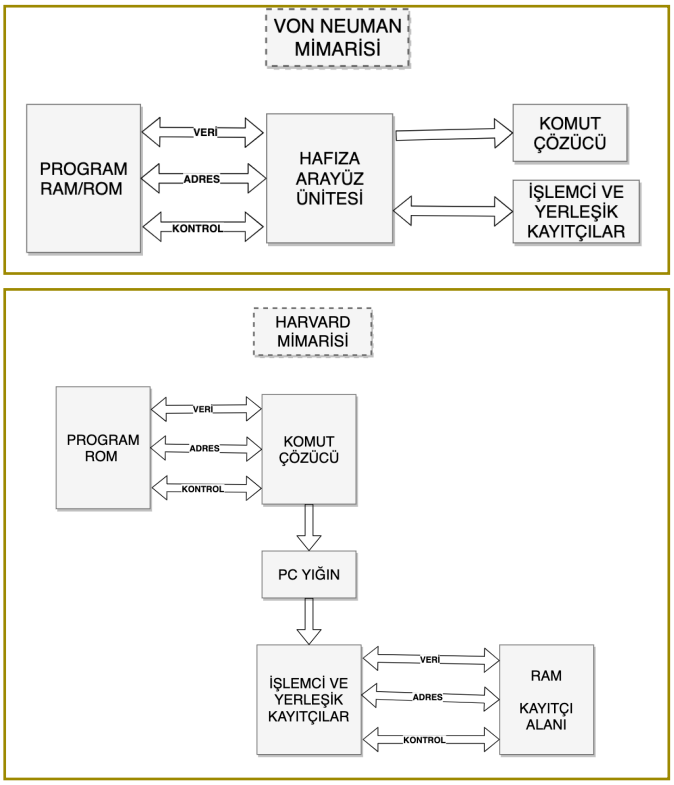


Görsel 8.2: CPU

Dışardan gelen veriyi hafızasına alan, derleyen, yapısında mikroişlemcileri barındıran ve çıktı elde edebilen yapılara **mikrodenetleyici** (Görsel 8.1) denir. Mikrodenetleyiciyi kullanabilmek için mikrodenetleyici programını ve mikrodenetleyicinin temel yazılım bilgilerini, kullanılan genel komutları ve program menülerini bilmek gerekir.

8.1. Mikrodenetleyici Programı ve Temel Yazılım Bilgileri

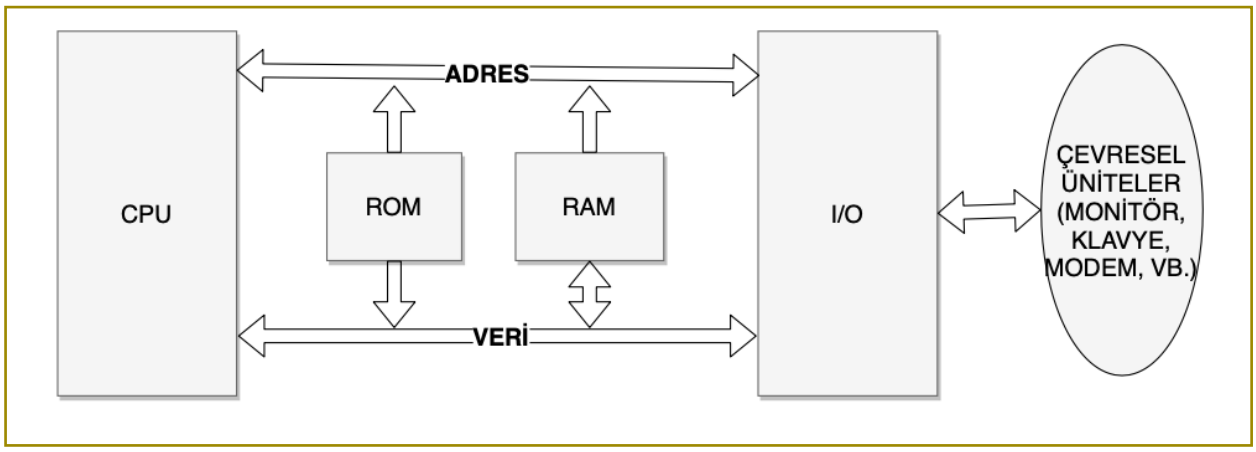
Mikrodenetleyiciler, mimarilerine göre Von Neuman (Van Numın) ve Harvard (Härvırd) olmak üzere iki çeşittir (Görsel 8.3). Harvard mimarisi, Von Neuman mimarisine göre verilere ve komutlara farklı yollardan ulaştığı için daha hızlıdır ve daha çok tercih edilir.



Görsel 8.3: Von Neuman ve Harvard mimarisi blok şeması

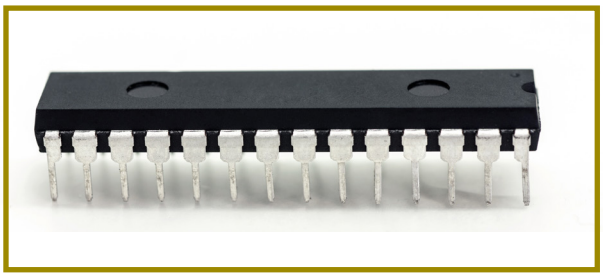
Mikrodenetleyicinin yapısında (Görsel 8.4);

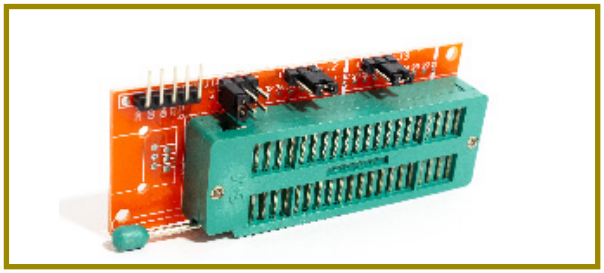
- CPU (Merkezi İşlem Birimi)
- RAM (Rastgele Erişimli Bellek): Geçici olarak verilerin depolandığı hafıza birimidir.
- ROM (Salt Okunur Bellek): Değiştirilemeyen verilerin olduğu sadece okunabilen hafıza birimidir.
- I/O Portları (Giriş/Çıkış)
- Seri ve Paralel Portlar
- Sayıcılar
- ADC (Analogtan Dijitale Çevirici)
- DAC (Dijitalden Analoğa Çevirici) bulunur.

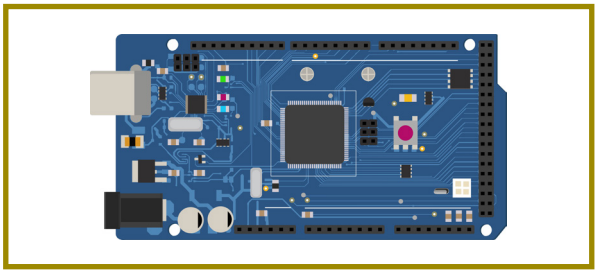


Görsel 8.4: Mikrodenetleyici blok şeması

Mikrodenetleyiciler (Görsel 8.5) programlanırken Görsel 8.6'daki gibi kitler kullanılır. Mikrodenetleyici olarak programlanması kolay olduğu için arduino (arduino) (Görsel 8.7) daha çok kullanılmaktadır.

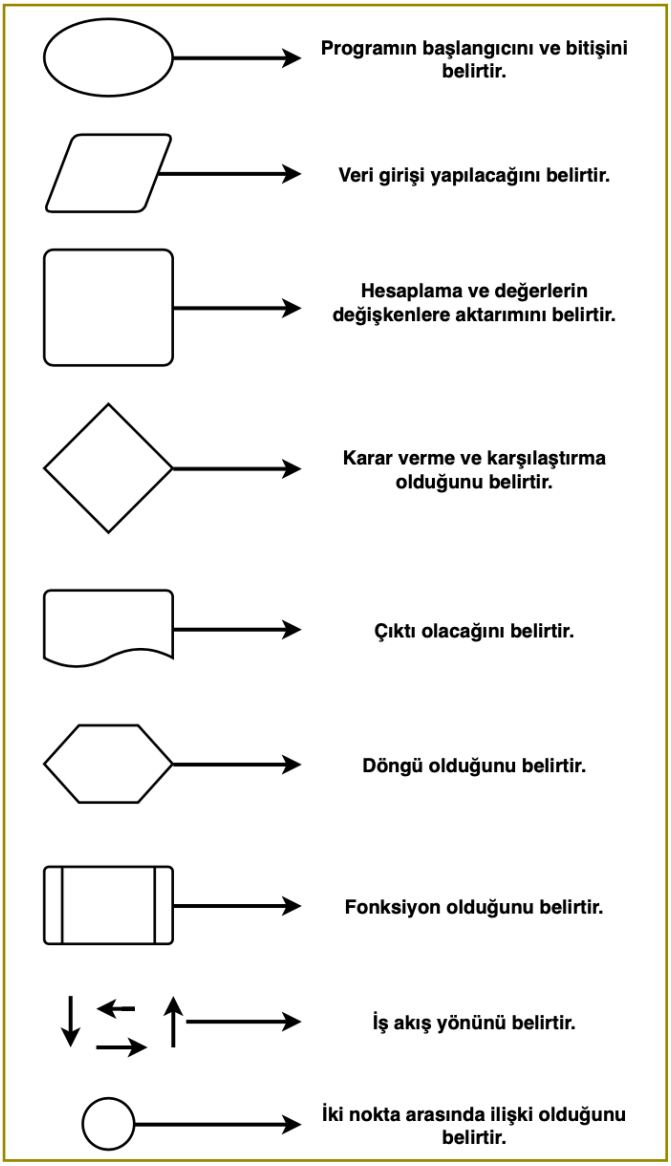

Görsel 8.5: PIC (programlanabilir arayüz denetleyicisi)


Görsel 8.6: 40 pinli PIC programlama kiti


Görsel 8.7: Arduino

8.1.1. Algoritma

Herhangi bir problemi çözmek için adım adım takip edilebilen, sonlu sayıda adımdan oluşan çözüm yoluna **algoritma** denir. Sözel olarak ifade edildiği için herkes tarafından anlaşılabilir. Oluşturulan algoritma, sembollerle ifade edilebilir.



Görsel 8.8: Akış diyagramları

Kullanılan sembollere **akış diyagramları** (Görsel 8.8) denir.

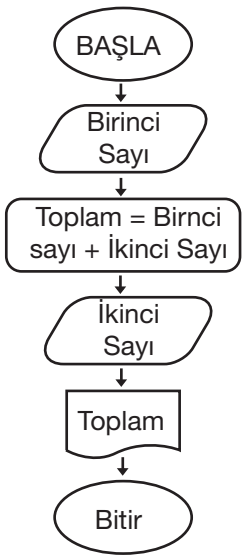
Algoritması oluşturulan problemin kod yapısı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmasına **program** denir. Algoritma, programlama dillerine göre evrensel olduğundan hepsi için kullanılabilir.

Algoritmada olması gereken temel özellikler vardır. Bunlar:

- Başlangıç
- Kesinlik
- Anlaşılırlık
- Sıralı olma
- Sonlu olma

Algoritma yazmadan önce problemin ne olduğu tanımlanmalıdır. Problemlere göre girdiler ve çıktılar belirlenmelidir. Belirlenen girdi ve çıktılara göre çözüm yolları geliştirilmeye çalışmalıdır. Çözüm yolları denenmeli ve çözüm yollarının çalıştığından emin olduktan sonra kod olarak yazılmalıdır.

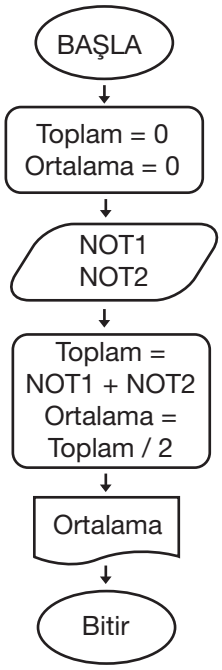
Örnek: İki sayının toplamını bulan ve yazdıran algoritmayı tasarlayınız ve akış diyagramını oluşturunuz.



Girdiler
Birinci sayı
İkinci sayı
Çıktılar
Toplam

1. Başla
2. "Birinci sayı"yı gir
3. "İkinci sayı"yı gir
4. Toplam = Birinci sayı + İkinci sayı
5. "Toplam"ı göster
6. Bitir

Örnek: Öğrenci, bir dersten toplam iki sınava girmektedir. Not ortalamasını gösteren ve çıktı alan algoritmayı tasarlayınız ve akış diyagramını oluşturunuz.



Girdiler
NOT1
NOT2
Çıktılar
TOPLAM
ORTALAMA

1. Başla
2. TOPLAM = 0
3. ORTALAMA = 0
4. “NOT1” ve “NOT2”yi gir.
5. TOPLAM = NOT1 + NOT2
6. ORTALAMA = TOPLAM / 2
7. “ORTALAMA”yı ekrana yazdır
8. Bitir

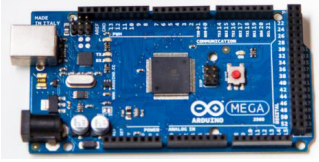
8.1.2. Arduino

Arduino; üzerinde osilatör, regülatör, reset, USB programlama portu ve giriş/çıkış birimleri bulunan bir mikrodenetleyici kartıdır. Arduino kartlarının donanımında, bir adet Atmel AVR mikrodenetleyici (ATmega328, ATmega2560 gibi) ve programlama ile diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlar bulunur. Her Arduino kartında bir 5 voltluk regüle ünitesi ve bir 16 MHz osilatör vardır. Arduino kartlarında programlama için harici bir programlayıcıya ihtiyaç duyulmaz. Çünkü karttaki mikrodenetleyiciye önceden bir bootloader (boot:low:duh) programı yüklenmiştir. Bootloader, herhangi bir işletim sistemi çalışmadan önce çalışan bir kod parçasıdır.

Arduino kütüphaneleri ile kolaylıkla programlama yapılabilir. Analog ve digital sinyalleri işleyebilir. Algılayıcılardan gelen sinyaller kullanılarak çevre birimleri ile etkileşim içerisinde olan robotlar ve sistemler tasarlanabilir. Tasarlanan projeye özgü olarak dış dünyaya hareket, ses, ışık gibi tepkiler oluşturulabilir. Arduinonun farklı ihtiyaçlara çözüm üretebilmek için tasarlanmış modülleri ve eklentileri de vardır.

Temelde bütün kartlar benzer bileşenlere sahip olsa da mikrodenetleyici modelleri, I/O pinleri ve dâhili modüllerin sayısı, boyut ve çalışma gerilimleri gibi farklılıklar bulunmaktadır. Arduino temelde üç çeşittir (Tablo 8.1).

Tablo 8.1: Arduino Çeşitleri

Arduino UNO	
Arduino NANO	
Arduino MEGA	

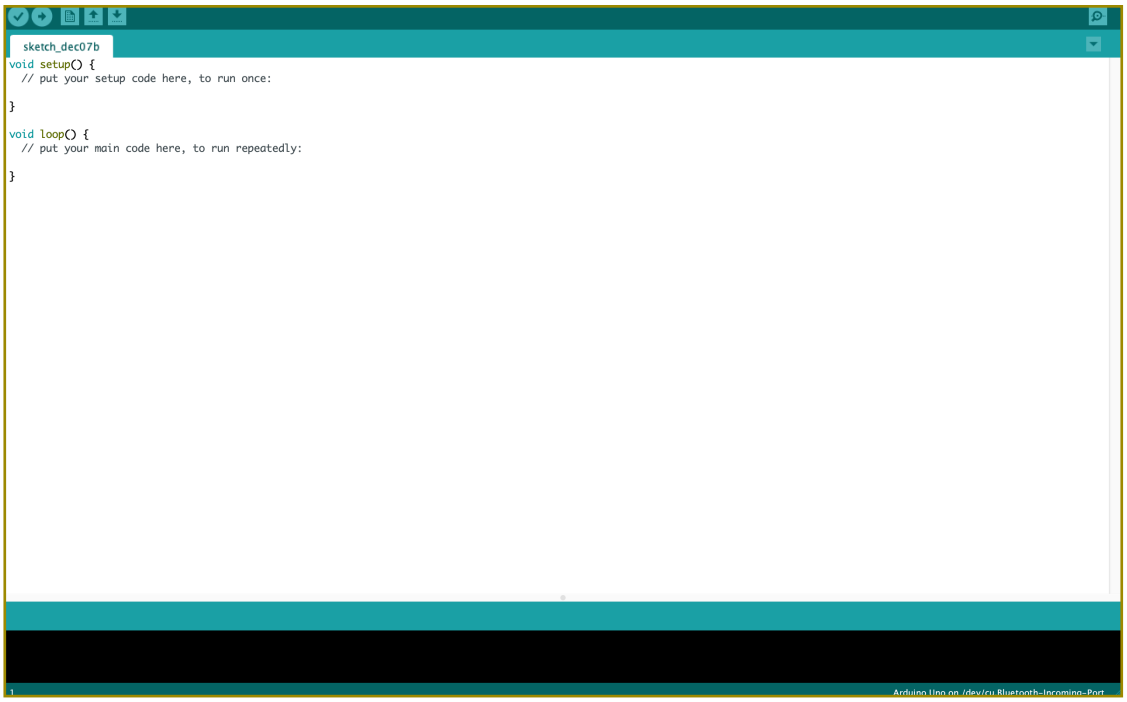
8.1.3. Arduino Programlama Türleri ve Geliştirme Ortamları

Arduinonun programlanması, temel olarak iki ana başlıkta incelenebilir. Başlangıç seviyesindeki programlamalar için kod tabanlı yazılım olmadan, blok tabanlı algoritma geliştirme ortamlarından, arduino programlamaya uyumlu olan araçlar kullanılabilir. İleri seviye programlamalar için kod tabanlı yazılım tercih edilir.

İleri seviye programlar için blok tabanlı yazılımlarda problem oluşabilmektedir. Blok tabanlı arduino programlama araçlarının, tamamında bulunmamakla birlikte, dikkat edilmesi gereken bir diğer noktası da arduino üzerine yazılan program kodlarının kalıcılığıdır. Yazılan kodlar, bilgisayar ve arduino iletişimi kesildiğinde birçok blok tabanlı geliştirme ortamında çalışmaya devam etmemektedir. Arduino üzerine programlama yapılabilecek birkaç blok tabanlı geliştirme ortamı vardır.

Arduino IDE

Programın kodlarının yazıldığı yerdir (Görsel 8.9). Programın başlangıç ayarları için setup () fonksiyonu kullanılır. Sadece bir defa çalışır. Değişkenler, pin modları, seri iletişim ve kütüphaneler içindir. Bir defadan fazla çalışacak kodlar için loop () fonksiyonu kullanılır. Loop döngü anlamındadır. Çalıştırılacak program, bu fonksiyon içine yazılır.



Görsel 8.9: Arduino IDE sayfa görünümü

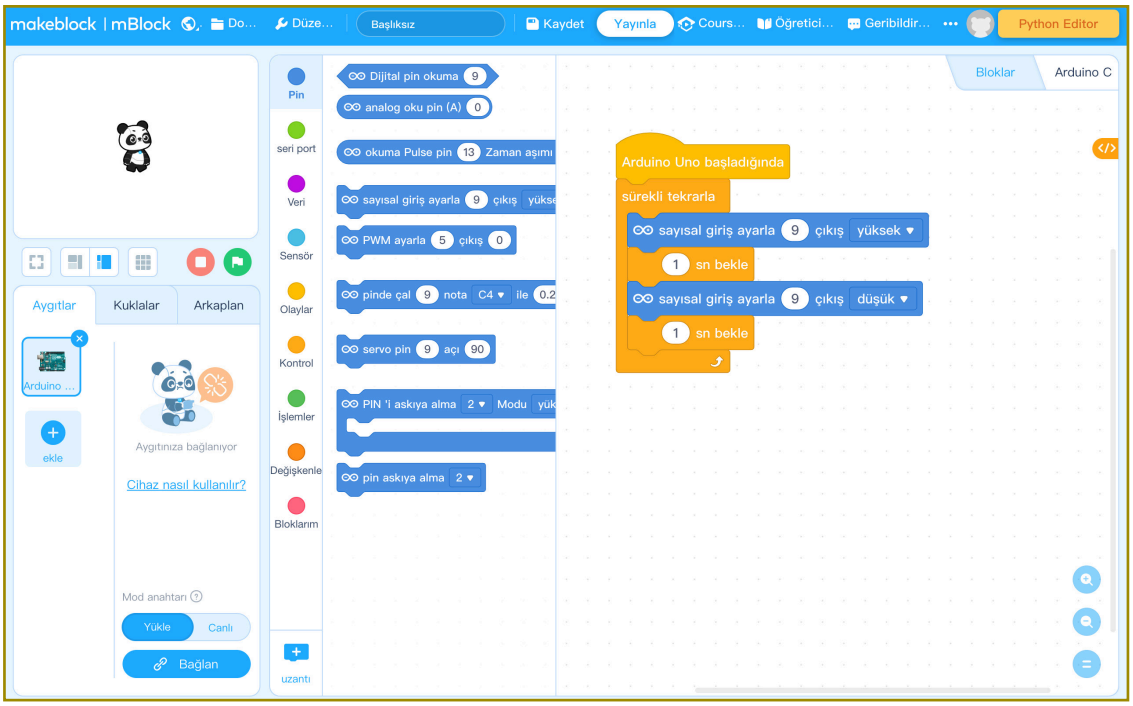
Kod yazılırken belli bir dil yapısı kullanılır. Genelde C dili tercih edilir. Kodlar yazılırken dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- Program yazımı belli bir kalıpta olmalıdır.
- Program, bloklar hâlinde olmalıdır.
- Program, blokların başlangıcını ve bitişini belirten parantezlerden ({}) oluşmalıdır.

- Komutlar noktalı virgül (;) ile bitmelidir.
- Bazı komutlardan (#define, if gibi) sonra noktalı virgül kullanılmaz.
- Programda kullanılan tüm değişkenler ve bilgi tipleri tanımlanmalıdır.
- Programın başında gerekli kütüphaneler çağrılmalıdır.
- Açıklama satırı oluşturulacaksa "//" veya "/* */" kullanılmalıdır.
- #define ile eş değer ifade atanır.
- #include ile kütüphane çağırılır.

mBlock (mBlok)

Lisans gerektirmeyen kullanıma açık grafik tabanlı bir programlama diline **mBlock** denir. Kullanım kolaylığı ve kodlama uyumluluğu sayesinde blok tabanlı arduino programlamada en uygun araç olma özelliğine sahiptir. Ayrıca, arduino uygulamalarına başlamadan önce oyun tabanlı temel kod yazma becerisi ve programlama mantığı kazandırmak amacıyla kullanılabilen blok tabanlı geliştirme ortamıdır (Görsel 8.10).



Görsel 8.10: mBlock sayfa görünümü

mBlok programı ile kod blokları bir araya getirilerek arduino kartları veya robotları programlanabilir. mBlock programı kullanılarak basit uygulamalar yazılabilir. Cep telefonlarında bluetooth uygulamalarında, nesne tabanlı programlama uygulamaları gibi ileri seviye uygulamalarda da kullanılmaktadır. Örneğin; aşı odasının sıcaklığını ölçüp internet ortamına gönderdikten sonra bir grafik elde edip grafiği değerlendirmede kullanılabilir.

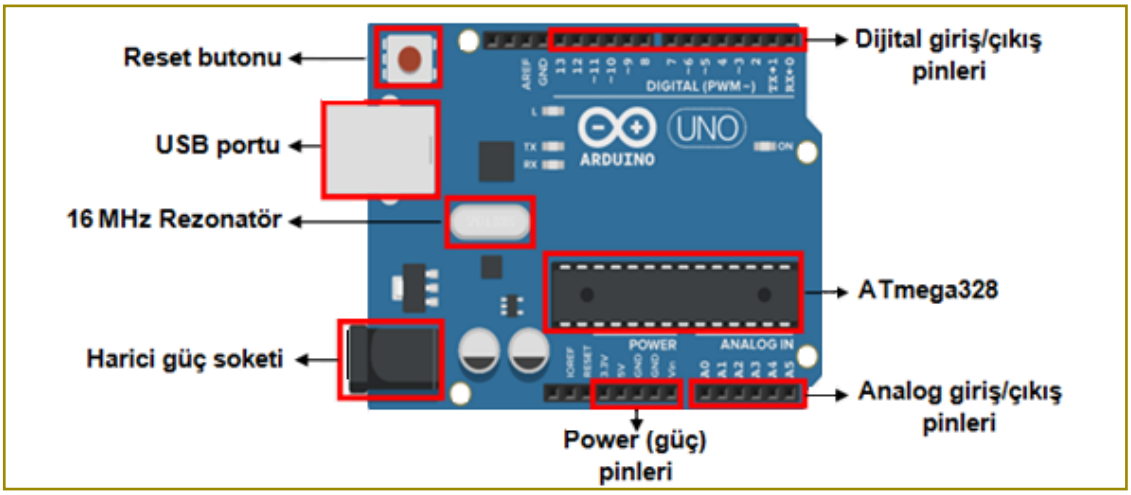
8.2. Mikrodenetleyicide Kullanılan Genel Komutlar

Mikrodenetleyici veya kodlama elemanlarının kullanıldığı uygulamalarda program yazabilmek ve fiziksel çıktı elde edebilmek için seçilen kodlama elemanının yapısını, özelliklerini, çalışma prensibini; bu kodlama elemanlarına yüklenecek olan yazılımın yazıldığı programın yapısını ve kullanılacak komutları bilmek önemlidir. Bu bölümde uygulamalar-

da kullanılan kodlama elemanının bağlantıları ve özellikleri, programlanırken kullanılan kod yapıları ve genel komutlar öğrenilecektir.

8.2.1. Mikrodenetleyici Bağlantıları ve Özellikleri

Mikrodenetleyici uygulamalarını gerçekleştirirken Arduino UNO kartı kullanılacaktır. Bu nedenle Arduino UNO kartının teknik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekir (Görsel 8.11).



Görsel 8.11: Arduino UNO kartının yapısı

Arduino UNO kartının teknik özellikleri şunlardır:

- 14 adet dijital giriş/çıkış pinleri bulunur. Bunlar "0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13" no.lu pinlerdir. Bu pinlerin 6 tanesi (3, 5, 6, 9, 10 ve 11) PWM(~) yani darbe genişlikli modülasyon pinleridir. PWM ile bir motorun hızının kontrolü, LED parlaklığının ayarlanması ve gerilime karşı duyarlı elemanların kontrolü yapılabilmektedir. 0 ve 1 no.lu pinler seri haberleşmede kullanılmaktadır (Tx-Rx).
- Kartta "A0, A1, A2, A3, A4 ve A5" olmak üzere 6 adet analog giriş/çıkış pinleri yer alır.
- Mikrodenetleyicinin osilatör frekansını sağlayan 16 MHz hızında seramik kristal rezonatörü bulunur.
- Arduino UNO kartında bir USB bağlantısı ve bir güç girişi yer alır. USB kablosu ile arduino bilgisayara bağlanır. Bilgisayar yardımıyla ya da DC adaptör veya pil ile karta enerji verilir. Böylece program yazmaya ve karta yükleme işlemlerine başlanır.
- DC (doğru akım) adaptör kullanımı için kart üzerinde DC gerilim haricî güç soketi vardır.
- Kart üzerinde 8 bitlik ATmega328 mikrodenetleyicisi yer alır.
- Karta 6 ile 20 volt arasında besleme enerjisi verilebilir. Fakat pratikte daha çok 7 ile 12 volt arası gerilimler uygulanır.
- Arduino UNO kartının çalışma gerilimi +5 volt değerindedir.
- Karta uygulanan gerilimin sorun oluşturmaması için kart üzerinde voltaj düzenleyici regülatör bulunur (Regülatör, uygulanan gerilimi +5 volta ayarlar.). Ayrıca, gerilimi 3,3 volta ayarlayan regülatör de mevcuttur.
- Mikrodenetleyiciye yüklenen programı yeniden başlatmak için kart üzerinde reset butonu yer almaktadır.

» Dijital pinlerin yanında analog referans pini olan AREF bulunur.
» Kart üzerinde haberleşmede kullanılan haricî mikrodenetleyiciyi programlamak için ICS port pinleri de yer almaktadır.
» Kartta "ON" yazan güç LED'i bulunur. "ON" LED'i, karta enerji gelince ortama ışık yayar.
» Tx [transmitter (verici)] ve Rx [reciever (alıcı)] haberleşme LED'leri de yer alır. Bu LED'ler, programlama ve haberleşme sırasında yanıp söner.
» Power pinleri ile uygulamaya enerji verilir. Power pinlerinden "GND" şaseyi yani 0 voltu, "VIN" ise giriş gerilimini ifade etmektedir.
» Kartta, +5 volt ve +3,3 volt çıkış pinleri de yer almaktadır.
» Kutu içerisinde bulunan uygulama devresinin dışarıdan yeniden başlatma işlemini gerçekleştirmek için kart üzerindeki reset pini ve GND pini kullanılır.

8.2.2. Mikrodenetleyicide Kullanılan Genel Komutlar

Yazılım dünyasında kodlar, çeşitli programlama dilleri kullanılarak yazılır. Mevcut programlama dillerinin temelini "C Programlama Dili" oluşturmaktadır. Programın yazıldığı programlama dili ne kadar farklı olursa olsun tüm programlama dillerinde ortak kullanılan kod yapıları vardır. Bu yapılar; değişken, operatör, koşul ifadesi ve döngü gibi kod yapıları olup tüm programlama dillerinde aynı amaç için benzer komutlar ile kullanılır.

Mikrodenetleyicinin kodlanmasında kullanılan tanımlama ifadeleri, değişken türleri, operatör türleri, karar kontrol (koşul) ifadeleri ve döngü ifadeleri bu bölümde yer almaktadır.

a. Tanımlama İfadeleri

Tanımlama işlemi; program yazımı sırasında sürekli olarak kullanılan ve değişmeyen değerleri sabitlemek, programın başında pin ayarlarını gerçekleştirmek için kullanılır. Tanımlama yapılırken kullanılan komut "#define" komutudur. Komut satırını sonlandırmak için kullanılan noktalı virgül işareti (;) "#define" komutundan sonra kullanılmaz. #define komutu ile dijital bir çıkış numarasına isim verilebilir. Böylece her seferinde çıkış numarasını hatırlamak gerekmez. Örneğin; "#define LED 8" şeklinde yazılan komut, 8 sayısı ile LED ifadesini eşleştirir. Derleyici, LED yazılan bütün ifadeleri 8 sayısı olarak algılar. Ayrıca program boyunca değişmeyen sabit sayılar için de tanımlama yapılabilir. Sabit sayı tanımlamalarında "const" komutu kullanılmaktadır. "define" komutundan farklı olarak "const" komutunun sonunda "; (noktalı virgül)" kullanılmaktadır. Örneğin; "const float pi=3,14;" kodu, pi değerinin 3,14 değerine eşit olduğunu ve sabit sayı olduğunu ifade eder.

b. Operatörler

Programlamada kullanılan matematiksel ve mantıksal işlemleri belirten sembollere, bilgisayar dilinde **operatör** adı verilir. Mikrodenetleyiciler ile program yazılırken çeşitli operatörler kullanılmaktadır. Bu operatörler; atama operatörü, matematiksel işlem operatörleri, mantıksal işlem operatörleri ve karşılaştırma operatörleridir.

1) Atama Operatörü

Bir değişkene değer atamak için kullanılan operatördür. Programcılıkta "=" işareti matematikteki "eşittir" işlemini değil "atama" işlemini ifade eder. Atama işleminde atama operatörü olan "=" işaretinin sağındaki işlemler gerçekleştirildikten sonra elde edilen sonuç, operatörün solundaki değişkene atanır. Örneğin; "x=3;" yazıldığında "x" değişkenine "3" değeri atanır. "x=3;" yazılan komut satırının alt komut satırına "x=2" yazılırsa "x" değişkenine "2" değeri atanır. Böylece "x" değişkeninin yeni değeri "2" olur.

2) Matematiksel İşlem Operatörleri

Bilgisayarda en çok kullanılan toplama, çıkarma, çarpma ve bölme gibi matematiksel işlemleri ifade eden operatörlerdir. Matematiksel işlemlerin bilgisayar programlarındaki karşılıkları Tablo 8.2'de yer almaktadır.

Tablo 8.2: Matematiksel İşlem Operatörleri

Matematiksel İşlem	Matematikteki Karşılığı	Kodlama Karşılığı
Toplama	a+b	a+b
Çıkarma	a-b	a–b
Çarpma	axb	a*b
Bölme	a÷b	a/b
Üs alma	a^b	a^b
Mod (kalan bulma)	mod (a,b)	a%b
n. dereceden kök alma	$\sqrt[b]{a}$	a^(1/b)

Matematiksel işlemler gerçekleştirilirken işlem öncelik sıraları önemlidir. Matematiksel işlemler, programa aktarılırken de işlem önceliklerine dikkat edilmesi gerekir (Tablo 8.3). İşlem sıralamasında yapılan hata, derleyici tarafından fark edilemeyeceği için sonucun yanlış çıkmasına neden olur.

Tablo 8.3: Matematiksel İşlemlerde İşlem Önceliği

Öncelik Sırası	İşlem	Kodlama Karşılığı
1	Parantezler	((……))
2	Üs alma, kök alma	a^b, a^(1/b)
3	Çarpma, bölme, mod	a*b, a/b, a%b
4	Toplama ve çıkarma	a+b ve a–b

Aynı önceliğe sahip işlemler, soldan sağa doğru yapılır. Örneğin; "a+b–c+2xaxbxc–7" şeklinde olan matematiksel ifadenin programlamada (kodlama) karşılığı, "a+b–c+2*a*b*c-7" şeklindedir.

3) Mantıksal İşlem Operatörleri

Bu operatörler, hem karşılaştırma işlemlerinde hem de matematiksel işlemlerde kullanılır. Mantıksal işlemler; "VE", "VEYA" ve "DEĞİL" işlemleridir. "VE" işleminde bütün koşullar doğru ise sonuç doğrudur. "VEYA" işleminde koşullardan en az biri doğru ise sonuç doğrudur. Eğer işlem sonucu doğru ise "DEĞİL" işlemi uygulandığında çıkış yanlış olmaktadır. Yani koşulun sağlanmaması istenildiği durumda "DEĞİL" operatörü kullanılır. Mantıksal işlemlerde de matematiksel işlemlerde olduğu gibi işlem öncelik sıraları bulunmaktadır (Tablo 8.4).

Tablo 8.4: Mantıksal İşlemlerin Komut Karşılıkları

Öncelik Sırası	Mantıksal İşlemler	Komut Karşılığı
1	Parantez içindeki işlemler	(…..)
2	DEĞİL (NOT)	!
3	VE (AND)	&&
4	VEYA (OR)	II

Tablo 8.5: Karşılaştırma İşlem Operatörleri ve Anlamları

Karşılaştırma İşlem Operatörleri	Anlamı
==	Eşittir
=!	Eşit değildir
>	Büyüktür
<	Küçüktür
>=	Büyük eşittir
<=	Küçük eşittir

4) Karşılaştırma Operatörleri

İki değerin birbirine göre büyüklük, küçüklük veya eşitlik durumlarını belirten operatörlerdir. Bilgisayar dilinde kullanılan karşılaştırma operatörleri ve anlamları Tablo 8.5'te yer almaktadır.

c. Değişkenler ve Veri Tipleri

Programlamada, bir değeri veya karakteri kullanabilmek için hafızada alan oluşturmak gerekir. Bu değerleri veya verileri hafızada tutmak için kullanılan yapılara, nesnelere **değişkenler** adı verilir. Değişkenler; sabit değişkenler, dinamik değişkenler ve statik değişkenler olmak üzere üç gruba ayrılır.

1. Sabit Değişkenler: Program çalışırken değişkenin değeri değiştirilemez. Değişkene atanan ilk değer, program boyunca değişmeden kalır. "const" komutu ve "#define" komutu ile tanımlanan değişkenlerdir.
2. Dinamik Değişkenler: Anlık değişkenler olarak da tanımlanır. Örneğin; x sayısına program başında 5 değeri verilirken program ortasında 3 değeri verilebilir. Bu durumda, x sayısının yeni değeri 3 olur. Yani x sayısı, bir dinamik değişkendir.
3. Statik Değişkenler: Bir sınıf içerisinde tanımlanan değişken türüdür. Sınıf değişkeni için bellekte bir tek yer ayrılır. Sınıfa ait, farklı nesnelerde kopyaları olamaz. Farklı iki sınıfta, aynı adda sınıf değişkenleri olabilir. Bu durumda, her sınıfın kendisine ait sınıf değişkeni için bir yer açılacaktır.

Bir değişken tanımlanırken dikkat edilecek hususlar şunlardır:

» Değişkenler tanımlanırken "veri_tipi değişken_adı = değişkene_atanacak_değer" ifadesi kalıp olarak kullanılır.
» Değişken isimleri tanımlanırken "ç, ğ, ı, ö, ş, ü" gibi Türkçe karakterler kullanılmaz.
» Değişken isimlerinde boşluk kullanılmaz. Boşluk yerine alt çizgi kullanılması daha doğrudur. Örneğin; okul adı olarak tanımlanacak değişkenin doğru yazılışı okul_adi şeklindedir.
» Genellikle küçük harfler kullanılarak değişken ismi verilir. Büyük ve küçük harflere karşı programlar duyarlıdır. Değişken isimlerinde tek bir harfin yazımı dahi farklı olursa program bu değişkeni farklı bir değişken olarak algılar.
» Program içerisinde tanımlı olan "if", "for", "while", "new" gibi sözcükler değişken ismi olarak tanımlamada kullanılmaz.
» İki kelimeden oluşan değişken isimlerinde alt çizgi kullanılmıyor ise genellikle ikinci kelimenin ilk harfi büyük yazılır (sinavNotu gibi). Bu yazım türünün farklı uygulamaları da mevcuttur.
» Metin değişkenleri tanımlanırken değişkenin değeri çift tırnak işareti içerisine yazılarak tanımlama yapılır.
» Ondalıklı sayı değişkeni tanımlanırken değişkenin değeri olan ondalıklı sayının yazımında günlük hayatta kullanılan virgül (,) yerine nokta (.) işareti kullanılır.

Değişkenler; tamsayı, ondalıklı sayı, karakter ve metin değişken türleri kullanılarak tanımlanabilir. Program yazarken tanımlanan değişkenlerde, veri tipine ve boyutuna göre çeşitli komutlar kullanılmaktadır. Değişken tanımlamada temel olarak kullanılan veri tipleri, boyutları ve değişken türleri ile ilgili bilgiler Tablo 8.6'da yer almaktadır.

Tablo 8.6: Veri Tipleri ve Hafızada Tutabilecekleri Değişken Türleri

Değişken Türü	Veri Tipi	Veri Boyutu	Açıklama
-	boolean	1 bit	1 [true (doğru)] veya 0 [false (yanlış)] değerini alır.
Karakter Değişkeni	char	-	Tek bir karakterin saklanması için kullanılır. Tanımlanan karakterler, noktalama işaretleri veya harfler olabilir. 16 unicode (yunikod) karakterleri temsil eder.
Metin Değişkeni	string	-	Metinlerin tanımlanmasında kullanılır ve "char (karakter)" dizisinden oluşur.
Tamsayı Değişkeni	byte	8 bit	0-255 arası işaretsiz sayıları tanımlamada kullanılır. Hafıza alanı küçük olduğundan tercih edilmez.
	short	16 bit	Tam sayıların tanımlanmasında kullanılır. Hafıza alanı küçüktür. Bu nedenle tercih edilmez.
	int	32 bit	Negatif veya pozitif tam sayıların tanımlanmasında kullanılır. Hafıza alanı "short"a göre daha büyüktür. Genellikle bu veri tipi kullanılır.
	long	64 bit	Negatif veya pozitif tam sayıların tanımlanmasında kullanılır. Hafıza alanı "int"e göre daha büyüktür.
Ondalıklı Sayı Değişkeni	float	32 bit	Ondalıklı (kesirli) sayıların tanımlanmasında kullanılır.
	double	64 bit	Ondalıklı (kesirli) sayıların tanımlanmasında kullanılır. Hafıza alanı bakımından float komutundan daha fazla alana sahiptir. Büyük ondalıklı sayılar double ile tanımlanır.

Örnek: Değişken değeri “5” ve değişken adı “sayi” olan bir tamsayı değişkeni tanımlayınız.
Çözüm: int sayi=5;

Örnek: Değişken adı “enstruman” ve değeri “gitar” olan bir metin değişkeni tanımlayınız.
Çözüm: string enstruman=“gitar”;

Örnek: Değişken adı “pi” ve değişken değeri “3,14” olan bir ondalıklı sayı değişkeni tanımlayınız.
Çözüm: float pi=3.14;

ç. Karar Kontrol İfadeleri

Karar kontrol ifadeleri, bir koşula bağlı olarak koşulun gerçekleşmesi durumunda işlem gerçekleştiren ifadelerdir. Kod bloğundaki işlemlerin gerçekleşebilmesi için belirtilen koşulun oluşması gerekir. Bu tür kod ifadelerine karar kontrol veya koşul ifadeleri adı verilir. Karar kontrol ifadeleri genel olarak “if”, “if-else”, “if-else if-else” ve “swicth-case” yapılarından oluşmaktadır.

1. “if” Koşul İfadesi: Eğer anlamına gelen koşul ifadesidir. “if” komutunun koşul ifadesi sağlanırsa “if” komutunun işlem bloğundaki işlemler gerçekleştirilir. Koşul sağlanmazsa program “if” ifadesini atlar ve sıradaki komut satırını gerçekleştirerek normal akışına devam eder. “if” komutunun temel yapısı aşağıdaki gibidir.

```
if(koşul_ifadesi){
yapılacak_işlem;
}
```

Örnek: Tanımlanan x değişkeninin değeri 5’e eşit olduğunda, x sayısını 3 ile çarpıp y değişkenine atayan program yazınız.

Çözüm:

```
if(x==5)
{
y=x*3;
}
```

2. “if-else” Koşul İfadesi: Temel karar komutudur. “if” içerisinde verilen koşul sağlanırsa “if” bloğundaki işlemler yapılır. Sağlanmazsa “else” bloğundaki işlemler yapılır. “if-else” koşul ifadesinin temel yapısı aşağıdaki gibidir.

```
if(koşul_ifadesi){
yapılacak_işlem;
}
else{
yapılacak_işlem;
}
```

Örnek: x sayısının 3 sayısından büyük olması durumunda, x sayısını 7 ile çarpıp y değişkenine atayan ve x değerinin 3 sayısından büyük olmaması durumunda x sayısının karesini alıp z değişkenine atayan programı yazınız.

Çözüm:

```
if(x>3)
{
y=x*7;
}else{
z=x^2;
}
```

3. "if-else if-else" Koşul İfadesi: Birden fazla koşulun olduğu durumlarda kullanılan yapıdır. "if-else if-else" ifadesinin genel yapısı aşağıdaki gibidir.

```
if(koşul_1){
yapılacak_işlem;
}
else if(koşul_2)
{
yapılacak_işlem;
}
.
.
.
else {
yapılacak_işlem; }
```

4. "switch/case" Koşul İfadesi: Seçim yapılarak program akışının istenilen bloklara atlamasını sağlar. "switch"teki değişken "case" içerisindeki hangi koşulu sağlarsa o "case" yapısının işlem bloğunda yer alan işlemleri gerçekleştirir. "case"lerdeki hiçbir koşul sağlanamazsa "default" bölümündeki işlemler gerçekleştirilecektir. "switch/case ifadesinde her "case"den sonra mutlaka "break" yazılmalıdır ("break", bir döngüyü veya "switch" komutunu sonlandırmak için kullanılan komuttur.). Aksi takdirde program hata verir. "switch/case" koşul ifadesi genellikle birkaç koşuldan oluşan programların yazımı için uygundur.
"switch/case" koşul ifadesinin temel yapısı aşağıdaki gibidir.

```
switch(değişken) {
case koşul_1:
        yapılacak_işlem;
break;
case koşul_2:
        yapılacak_işlem;
break;
default:
        yapılacak işlem;
break;}
```

d. Döngü Yapıları

Bir koşula bağlı olarak bir veya birden fazla işlem satırını belirli sayıda ya da bir koşul sağlandığı sürece tekrarlayarak çalıştıran kalıplara **döngü** adı verilir. Programlama dillerinde genel olarak "for", "while", "do-while" ve "foreach" döngü yapıları kullanılmaktadır. Bu döngülerde genellikle aşağıdaki şu ifadeler yer alır:

i. Başlangıç_değeri: Döngü kontrol değişkenidir. Kontrol değişkenine başlangıç değerinin atanmasında kullanılır.

ii. Koşul: Döngünün ne kadar çalışacağını denetleyen komut dağarcığıdır. Başlangıç değeri ile verilen kontrol değişkeninin değeri, koşul ifadesiyle karşılaştırılır. Koşul sağlandığı sürece küme parantezi arasındaki kodlar çalıştırılır.

iii. Artış Miktarı: Döngünün her adımında, verilen değişken değeri ile başlangıç değerinin artma ya da azalma miktarını belirleyen değerdir. Başlangıç değeri hiç değiştirilmez ise sonsuz döngü oluşur.

iv. İşlem Bloğu: Döngü veya karar kontrol ifadelerinde belirlenen koşul gerçekleştiğinde yapılacak işlemlerin neler olduğunun yer aldığı kısımdır. Yapılacak işlemler her zaman süslü parantezler yani "{}" içerisine yazılır.

1. "for" Döngüsü: Temel döngü komutudur. "for" içinde belirtilen koşul doğru ise döngü içindeki işlemler gerçekleşir. Döngünün temel yapısı aşağıdaki gibidir.

```
for(başlangıç_değeri; koşul;artış_miktarı)
{
yapılacak_işlem;
}
```

Örnek: 1'den 10'a kadar olan sayıları toplayıp "toplam" değişkenine atayan programın kod ifadesini yazınız.

Çözüm:

```
int toplam=0;
for(int i=0; i<11; i=i+1)
{
toplam=toplam+i;
}
```

2. "while" Döngüsü: "while" içinde belirtilen koşul doğru ise döngü içindeki işlemler gerçekleştirilir. Döngünün temel yapısı aşağıdaki gibidir.

```
while(koşul_ifadesi)
{
yapılacak_işlem;
}
```



Örnek: "while" döngüsünü kullanarak 1'den 10'a kadar olan sayıları toplayıp "toplam" değişkenine atayan programın kod ifadesini yazınız.

Çözüm:
```
int toplam=0;
int i=1;
while(i<11)
{
toplam=toplam+i;
i=i+1;
}
```

3. "do-while" Döngüsü: "while" ile belirtilen koşul doğru ise döngü içindeki işlemler yapılır. "while" ve "for" döngüsünden farklı olarak "do-while" döngüsünde koşul sonda kontrol edilir. Bu nedenle koşul sağlanmasa bile "do{}" komutu içindeki işlemler bir kez gerçekleştirilir.

```
do {
yapılacak_işlem;
} while (koşul_ifadesi);
```

Örnek: "do-while" döngüsünü kullanarak 1'den 10'a kadar olan sayıları toplayıp "toplam" değişkenine atayan programın kod ifadesini yazınız.

Çözüm:
```
int toplam=0;
int i=0;
do{
        toplam=toplam+i;
        i=i+1;
} while(i<11);
```

4. "foreach" Döngüsü: Koleksiyon tabanlı nesnelerin elemanlarının her biri üzerinden ilerleyen bir döngü yapısıdır. Koleksiyon bir dizi veya liste olabilir (Dizide aynı tip veriler yer alırken listede farklı tip veriler de yer alabilir.). Foreach döngüsünün temel yapısı aşağıdaki gibidir.

```
foreach (veri_tipideğişken_adı in dizi)
{
yapılacak_işlem;
}
```

"veri_tipi" ile dizinin veri tipi uyumlu olmalıdır. Aksi durumda kod hata verir. Değişken, sırasıyla belirtilen dizi içerisindeki elemanları tutar. Örneğin; haftanın günlerinin eleman olarak atandığı bir dizi tanımlanırsa "foreach" döngüsünde haftanın her bir günü için döngünün işlem bloğundaki işlemler sırasıyla gerçekleştirilir.

e. Diziler

Aynı tip verilerin yer aldığı ve birden fazla elemanın aynı isimle hafızada tutulmasını sağlayan veri kümesine **dizi** adı verilir. Dizi içerisindeki elemanlar aynı isim ile çağrılarak kullanılır. Dizinin her bir elemanına bir indis numarası verilir. Bu numaralar 0 (sıfır) ile başlar ve her bir elemanın indis numarası soldan sağa doğru birer artar. Bir dizi oluşturulurken iki farklı şekilde tanımlama yapılır.

1. "veri_tipi dizi_adı[dizinin_eleman_sayısı];" şeklinde yazılarak dizi tanımlanabilir. Bu tür dizi tanımlamalarında dizinin elemanları sonradan atanır ve dizi içerisine değer atamak için "dizi_adı[indis_numarası]=atanacak_değer;" kalıbı kullanılır.

2. Bir diziyi oluştururken tek komut satırında dizi elemanları ile birlikte tanımlama yapılır. Bu şekilde dizi tanımlamak için "veri_tipi dizi_adı [ ]={eleman_1, eleman_2, …, eleman_n}" kalıbı kullanılır. "eleman_1"in indis numarası 0, "eleman_2"nin indis numarası 1 olup her bir elemanın indis numarası bu şekilde otomatik olarak belirlenir. Bu indis numaraları kullanılarak dizinin içerisindeki elemanlar değiştirilebilir veya elemanların değeri çağrılarak işlem yapılabilir. Örneğin; indis numarası 2 olan elemanın değeri değiştirilmek istenirse "dizi_adı [2]=yeni_değer;" şeklinde yazılarak değeri değiştirilir. Veya indis numarası 5 olan dizi elemanı bir işlemde kullanılacak ise "dizi_adı [5]" yazılarak elemanın değeri çağrılır.

Örnek: Çift rakamlardan oluşan ve ismi "ciftsayilar" olan bir dizi oluşturunuz.

Çözüm: Dizinin elemanları rakamlardan oluşacağı için dizinin veri tipi "int" yani tamsayı olarak tanımlanmalıdır. Daha sonra diziye eleman olarak "0, 2, 4, 6 ve 8" çift rakamları atanmalıdır. Tanımlama yaparken iki farklı dizi tanımlama yöntemi kullanılırsa;

1. Yöntem:

```
int ciftsayilar[5];
ciftsayilar[0]=0;
ciftsayilar[1]=2;
ciftsayilar[2]=4;
ciftsayilar[3]=6;
ciftsayilar[4]=8;
```

2. Yöntem: int ciftsayilar[ ]={0, 2, 4, 6, 8}; şeklinde tanımlanır.

8.2.3. Arduino IDE Komutları ve Kütüphane Yapıları

Arduino IDE programında kullanılan genel komut yapıları ve anlamları aşağıda yer almaktadır.

1. **#define:** Tanımlama yaparken kullanılan komuttur.
2. **#include<>:** Kütüphane yapılarının uygulama sırasında kullanılabilmesi için kullanılan komuttur. Uygulama yazılırken gerekli olan kütüphane "<>" içerisine yazılmalıdır. Örneğin; matematikte kullanılan fonksiyonların uygulama içerisinde kullanılabilmesi için "#include <math.h>" yazarak matematik kütüphanesi uygulamaya tanıtılır.

3. **void setup(){}:** Arduino kartının enerjiyi alıp çalışmasından sonra, sadece bir kez çalışan ve uygulama ile ilgili ayarlamaların yapıldığı fonksiyon bölümüdür. Uygulamada kullanılacak giriş/çıkış pinleri, seri port konfigürasyonları ve benzeri ayarlamaların yapıldığı kısımdır. Ayarlamalar için yazılan kod ifadeleri, süslü parantezler "{}" içerisine yazılır.
4. **void loop(){}:** Bu kısımda, "void setup()" fonksiyonundaki komutlar çalıştıktan sonra kartın enerjisi kesilinceye kadar sürekli çalışacak olan komutlar yer alır. Bu komutlar süslü parantezler "{}" içerisine yazılır.
5. **pinMode():** Kart pinlerinin giriş veya çıkış olarak ayarlanmasında kullanılan komuttur. Pinlerin giriş ve çıkış ayarlamalarını yaparken giriş yapmak istenilen pine "INPUT(giriş)", çıkış yapmak istenilen pinlere ise "OUTPUT(çıkış)" yazılması gerekir. Örneğin; 8. pingiriş yapılmak istenirse ayarlamaların yapıldığı "void setup()" fonksiyonu içerisine "pinMode(8, INPUT);" yazılmalıdır.
6. **digitalWrite():** Lojik-0 ve lojik-1 dijital verilerinin pinlere aktarılmasında kullanılan komuttur. Bir pine enerji uygulanması istenirse yani çıkışın lojik-1 olması istenirse "digitalWrite(pin_no, HIGH)" yazılır ve böylece pine 5 volt uygulanır. Eğer bir pine enerji uygulamak istenmez ise yani çıkışın lojik-0 olması istenirse "digitalWrite(pin_no, LOW)" yazılır ve böylece pin 0(sıfır) volta ayarlanır.
7. **digitalRead():** İlgili pindeki dijital verinin okunmasında kullanılan komuttur.
8. **delay():** Milisaniye cinsinden bekleme süresi tanımlanırken kullanılan komuttur.
9. **delayMicroseconds():** Mikrosaniye cinsinden bekleme süresi tanımlanırken kullanılan komuttur.
10. **analogRead():** İlgili pindeki analog verinin okunmasında kullanılan komuttur.
11. **analogWrite():** Analog verinin ilgili pine yazdırılmasında kullanılan komuttur.
12. **Serial.begin():** İlgili pindeki verinin bilgisayara gönderilmesinde seri haberleşmenin sağlanması için seri haberleşmeyi başlatan Arduino IDE komuttur.
13. 1**Serial.println():** Bilgisayarın seri portuna veri yazdırılması için kullanılan komuttur.
14. **return:** Arduino IDE programının çalışması sırasında döndürülecek olan değer veya fonksiyon bu komut ile birlikte yazılır.

Arduino IDE programının içerisinde yazılan, programa ekstra işlevsellik kazandıran kütüphane yapıları mevcuttur. Yapılan çalışmalarda gerekli olan kütüphanelere, Arduino IDE programının "sketch (taslak)" menüsü içerisindeki "add library (kütüphane ekle)" bölümünden ulaşılır.
Arduino IDE programının içerisinde bulunan bazı kütüphane yapıları şunlardır:

1. **GSM:** GSM/GRPS ağını kullanmayı sağlayan kütüphanedir.
2. **LiquidCrystal:** LCD ekran kullanımını sağlayan kütüphanedir.
3. **Servo:** Servo motor kullanımına olanak sağlayan kütüphanedir.
4. **Stepper:** Step motor kontrolünde kullanılan kütüphanedir.
5. **DateTime:** Yazılımda güncel tarih ve saati takip etmek için kullanılan kütüphanedir.
6. **Tone:** Herhangi bir mikrodenetleyici pininde, arka planda ses frekansı olarak kare dalga üreten kütüphanedir.
7. **SerialControl:** Diğer arduinoları seri bağlantı üzerinden, uzaktan kontrol etmede kullanılan kütüphanedir.

8. **NewPing:** HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörünün çalışmasında kullanılan kütüphanedir.

Örnek: Arduino IDE programını kullanarak bir buton ile bir LED'in kontrolünü gerçekleştiren komut dizisini yazınız.

Çözüm:

```
#define Buton 8
#define Led 10

int buton_durumu=0;

void setup()
{
pinMode(Buton,INPUT);
pinMode(Led,OUTPUT);
}

void loop()
{
    buton_durumu=digitalRead(Buton);

    if(buton_durumu==1)
    { digitalWrite(Led,HIGH);   }

    else
    {digitalWrite(Led,LOW);}
}
```

Yukarıdaki örnekte komut dizisi yazılırken ilk olarak buton ve LED'in Arduino'nun hangi pinlerine bağlanacağı belirlenir. Gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra butonun başlangıçtaki durumu sıfırlanır ve butonun durumunun okunabilmesi için "buton_durumu" isminde bir değişken tanımlanır.
void setup(){} fonksiyonu içerisinde buton giriş (INPUT), LED ise çıkış (OUTPUT) olarak belirtilir.
Tanımlanan "buton_durumu" değişkeni ve "if-else" karar kontrol ifadesi kullanılarak butona basıldığında yani "buton_durumu==1" olduğunda LED'i yakan, butona basılmadığında yani "buton_durumu==0" olduğunda LED'i söndüren komut dizisi "void loop(){}" fonksiyonu içerisine yazılır.

8.3. Arduino Ide

8.3.1. İndirme ve Kurulum

Arduino IDE; komutların yazılmasına, derleme işleminin yapılmasına ve son olarak da derlenen kodların doğrudan (bilgisayarın USB portuna bağlı olan) Arduino kite yüklenmesine olanak sağlayan yazılım geliştirme platformudur.

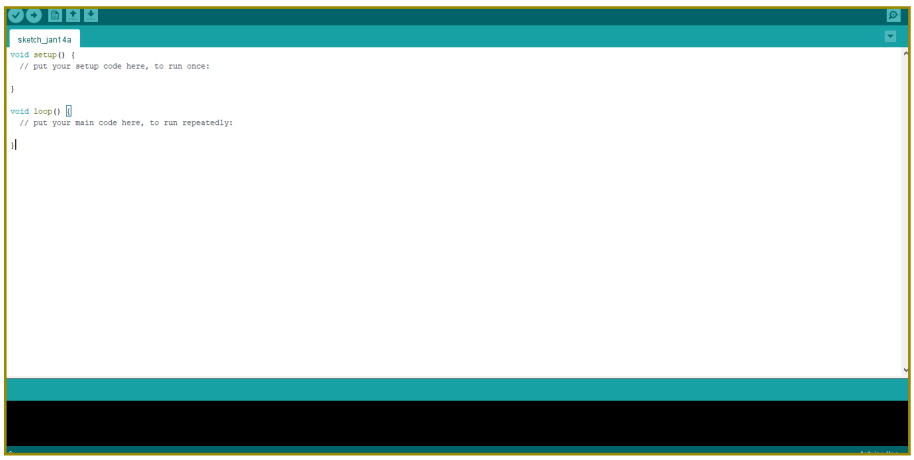
- IDE programı, Arduino'nun resmi sitesinden ücretsiz olarak indirilebilir.
- "https://www.arduino.cc/en/Main/Software" internet adresine girilerek Arduino IDE'nin en son sürümü için aşağıdaki sayfa görüntüsünün sağ tarafında bulunan linklerden (Windows, Mac OS veya Linux işletim sistemlerinden hangisi kullanılıyorsa) uygun olanı tıklanır.
- Bir sonraki yükleme sayfasında, bağış yapmak istenip istenmediği sorulmaktadır. Burada "JUST DOWNLOAD" (Sadece indir) ve "CONTRIBUTE &

DOWNLOAD" (Katkıda bulun ve indir) seçeneklerinden tercih edilen buton tıklanarak indirme işlemi başlatılır.



Görsel 8.12: Arduino programı indirme sayfa görünümü

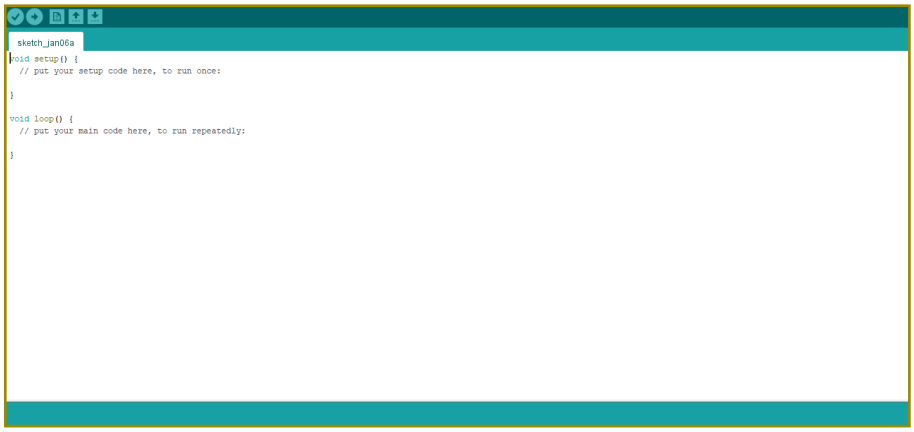
İndirme tamamlandıktan sonra, indirilen dosya çift tıklanarak programın kurulumu yapılır. Program çalıştırıldığında Arduino kit, USB portuna bağlanarak algılanıp algılanmadığı (Arayüz ekranında sağ alt köşede bağlı olduğu port adı görülmektedir.) test edilebilir.



Görsel 8.13: Arduino IDE ana sayfa görünümü

8.3.2. Arduino IDE Program Menülerinin Tanıtılması

Program açıldığında ilk olarak aşağıdaki ekran gelecektir.



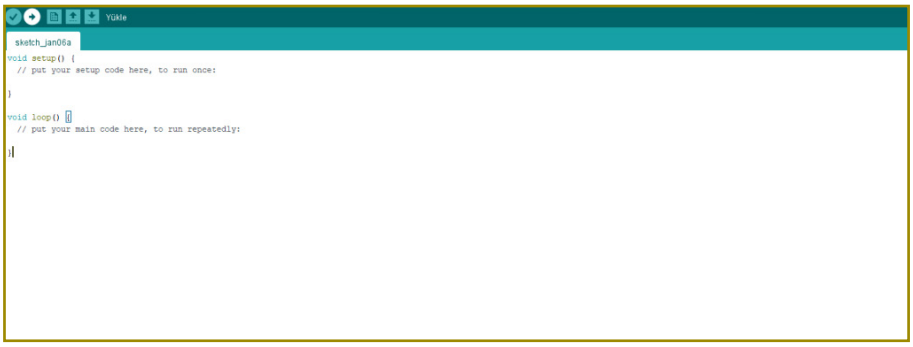
Görsel 8.14: Arduino ana ekran görünümü

"Kontrol et" menüsüne tıklandığında aşağıdaki ekran gelir. Bu seçenek, yazılmış olunan kodları kontrol eder ve hatalı kodları gösterir. Kontrol işleminin tamamlandığı, sekmenin sonunda "derleme tamamlandı" yazısı ile gösterilir.



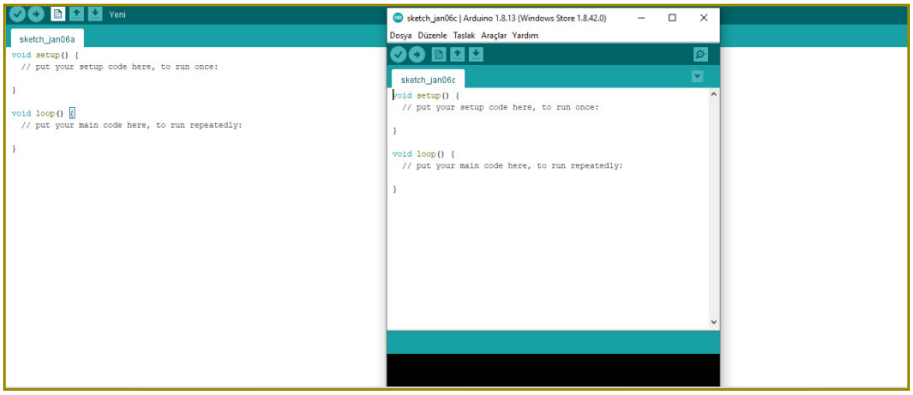
Görsel 8.15: "Kontrol Et" menüsü ekran görünümü

"Yükle" menüsüyle yazılmış kodların (programın) seçilen seri port aracılığı ile Arduino UNO kartına yüklenmesi sağlanır. Eğer seri port seçilmezse ekranın sol alt köşesinde "seri port seçilmedi" şeklinde sarı renkli bir uyarı yazısı görünür.



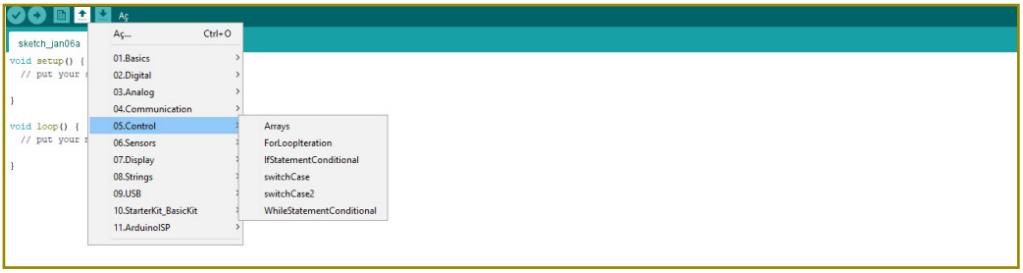
Görsel 8.16: "Yükle" menüsü ekran görünümü

"Yeni" menüsüne tıklandığında ekranda yeni bir sayfa açılır. Bu da aynı ekranda ancak farklı sayfalarda program yazılabilmesini sağlar.



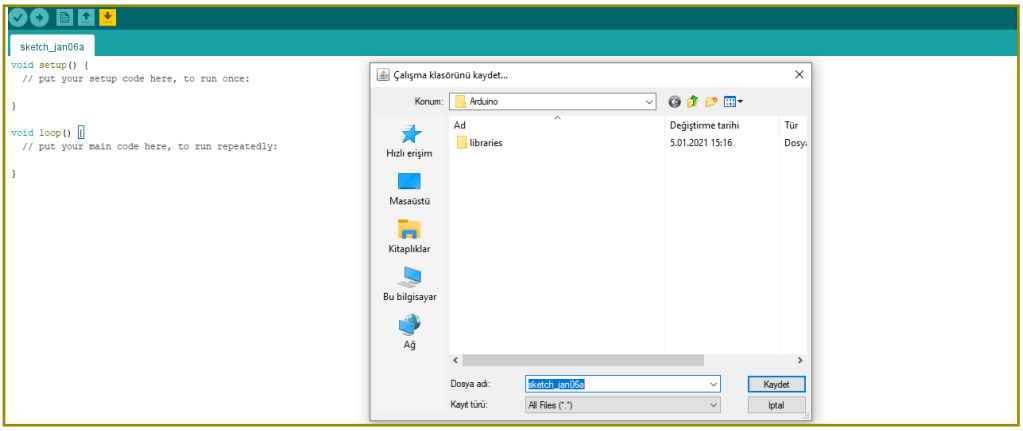
Görsel 8.17: "Yeni" menüsü ekran görünümü

"Aç" menüsüne girildiğinde, ekranda yeni seçenekler çıkacaktır. Bunlardan istenilene tıklanıp gerekli ayarlamalar yapılabilir. Örneğin; "Control" seçeneğine tıklanıp "array" seçilirse programda bulunan diziler gösterilecektir.



Görsel 8.18: "Aç" menüsü ekran görünümü

"Kaydet" menüsüne tıklandığında, aşağıdaki gibi bir ekran çıkacaktır. Kaydedilmek istenen klasör ekrandan seçildikten sonra kaydet sekmesine basıldığında yazılan programın kaydetme işlemi gerçekleşmiş olur.



Görsel 8.19: "Kaydet" menüsü ekran görünümü

Ekranda sağ üstte bulunan ok şekline tıklandığında aşağıdaki gibi seçenekler çıkacaktır. Burada "yeni sekme aç", "önceki sekme" gibi seçeneklere tıklanarak yapılmak istenen işlem gerçekleştirilebilir. Örneğin; "sil" seçeneğine tıklanırsa yazılmış olan taslak program silinmiş olur.



Görsel 8.20: Sekme işlemleri menüsü ekran görünümü

8.3.3. MBlock

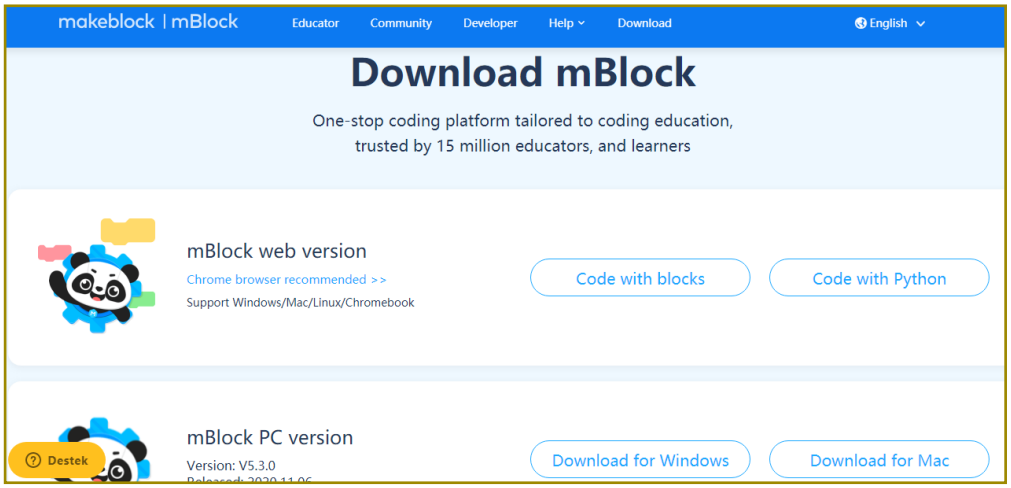
Arduino UNO kodlamak için bloklarla kodlama yöntemi en kolayıdır. MBlock; scratch açık kaynak kodu kullanılarak Arduino projeleri kodlamaya ve etkileşim oluşturmaya dayanan bir grafik programlama ortamıdır.

MBlock, Makeblock robotları ve diğer Arduino tabanlı kodlamanın basit bir yolunu sunar. Bloklar yardımıyla projeler kolaylıkla hazırlanabilir ve Arduino kartına aktarılabilir. Mblock ile yapılacak kodlamada, blocklar yerleştirildikten sonra sağ tarafta kodların görülebileceği bir arayüz bulunmaktadır. Blocklar yerleştirdikten sonra, sağ üstte "Arduino Yükle" seçeneği ile de kodlar karta direkt yüklenebilir. MBlock programı kurulmadan önce, Arduino IDE indirilip kurulmalıdır. Daha sonra mBlock uygulamasının kurulması gerekir. Programın kurulumu bittikten sonra

programın açılış dili İngilizcedir. Dilin değiştirilebilmesi için "Language" menüsünden Türkçe seçilir. Dil seçimi yapıldıktan sonra artık mBlock programı Türkçe seçeneğiyle hazır durumdadır. Daha son adım adım kart ve port seçimleri yapılır.

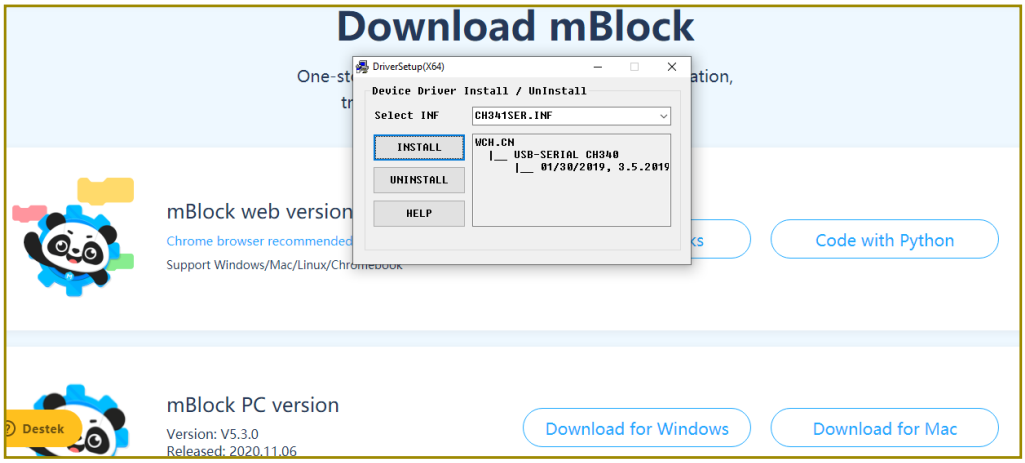
a. İndirme ve Kurulum

MBlock programı, "https://mblock.makeblock.com/en-us/download/" resmi sitesi üzerinden ücretsiz olarak indirilip bilgisayara kurulabilir. Siteye giriş yapıldığında, Görsel 8.21'deki gibi bir ekran gelecektir. Bilgisayarın özelliğine göre ekrandan seçim yapılıp indirme işlemi gerçekleştirilebilir.



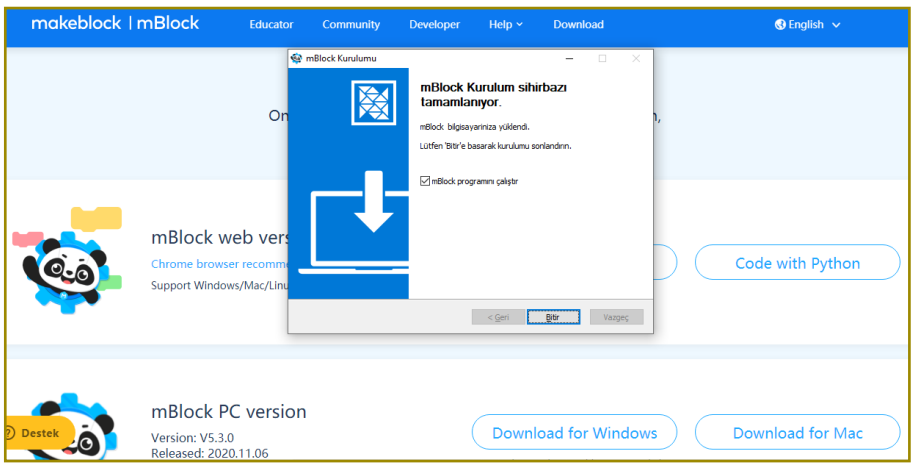
Görsel 8.21: MBlock indirme ana sayfa görünümü

Programın "set up" dosyası indikten sonra aşağıdaki gibi bir kurulum sekmesi gelecektir. Bu sekmeden "install" seçeneğine tıklanması gerekmektedir.



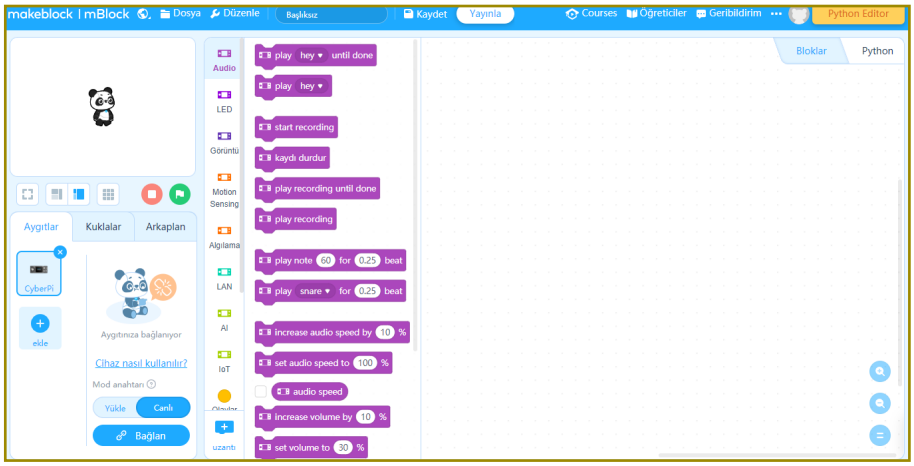
Görsel 8.22: MBlock kurulum sekme görünümü

"Install" seçeneğine tıklandıktan sonra bilgisayarın ekranına Görsel 8.23'teki ekran gelecektir. Buradan "bitir"e tıklandığında, kurulum gerçekleştirilmiş olur.



Görsel 8.23: MBlock kurulum tamamlama sekme görünümü

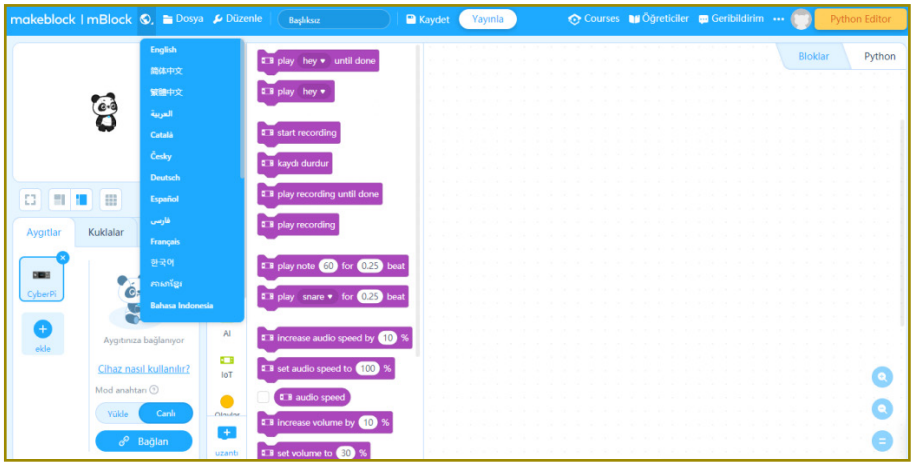
Kurulum işlemi tamamlandıktan sonra, bilgisayar ekranına MBlock ana ekranı gelecektir.



Görsel 8.24: MBlock ana ekran görünümü

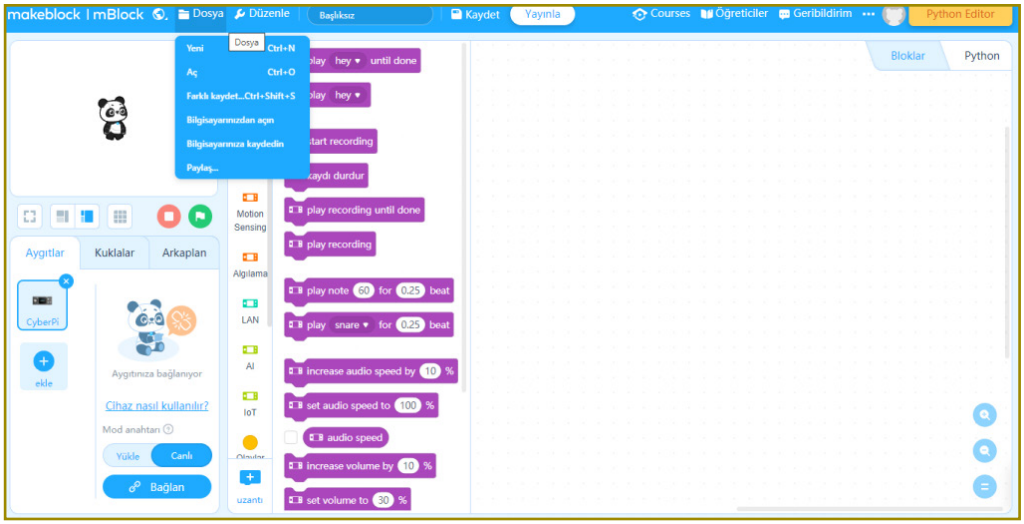
b. MBlock Menü Tanıtımı

MBlok programında, istenen dilde çalışılabilir. Dil seçmek için Görsel 8.25'teki menüye tıklanıp gelen sekmeden dil seçimi yapılması gerekmektedir.



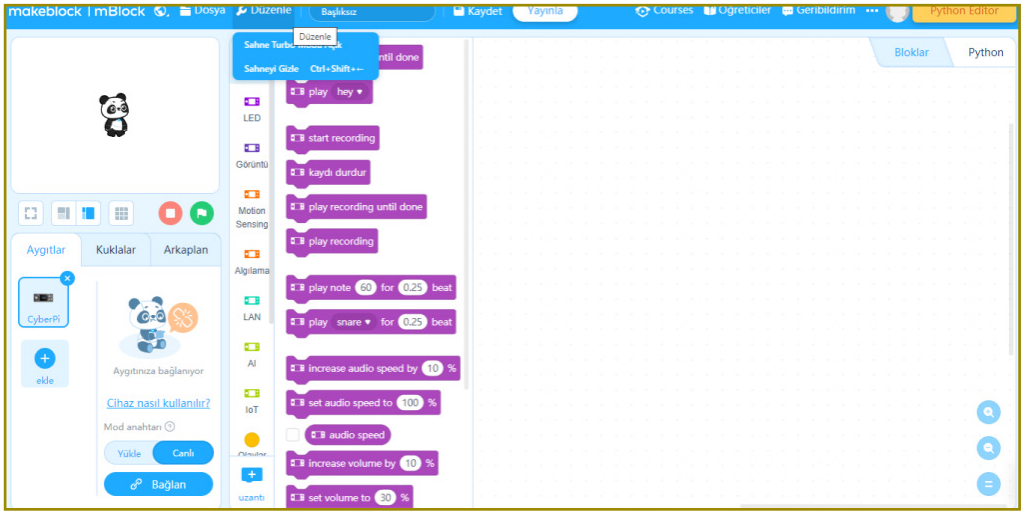
Görsel 8.25: MBlock dil seçimi menüsü ekran görünümü

Programda yeni bir dosya açmak, dosyayı kaydetmek veya paylaşmak gibi işlemler Görsel 8.26'daki "dosya" menüsünden yapılabilir.



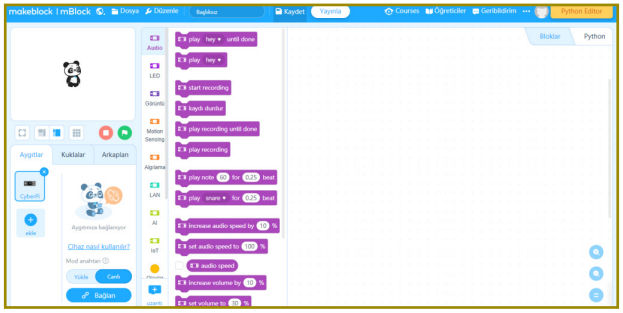
Görsel 8.26: "Dosya" menüsü ekran görünümü

Görsel 6.27'deki "Düzenle" menüsünden, ekranın solundaki sahne gizlenip tekrar sahnenin ekrana gelmesi sağlanabilir.

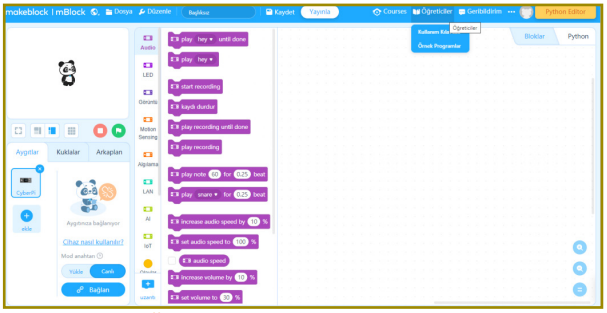


Görsel 8.27: "Düzenle" menüsü ekran görünümü

"Kaydet" menüsüne tıklanarak program mail ortamında kaydedilebilir.



Görsel 8.28: "Kaydet" menüsü ekran görünümü



Görsel 8.29: "Öğreticiler" menüsü ekran görünümü

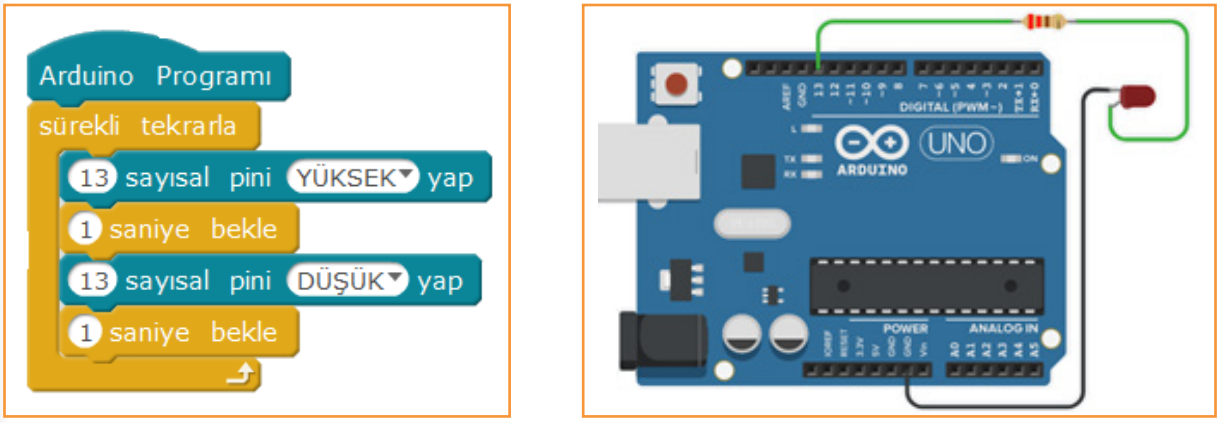
Görsel 8.29'daki "Öğreticiler" menüsündeki kullanma kılavuzu sekmesinden, programın kullanımıyla ilgili bilgi sahibi olunabilir. Yine bu menüden, örnek programlar sekmesine tıklandığında program örneklerine ulaşılabilir.

UYGULAMA 8.1. MİKRODENETLEYİCİLER İLE YANIP SÖNEN LED YAKMA UYGULAMASI

AMAÇ

Mikrodenetleyici ile yanıp sönen LED yakma uygulamasını gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.30: Devrenin mBlock programı ve Arduino UNO devre bağlantısı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Direnç	220 Ω	1 adet
LED	Yeşil	1 adet
Jumper Kablo	M-M	3 adet
USB Kablo		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Multimetre kullanarak elemanların sağlamlığını kontrol ediniz.
4. Breadboard üzerine 220 Ω değerindeki direnç ile LED'in anodunu seri bağlayınız.
5. Direncin diğer ucunu, Arduino UNO kartının 13. pinine bağlayınız.
6. LED'in katot ucunu ise Arduino UNO kartının üzerindeki GND pinine bağlayınız.
7. mBlock programını kullanarak Görsel 8.30'da görülen kodları yazınız.

8. Arduino UNO kartının USB portunu bilgisayara bağlayınız.
9. mBlock programına yazılan kodu Arduino UNO kartına yükleyiniz.
10. Devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
11. Devre ile ilgili gözlemlerinizi sonuç bölümüne yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Kod bloğunun oluşturabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

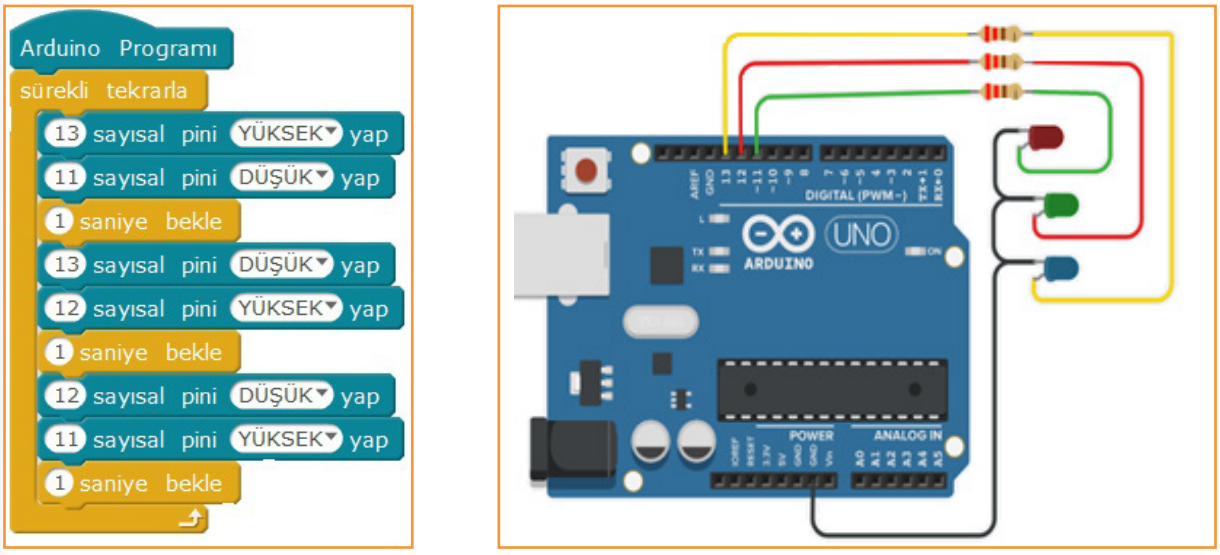
UYGULAMA 8.2.

MİKRODENETLEYİCİ İLE KARA ŞİMŞEK DEVRE UYGULAMASI

AMAÇ

Mikrodenetleyici ile kara şimşek devre uygulaması gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.31: Devrenin mBlock programı ve Arduino UNO devre bağlantısı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Direnç	220 Ω	3 adet
LED	Yeşil, Kırmızı, Mavi	1 adet
Jumper Kablo	M-M	9 adet
USB Kablo		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Multimetre kullanarak elemanların sağlamlığını kontrol ediniz.
4. Görsel 8.31'de olduğu gibi devreyi kurunuz.

5. Dirençleri sırasıyla Arduino UNO kartının 13, 12 ve 11 no.lu pinlerine bağlayınız.
6. LED'lerin katot uçlarını ise Arduino UNO kartının üzerindeki GND pinine bağlayınız.
7. mBlock programından Görsel 8.31'de görülen kodları yazınız.
8. Arduino UNO kartını, USB portunu kullanarak bilgisayara bağlayınız.
9. mBlock programında yazdığınız kodu Arduino UNO kartına yükleyiniz.
10. Devre ile ilgili gözlemlerinizi sonuç bölümüne yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Kod bloğunun oluşturabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 8.3.

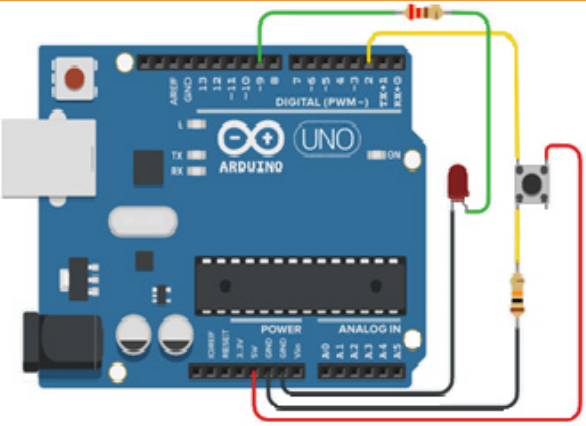
MİKRODENETLEYİCİ İLE BUTON KULLANIMI

AMAÇ

Mikrodenetleyici ile buton kullanımı devre uygulaması gerçekleştirmek.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller





Görsel 8.32: Devrenin mBlock programı ve Arduino UNO devre bağlantısı

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Direnç	220 Ω, 10 kΩ	1 adet
LED	Kırmızı	1 adet
Buton	4 pinli	1 adet
Jumper Kablo	M-M	7 adet
USB Kablo		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. Multimetre kullanarak elemanların sağlamlığını kontrol ediniz.
4. 220 Ω değerindeki direnci, Arduino UNO kartının 9 no.lu pinine bağlayınız. Direncin diğer ucunu ise LED'in anot ucuna bağlayınız.

5. LED'in katot ucunu ise Arduino UNO kartının üzerindeki GND pinine bağlayınız.
6. Butonun pin bağlantılarını, Görsel 8.32'de olduğu gibi bir pinini Arduino UNO kartının 2 no.lu pinine, diğer pinini +5 volta ve diğer bir pinini ise 10 kΩ değerindeki dirence bağlayınız.
7. 10 kΩ değerindeki direncin boşta kalan ucunu ise Arduino UNO kartının GND ucuna bağlayınız.
8. mBlock programında Görsel 8.32'de görülen kodları yazınız.
9. Arduino UNO kartını USB portunu kullanarak bilgisayara bağlayınız.
10. mBlock programında yazdığınız kodu Arduino UNO kartına yükleyiniz.
11. Devre ile ilgili gözlemlerinizi sonuç bölümüne yazınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Multimetrenin ve araç gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrelerin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Kod bloğunun oluşturabilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

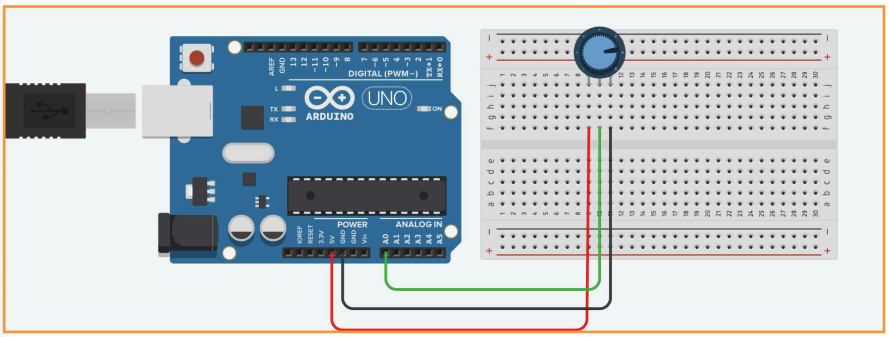
UYGULAMA 8.4.

MİKRODENETLEYİCİ İLE ANALOG VERİ OKUMA

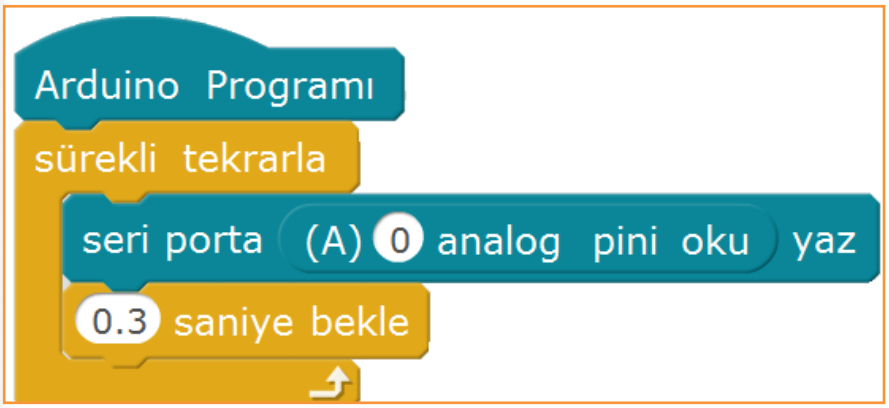
AMAÇ

Mikrodenetleyici ile analog veri okuma uygulamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.33 a: Analog veri okuma devresi



Görsel 8.33 b: Analog veri okuma blok kodları

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Potansiyometre	100 kΩ	1 adet
Jumper Kablo	M-M	Yeteri kadar
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile sağlamlık kontrollerinizi yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce protesus programı üzerinde çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.33 a'daki gibi kurunuz.
6. Arduino İDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino İDE üzerinden yazdığınız kodu, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip devrenizi çalıştırınız.
8. mBlock kod bloklarını, Görsel 8.33 b'deki gibi oluşturunuz.
9. mBlock ile oluşturduğunuz kod bloklarını, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin, araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması ve çalıştırılması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus programı üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

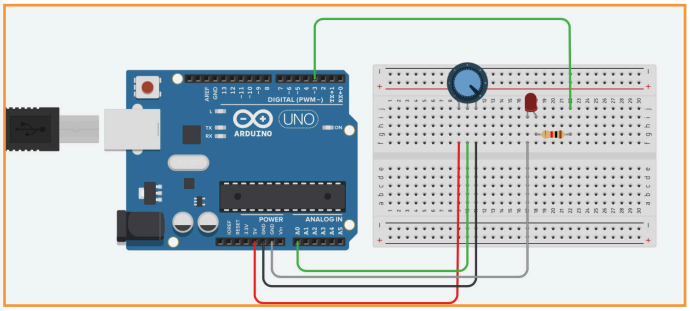
UYGULAMA 8.5.

MİKRODENETLEYİCİ KULLANARAK POTANSİYOMETRE İLE LED YAKMA

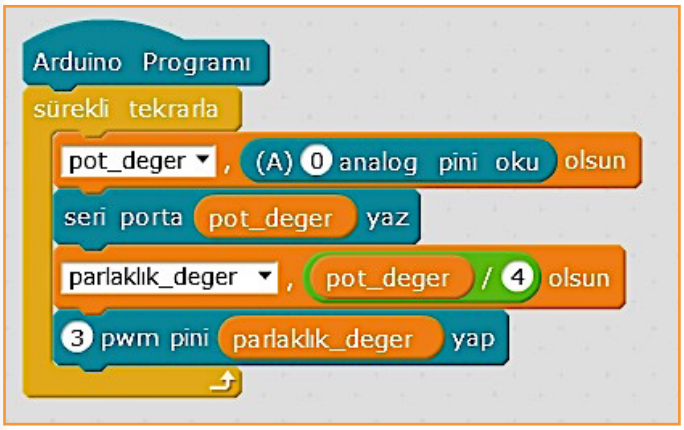
AMAÇ

Mikrodenetleyici ile analog veri okuma uygulamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.34 a: Potansiyometre ile LED yakma devresi



Görsel 8.34 b: Potansiyometre ile LED yakma blok kodları

B. Kullanılacak Araç, Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Potansiyometre	10 kΩ	1 adet
Direnç	1 kΩ	1 adet
Jumper Kablo	M-M	Yeteri kadar
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile sağlamlık kontrollerinizi yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce protesus programı üzerinde çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.34 a'daki gibi kurunuz.
6. Arduino İDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino İDE üzerinden yazdığınız kodu, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip devrenizi çalıştırınız.
8. mBlock kod bloklarını, Görsel 8.34 b'deki gibi oluşturunuz.
9. mBlock ile oluşturduğunuz kod bloklarını, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin, araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması ve çalıştırılması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus programı üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

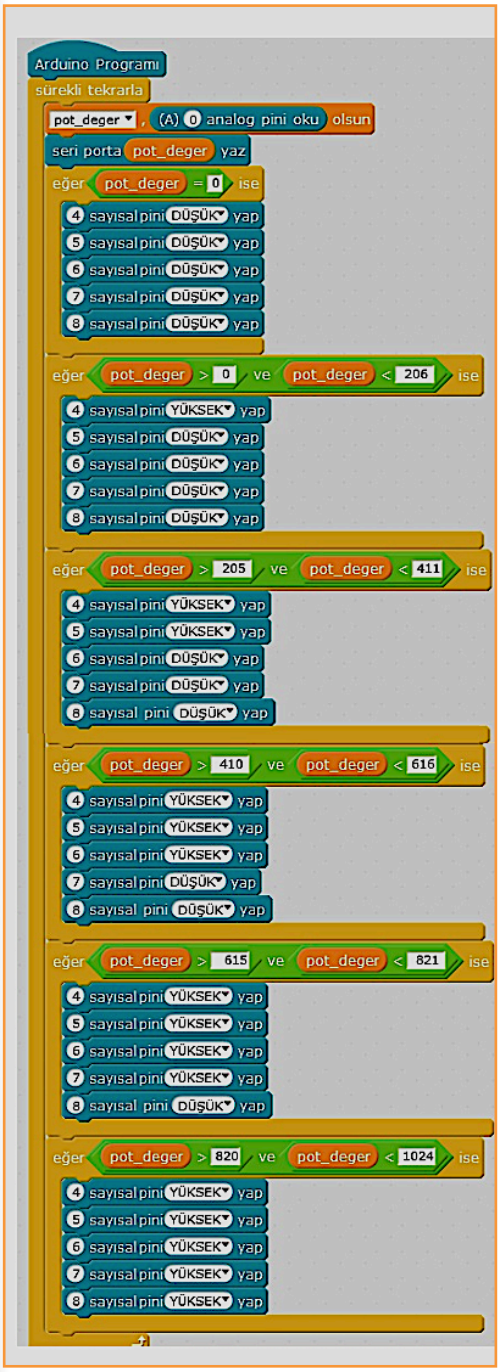
UYGULAMA 8.6.

MİKRODENETLEYİCİ KULLANARAK POTANSİYOMETRE İLE LED SEVİYESİ

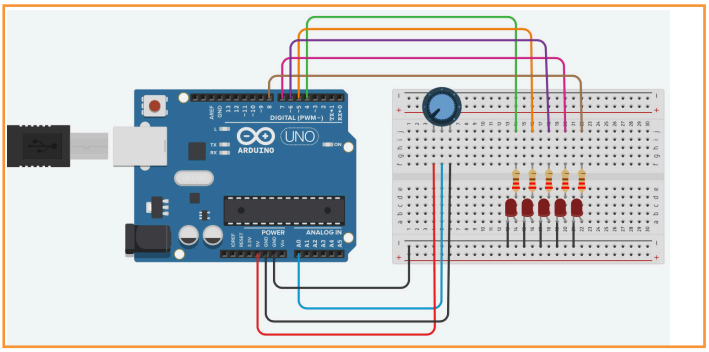
AMAÇ

Mikrodenetleyici kullanarak potansiyometreden okunan değere göre eklenerek LED yakma uygulamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.35 a: Potansiyometre ile LED devresi



Görsel 8.35 b: Potansiyometre ile LED blok kodları

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Potansiyometre	10 kΩ	1 adet
Jumper kablo	M-M	Yeteri kadar
Direnç	220 kΩ	5 adet
LED	Kırmızı	5 adet
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile sağlamlık kontrollerinizi yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce protesus programı üzerinde çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.35 a'daki gibi kurunuz.
6. Arduino İDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino İDE üzerinden yazdığınız kodu, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip devrenizi çalıştırınız.
8. mBlock kod bloklarını, Görsel 8.35 b'deki gibi oluşturunuz.
9. mBlock ile oluşturduğunuz kod bloklarını, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

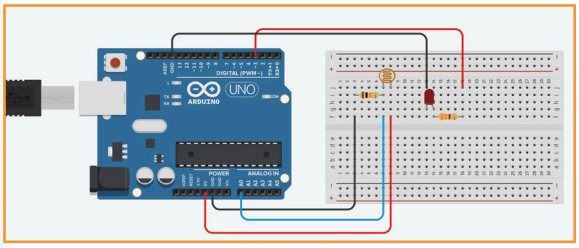
Öğrencinin		DEĞERLENDİRME	../../20...	
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin, araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması ve çalıştırılması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus programı üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

UYGULAMA 8.7. MİKRODENETLEYİCİ İLE LDR KULLANIMI

AMAÇ

Mikrodenetleyici ile LDR kullanımı uygulamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.36 a: LDR kullanımı devresi



Görsel 8.36 b: LDR kullanımı blok kodları

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Jumper Kablo	M-M	Yeteri kadar
Direnç	10 kΩ, 330 Ω	Birer adet
LED	Kırmızı	1 adet
LDR		1 adet
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile sağlamlık kontrollerinizi yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce protesus programı üzerinde çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.36 a'daki gibi kurunuz.
6. Arduino İDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino İDE üzerinden yazdığınız kodu, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip devrenizi çalıştırınız.
8. mBlock kod bloklarını Görsel 8.36 b'deki gibi oluşturunuz.
9. mBlock ile oluşturduğunuz kod bloklarını, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin, araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması ve çalıştırılması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus programı üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

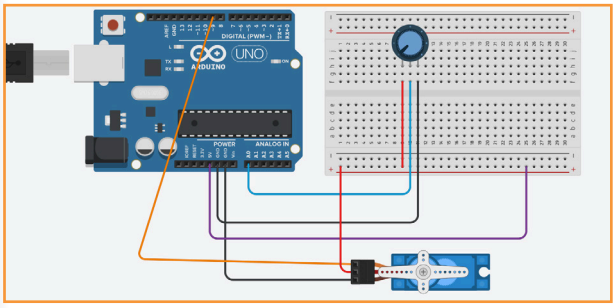
UYGULAMA 8.8.

MİKRODENETLEYİCİ İLE SERVO MOTOR KULLANIMI

AMAÇ

Mikrodenetleyici ile servo motor kullanımı uygulamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.37 a: Servo motor kullanımı devresi



Görsel 8.37 b: Servo motor kullanımı blok kodları

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Potansiyometre	250 kΩ	1 adet
Jumper kablo	M-M	Yeteri kadar
Servo motor		1 adet
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile sağlamlık kontrollerinizi yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce protesus programı üzerinde çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.37 a'daki gibi kurunuz.
6. Arduino İDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino İDE üzerinden yazdığınız kodu, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip devrenizi çalıştırınız.
8. mBlock kod bloklarını, Görsel 8.37 b'deki gibi oluşturunuz.
9. mBlock ile oluşturduğunuz kod bloklarını, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin, araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması ve çalıştırılması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus programı üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

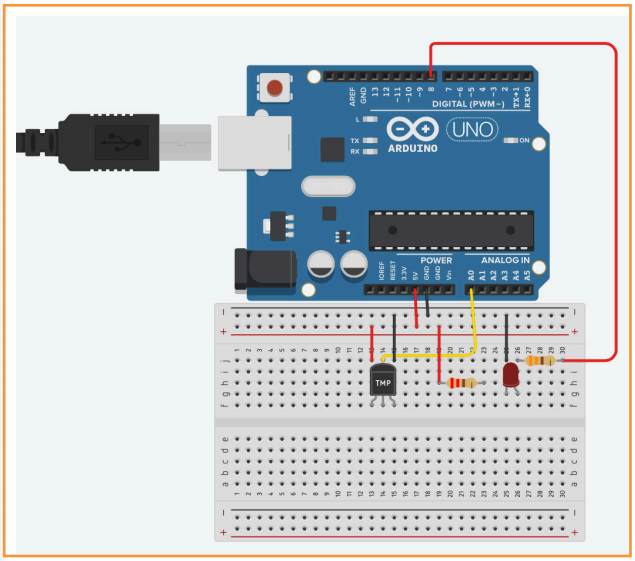
UYGULAMA 8.9.

MİKRODENETLEYİCİ İLE SICAKLIK SENSÖRÜ KULLANIMI

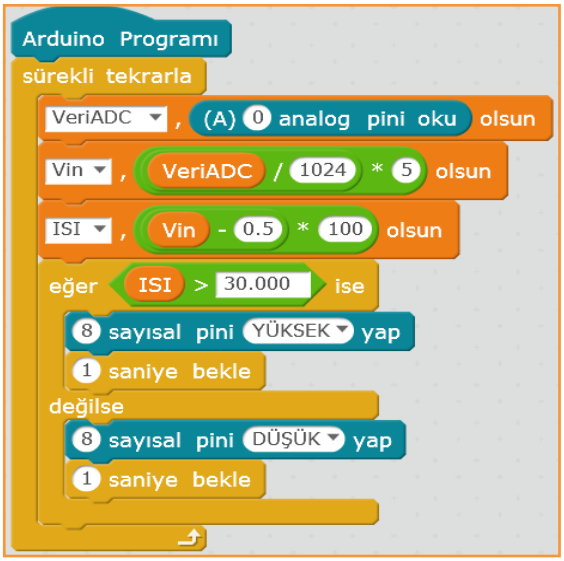
AMAÇ

Mikrodenetleyici ile sıcaklık sensörü kullanımı uygulamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.38 a: Sıcaklık sensörü kullanımı



Görsel 8.38 b: Sıcaklık sensörü kullanımı blok kodları

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Direnç	330 Ω	1 adet
Jumper kablo	M-M	Yeteri kadar
Sıcaklık sensörü	TMP36	1 adet
LED	Kırmızı	1 adet
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile sağlamlık kontrollerinizi yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce protesus programı üzerinde çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.38 a'daki gibi kurunuz.
6. Arduino İDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino İDE üzerinden yazdığınız kodu, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip devrenizi çalıştırınız.
8. mBlock kod bloklarını, Görsel 8.38 b'deki gibi oluşturunuz.
9. mBlock ile oluşturduğunuz kod bloklarını, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME			../../20...
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin, araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması ve çalıştırılması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus programı üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

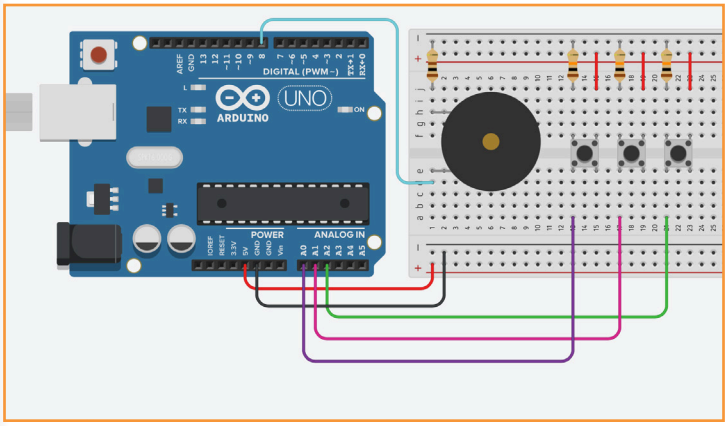
UYGULAMA 8.10.

MİKRODENETLEYİCİ İLE BUZZER KULLANIMI

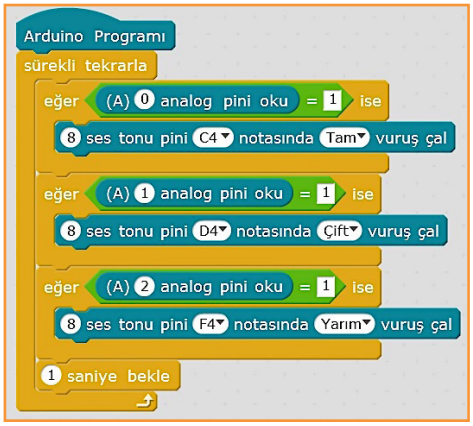
AMAÇ

Mikrodenetleyici ile buzzer kullanımı uygulamasını yapmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.39 a: Buzzer kullanımı devresi



Görsel 8.39 b: Buzzer kullanımı blok kodları

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Arduino	UNO R3	1 adet
Direnç	10 Ω	3 adet
Direnç	100 Ω	1 adet
Buton	2 pinli	3 adet
Jumper kablo	M-M	Yeteri kadar
Buzzer		1 adet
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Tüm araç gereç ve devre elemanlarını hazırlayınız.
3. AVOmetre ile sağlamlık kontrollerinizi yapınız.

4. Devreyi kurmadan önce protesus programı üzerinde çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.39 a'daki gibi kurunuz.
6. Arduino İDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino İDE üzerinden yazdığınız kodu, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip devrenizi çalıştırınız.
8. Mblock kod bloklarını, Görsel 8.39 b'deki gibi oluşturunuz.
9. Mblock ile oluşturduğunuz kod bloklarını, bilgisayardan USB port yardımıyla Arduino Uno kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	AVOmetrenin, araç ve gereçlerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması ve çalıştırılması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus programı üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

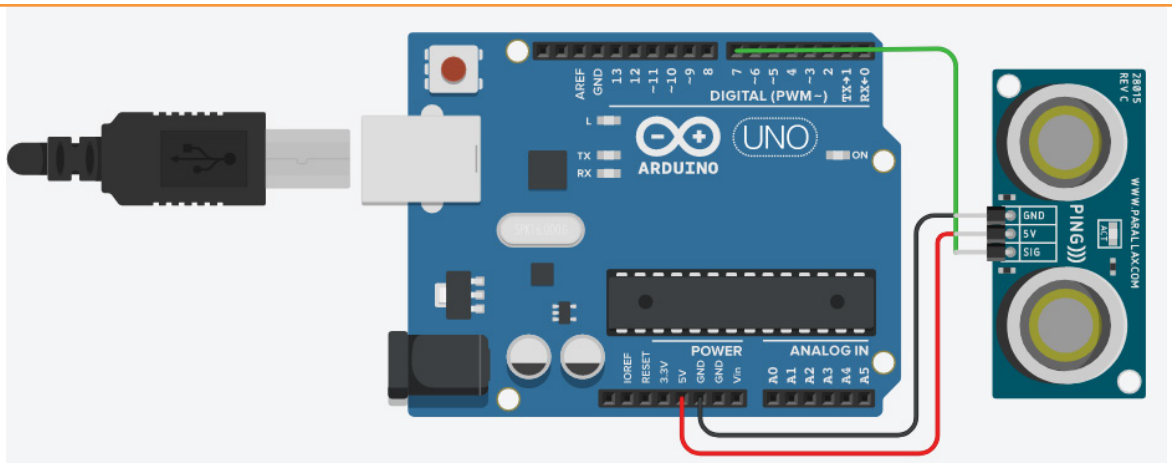
UYGULAMA 8.11.

ARDUİNO İLE MESAFE SENSÖRÜ KULLANIMI

AMAÇ

Arduino kullanarak ultrasonik mesafe sensörü programı kullanma bilgi ve becerisi kazanmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.40: Arduino ile mesafe sensörü yapımı bağlantı şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Arduino	UNO	1 adet
Ultrasonik mesafe sensörü	HC-SR04	1 adet
USB Port		1 adet
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Jumper kablo	M-M	Yeteri kadar
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Görsel 8.40'ta verilen devre için gerekli elemanları seçiniz.
3. Elemanların AVOmetre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce proteus üzerinden çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.40'taki gibi kurunuz.
6. Arduino IDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino IDE üzerinde yazdığınız kodları, USB port yardımıyla bilgisayardan Arduino UNO kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

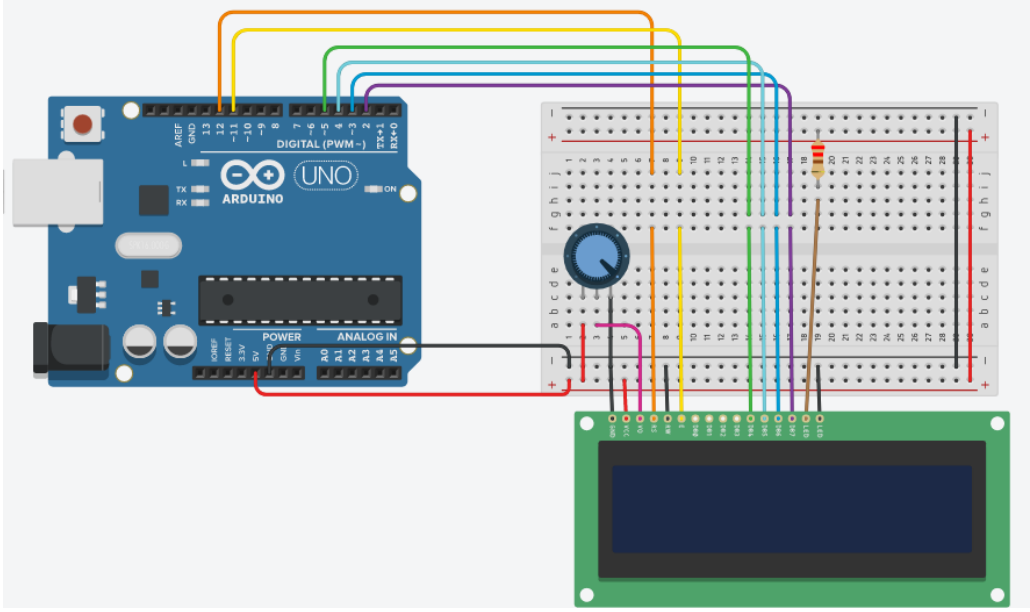
UYGULAMA 8.12.

ARDUİNO İLE LCD EKRAN KULLANIM PROGRAMI

AMAÇ

Arduino ile LCD ekran kullanım programı uygulama bilgi ve becerisi kazanmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.41: Arduino ile LCD ekran kullanım programı bağlantı şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Arduino UNO	UNO	1 adet
Potansiyometre	250 K Ω	1 adet
direnç	220 Ω	1 adet
LCD ekran	16 x 2	1 adet
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Jumper kablo	M-M	Yeteri kadar
Bilgisayar		1 adet
USB Port		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Görsel 8.41'de verilen devre için gerekli elemanları seçiniz.
3. Elemanların AVOmetre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce proteus üzerinden çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.41'deki gibi kurunuz.
6. Arduino IDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino IDE üzerinde yazdığınız kodları, USB port yardımıyla bilgisayardan Arduino UNO kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

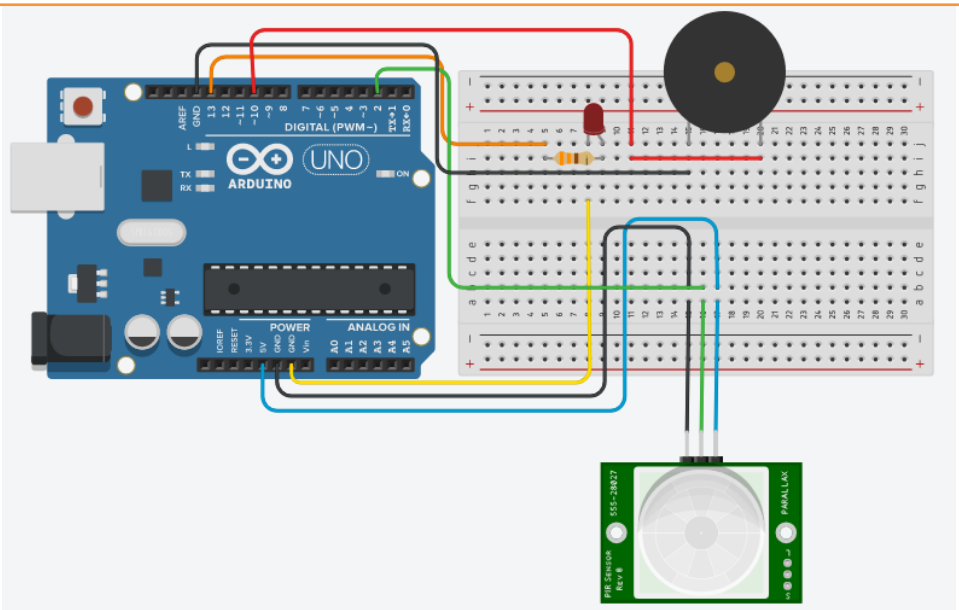
UYGULAMA 8.13.

ARDUİNO VE HAREKET SENSÖRÜ İLE HIRSIZ ALARM DEVRESİ

AMAÇ

Arduino ile LCD ekran kullanım programı uygulama bilgi ve becerisi kazanmak.

A. Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli ve Görseller



Görsel 8.42: Arduino ile kurulan hırsız alarm devre şeması

B. Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Arduino	UNO R3	1 adet
PIR Sensörü		1 adet
LED		1 adet
Jumper Kablo	M-M	Yeteri kadar
Multimetre		1 adet
Breadboard		1 adet
Buzzer		1 adet
Direnç	330 Ω	1 adet
USB Port		1 adet
Bilgisayar		1 adet

C. İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına göre hazırlık yapınız.
2. Görsel 8.42'de verilen devre için gerekli elemanları seçiniz.
3. Elemanların AVOmetre ile sağlamlık kontrollerini yapınız.
4. Devreyi kurmadan önce proteus üzerinden çizip devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
5. Devreyi, Görsel 8.42'deki gibi kurunuz.
6. Arduino IDE üzerinde kodları yazınız.
7. Arduino IDE üzerinde yazdığınız kodları, USB port yardımıyla bilgisayardan Arduino UNO kartına yükleyip çalıştırınız.

Ç. Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Sonuç
(Deney sonucunu aşağıdaki boşluğa kısaca yazınız.)

Öğrencinin	DEĞERLENDİRME		../../20...	
Adı Soyadı:	1	Araç gereç ve malzemelerin kullanıma hazır hâle getirilmesi	20	
Numarası :	2	Devrenin breadboard üzerine kurulması	20	
Sınıfı :	3	Devrenin proteus üzerinde gözlenebilmesi	20	
Öğretmenin	4	Devrenin çalışma mantığının açıklanabilmesi	20	
Adı Soyadı:	5	Temizlik, tertip, düzen ve sürenin doğru kullanılması	20	
	İmza:	TOPLAM PUAN	100	

KAYNAKÇA

- *ÖZDEMİR, Endüstriyel Elektronik.*
- *Bushnell, M., Vishwani, Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory, and Mixed-Signal VLSI (Third edition), USA: Kluwer Academic Publishers, 30-34, 2000.*
- *Dr. A.GRABEL, McG-RAW-HILL, Microelectronics, PH.D. J.MILLMAN.*
- *Dr. Mehmet ALTUNER, Bilimsel Cihazlarda Arıza Arama.*
- *Dr. Navakanta Bhat, Analog and Mixed SignalVLSI Circuit Design.*
- *Dr. R.S. Kandpur Troubleshootıng Electronic Equipment: Includes Repair And Maintenance, Second Edition by.*
- *Elektrik Elektronik Teknolojisi Fiziksel Büyüklüklerin Ölçülmesi MEGEP Modülü.*
- *Ersoy TUNCAY, Endüstriyel Kontrol Arıza Analizi ve PROTEUS-AUTOCAD.*
- *Ertuğrul YAZGAN ve Mehmet KORÜREK, Tıp Elektroniği Kitabı.*
- *Essentials Of Electronic Testing For Digital Memory and Mixed-Signal VLSI Circuits, Michael L. Bushnell, Rutgers Univer- sity, Vishwani D. Agrawal, Bell Labs, Lucent Technologies.*
- *H.Hakan KUNTMAN, Endüstriyel Elektronik.*
- *Jestine YONG, Testing Electronic components by.*
- *Millî Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, Mesleki ve Teknik Ortaöğretim 10. Sınıf Biyo Enstrümantasyon Atölyesi Dersi Öğretim Programı, Ankara, 2020.*
- *National Ins. Corp. Labview Data Acguisition Basics Manual. Austin, USA: NI - Number 320997E-01, 112-120, 2000.*
- *Orhan ÖZTÜRK ve Kemal YARCI, Temel Elektronik, Yüce Yayınları A.Ş.*
- *Önder ŞİŞER, Elektronikte Arıza Bulma ve Giderme Teknikleri-1 (2. bs.), Altas Kitap ve Yayıncılık, Temmuz 2012.*
- *Önder ŞİŞER, Elektronikte Arıza Bulma ve Giderme Teknikleri-2 (1. bs.), Altas Kitap ve Yayıncılık, Eylül 2017.*
- *Prof. Dr. Yusuf CANER, Biyofiziğin Temelleri.*
- *R. Boylestad, L.Nas-helsky, Electronic Components and Circuit Theory.*
- *Şerafettin ARIKAN, Elektronik Devrelerde Hata/Arıza Arama (Arıza Analizi).*

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

» https://websitem.gazi.edu.tr/site/iguler/files (Erişim Tarihi 07.10.2020 22.04)
» https://biyomedikaltr.com/tibbi-cihazlarda-ariza-ve-cozumleri/ (7.10.2020 14.53)
» https://biyomedikaltr.com/category/biyomedikal/tcarz/ (7.10.2020 15.01)
» https://www.kaplantek.com/biyomedikal-cihaz-tamiri/(7.10.2020 15.06)
» https://www.karttamir.net/tibbi-cihaz-medikal-cihaz-tamiri/ (7.10. 2020 15.32)
» http://www.reelektronik.com/hdetay.asp?hid=129 (7.10. 2020 18.13)
» https://www.emo.org.tr/ekler/0986d1c29138b79_ek.pdf (7.10.2020 14.49)
» https://maker.robotistan.com/mikrodenetleyici-mikroislemci/ (8.10.2020 12.52)
» https://www.emo.org.tr/ekler/76d9d0d17f8e24a_ek.pdf?dergi=1200 (10.10.2020 14:31)
» https://diyot.net/ (11.10.2020 17.00)
» http://ee.tek.firat.edu.tr/sites/ee.tek.firat.edu.tr/files/Elektronik%20II%20Laboratuvar%-C4%B1%20Op-Amp%20Deney%20F%C3%B6y%C3%BC.pdf/ (Erişim Tarihi: 23.10.2020 10.37)
» https://fayllar.org/1-genel-tanmlar.html (24.10.2020 10.10)
» https://web.itu.edu.tr/~dokur/EMG_Giris/EMG_07.pdf (24.10.2020 10.10)
» https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/18694/1/19252.pdf (24.10.2020 10.13)
» http://docs.neu.edu.tr/staff/asli.aykac/biyomedikal%20sinyal%20analizleri-2015_92.pdf (24.10.2020 10.15)
» http://kisi.deu.edu.tr//ozlem.karaca/sys11.pdf (24.10.2020 10.21)
» http://tec.ege.edu.tr/dersler/2014_B5_ADC.pdf (24.10.2020 10.22)
» https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/bilgisayar_112c2.pdf (24.10.2020/10:23)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/CBI2N6Udeney-7-pasif-elektronik-filtreler.pdf (26.10.2020 18.32)
» https://diyot.net/mikroislemci-ile-mikrodenetleyici-arasindaki-farklar/(26.10.2020 13.11)
» https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/mikroislemci-ve-mikrodenetleyici-arasnda-ki-farklar-elektrikport-akademi/8139#ad-image-0 (26.10.2020 13.13)
» https://www.mertmekatronik.com/mikrodenetleyici-nedir---mikroişlemci-ile-arasında-ki-farklar (26.10.2020 13.14)
» http://www.baskent.edu.tr/~btezcan/courses/EEM332/MIKRODENETLEYICILER.pdf (26.10.2020 13.15)
» http://tdk.gov.tr/
» https://diyot.net/diyakin-yapisi-ve-ozellikleri/
» https://teknolojiprojeleri.com/elektronik/diyak-nedir

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

» https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiMmOfFgNLsAhWW3YUKHWSkAJ4QFjAHegQIChAC&url=https%3A%2F%2Fwww.elektronikhaberlesme.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F04%2FM%25C4%25B0KRODENETLEY%25C4%25B0C%25C4%25B0LER%2520VE%2520PIC%2520PROGRAMLAMA.ppt&usg=AOvVaw35kczMetWpCyEfVvICI8iH (26.10.2020 13.16)

» http://muhammetbaykara.com/wp-content/uploads/2017/02/YMT216-Mikroişlemciler-ve-Programlama-DERS-NOTLARI.pdf (26.10.2020 13.17)

» http://www.robotiksistem.com/mikrodenetleyici_nedir_pic_ozellikleri.html (26.10.2020 13.58)

» http://www.emo.org.tr/ekler/0aee3a5f4643755_ek.pdf?dergi=104 (27.10.2020 18.49)

» http://www.emo.org.tr/ekler/01359d141a00e28_ek.pdf (27.10.2020 19.15)

» https://web.itu.edu.tr/kuntman/lisans/elh426/EE4C.pdf (28.10.2020 11.05)

» http://www.olcumbilim.org/wp-content/uploads/bildiriler/1997-14.pdf (28.10.2020 11.06)

» http://temrinlerim.org/index.php?page=turn_off_tip_transistorlu_zamanlayici (02.11.2020 17.30)

» https://diyot.net/zaman-gecikmesiyle-calisan-turn-on-devreler/ (04.11.2020 14.15)

» http://temrinlerim.org/index.php?page=turn_off_tip_transistorlu_zamanlayici (08.11.2020 22.30)

» https://cdn2.beun.edu.tr/eem/7fc062d5c3bbf62aef4b7b44220cbaab/eem306elektroniklabii-20162017bahar.pdf (09.11.2020 13.06)

» https://muhendislik.sdu.edu.tr/assets/uploads/sites/152/files/deney-2-07032016.pdf (11.11.2020 16.48)

» https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/trabzonelektrik_0779a.pdf (11.11.2020 16.48)

» https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/620696/TI1/ADC0804.html (11.11.2020 19.20)

» https://html.alldatasheet.com/html-pdf/8295/NSC/DAC0800/122/3/DAC0800.html (11.11.2020 19.57)

» http://www.baskent.edu.tr/~btezcan/courses/EEM332/MIKRODENETLEYICILER.pdf (22.11.2020 11.07)

» https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=3297(22.11.2020 11.20)

» http://kisi.deu.edu.tr/userweb/asli.ergun/arduinoileprogramlama.pdf (23.11.2020 12.09)

» https://www.edn.com/designcenter/test-measurement/ (27.11.2020 19.03)

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

» http://www.ecekalibrasyon.com/duyuru-kalibrasyon-cesitleri.html (30.11.2020 12.00)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/ULD9SIJmerged.pdf (30.11.2020 12.10)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/?DuyuruID=238 (30.11.2020 12.05)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/NTRCWL7deney-no-2.pdf (30.11.2020 12.20)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/343DN5Zdeney-no-3-ekg-kalibrasyonu.pdf (Erişim Tarihi 30.11.2020 13.00)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/V0PKRYSdeney-4-hbm-kalibrasyonu.pdf (30.11.2020 13.01)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/LO1OE1Zdeney-no-5.pdf (30.11.2020 13.50)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/ACVM37Rdeney-no-6.pdf (30.11.2020 13.45)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/?DuyuruID=295 (30.11.2020 13.25)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/BNOXU5Bdeney-no-8.pdf (30.11.2020 13.30)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/37HALGKegt-kalirasyon-part-1.rar (30.11.2020 13.46)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/5O33BX8egt-kalibrasyon-part-2.rar (30.11.2020 13.47)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/3VLI1STegt-kalibrasyon-part-3.rar (Erişim Tarihi 30.11.2020 13.48)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/K5CIH0Hegt-kalibrasyon-part-4.rar (Erişim Tarihi 30.11.2020 13.49)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/SLZ3W2O7.-hafta-deneyleri.rar (Erişim Tarihi 30.11.2020 13.50)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/acaliskan/TCG2016.html (Erişim Tarihi 30.11.2020 10.40)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/acaliskan/tctekno.html (Erişim Tarihi 30.11.2020/10:45)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/acaliskan/klinik.html (Erişim Tarihi 30.11.2020 /10:50)
» https://biomed.erciyes.edu.tr/acaliskan/TCG_Sunum5_2015.pdf (Erişim Tarihi 30.11.2020/11:00)
» https://www.baskent.edu.tr/~tkaracay/etudio/ders/prg/java/ch05/dataTypes.htm (30.11.2020 11.57)
» https://icerik.ataaof.edu.tr/?d=programlamatemelleri (30.11.2020 12.20)
» https://koddefteri.net/arduino/temel-arduino-dersleri/arduino-diziler.html (01.12.2020 10.32)
» http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Cihaz%20D%C4%B1%-C5%9F%C4%B1%20Ar%C4%B1zalar.pdf (01.12.2020 12.17)

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

» http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mr%20Donanımları.pdf (01.12.2020 12.02)
» http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Arıza%20Analiz%20Yöntemleri%20Ve%20Arıza%20Giderme.pdf (01.12.2020 12.05)
» http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Biyomedikal%20Elektromekanik.pdf (01.12.2020 12.02)
» http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sistemlerde%20Ar%C4%B1za%20Analizi.pdf (01.12.2020 12.11)
» http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Hata%20Kodlar%C4%B1%20Ve%20Modifikasyon.pdf (01.12.2020 12.12)
» https://geturkiyeblog.com/wilhelm-conrad-rontgen-x-isinlarinin-kesfi/ (Erişim Tarihi 02.12.2020 09.10)
» https://lifeofmedical.com/x-ray-rontgen-nedir/ (Erişim Tarihi 02.12.2020 10.00)
» https://staff.emu.edu.tr/alperdoganalp/Documents/courses/bmet253/Ders%202(%20CT).ppt (Erişim Tarihi 02.12.2020 11.00)
» https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/838212 (Erişim Tarihi 03.12.2020 / 13:10)
» https://neu.edu.tr/wp-content/uploads/2015/11/USG-C%C4%B0HAZI- B%C4%B-0LE%C5%9EENLER%C4%B0-ve-%C3%87ALI%C5%9EMA-PRENS%C4%B-0B%C4%B0-Murat-Kocao%C4%9Flu.pdf (Erişim Tarihi 03.12.2020 13.10)
» https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/ultrasonografi/13430 (Erişim Tarihi 03.12.2020 13.30)
» https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/nukleertip_cdd00.pdf (Erişim Tarihi 03.12.2020 13.40)
» http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Defibrilat%C3%B6r%20Cihazlar%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi 03.12.2020 14.10)
» http://acikerisim.harran.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11513/2459/576563.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Erişim Tarihi 04.12.2020 14.10)
» http://biyokam.gazi.edu.tr/posts/view/title/kalibrasyon-nedir%3F-62218 (Erişim Tarihi 07.12.2020 16.10)
» https://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/ume/medikal_kal_olc.pdf (Erişim Tarihi 08.12.2020 14.26)
» https://www.netes.com.tr/urun/incu-inkubator-analizoru (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.00)
» https://www.netes.com.tr/urun/index2-xl-pulsoksimetre-simulatoru (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.05)

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

» https://www.netes.com.tr/urun/qa-es-iii-elektrocerrahi-analizoru (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.10)
» https://web.itu.edu.tr/~petricli/fotoelektronik.pdf (Erişim Tarihi: 09.12.2020 15.10)
» https://staff.emu.edu.tr/alimurat/tr/Documents/donusturuculer.ppt (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.10)
» https://kisi.deu.edu.tr/asli.ergun/5-Optik%20Sensor%20ve%20Transduserler.pdf (Erişim Tarihi: 09.12.2020 15.10)
» https://www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum4_03.html (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.10)
» http://cms.galenos.com.tr/Uploads/Article_16396/NTS-3-3.pdf (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.10)
» https://www.ttb.org.tr/mevzuat/index.php?option=com_content&view=article&id=143:r adyasyon-genlyetmel&catid=2:ymelik&Itemid=33 (Erişim Tarihi 09.12.2020 15:10)
» https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/357276 (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.10)
» https://staff.emu.edu.tr/alimurat/Documents/BME%20251%20elektrotlar.ppt (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.10)
» http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrotlar.pdf (Erişim Tarihi 09.12.2020 15.10)
» http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mikrodenetleyici%20Programlama.pdf (10.12.2020 19.40)
» http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mikroişlemci%20Ve%20Mikrodenetleyiciler.pdf (10.12.2020 19.40)
» http://antistatikterlik.com/antistatik-terlik-nedir/ (20.12. 2020 16.30)
» https://maker.robotistan.com/arduino-dersleri-19-hc-sr04-ultrasonik-mesafe-sensoru-kullanimi/ (5.01.2021 15.00)
» https://maker.robotistan.com/arduino-hareket-pir-sensoru-hirsiz-alarmi/ (5.01.2021 21.00)
» https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/153343/mod_resource/content/2/1.Hafta%20ve%202.Hafta%20%20%C3%96l%C3%A7me%20ve%20Fiziksel%20B%C3%BCy%C3%BCkl%C3%BCkler.pdf (Erişim Tarih 22.01.2021)
» https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/elektrikelektronikmuhendisligi/Editor/DERS/Laboratuvar%20Deney%20F%C3%B6yleri/Elektrik%20M%C3%BChendisli%C4%9Finde%20%C3%96l%C3%A7me%20Laboratuvar%C4%B1.pdf (Erişim Tarih 22.01.2021)

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

» https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/trabzonelektrik_f0391.pdf (Erişim Tarihi 22.01.2021)
» https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/trabzonelektrik_01e3d.pdf (Erişim Tarihi 22.01.2021)
» http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/handle/11655/2725 (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/1731/1/426032.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» https://avesis.karabuk.edu.tr/resume/downloadfile/aydinozkul?key=b3f9fe08-86ad-4cf-f-8b3e-fa586e753876 (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» https://avesis.karabuk.edu.tr/resume/downloadfile/aydinozkul?key=7d26a-df2-1185-4172-972c-a3691f1a6bdc (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» https://www.muhendisbeyinler.net/mikroislemci-ve-mikrodenetleyici-programlama/ (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» https://www.tinkercad.com/things/71x3q17BDaU-terrific-elzing/editel?tenant=circuits (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» https://mblock.makeblock.com/en-us/download/ (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» https://www.arduino.cc/en/Main/Software (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/8ffc900b5cbc5da731e0c85cbe73c869/olcme-ders-notu-2.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» http://oguzhancakmak.com.tr/wp-content/uploads/2018/03/5-multivibratorler.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» file:///H:/K%C4%B0TAP%20NOTLARIM/temrinler/Anahtarlama%20Elemanlar%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» file:///H:/K%C4%B0TAP%20NOTLARIM/Triyak%20Diyak%20Notlar.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Ard%C4%B1%C5%9F%-C4%B1k%20Mant%C4%B1k%20Devreleri.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» http://www.senolkumsar.com/FileUpload/op462866/File/ardisik_mantik_devreleri4-pdf.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» file:///C:/Users/Admin/Desktop/silo.tips_blm-teknolojler.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)
» file:///H:/K%C4%B0TAP%20NOTLARIM/temrinler/Anahtarlama%20Elemanlar%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi 23.01.2021)

GÖRSEL KAYNAKÇA

www.shutterstock.com Sitesinden Alınanlar (Görsel Adı - ID Numarası)		
Görsel 1.2 - 1223035351	Görsel 1.10 - 555619009	Görsel 1.13 - 1693029739
Görsel 1.23 - 1120403114	Görsel 1.25 - 1125484400	Görsel 1.26 - 795385306
Görsel 1.27 - 179392559	Görsel 1.28 - 1113652706	Görsel 1.29 - 1854443230
Görsel 1.30 - 1854443230	Görsel 1.31 - 1663126693	Görsel 1.32 - 1327739663
Görsel 1.35 - 1521987770	Görsel 1.36 - 1389017927	Görsel 1.37 - 1617946885
Görsel 1.39 - 1052265290	Görsel 1.40 - 598627607	Görsel 1.41 - 1052265290
Görsel 1.48 - 385952971	Görsel 1.52 - 1272933412	Görsel 2.14 - 1686304315
Görsel 2.15 - 387024868	Görsel 2.16 - 149006081	Görsel 2.17 - 421937914
Görsel 2.18 - 1419090428	Görsel 2.19 1307518585 - 1307533828	Görsel 2.20 - 1379900927
Görsel 2.21 - 1006614664	Görsel 2.22 - 640139005	Görsel 2.23 - 1061157113
Görsel 2.24 - 140022184	Görsel 2.25 87379826 - 738314269	Görsel 2.26 - 1455333089
Görsel 2.27 - 1714155286	Görsel 2.28 - 218458957	Görsel 2.29 - 1370040149
Görsel 2.30 - 81814570	Görsel 2.31 - 737535667	Görsel 2.32 - 1125734126
Görsel 2.33 - 1734804401	Görsel 2.43 - 1251602020	Görsel 2.45 - 1880879287
Görsel 2.46 - 619728899	Görsel 2.51 - 660110389	Görsel 2.52 - 441690835
Görsel 2.53 - 480154003	Görsel 2.54 - 563073805	Görsel 2.55 - 134519714
Görsel 3.1 1079571362 - 57952399	Görsel 3.14 - 1385688572	Görsel 3.15 - 1684197715
Görsel 3.25 - 1134015974	Görsel 3.26 - 1683483640	Görsel 3.33 - 1093980779
Görsel 3.35 - 1418515010	Görsel 3.36 - 701241775	Görsel 3.40 - 1559161868
Görsel 3.41 - 685630999	Görsel 3.42 - 632331882	Görsel 3.43 - 1760897942
Görsel 3.44 - 1297274746	Görsel 3.45 - 754358494	Görsel 3.46 - 1572584662
Görsel 3.51 - 731504263	Görsel 3.52 - 655931713	Görsel 3.53 - 731504263
Görsel 3.54 - 754499206	Görsel 3.55 - 33674134	Görsel 3.56 - 711623833
Görsel 3.59 - 158197403	Görsel 3.60 - 139232431	Görsel 3.61 - 1168807465
Görsel 3.62 - 1563208432	Görsel 3.63 - 1553535077	Görsel 3.64 - 1715183638
Görsel 3.67 736359688 - 1661565358	Görsel 3.68 - 1651362466	Görsel 3.69 - 1396569611
Görsel 3.70 - 1292397385	Görsel 3.71 - 541045471	Görsel 3.72 - 128059580
Görsel 3.73 - 738314269	Görsel 3.75 - 1522279529	Görsel 3.76 - 419121529

GÖRSEL KAYNAKÇA

www.shutterstock.com Sitesinden Alınanlar (Görsel Adı - ID Numarası)		
Görsel 3.77 - 1873290376	Görsel 4.8 - 406534519	Görsel 5.4a - 1165977409
Görsel 5.4b - 717275836	Görsel 5.7 - 722038174	Görsel 5.9 - 1406169773
Görsel 5.11 - 36662362	Görsel 6.1 - 1559138579	Görsel 6.2 - 450324109
Görsel 7.7 - 1406340344	Görsel 7.8 - 661678705	Görsel 7.12 - 773585194
Görsel 7.13 - 1690881166	Görsel 7.15 - 1431358286	Görsel 7.18 - 298482683
Görsel 8.1 - 1715896345	Görsel 8.2 - 315062588	Görsel 8.5 - 149159105
Görsel 8.6 - 1536177110	Tablo 8.1 - 783393946	1. Ünite kapak - 1179815515
2. Ünite kapak - 247729387	3. Ünite kapak - 1036798276	4. Ünite kapak - 129850421
5. Ünite kapak - 20425861	8. Ünite kapak - 626640563	

tr.123rf.com Sitesinden Alınanlar (Görsel Adı - ID Numarası)		
Görsel 1.6 - 141055006	Görsel 1.14 - 127230552	Görsel 1.44 - 133812751
Görsel 1.45 - 22981790	Görsel 3.3 - 39232726	Görsel 3.5 - 359498
Görsel 4.2 119725578 - 131983360	Görsel 4.3 417318127 - 1175809159	Görsel 4.6 - 22679553
Görsel 4.19 - 3798668	Görsel 6.3 - 104488237	Görsel 6.26 - 4181121
Görsel 7.6 - 56466936	Görsel 7.9 - 132078898	Görsel 7.10 - 85984621
Görsel 7.23 - 123669957	Görsel 8.7 - 97852882	6. Ünite kapak - 92026598
7. Ünite kapak - 48217377		

Diğer Sitelerden Alınanlar		
Görsel 1.3	Görsel 1.4	Görsel 1.5
Görsel 1.7	Görsel 1.8	Görsel 1.9
Görsel 1.15	Görsel 1.16	Görsel 1.17
Görsel 1.18	Görsel 1.19	Görsel 1.20
Görsel 1.21	Görsel 1.22	Görsel 1.24
Görsel 1.33	Görsel 1.34	Görsel 1.38
Görsel 1.42	Görsel 1.43	Görsel 1.47
Görsel 1.50	Görsel 1.54	Görsel 1.55
Görsel 3.4	Görsel 3.7	Görsel 3.10

GÖRSEL KAYNAKÇA

Diğer Sitelerden Alınanlar		
Görsel 3.11	Görsel 3.16	Görsel 3.19
Görsel 3.20	Görsel 3.21	Görsel 3.22
Görsel 3.23	Görsel 3.29	Görsel 3.30
Görsel 3.31	Görsel 3.32	Görsel 3.37
Görsel 3.38	Görsel 3.39	Görsel 3.48
Görsel 3.49	Görsel 3.50	Görsel 3.66
Görsel 3.81	Görsel 3.82	Görsel 3.83

Yazarın Kendi Çizdikleri		
Görsel 1.1	Görsel 1.12	Görsel 1.46
Görsel 1.49	Görsel 1.51	Görsel 1.53
Görsel 2.1	Görsel 2.2	Görsel 2.3
Görsel 2.4	Görsel 2.5	Görsel 2.6
Görsel 2.7	Görsel 2.8	Görsel 2.9
Görsel 2.10	Görsel 2.11	Görsel 2.12
Görsel 2.13	Görsel 2.34	Görsel 2.35
Görsel 2.36	Görsel 2.37	Görsel 2.38
Görsel 2.39	Görsel 2.40	Görsel 2.41
Görsel 2.42	Görsel 2.44	Görsel 2.47
Görsel 2.48	Görsel 2.49	Görsel 2.50
Görsel 2.56	Görsel 2.57	Görsel 2.58
Görsel 2.59	Görsel 2.60	Görsel 2.61
Görsel 3.2	Görsel 3.6	Görsel 3.8
Görsel 3.9	Görsel 3.12	Görsel 3.13
Görsel 3.17	Görsel 3.18	Görsel 3.47
Görsel 3.57	Görsel 3.58	Görsel 3.65
Görsel 3.74	Görsel 3.78	Görsel 3.79
Görsel 3.80	Görsel 4.1	Görsel 4.4
Görsel 4.5	Görsel 4.7	Görsel 4.9

GÖRSEL KAYNAKÇA

Yazarın Kendi Çizdikleri		
Görsel 4.10	Görsel 4.11	Görsel 4.12
Görsel 4.13	Görsel 4.14	Görsel 4.15
Görsel 4.16	Görsel 4.17	Görsel 4.18
Görsel 4.20	Görsel 4.21	Görsel 4.22
Görsel 4.23	Görsel 5.1	Görsel 5.2
Görsel 5.3	Görsel 5.5	Görsel 5.6
Görsel 5.8	Görsel 5.10	Görsel 5.12
Görsel 5.13	Görsel 5.14	Görsel 5.15
Görsel 5.16	Görsel 5.17	Görsel 5.18
Görsel 5.19	Görsel 5.20	Görsel 5.21
Görsel 5.22	Görsel 5.23	Görsel 5.24
Görsel 5.25	Görsel 5.26	Görsel 5.27
Görsel 5.28	Görsel 5.29	Görsel 5.30
Görsel 5.31	Görsel 5.32	Görsel 5.33
Görsel 5.34	Görsel 5.35	Görsel 5.36
Görsel 5.37	Görsel 5.38	Görsel 5.39
Görsel 5.40	Görsel 5.41	Görsel 5.42
Görsel 5.43	Görsel 5.44	Görsel 5.45
Görsel 5.46	Görsel 5.47	Görsel 5.48
Görsel 5.49	Görsel 5.50	Görsel 5.51
Görsel 5.52	Görsel 5.53	Görsel 5.54
Görsel 5.55	Görsel 5.56	Görsel 5.57
Görsel 6.4	Görsel 6.5	Görsel 6.6
Görsel 6.7	Görsel 6.8	Görsel 6.9
Görsel 6.10	Görsel 6.11	Görsel 6.12
Görsel 6.13	Görsel 6.14	Görsel 6.15

GÖRSEL KAYNAKÇA

Yazarın Kendi Çizdikleri		
Görsel 6.16	Görsel 6.17	Görsel 6.18
Görsel 6.19	Görsel 6.20	Görsel 6.21
Görsel 6.22	Görsel 6.23	Görsel 6.24
Görsel 6.25	Görsel 6.28	Görsel 7.1
Görsel 7.2	Görsel 7.3	Görsel 7.4
Görsel 7.5	Görsel 7.11	Görsel 7.14
Görsel 7.16	Görsel 7.17	Görsel 7.19
Görsel 7.20	Görsel 7.21	Görsel 7.22
Görsel 8.3	Görsel 8.4	Görsel 8.8
Görsel 8.9	Görsel 8.10	Görsel 8.11
Görsel 8.12	Görsel 8.13	Görsel 8.14
Görsel 8.15	Görsel 8.16	Görsel 8.17
Görsel 8.18	Görsel 8.19	Görsel 8.20
Görsel 8.21	Görsel 8.22	Görsel 8.23
Görsel 8.24	Görsel 8.25	Görsel 8.26
Görsel 8.27	Görsel 8.28	Görsel 8.29
Görsel 8.30a	Görsel 8.30b	Görsel 8.31a
Görsel 8.31b	Görsel 8.32a	Görsel 8.32b
Görsel 8.33a	Görsel 8.33b	Görsel 8.34a
Görsel 8.34b	Görsel 8.35a	Görsel 8.35b
Görsel 8.36a	Görsel 8.36b	Görsel 8.37a
Görsel 8.37b	Görsel 8.38a	Görsel 8.38b
Görsel 8.39a	Görsel 8.39b	Görsel 8.40
Görsel 8.41	Görsel 8.42	