

SENSÖRLER 10



DERS KİTABI



T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ ALANI

SENSÖRLER

10

DERS KİTABI

YAZARLAR

Akın KAHRAMAN
Mehmet AŞIK
Mehmet GÖVERDİK
Murat BÜYÜKBAYRAKTAR
Mustafa GÜNEŞ
Turgay İŞBİLEN



T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI

Sinan DURAN

PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI

Murat DAĞ

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME UZMANI

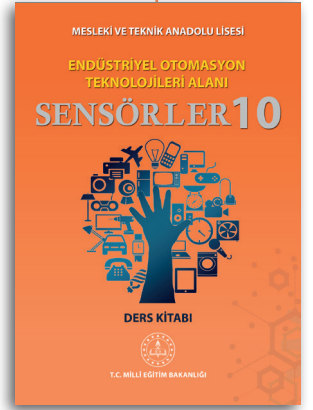
Gülhan ŞAHİN

REHBERLİK VE GELİŞİM UZMANI

Serpil GÜLER

GÖRSEL TASARIM UZMANI

Ahmet BAŞ





İSTİKLÂL MARŞI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mehmet Âkif Ersoy

GENÇLİĞE HİTABE

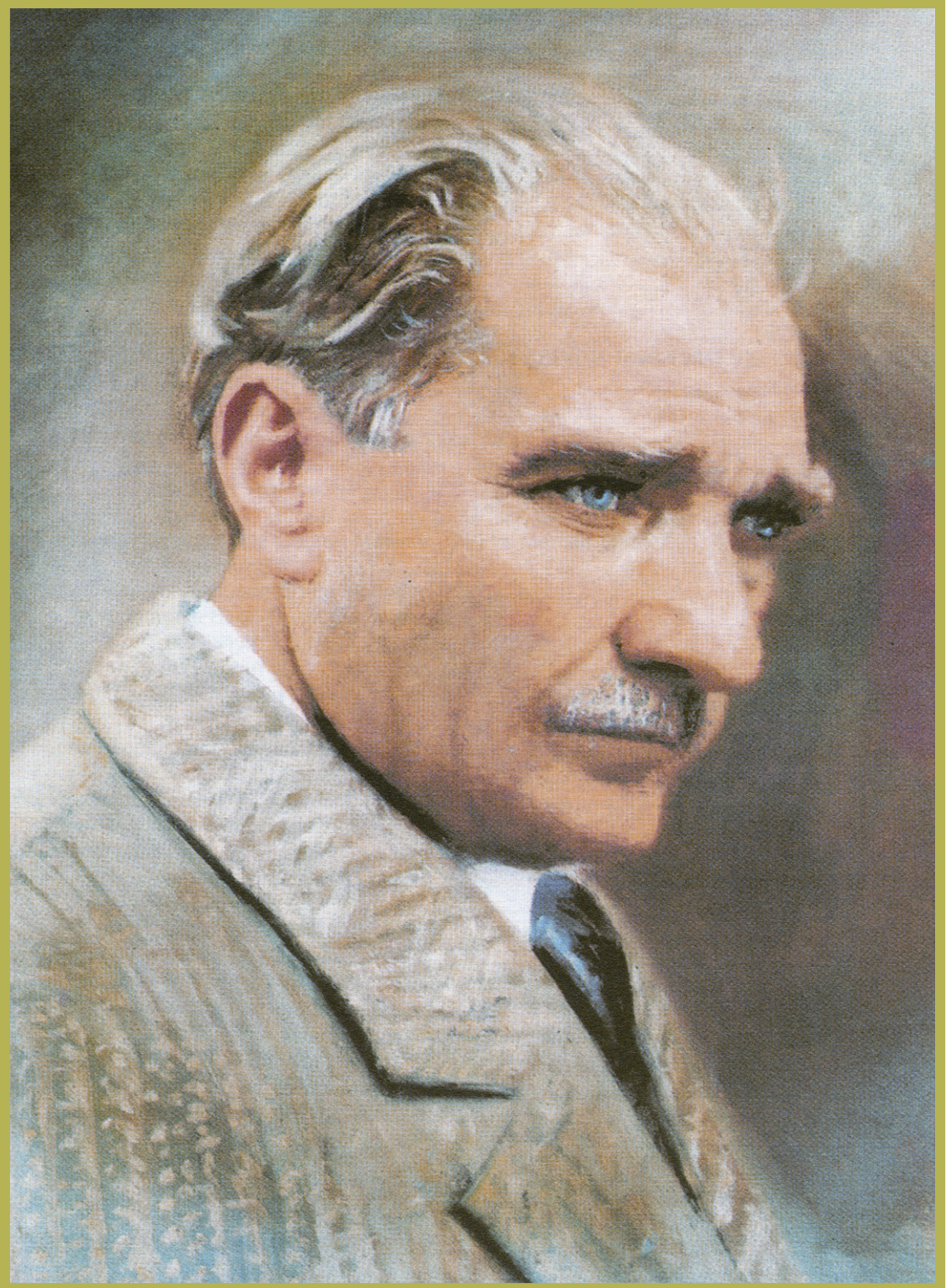
Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

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

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

Mustafa Kemal Atatürk





MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

ÖĞRENME BİRİMİ 1

SENSÖRLERİN YAPI ÖZELLİKLERİ

1.1. SENSÖR VE TRANSDÜSER.....	14
1.1.1. Sensör ve Transdüser Kavramları	14
1.1.1.1. Sensör	15
1.1.1.2. Transdüser	16
1.1.1.3. Temel ve Türetilmiş Büyüklükler	16
1.1.1.4. Transdüserlerin Sınıflandırılması	18
1.1.1.5. Dönüştürme Metotları.....	19
1.1.1.6. Sensörlerin Gelişim Aşamaları	20
1.1.2. Farklı Araç ve Gereçlerde Kullanılan Sensörler	23
1.1.3. Sensör Seçimi.....	32
1.1.3.1. Sensörlerin Sınıflandırılması	32
1.1.3.2. Sensörlerin Özellikleri	35
1.1.3.3. Sensör Seçim Ölçütleri.....	39
UYGULAMALAR.....	42
Uygulama 1: Sensörlerde Enerji Dönüşümü	42
Uygulama 2: Otomobillerde Kullanılan Sensörler	44
Uygulama 3: Sıcaklık Ölçümünde Sensör Seçimi	46
1.2. SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ.....	48
1.2.1. Sensör ve Duyu Organı İlişkisi	48
1.2.1.1. Kulakta işitme Duyusunun Gerçekleşmesi	48
1.2.1.2. İnsan Duyuları ile Makine Duyumları	50
1.2.2. Sensörlerin Algılaması Sonucu Çıkış Sinyallerinin Oluşumu	50
1.2.2.1. Voltaj Değişimine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması	51
1.2.2.2. Kapasitans Değişimine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması	57
1.2.2.3. Direnç Değişimine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması	60
1.2.2.4. Manyetizma Etkisine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması	66
UYGULAMALAR.....	73
Uygulama 1: Hall Etkili Sensör Yapımı	73
Uygulama 2: Güneş Pili Bahçe Aydınlatma ve Şarj Sensör Yapımı	75
Uygulama 3: Optik Sensör Yapımı.....	77
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	79
Ölçme ve Değerlendirme 1: Sensör ve Transdüser	79
Ölçme ve Değerlendirme 2: Sensör ve Transdüser	80
Ölçme ve Değerlendirme 3: Sensörlerin Çalışma Prensipleri	81
Ölçme ve Değerlendirme 4: Sensörlerin Çalışma Prensipleri	82

İÇİNDEKİLER

ÖĞRENME BİRİMİ 2

KULLANIM ALANLARINA GÖRE SENSÖRLER

2.1. MEKANİK TERMAL VE ELEKTRİKSEL SENSÖRLER	84
2.1.1. Mekanik Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler	84
2.1.1.1. Su Akış ve Hidrolik Basınç Sensörü	87
2.1.1.2. Eğim Sensörü	89
2.1.1.3. Ultrasonik Mesafe Sensörü	91
2.1.2. Termal (Isı) Etkisine Bağlı Olarak Çalışan Sensörler	92
2.1.2.1. NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörü	93
2.1.2.2. DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörü	94
2.1.3. Elektrik Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler	95
2.1.3.1. Kapasitif Pnp Yakınlık Sensörü	96
2.1.3.2. MAX4466 Elektret Mikrofon (Ses) Sensörü	98
2.1.3.3. Yağmur Sensörü	99
2.1.3.4. Toprak Nem Sensörü	101
2.2. MANYETİK IŞIMA VE KİMYASAL SENSÖRLER.....	103
2.2.1. Manyetik Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler	103
2.2.1.1. ACS712 Akım Sensörü.....	104
2.2.2. Işınım (Optik) Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler	106
2.2.2.1. Kızılötesi (IR) Yakınlık (Mesafe Ölçüm) Sensörü	109
2.2.2.2. Kızılötesi (IR) Cisim Algılama Sensörü	111
2.2.2.3. Kızılötesi (IR) Oluklu Optik Hız Sensörü	113
2.2.2.4. HC-SR501 Ayarlanabilir IR Hareket Algılama Sensörü	115
2.2.2.5. Ateş Algılayıcı Sensör (Flame Sensör)	117
2.2.2.6. LDR Sensör.....	119
2.2.3. Kimyasal Etkilere Bağlı Olarak Çalışan Sensörler	120
2.2.3.1. Karbonmonoksit (CO) Sensörü	121
2.2.3.2. Dijital Hava Basıncı Sensörü.....	123
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	124
Ölçme ve Değerlendirme 1: Mekanik Termal ve Elektriksel Sensörler	124
Ölçme ve Değerlendirme 2: Mekanik Termal ve Elektriksel Sensörler	125
Ölçme ve Değerlendirme 3: Manyetik Işınım ve Kimyasal Sensörler	126
Ölçme ve Değerlendirme 4: Manyetik Işınım ve Kimyasal Sensörler	127
CEVAP ANAHTARI	128
KAYNAKÇA.....	129



Öğrenme biriminin kapağını gösterir.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme biriminin karekodunu gösterir.

Öğrenme biriminin konu başlıklarını gösterir.



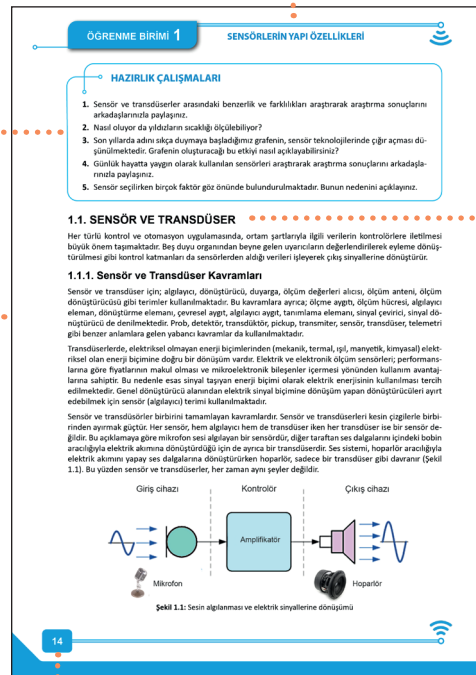
Konunun hazırlık çalışmalarını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Konunun adını gösterir.

Konu anlatımı sayfasını gösterir.

Sayfa numarasını gösterir.





KİTABIN TANITIMI

Uygulamanın numarasını gösterir.

Uygulama sayfasını gösterir.

ÖĞRENME BİRİMİ 1

SENSÖRLERİN YAPI ÖZELLİKLERİ

UYGULAMA

2

GÜNEŞ PİLLİ BAĞÇE AYDINLATMA VE ŞARJ SENSÖR YAPIMI

AMAÇ
Güneş pilleri hem pil hem de ışık sensörü şeklinde kullanarak aydınlatma ve şarj devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Şema

Şekil 1.57: Devre şeması

Gündüz, 1N4007 diyot iletimdedir. PNP transistör kesimdedir. Güneş pilli, 9 V'luk bataryayı şarj eder. Gece ise güneş pilli gerilim üretmez. Diyot kesime gider. Transistör iletime geçer ve devre 9 V'luk pil (bataryayı) üzerinden gündüz şarj edilmiş enerji ile çalışır (Şekil 1.57).

İşlem Basamakları

1. Devrede kullanılacak elemanların sağlamlık kontrolü yapılır.
2. Şekil 1.57'deki devre board üzerine kurulur.
3. Güneş pilli olarak "Kendin Yap 3" kısmında yapılan güneş pilli takılır. Pil çalışmaz ise başka bir güneş pilli takılır.
4. Şarj pilli dolu olup olmadığı kontrol edilir.
5. Anahtar kapatılır.
6. LED'in yavaş yanmadığı kontrol edilir.
7. Anahtar açılır.

Kullanılacak Araç, Gereç, Makine, Avadanlık

Adı	Özellikleri	Miktarı
Güneş pilli	12 V	1
Diyot	4.7 KΩ ve 100 Ω	1
LED	5 mm	1
Transistör	2N3906 (BC557)	1
Diyot ve anahtar	1N4007	1
Şarjli pil ve pil yatağı	9 V	1
Ölçü aleti ve board	-	1

Uygulamanın adını gösterir.

Uygulamanın şemasını gösterir.

Uygulamanın işlem basamaklarını gösterir.

Birinci öğrenme biriminde, konu içinde yapılan basit uygulamaları gösterir.

Bilgi Notu

Ardunio uyumlu MAX30100 Nabız ve Kalp Atış Hızı Sensör Modülü kullanarak mikrodenetleyici ile nabız ölçümü yapılmaktadır.

Araştırılın

Denizdeki ya da yeraltındaki doğal kaynakların yeri ve rezervi nasıl tespit edilir? Araştırıp sınıfta paylaşınız.

Düşünelim

Kapasitif sıvı seviye sensörleri ile diğer sıvı sensörlerini hassasiyet yönünden karşılaştırarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

Biliyor musunuz?

Sonar (Sound Navigation and Ranging)
Nesneden yansıyan ses dalgalarının geri gelme süresi, nesnelerin uzaklığı hakkında bilgi verir. Sonar, su altı hedefini tespit etmek ve hedefin yerini belirlemek için radarlarda olduğu gibi radyo dalgaları yerine yansıyan ses dalgalarını kullanır. Ses dalgalarının balıklara çarpıp sonara geri dönməsi sonucunda balıkların yerinin nasıl tespit edildiği yukarıdaki şekilde gösterilmiştir.

Şekil 2.14

İş Sağlığı ve Güvenliği

Ölçümü yapılan kimi büyüklükler tehlike oluşturabilir. Bu nedenle iş güvenliği tedbirleri alınarak ölçme yapılması önemlidir. İş kazalarının % 98'inin önlenabilir nitelikte olduğu unutulmamalıdır.

Bilgilendirme ve yönlendirme alanlarını gösterir.

KENDİN YAP 1

Termokupl'un (Isıl Çift) Yapılışı

Malzemeler

- Yan keski, kargaburun, ölçü aleti
- Farklı cins iki iletken tel (kesit 0,75-1,5 mm², boy 15 cm, bakır ve demir)

Fotoğraf 1.10 Fotoğraf 1.11 Fotoğraf 1.12

İşlem Basamakları

1. İletken teller bağ kısımlarından 3 cm soyulur (Fotoğraf 1.10).
2. Kargaburun kullanılarak teller birbiri üzerine bükülür (Fotoğraf 1.11).
3. Yankeskiyle bükülen tel kısımları 4 mm kalacak şekilde kesilir.
4. İmkan varsa ark kaynağı yapılır (Fotoğraf 1.12).
5. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim ölçülür.
6. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim tekrar ölçülür.

Not: Yandaki ölçü aletinde ölçülen değer gibi sıcaklıkla orantılı olarak mV değişimi gözlenmelidir.

SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI

Şekil 2.7: YF-5201 su akış sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün VCC (kırmızı) ve GND (siyah) uçlarına çalışma gerilimi verilir.
2. Ölçü aleti DC 20 V volt kademesine ayarlanır.
3. Ölçü aletinin (+) ucu sensörün dijital çıkış yani DO (sarı) ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. Sensör üzerindeki ok yönü istikametinden akış borusunun içine doğru üflemin (Türbin dönüş hızıyla orantılı olarak gerilim değişiminin izlenebilir olması gerekmektedir).

İkinci öğrenme biriminde, sensörlerin sağlamlık testini ve çalışmasını gösterir.



ÖĞRENME BİRİMİ

1



SENSÖRLERİN YAPI ÖZELLİKLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?



1. Sensör ve Transdüser
2. Sensörlerin Çalışma Prensipleri





HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Sensör ve transdüserler arasındaki benzerlik ve farklılıkları araştırarak araştırma sonuçlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Nasıl oluyor da yıldızların sıcaklığı ölçülebiliyor?
3. Son yıllarda adını sıkça duymaya başladığımız grafenin, sensör teknolojilerinde çığır açması düşünülmektedir. Grafenin oluşturacağı bu etkiyi nasıl açıklayabilirsiniz?
4. Günlük hayatta yaygın olarak kullanılan sensörleri araştırarak araştırma sonuçlarını arkadaşlarınızla paylaşınız.
5. Sensör seçilirken birçok faktör göz önünde bulundurulmaktadır. Bunun nedenini açıklayınız.

1.1. SENSÖR VE TRANSDÜSER

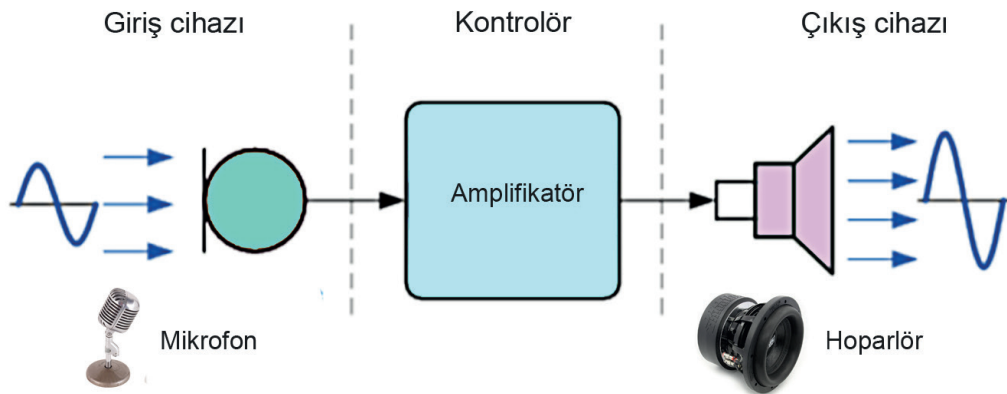
Her türlü kontrol ve otomasyon uygulamasında, ortam şartlarıyla ilgili verilerin kontrolörlere iletilmesi büyük önem taşımaktadır. Beş duyu organından beyne gelen uyarıcıların değerlendirilerek eyleme dönüştürülmesi gibi kontrol katmanları da sensörlerden aldığı verileri işleyerek çıkış sinyallerine dönüştürür.

1.1.1. Sensör ve Transdüser Kavramları

Sensör ve transdüser için; algılayıcı, dönüştürücü, duyurga, ölçüm değerleri alıcısı, ölçüm anteni, ölçüm dönüştürücüsü gibi terimler kullanılmaktadır. Bu kavramlara ayrıca; ölçme aygıtı, ölçüm hücresi, algılayıcı eleman, dönüştürme elemanı, çevresel aygıt, algılayıcı aygıt, tanımlama elemanı, sinyal çevirici, sinyal dönüştürücü de denilmektedir. Prob, detektör, transdüktör, pickup, transmitter, sensör, transdüser, telemetri gibi benzer anlamlara gelen yabancı kavramlar da kullanılmaktadır.

Transdüserlerde, elektriksel olmayan enerji biçimlerinden (mekanik, termal, ısı, manyetik, kimyasal) elektriksel olan enerji biçimine doğru bir dönüşüm vardır. Elektrik ve elektronik ölçüm sensörleri; performanslarına göre fiyatlarının makul olması ve mikroelettronik bileşenler içermesi yönünden kullanım avantajlarına sahiptir. Bu nedenle esas sinyal taşıyan enerji biçimi olarak elektrik enerjisinin kullanılması tercih edilmektedir. Genel dönüştürücü alanından elektrik sinyal biçimine dönüşüm yapan dönüştürücüleri ayırt edebilmek için sensör (algılayıcı) terimi kullanılmaktadır.

Sensör ve transdüserler birbirini tamamlayan kavramlardır. Sensör ve transdüserleri kesin çizgilerle birbirinden ayırmak güçtür. Her sensör, hem algılayıcı hem de transdüser iken her transdüser ise bir sensör değildir. Bu açıklamaya göre mikrofon sesi algılayan bir sensördür, diğer taraftan ses dalgalarını içindeki bobin aracılığıyla elektrik akımına dönüştürdüğü için de ayrıca bir transdüserdir. Ses sistemi, hoparlör aracılığıyla elektrik akımını yapay ses dalgalarına dönüştürürken hoparlör, sadece bir transdüser gibi davranır (Şekil 1.1). Bu yüzden sensör ve transdüserler, her zaman aynı şeyler değildir.



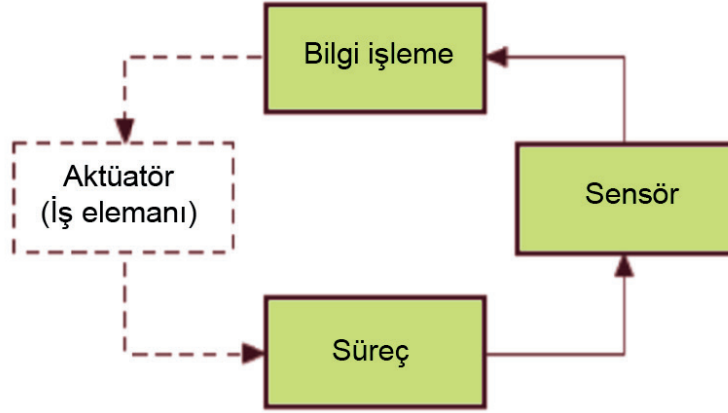
Şekil 1.1: Sesin algılanması ve elektrik sinyallerine dönüşümü





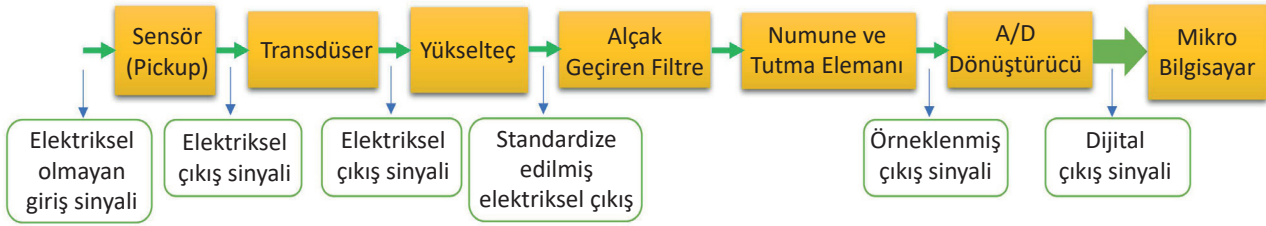
Ölçüm Sistemleri

Ölçüm sisteminin amacı, değişken bir fiziksel büyüklüğü (ölçülen büyüklük) ölçmek ve elde edilen bilgiyi işlemektir. Ölçüm sistemlerinin ilk elemanı sensör veya algılama elemanıdır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Sensörlerde süreç ve bilgi işleme arasındaki bağlantı

Mekatronik sistemler, genellikle sensörden aldıkları elektriksel çıkış sinyaline göre hareket eder. Sensörlerin öncelikli görevi, ölçülen büyüklüğü algılamak ve bu büyüklüğü uygun bir elektriksel sinyale dönüştürmektir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: Standart bir ölçüm sistemi blok şeması

Çıkış sinyalinin özellikleri sensörün ölçüm prensibine bağlıdır. Transdüser (dönüştürücü) ve yükselteçler sensör çıkış sinyalini, 0-20 mA/4-20 mA veya 0-10 V gibi standart bir elektrik sinyaline dönüştürür. Yüksek frekanslı sinyallerin sensör üzerindeki parazit etkisini azaltmak için alçak frekans sinyal geçiren filtre devreleri kullanılır. Sensör sinyali bir mikroişlemci tarafından işlenecek ise bir örnekle tut ve analogdan dijital dönüştürücü devresi gerekir.

1.1.1.1. Sensör

Sensör sözcüğü İngilizce hissetmek anlamına gelen **to sense** söz öbeğinden gelmektedir. Türkçe’de sensör sözcüğü yerine algılayıcı veya duyurga kullanılmaktadır. Sensörler; dışarıdan gelen ısı, ışık, nem, ses, basınç, kuvvet, elektrik, uzaklık, ivme ve pH gibi fiziksel ya da kimyasal büyüklüklerin değişimini algılar. Sensörlerden alınan veriler, elektrik sinyaline dönüştürüldükten sonra elektronik devreler ya da mikrodenetleyiciler tarafından yorumlanarak mekanik aletler kumanda edilebilir. Bu sayede hem günlük faaliyetler hem de endüstriyel üretim süreçleri çok kolaylaşmış olur.

Sensörler, bir fiziksel niceliğin değişimini var/yok (1 ya da 0) şeklinde algılayabilir. Ani etkili bir anahtarın harekete geçirilmesi ya da bir transistörün tetiklenmesi **anahtar** olarak adlandırılır. Örnek: seviye, basınç ve akış anahtarı vb.

Sensörler teknolojik gelişmelere bağlı olarak daha karmaşık bir hal almıştır. Bu nedenle; algılama, dönüştürme vb. süreçlerin hepsini kapsayan sistemlere de sensör denildiği ve genel bir kavram olduğu unutulmamalıdır.





1.1.1.2. Transdüser

Transdüserler, bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştüren cihazlardır. Farklı yapıda birçok enerji türü ve bu enerji türleriyle ilgili büyüklükler vardır. Değişken olan akış hızı, uzunluk, basınç, sıcaklık, nem, ses, infraruj, görünen ışık, ultraviyole, X ışını gibi büyüklükler elektrikle ilgili başka bir değişkene dönüştürülebilir. Bir dinamik değişkenin değişimi algılanıp çıkışına oransal bir elektrik akımı ya da gerilimi olarak aktarılıyorsa bu durum **transdüser** olarak adlandırılır. Örnek: Akış transdüseri, fark basınç transdüseri, ultrasonik transdüser vb.

1.1.1.3. Temel ve Türetilmiş Büyüklükler

Fizik biliminde ölçülecek büyüklükleri nicel olarak tanımlayan sayısal değerlere ihtiyaç duyulur. Bu sayısal değerlere **fiziksel nicelik** adı verilir. Kütle, uzunluk, zaman, hız, ivme, kuvvet, sıcaklık, enerji, elektrik alan şiddeti, manyetik akı gibi çok sayıda fiziksel nicelik vardır. Fiziksel nicelikler **temel fiziksel nicelikler** ve **türetilmiş fiziksel nicelikler** olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Temel Nicelikler: Doğrudan belirlenen, yani başka fiziksel nicelikler yardımıyla belirlenmeyen niceliklerdir. Tablo 1.1’de kütle, zaman, uzunluk gibi temel büyüklükler ve ölçümleri görülmektedir.

Tablo 1.1: SI Birim Sistemindeki Temel Büyüklükler ve Ölçümleri

Fiziksel Büyüklük	Birimi	Sembolü	Ölçme Aracı
Kütle	Kilogram	kg	Terazi 
Işık şiddeti	Kandela	cd	Lüksmetre 
Sıcaklık	Kelvin	K	Termometre 
Akım şiddeti	Amper	A	Ampermetre 
Madde miktarı	Mol	mol	-
Uzunluk	Metre	m	Metre 
Zaman	Saniye	s	Saat 





Türetilmiş Nicelikler: Doğrudan belirlenemeyen yani temel nicelikler yardımıyla formülle türetilen niceliklerdir. Alan, hacim, hız, ivme vb. türetilmiş büyüklüklerdir (Tablo 1.2).

Tablo 1.2: SI Birim Sistemindeki Türetilmiş Büyüklüklerden Bazıları

Türetilmiş Büyüklük	Birim	Sembolü
Açı	q, f	Radyan (rad)
Açısal frekans (hız)	w	rad / s
Açısal ivme	a	rad / s ²
Açısal momentum	L	kg m ² / s
Akım	I	Amper (A)
Akım yoğunluğu	J	A / m ²
Alan	A	m ²
Basınç	P, p	Pascal (Pa)
Dalgaboyu	λ	m
Direnç	R	Ohm (Ω)
Elektrik alanı	E	V / m
Elektromotor kuvvet	e	Volt (V)
Enerji	E, U, K	Joule (J)
Elektrik yükü	q, Q, e	Coulomb (C)
Frekans	n, f	Hertz (Hz)
Güç	P	Watt (W)
Hacim	V	m ³
Hız	v	m / s
Isı	Q	Joule (J)
İletkenlik	s	($\Omega \cdot m$) ⁻¹
İndüktans	L	Henry (H)
İş	W	J
İvme	a	m / s ²
Kapasitans (sığa)	C	Farad (F)
Kuvvet	F	Newton (N)
Kütle	m, M	Kilogram (kg)
Manyetik alan	B	Tesla (T)
Manyetik akı	Φ_m	Weber (Wb)
Molar özgül ısı	C	J / mol K
Özgül ısı	c	J / kg K
Periyot	T	Saniye (s)
Potansiyel (voltaj)	V	Volt (V)
Sıcaklık	T	Kelvin (K)
Yerdeğiştirme / Mesafe / Uzunluk	$s-d, h-l, L$	Metre (m)
Yoğunluk	ρ	kg / m ³
Zaman	t	Saniye (s)



Bilgi Notu

Birim: Bir büyüklüğü ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla seçilen aynı cinsten büyüklüklere birim adı verilir.

Uluslararası birliği sağlamak ve birim kargaşasını önlemek amacıyla birimler standart hale getirilmiştir.

Fizikte SI (The International System of Units) uluslararası birim sistemi olarak kullanılmaktadır.

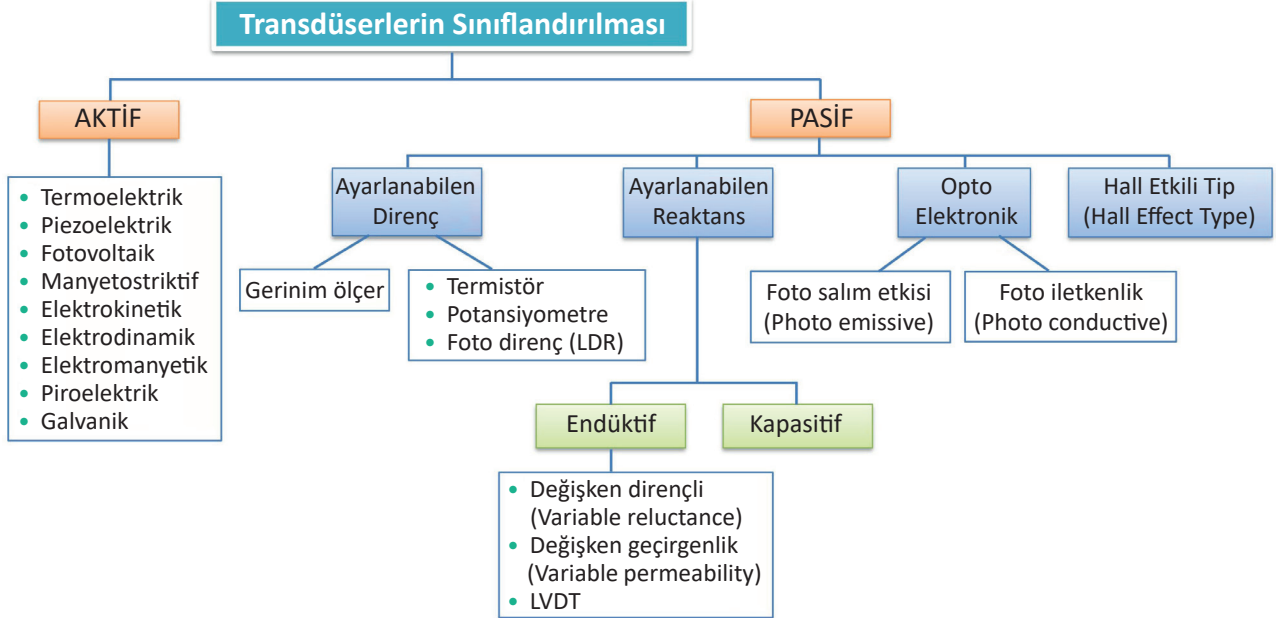




1.1.1.4. Transdüserlerin Sınıflandırılması

Bir büyüklük, bir enerji türünden başka bir enerji türüne dönüştürülerek ölçülebilir. Transdüserlerdeki temel benzerlik ve farklılıklar göz önünde bulundurularak transdüserlerin sınıflandırılması aşağıda, Şema 1.1'de yapılmıştır.

Aktif transdüserler ölçülecek büyüklüklerle (ısı, ışık vb.) uyarılır. Çalışmaları için dışarıdan bir enerji verilmez. Örnek: Termokupl, fotovoltaiik, piezoelektrik vb. Pasif transdüserlerin çalışması için dışarıdan elektrik enerjisinin uygulanması gerekir. Örnek: Foto direnç, kondansatör, mikrofon vb.



Şema 1.1: Transdüserlerin genel olarak sınıflandırılması

SAYGI VE NEZAKET

Eskiden şehirlerin sokaklarında dolaşırken cumbalı ahşap evlerin pencerelerinde çiçekler görülürdü. Çiçeklere de çeşitli manalar yüklenmişti. Mesela pencerenin önündeki sarı çiçek "Bu evde bir hasta var, lütfen gürültü yapmadan mümkün olduğunca sessiz geçin." manasına gelmekteydi. Çiçek kırmızı ise "Sakın ola yoldan geçerken kötü bir söz edip de hane halkını incitmeyin." demektir. Evlerin kapı tokmakları, penceredeki çiçeklerin gösterdiği manadan geri değildi. Kapı tokmakları çift halkadan oluşurdu. Bunlardan aslan başı motifli ve büyük olanı kalın, çiçek motifli ve küçük olanı da ince ses çıkartırdı. Eğer eve bir erkek misafir gelmiş ise kalın sesli tokmağı tıklatır, içerdeki ev sahibi gelenin beyefendi olduğunu anlar, kapıyı evin beyi açar, bey yoksa mahremiyete uygun olarak kapı açılırdı. İnce sesli tokmağın sesi duyulmuş ise gelenin bir hanım olduğu anlaşılır, kapıyı evin hanımı açardı. Hayatın sadeliği mahalleye de damgasını vururdu. Gözü tırmalayıcı hiçbir şey görülmez, insanlar birbirine hürmet eder, selam verirdi.

- Birbirimize karşı saygılı ve nezaketli olduğumuzda kendimizi nasıl hissederiz?
- Eskiden saygı ve nezaketin bu derece zirve yapmasının kaynağı sizce neydi?
- Metindeki anlatılardan faydalanarak geçmişte ve günümüzde nelerin değiştiğini ve bu değişime sebep olan unsurların neler olduğunu söyleyiniz.



Düşünelim

Kapı tokmağı örneğindeki saygı ve nezaket anlayışı örnek alınarak modern bir kapı zili tasarlamış olsaydınız kapı ziline hangi özellikleri eklerdiniz.





1.1.1.5. Dönüştürme Metotları

Farklı türdeki büyüklükler arasındaki dönüşümler Tablo 1.3'te verilmiştir. Dönüşümler dikey ve yatay sınırların kesiştiği alanda gösterilen elemanlar ile yapılmaktadır. Sınırlı sayıdaki örnek fikir vermesi amacıyla yazılmıştır. Günlük hayatta kullandığımız pek çok dönüştürücü eleman bu tabloda gösterilebilir.

Tablo 1.3: Dönüştürme Metotları, Dönüştürme Etkisi ve Uygulama Alanları

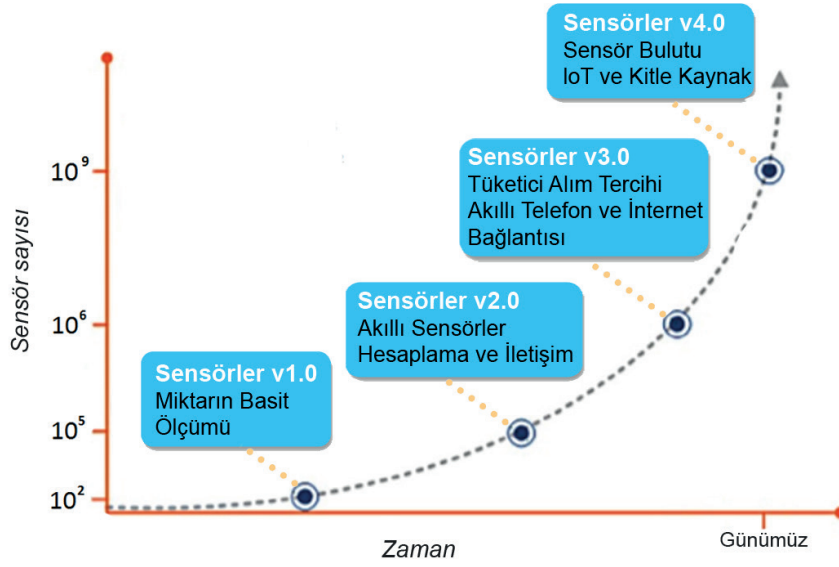
GİRİŞ	ÇIKIŞ					
	Mekanik	Termik	Elektrik	Manyetik	Işıma	Kimyasal
	Mekanik Etkiler Ör. Diyafram, dişli kutusu, yerçekimi dengesi Akustik Etkiler Ör. Yankı iskandili	Sürtünme Etkisi Ör. Sürtünme kalorimetresi Soğutma Etkisi Ör. Termal akış ölçer (thermal mass flowmeter)	Piezorezistivite Basınç sensörü Elektrodinamik Hız-gerilim Takogeneratör Piezoelektrik Piezokristal (biçimsel bozunum - yük) Mikrofon	Manyetomekanik Manyetik mekanik kilit Piezomanyetik Piezomanyetik gitar	Fotoelastik Sistemler İnterferometre Sagnac Etkisi Jiroskop Doppler Etkisi Renkli ultrason	Basınçla indüklenen patlama
	Termal Genleşme Ör. Bimetalik şerit, cam içinde sıvı ve gaz termometreleri Rezonans frekansı Radyometre Etkisi	Isıl Akı Algılayıcılar (ısı akışına bağlı sıcaklık değişimi) Piranometre Lazer güç ölçer Isı İletimi	Seebeck Etkisi Isıl çift Termodirenç Pt100, Termistör Termoelektrik Peltier Piroelektrik Pirometre	Curie-Weiss Etkisi	Termo Optik Ör. Sıvı kristaller, Fiber optik sensör Radyant Emisyon Radyant ısıtıcı Akkor lamba	Reaksiyon Aktivasyonu Ör. Termal ayrışma
	Elektrokinetik, Elektromekanik Etkiler Ör. Piezoelektriklik Elektrometre Ampere Yasası Hoparlör	Joule (dirençli) Isıtma Peltier etkisi Soğutucu eleman	Langmuir Sondası Transistör Elektriksel Biçimde Değişim Şarj toplayıcıları (yükselteç, köprü ve süzgeç devresi)	Biot-Savart Yasası Ampere Yasası Bobin	Elektrooptik Etkiler Ör. Kerr etkisi Pockels etkisi Elektro Işıldama LED, ampul	Elektroliz Elektro göç Batarya
	Manyetomekanik Ör. Manyetometre, manyetostriksiyon, manyetik debriyaj	Termomanyetik Ör. Righi-Leduc etkisi. Galvanomanyetik Etki Ör. Ettingshausen Etkisi	Termomanyetik Ör. Ettingshausen-Nernst etkisi Galvanomanyetik Etki Ör. Hall etkisi Magnetik Direnç Akı değişimi Magnetik alan	Manyetooptik Etki Magneto optik disk Faraday Etkisi Cotton-Mouton Etkisi	Faraday Yasası Manyeto optik modülatör	-
	Radyasyon Basıncı Radyasyon ölçer	Işınım ısı Bolometre Termopil Solarmetre	Fotoelektrik Etki Ör. Fotoelektrik sensör Fotovoltaik Etki (ışınım-akım) Güneş pilleri Fotoiletken Etki Foto diyot	Işık Kırıcı Etkiler Kızılötesi ışın kırılma sensörü Optik Bistabilite Fotomanyetik	Optik filtre Toplanmış Işınım Nedeniyle Sıcaklık Değişimi Isıl ışınım algılayıcılar	Fotosentez Ör. Ayrışma, Foto grafik işlem
	Elektro Biriktirme Hücresi Higrometre Foto Akustik Etki Fotoakustik sensör, Ultrason sensörü	Termal İletkenlik Hücresi Kalorimetre Gaz sobası	Potansiyometri İletkenlik Amperometri Alev İyonlaşması Volta Etkisi Gaza Duyarlı Alan Etkisi pH metre	Nükleer Etki Manyetik Rezonans (MR)	Emisyon ve Absorpsiyon Spektroskopisi Kimyasal Işıma Kandil	Kimyasal Reaksiyon





1.1.1.6. Sensörlerin Gelişim Aşamaları

Sensör teknolojileri dört aşamalı bir gelişim göstermiş, sayıları da üstel olarak artmıştır (Grafik 1.1).



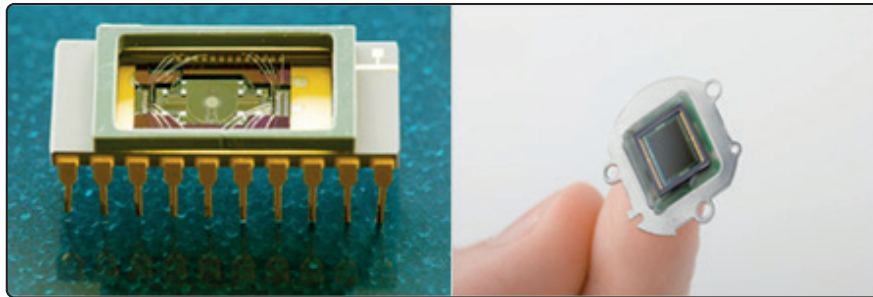
Grafik 1.1: Sensör teknolojilerinin gelişim evreleri ve tüketici alım tercihleri

Sensör v1.0 Dönemi: Mekanik ve elektriksel olarak basit algılama yapan üç aşamalı bir dönemdir. İlk aşama, mekaniksel algılama yapan öncül sensör (termostat) ikinci aşama, gerinim ölçer (streyn geyç) ile başlayan elektriksel sensör, üçüncü aşama ise çip teknolojisiyle (1970) dijital arayüzlü elektronik sensörlerin üretilme dönemidir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Sensör v1.0 döneminin aşamaları

Sensör v2.0 Dönemi: Mikroelektronik, mikromekanik, entegre optik ve diğer ilgili yüksek teknolojilerin hızlı gelişimi sonucu sensör elemanların küçüldüğü akıllı sensör dönemidir (Fotoğraf 1.1).



Fotoğraf 1.1: MEMS teknolojisinin kullanıldığı çipler

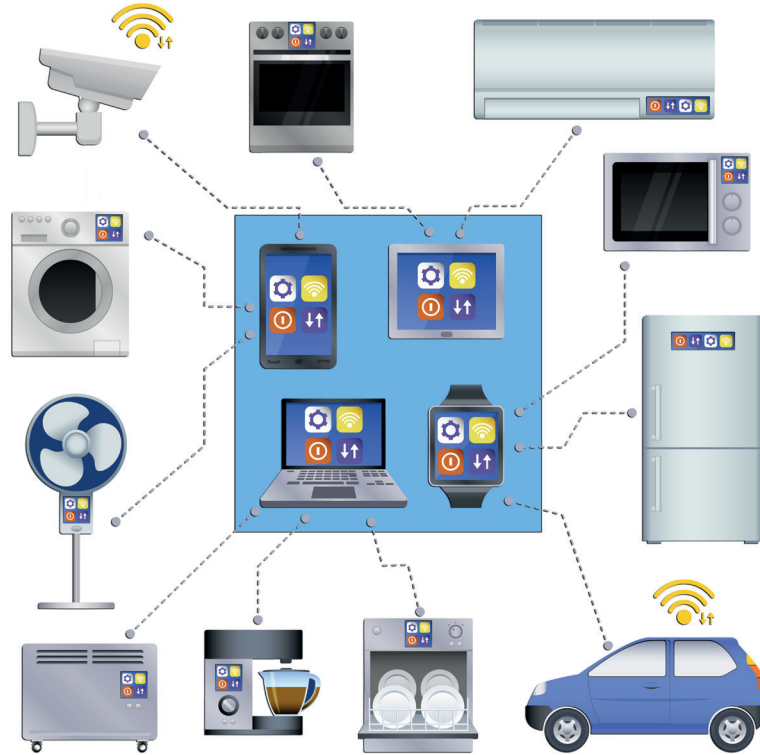




Şekil 1.5: İnsan üzerindeki giyilebilir teknoloji ürünleri

AB (Avrupa Birliği) ülkeleri **Toplum 5.0** kavramıyla, yenilikçi teknolojilerin toplum adına ve faydasına kullanılmasını 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri arasına almıştır.

Sensörler v4.0 Dönemi: Sensör teknolojilerinin daha da küçülmesi ve sensörlerin bulut (cloud) sistemlerine entegre edilmesi dönemidir. İletişim kabiliyeti artırılmış akıllı sensörler ile fabrika, araç, ev ve ev aletleri gibi sayısız nesne internete bağlanabilmektedir (Şekil 1.6). Endüstri 4.0 ekseninde; sensörlerin hızlı veri toplaması [nesnelerin interneti (IoT)] ve bulut teknolojisine uyum sağlamaları sebebiyle, akıllı fabrikalar önemi kazanmış ve yeni uygulama alanları ortaya çıkmıştır.



Şekil 1.6: Nesnelerin interneti (IoT) olarak çalışan sensör içerikli cihazlar



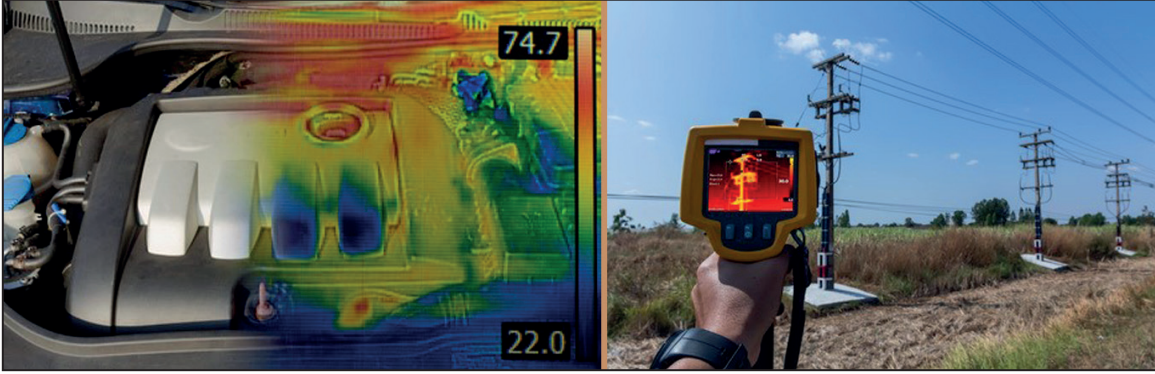


1.1.2. Farklı Araç Gereçlerde Kullanılan Sensörler

Sensörler; maden, otomotiv, ulaşım, hayvancılık, akıllı tarım, ev ve endüstriyel otomasyon, giyilebilir teknoloji, enerji yönetimi ve askeri teknoloji gibi çok geniş bir alanda kullanılır. Pazarlama, ödeme, lojistik, araç ve hasta takibi gibi alanlarda kullanılan cihazların yapısında da sensörler kullanılmaktadır.

1.1.2.1. Endüstri ve Üretim

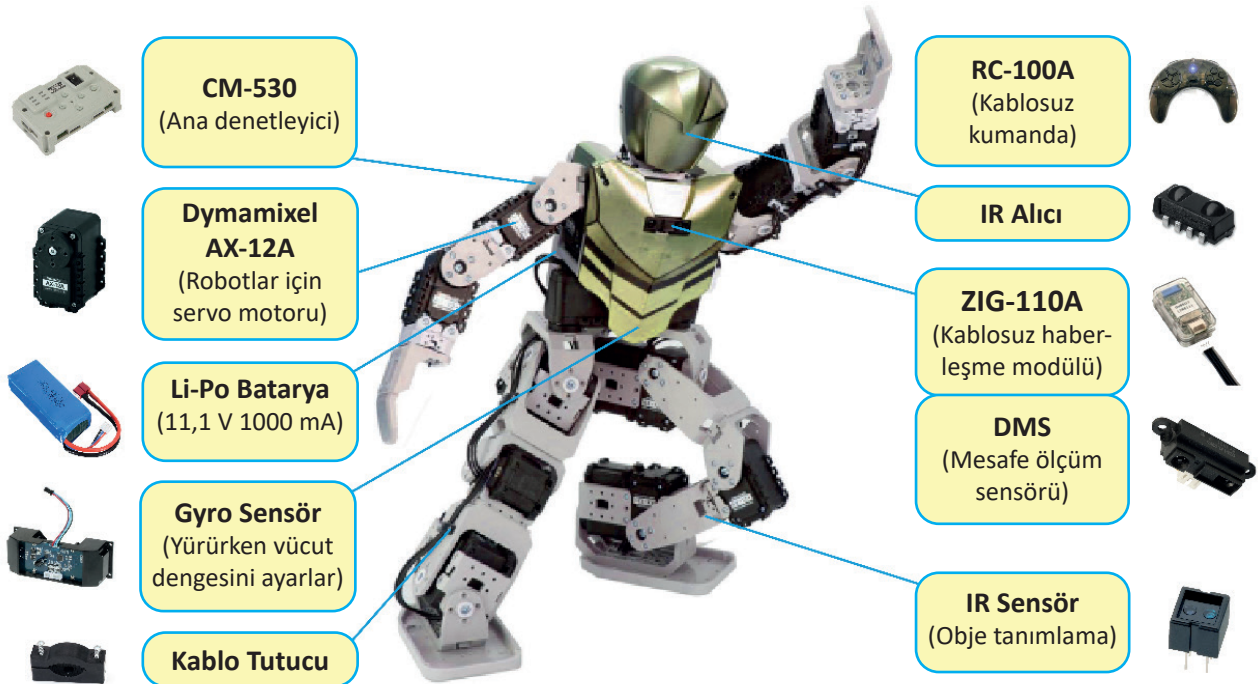
Endüstriyel ekipmanların basınç, sıcaklık, nem ve titreşim gibi durumları sensörlerle kontrol edilir. Endüstrideki verim, kalite ve güvenilirlik sensör özellikleri ile doğru orantılıdır. Termal sensörde bulunan piroelektirik malzeme, yayılan ışınları soğurup sinyal üretir ve sıcaklık ölçümü yapar (Fotoğraf 1.3).



Fotoğraf 1.3: Kızılötesi termal görüntülemeyle motor ve enerji hatlarında önleyici bakım yapılması

1.1.2.2. Robotik Alan

Robotun karar verebilmesini ve çevreyle iletişim halinde olmasını robotun duyu organları olan sensörler sağlamaktadır. Robotun amacı belirlendiğinde çevredeki değişimleri algılayan sensörler de tespit edilmiş olur. Robotun bir engel gördüğünde durması veya sağa sola dönmesi basit bir sensör sayesinde gerçekleşir. Robotik alanda yaygın olarak; basınç, dokunmatik (touch operated), hız, ivme, eğim ölçer, optik, ses, sıcaklık ve ultrasonik vb. sensörler kullanılır. Sensörlerin verilerini kullanabilmek için her tip sensörün, uygun bir arayüzle robotun kontrol kartına bağlanması gerekir (Şekil 1.7).



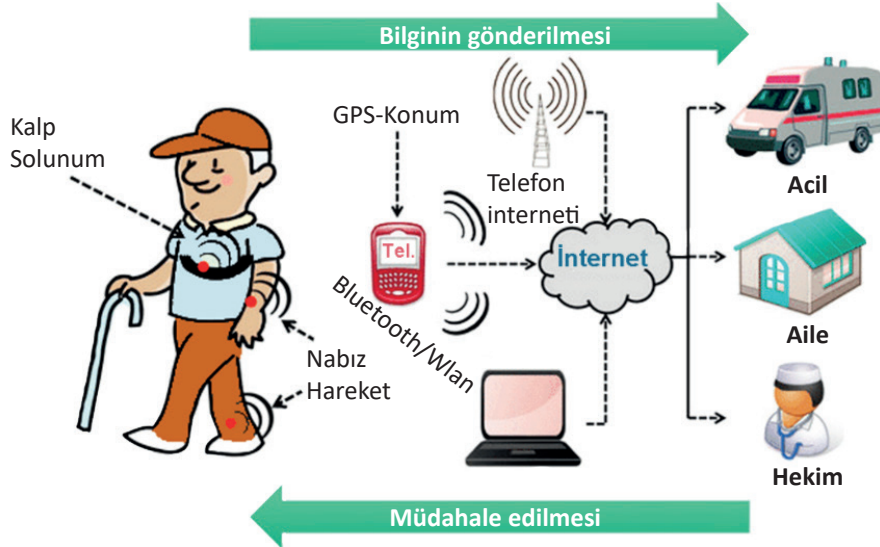
Şekil 1.7: İnsansı robotlarda kullanılan sensörler





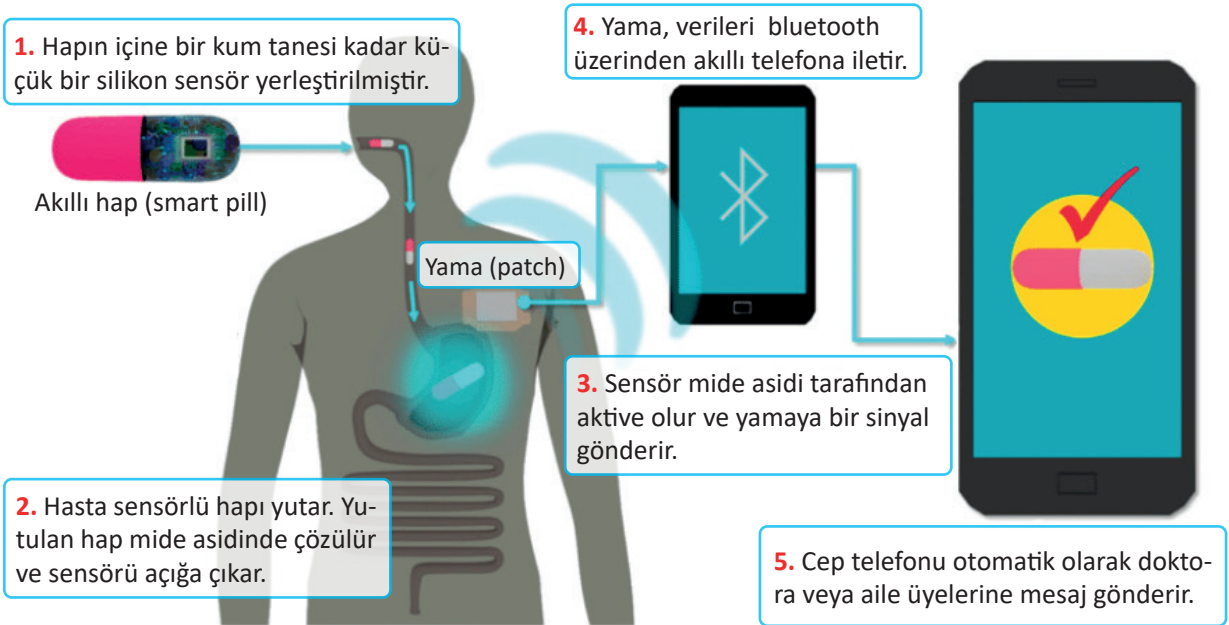
1.1.2.3. Sağlık ve Kozmetik

Giyilebilir teknoloji ürünü ayakkabı, saat, bileklik gibi nesnelerde kullanılan sensör yamaları gittikçe yaygınlaşmaktadır. Sensör yamaları ile ilaç dozunu ayarlamak, kişinin ateş, tansiyon, stres ve nabzını ölçmek, kaç km yürüdüğünü ve kaç kalori yaktığını görmek mümkündür. Bu bağlamda hastanın günlük aktivitesi ve vücudunda meydana gelen değişiklikler anlık izlenmektedir. Bu yönüyle sensörler, takip gerektiren hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8: Giyilebilir teknolojilerle hastanın takip edilmesi

Beslenme konusunda faydalı bilgiler vermek, sigarayı kademeli olarak bıraktırmak ve deriye gelen UV ışınlarını ölçmek amacıyla da sensörler kullanılmaktadır. Ayrıca ilaç ve kozmetik alanlarında da kalite kontrolleri yapılırken sensör teknolojisi kullanılmaktadır.



Şekil 1.9: Sensör kapsüller ile iç organlardan veri toplanması ve hasta takibi

Akıllı termostat, bileklik ve hareket sensörü gibi nesnelerin interneti özelliği taşıyan cihazlar; doğrudan veya yerel bir ağ ya da akıllı ağ geçitleri üzerinden bulut yoluyla iletişim kurabilmektedir. Şekil 1.9'da sindirilebilir sensör midede etkinleşerek hastanın göğsündeki yamaya düşük enerjili bir sinyal gönderir. Yama, bluetooth üzerinden hastanın akıllı telefonuyla iletişim kurar. Telefona iletilen veriler, sensörün telefondaki





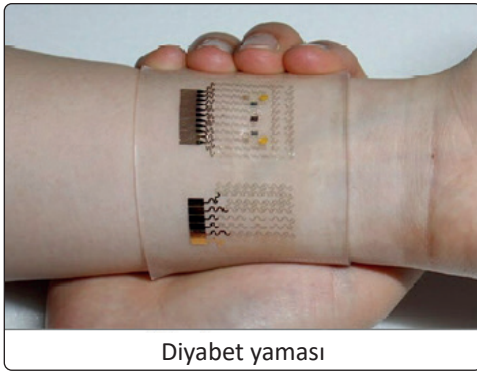
uygulamasında görüntülenebilir ve sensörün bulut deposuna da gönderilebilir. Bulutta depolanan veriler hastanın veya doktorun erişebileceği bir web sitesinde gösterilebilir.

Dijital biyobelirteç hesaplamaları; sensörde, akıllı telefonda veya bulutta gerçekleşebilir. Bulutta yer alan veriler, algoritmalar tarafından kullanılmak üzere paylaştırılırken diğer cihaz ve hizmetlerden gelen verilerle de birleştirilebilir.

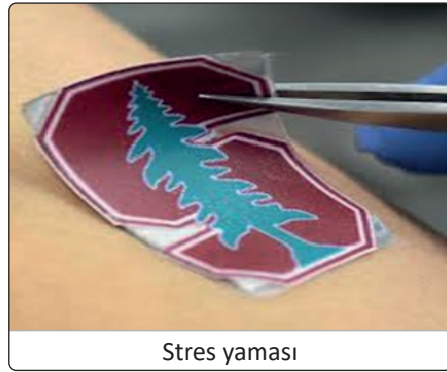
İlerleyen süreçte bulut verileri; yapay zeka ile yeni ilaç moleküllerinin keşfinde, diğer analitik teknikleri de kullanarak görselleştirme ve hastalık tanısının daha kolay konmasında kullanılabilir. Böylece insanların hastalıkları belirmeden tahmin edilip önlem alınması sağlanabilir. Giyilebilir sensör yamaları, sağlıklı olmayı sürdürebilmek ve hastalıklarla baş edebilmek için yeni bir alan açmaktadır. Elektronik Deri Yamaları 2019-2029 isimli akademik çalışmada, deri sensör yamalarından 2029'a kadar elde edilecek gelirin yirmi milyar doların üzerinde olacağı söylenmektedir.

1.1.2.4. Giyilebilir Sensör Yamaları

Stres yaması, kişinin stres altında olabileceği durumlarda insan bedeninin ürettiği kortizol miktarını ölçerek kişinin stres altında olup olmadığını tespit eder. Diyabet yaması, insan terini kullanarak diyabet izlemeyi ve metforminin verilmesini sağlar (Fotoğraf 1.4).



Diyabet yaması



Stres yaması

Fotoğraf 1.4: Giyilebilir diyabet ve stres ölçme yaması

2018'den beri zorlu antrenman ve eğitimlerde kullanılan ter yamaları ile; vücut kitle kaybı, idrar tuzluluğu, PH analizleri ve vücut sıcaklığı ölçümü yapılmaktadır (Fotoğraf 1.5).



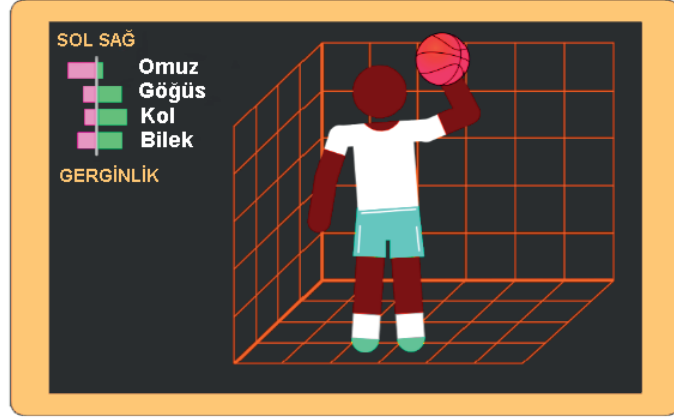
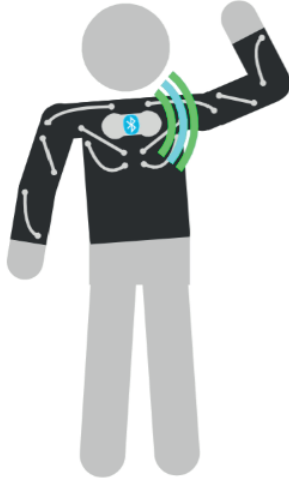
Fotoğraf 1.5: Giyilebilir ter ölçen yamalar



Araştırılmalı

Türkiye'de MEMS ve giyilebilir teknoloji ürünlerinin yerli ve milli olarak üretilmesiyle ilgili ne gibi çalışmalar yapılmaktadır? Araştırarak elde ettiğiniz bilgileri sınıfta paylaşınız.



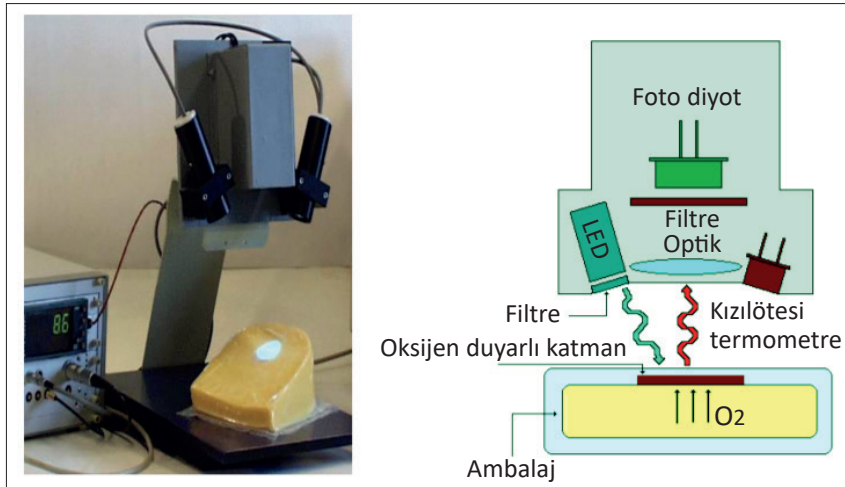


Şekil 1.10: Giyilebilir hareket yakalama

E-skin (elektronik deri), kamerasız hareket yakalamayı sağlayan giyilebilir bir arayüzdür. Üst gövde eklemlerinde akıllı formanın kumaşına gömülü olan piezoelektrik basınç sensörleri ve otuz adet dönme ve hızlanma sensörü oyuncunun hareketlerini yakalar. Bilgiler bluetooth ile bilgisayara gönderilir, sanal ortamdaki oyun karakteri, sensör verileriyle tanımlanan orijinal hareketi takip eder (Şekil 1.10).

1.1.2.5. Gıda

Meyvelerin olgunlaşma aşamalarının incelenmesi, gıda tazeliğinin ve ortam sıcaklığının kontrol edilmesi; sensörler sayesinde hızlı, düşük maliyetli ve objektif bir şekilde gerçekleştirilir. Optokimyasal gaz sensörleri; ambalaj ya da gıda deposunun içindeki O₂, gıdalarda oluşan bozulma sonucu açığa çıkan CO₂, hidrojen sülfür vb. gaz ve bileşikler algılayarak kalite kontrol amacıyla kullanılır (Şekil 1.11).



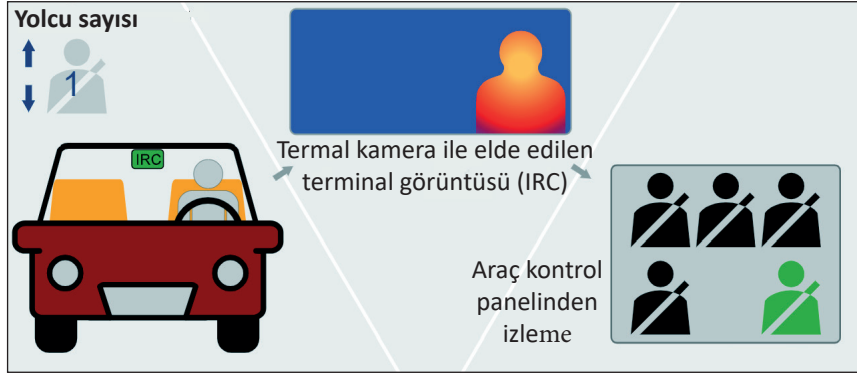
Şekil 1.11: Optik oksijen sensörü ile gıda ambalajı içindeki gazın algılanması ve sensörün iç yapısı

Muz ve limon sarartma işlemlerinde kullanılan etilen gazı (C₂H₄) miktarını ölçmek için etilen sensörü kullanılır. Ancak kullanım şartlarından dolayı bu tür sensörlerin kullanım ömrü (life time) kısadır.

1.1.2.6. Otomotivde Kullanılan Sensörler

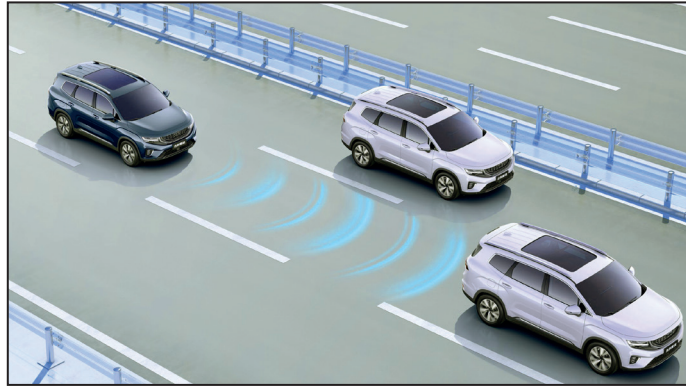
Otomotiv teknolojisinin hızla gelişmesiyle beraber araç bileşenleri bilgisayarlar tarafından kontrol edilebilmektedir. Sensörler sayesinde araçların yakıt bakımından verimli, güvenli ve istenilen özelliklerde çalışması sağlanır. Araçtaki yolculardan yayılan ısı, termal kamera ile algılanarak yolcu sayısı belirlenebilir. Ayrıca bu bilgiler emniyet kemeri takmak, hava yastıklarını kontrol etmek vb. amaçlar için de kullanılabilir (Şekil 1.12).





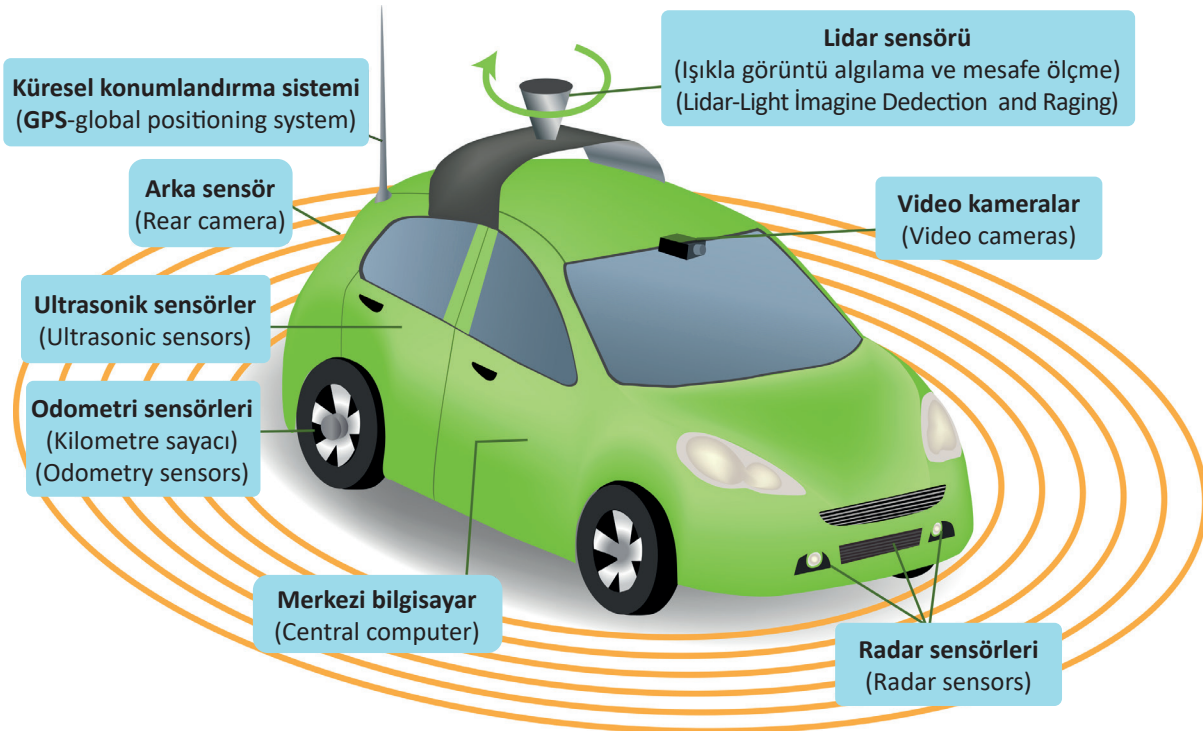
Şekil 1.12: Yolcu varlığı dedektörü

Ultrasonik sensörler ile araçlarda takip mesafesi korunur ve araçların birbiri ile çarpışmaları önlenir (Şekil 1.13).



Şekil 1.13: Radar ile ölçülen menzil ve hız

Sürücüsüz (otonom) araçlarda çok daha fazla sayıda sensör kullanılmaktadır (Şekil 1.14).



Şekil 1.14: Sürücüsüz (otonom) araçlarda kullanılan sensörler





Otomobillerin yapısında çevre şartlarının kontrol edilmesi ve güvenliğin sağlanması amacıyla birçok sensör kullanılmaktadır (Tablo 1.4). Taşıt tipine göre kullanılan sensörün sayısı ve niteliği de değişebilmektedir.

Tablo 1.4: Otomobillerde Kullanılan Bazı Sensör Çeşitleri

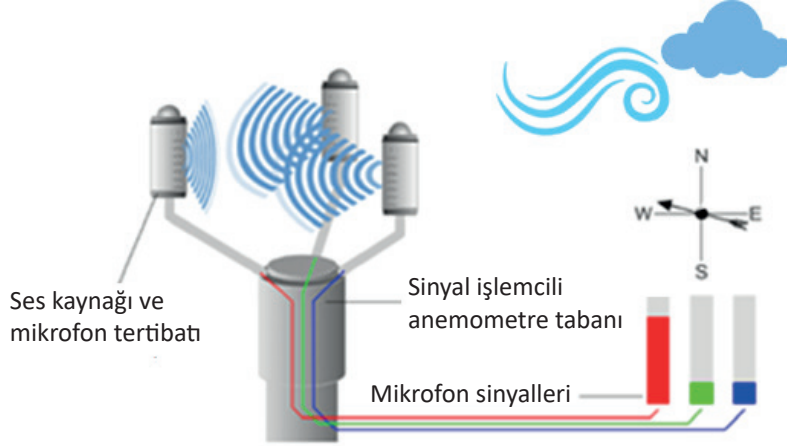
Sensörün Adı	Fonksiyon
Tekerlek hız sensörü	ABS sistemi ile kullanılır. Her tekerlek, tekerlek hızını algılayan bir hız sensörüne sahiptir.
Yük sensörü	Araçtaki yükü algılar.
Hızlandırıcı pedali konum sensörü	Araç gaz pedalının doğru konumunu algılar.
Cg / yerçekimi sensörü	G-kuvvetini ölçmek için kullanılır.
Yanal hızlanma sensörü	Kullanılan elektronik stabilite programı (ESP) ile viraj kuvvetlerinin sebep olacağı savrulmayı önler.
Gaz kelebeği konum sensörü	Gaz kelebeği gövdesinde, gaz kelebeğinin konumunu algılar.
Direksiyon açısı sensörü	Direksiyon dönüş açısını algılar.
Darbe sensörü	Ön tamponda bulunur, çarpma anında hava yastıklarını etkinleştirir.
Lastik basıncı izleme sensörü	Lastik hava basıncını ölçer.
Bank açısı sensörü	Motosiklet çekiş kontrol sisteminde yatma açısını ölçer.
Yakıt seviye sensörü	Yakıt deposundaki yakıt seviyesini tespit eder.
Şerit sensörü	Yolun işaretli şeridini algılar ve şeritten ayrılma uyarısı verir.
Klima sıcaklık sensörü	Evaporatördeki hava sıcaklığını ölçer.
Dış sıcaklık sensörü	Ortam hava sıcaklığını ölçer.
İç / kabin sıcaklık sensörü	Kabin sıcaklığını ölçer.
Hava kalitesi sensörü	Araç kabininin içindeki hava kalitesini ölçer.
Park sensörleri	Ön ve arka tamponlarda kullanılır. Araç ve engeller arasındaki mesafeyi ölçer.
Çarpışma sensörü	Araçın çarpışma bölgelerine yakın monte edilmiştir. Kazayı algılar ve hava yastıklarına sinyal gönderir.
Hava yastığı sensörü	Hava yastığının içindedir ve çarpışma sensöründen sinyal aldığı anda hava yastığını etkinleştirir.
Kütle hava akımı sensörü	Motora giren havanın kütle akış hızını ölçer.
Yakıt sıcaklık sensörü	Yakıtın sıcaklığını ölçerek motor kontrol ünitesine aktarır.
Oksijen sensörü	Sıvı ve gaz arasındaki orantılı oksijen miktarını belirler.





1.1.2.7. Meteorolojide Kullanılan Sensörler

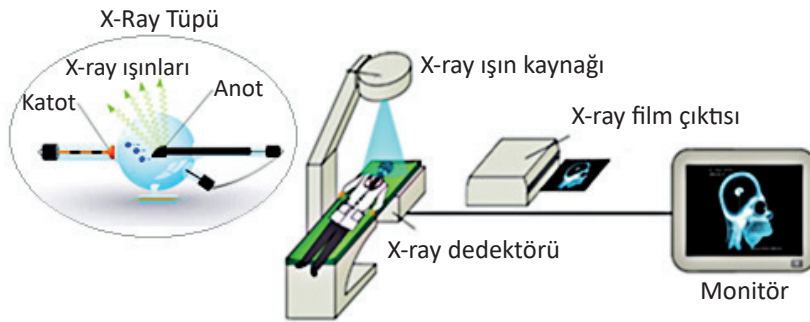
Sonik anemometre, üç özdeş ses dalgası kaynağı ve mikrofon tertibatı ile oluşturulur. Her kaynak, mikrofonlara ses darbeleri yayar. Havanın hareketi (örneğin rüzgar akışı) sesin hızını farklı yönlerde değiştirir, bu değişim mikrofon sinyallerinde zaman gecikmesi olarak algılanabilir. Kontrol ünitesinde oluşan zaman gecikmeleri karşılaştırılarak rüzgar hızı ve yönü belirlenebilmektedir (Şekil 1.15).



Şekil 1.15: Sonik rüzgar sensörü (anemometre)

1.1.2.8. Biyomedikal Alanında Kullanılan Sensörler

X- ışını, radyolojik teşhiste tıbbi görüntüleme için kullanılan günümüzdeki en eski ve en yaygın sağlık cihazlarından biridir. X-ışınıyla görüntüleme; vücudu geçen X-ışınlarının X-ışınlarına duyarlı bir film veya bir floresan ekran üzerine düşürülmesiyle oluşturulur. Film üzerine düşen şiddet değerleri, farklı soğurma katsayısına sahip bölgelerden geçerek geldiği için değişik tonda görüntü oluşur (film çıktısı). İkinci durumda, X-ışını görüntü amplifikatörleri doğrudan görüntü gösterimini mümkün kılar. Bu sistemlerde film yerine CsI, yarı iletken (CdTe) vb. tip sensörler (dedektör) kullanılmaktadır. Dedektörden gelen radyasyonun şiddetiyle orantılı bir şekilde oluşan parıltı, bir kamera sistemiyle dijitalize edilerek görüntü oluşturulur (Şekil 1.16).



Şekil 1.16: Röntgen tüpünün şematik diyagramı ve X-ray dedektörü ile görüntüleme

Sabit X-ışınları, görünür fotonların yayıldığı bir floresan ekranın yüzeyine çarpar. Floresan ekranın yüzeyine çarpan fotonlar, buradaki fotoelektronları vakum tüpünün katotundan karşı tarafa doğru uyarır. Nihayetinde uygun bir elektron optiği ile aynı vakum tüpünün karşı tarafında bulunan bir ekranda gerçek zamanlı bir görüntü elde edilir.



Bilgi Notu

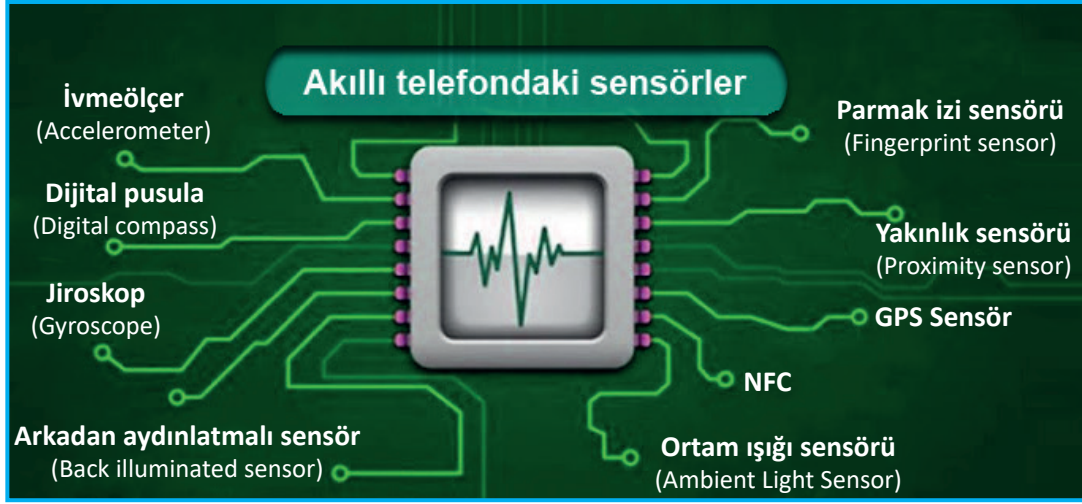
Ardunio uyumlu MAX30100 Nabız ve Kalp Atış Hızı Sensör Modülü kullanılarak mikrodenetleyici ile nabız ölçümü yapılmaktadır.





1.1.2.9. Haberleşme Alanında Kullanılan Sensörler

Akıllı telefonların içerisinde çok sayıda sensör vardır. Akıllı telefonları “akıllı” yapan asıl özellik, pek çok farklı sensöre sahip olmalarıdır. Akıllı telefonlar; ivmeölçer, jiroskop, manyetometre, GPS, barometre, nabızölçer, barkod ve parmak izi okuyucu gibi birçok sensörü içinde barındırır (Şekil 1.17).



Şekil 1.17: Akıllı telefonlarda kullanılan bazı sensörler

1.1.2.10. Beyaz Eşya Alanında Kullanılan Sensörler

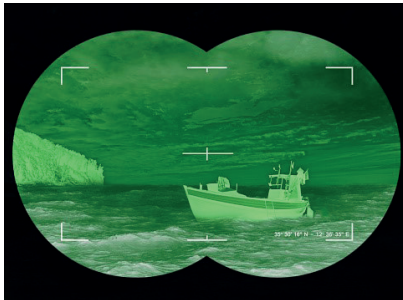
Çamaşır makinesinden mikrodalga fırına kadar beyaz eşyaların çoğunda sensör kullanılmaktadır. Şekil 1.18’de çamaşır makinesindeki sıcaklık, aşırı yüklenme, su seviyesi vb. durumları algılayan sensörler görülmektedir. Çamaşır makinesinin işlemcisinde algoritma dahilinde sinyaller işlenip motor, pompa, LED ve buzzer gibi çıkış elemanları (aktüatör) kontrol edilir.



Şekil 1.18: Otomatik çamaşır makinesinde kullanılan sensör ve aktüatörler (çıkış elemanı)

1.1.2.11. Askeri Teknolojilerde Kullanılan Sensörler

Askeri alanda kullanılan teçhizatlar, gelişmiş iletişim bağlantıları ve arayüzlerle kontrol edilmektedir.



Fotoğraf 1.6: Termal kamera ile hedef takibi

Sensörler, askeri bilgi altyapısını güçlendirme ve entegre işlemlerinde kullanılmaktadır. Termal kamera sistemleriyle, geceleyin ya da kapalı havalarda hedef tespiti ve izlemesi yapılmaktadır. Termal kamera, gözle görülmeyen IR enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısında IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği bir görüntüleme sistemidir (Fotoğraf 1.6).



**1.1.2.12. Tarım Alanında Kullanılan Sensörler**

Endüstrinin gelişmesi tarım sektöründeki gelişmeleri de hızlandırmıştır. Sensörler sayesinde tarımda enerjinin ve doğal kaynakların ihtiyaç oranında kullanılması sağlanmıştır. Doğa olaylarına yönelik erken uyarı, kontrol ve takip edilebilir tarım otomasyonu uygulamaları ürün kalitesi ve miktarını artırmıştır. Sensörlerin önemli rol aldığı bu uygulamalarda üretim maliyetleri de düşürülmüştür.



Fotoğraf 1.7: Dijital tarımda drone ve lidar sensörlerle ekin kontrolü

**Araştırma**

Denizdeki ya da yeraltındaki doğal kaynakların yeri ve rezervi nasıl tespit edilir? Araştırıp sınıfta paylaşınız.

SORUMLULUK

Kamu malı olan atölye araç ve gereçlerini neden korumalı; çevremizi niçin temiz tutmalıyız?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Fotoğraf 1.8



**ATÖLYE
TEMİZLİĞİNDEN
HERKES
SORUMLUDUR**

**Düşünelim**

Çevremizi temiz tutmak bir saygı ölçütü müdür? Düşüncelerinizi sınıfta açıklayınız.

**Temiz ve düzenli çevre insana huzur verir.
Kirli çevre ise insanın ruhunu kirletir.**



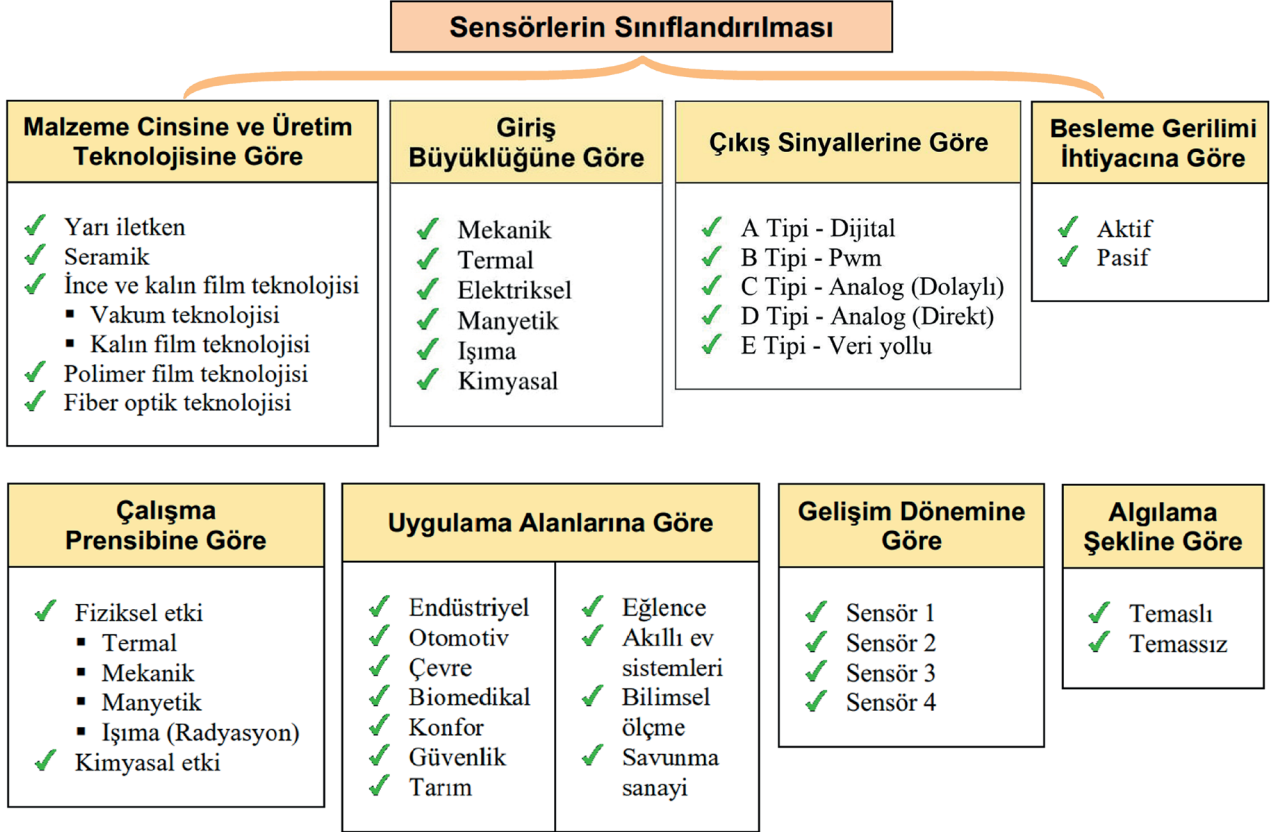


1.1.3. Sensör Seçimi

İş güvenliği ve verimlilik açısından sensör seçimi önemlidir.

1.1.3.1. Sensörlerin Sınıflandırılması

Sensörler kullanım amaçlarına göre farklı kriterler kullanılarak sınıflandırılabilir. Sınıflandırma yöntemiyle ilgili genel geçer bir kaide yoktur. Bir sensör incelenirken özelliklerine, ne ölçtüğüne (uyarıcılar), hangi fiziksel büyüklüğe duyarlı olduğuna ve hangi dönüşüm mekanizmasını kullandığına bakılmalıdır. Ayrıca fabrikasyonunun hangi malzemeden yapıldığı ve uygulama alanının ne olduğu gibi bilgiler de önemlidir. Aşağıda farklı sınıflandırma yöntemleri bir araya getirilmiştir (Şema 1.4). Sınıflandırma yönteminin ihtiyaca göre farklılık gösterdiği unutulmamalıdır.



Şema 1.4: Sensörlerin özelliklerine göre sınıflandırılması

Yukarıdaki şemada ölçülen büyüklük, malzeme ve üretim teknolojisi, besleme ihtiyacı, çıkış sinyalleri, tarihi gelişimleri, algılama şekli, çalışma prensibi ve uygulama alanları baz alınarak bir sınıflandırma yapılmıştır.

Diğer taraftan; sensör sınıflandırma yöntemlerini iyi anlamak, sensör seçimi yaparken oldukça yol gösterici olacaktır.



Araştırılmalı

Sensörlerin çalışma şekli, malzeme cinsine ve üretim teknolojisine göre değişir. Sensör üretiminde kullanılan malzemeler ve sensör üretim teknolojileri ile ilgili araştırma yapınız. Elde ettiğiniz bilgileri sınıfta paylaşınız.





Giriş Büyüklüğüne Göre Sensörler

Büyüklükler enerji türüne göre mekaniksel, termal, elektriksel, manyetik, ısıma ve kimyasal olarak altı sinyal domeninde (üst alem) sınıflandırılır. Bu büyüklükler de kendi aralarında ayrıca tasnif edilebilir (Tablo 1.5).

Tablo 1.5: Giriş Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma [altı sinyal domeni (üst alem)]

Giriş Büyüklüklerine Göre Sensörlerin Sınıflandırılması		
Algılama Sinyali	Algılanan Büyüklük Türü	Ölçme Miktarı
Mekanik	Geometrik nicelikler	Yer değiştirme (pozisyon), açı, seviye, eğim, uzunluk, alan, miktar, mesafe
	Kinematik	Hız, ivme, salınım, akış
	Gerilme	Kuvvet, basınç, tork (moment)
	Malzeme özellikleri	Kütle, yoğunluk, viskozite, hacim, kalınlık
	Akustik nicelikler	Ses hızı, ses basıncı, ses frekansı, ses şiddeti
Termal	Sıcaklık	Sıcaklık, ısı akısı, ısı kapasitesi, ısı iletkenliği
Elektriksel	Elektriksel direnç	Direnç, endüktans, kapasitans
	Elektriksel parametre	Gerilim, akım, elektriksel güç, frekans, elektrik yükü, dielektrik katsayısı, elektrik polarizasyonu, elektrik alanı, puls süresi
Manyetik	Alan değişkeni	Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik
Işıma (radiant)	Optik nicelik	Yoğunluk, dalga boyu, (kızılötesi, X, görünür) polarizasyon, faz, yansıma, gönderme, akustik, ışık şiddeti, dalga boyu
Kimyasal	Konsantrasyon	pH değeri, nem, ısı iletimi, asılı madde miktarı, toz miktarı, katı-sıvı ve gaz molekülleri miktarı, yoğunlaşma, içerik, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı
	Partikül büyüklüğü	
	Molekül tipi	



İş Sağlığı ve Güvenliği

Ölçümü yapılan kimi büyüklükler tehlike oluşturabilir. Bu nedenle iş güvenliği tedbirleri alınarak ölçme yapılması önemlidir. İş kazalarının % 98'inin önlenabilir nitelikte olduğu unutulmamalıdır.





Besleme Gerilimi İhtiyacına Göre Sensörler

• Aktif Algılayıcılar

Aktif sensörler ölçülecek büyüklükle (ısı, ışık vb.) uyarılır ayrıca bir enerji verilmez. Kendi sinyalini ürettikten sonra, üretilen sinyal vasıtasıyla ortamdaki değişimi kontrol ederek algılama işlemini gerçekleştirirler. Çok küçük sinyalleri ölçebildiklerinden oldukça hassas ölçüm yapabilirler. Aktif algılayıcılara; strain gauge, termokupl, ultrasonik, kızılötesi, fotovoltaik, piezoelektrik vb. örnektir.

• Pasif Algılayıcılar

Sinyal üretebilmeleri için besleme gerilimi verilerek algılanacak fiziksel ya da kimyasal büyüklükler orantılı olarak elektriksel bir biçime dönüştürülür. Bu tip sensörler ölçülecek olan büyüklükle uyarılır. Yani ortamdan aldıkları sinyalleri kontrol ederek algılama işlemini gerçekleştirirler. Pasif algılayıcılara; buton ve anahtar, potansiyometre, limit anahtarları, NTC/PTC, basınç sensörleri, LDR, fototransistör, fotodiyotlar ve mikrofonlar vb. örnektir.

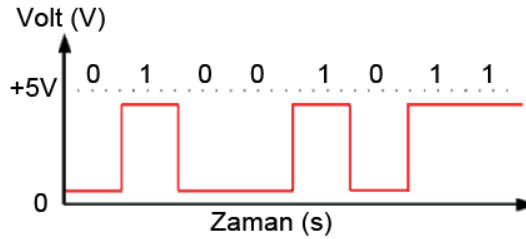
Çıkış Sinyaline Göre Sensörler

Çıkış sinyalinin özelliğine göre sensörler beş gruba ayrılır. Bu beş grup aşağıda sıralanmıştır.

- **A Tipi:** Anahtarlama sinyali çıkışlı algılayıcılardır. Yani çıkış **0** ya da **1**'dir. Normalde bu algılayıcılar dolaysız yoldan kontrol ünitesine bağlanır.

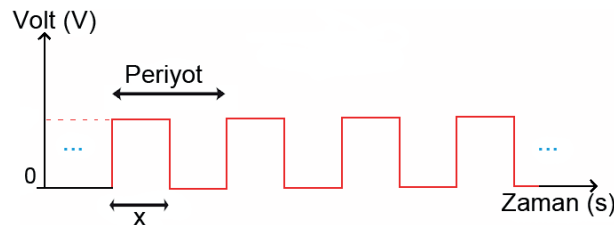
Örnek: Temassız algılayıcılar, basınç, sınır, seviye ve çift metal (bimetal) anahtarları gibi sensörler A tipi sinyal çıkışına sahiptir.

Dijital Sensörler (Digital Sensors): Lojik **1** ve **0** şeklinde binary çıkış sinyali verirler. Temassız algılayıcıların indüktif, kapasitif ve optik çeşitleri binary şekilde çıkış üretirler (Grafik 1.2).



Grafik 1.2: Dijital sinyal

- **B Tipi:** Darbe frekansı çıkışlı (pulse frequency output) sensörlerdir. Sensör sürekli PWM darbeleri üreterek algılama yapmaya çalışır (Grafik 1.3). Genellikle kontrol ünitesiyle (mikrodenetleyici, PLC) uyumlu arabirimleri bulunur. Örnek: Uzunluk, dönme açısı algılayıcıları vb.



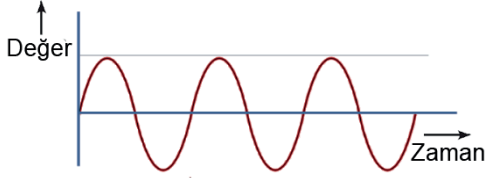
Grafik 1.3: Dijital algılama amaçlı üretilen kare dalga

- **C Tipi:** Ek donanımlar yardımıyla istifade edilen, kesintisiz ve çok küçük mertebelerde oluşan analog çıkışları içeren sensörlerdir. Bu sensörler, devreye alındıkları andan itibaren yararlanılabilir bir sinyal iletmeye başlar. Ayrıca yükseltici ve dönüştürücü elektronığı olmayan sistemlerdir.





Analog Sensörler (Analogue Sensors): Fiziksel ölçüm değerini analog çıkış sinyaline (gerilim, akım) dönüştüren sensörlerdir (Grafik 1.4). Mesela; ısı çiftin (termokupl) sıcaklığı arttıkça çıkışından elde edilen gerilim de artar. Analog sensör çıkışındaki bu sinyaller, mikrovolt (uV) ve milivolt (mV) mertebesinde çok küçük değerlerde olup yükselteç devreleriyle yükseltilir. Mikrodenetleyicilerde analog sinyalleri işlemek için ADC (analogue-to-digital converters) modülü bulunur.



Grafik 1.4: Dijital analog sinyal

Tablo 1.6: Tipik Analog Çıkış Sinyali Örnekleri

Gerilim	Akım
0 ile 10 V	0 ile 20 mA
-5 ile +5 V	-10 ile +10 mV
1 ile 5 V	4 ile 20 mA

Piezorezistif, pizelektriksel algılayıcı elemanlar, Pt-100, termo elemanlar, alan levhası ve Hall algılayıcı elemanlar, pH ve iletkenlik test sondaları, potansiyometreler, uzunluk, kuvvet, ağırlık, basınç, seviye, debi, dönme momenti, akustik vb. algılayıcılar analog sensörlere örnek verilebilir.

- **D Tipi:** Kullanılacak şekildeki çıkış sinyallerini doğrudan ileten yükseltici ve dönüştürücü elektroniği monte edilmiş analog çıkışlı algılayıcılardır. Çıkış sinyal mertebeleri Tablo 1.6'da verilmiştir.



Araştırılmalı

1. Sanayi tipi uygulamalarda genelde 4 ile 20 mA çıkışlı sensörlerin kullanılmasının nedenlerini araştırınız.
2. Sensör ölçümünün sıfırdan başlamayıp 4 mA'dan başlamasının sebebini araştırınız. Elde ettiğiniz bilgileri sınıfta paylaşınız.

- **E Tipi:** Standart sinyal çıkışlı (RS-232-C, RS-422-A, RS-485, TCP) ya da veriyolu arabirimli sensör sistemleridir.

Örnek: Fieldbus, Profibus, Aktif Bus, Modbus, ASI vb. E tipi sensörlere örnektir.



Bilgi Notu

Endüstri v4.0 sanayi devrimiyle birlikte, cloud (bulut), nesnelerin interneti (IoT) yani akıllı sensör teknolojileri otomasyon sistemleri için önemli hale gelmiştir. TCP v6 protokolü ile binlerce sensör internete bağlanabilmektedir. Ayrıca IO-Link gibi IoT uygulamalarına yönelik özelleştirilmiş protokoller ortaya çıkmıştır.

1.1.3.2. Sensörlerin Özellikleri

Sensörler aşağıda verilen özelliklere göre değerlendirilir.

1. Çalışma Aralığı (Range / Span): Bir sensörün ölçüm aralığı, gerçek çıkış değerini veren asgari (minimum) ve azami (maksimum) giriş değerleri arasındaki farktır. Sensörlerin ölçüm aralığı genellikle üretici tarafından belirlenir. Örnek olarak, yaygın bir sıcaklık algılayıcısı olan K tipi termokupl 800 °C'lik (-50'den 750 °C) ölçüm aralığına sahiptir.

Örnek: Sensör bilgisi şu şekildedir: -30 °C ile +80 °C / çıkış 2,5 V ile 1,2 V

Ölçüm aralığı (range): -30 °C ile + 80 °C

Ölçüm genişliği (span): 80 - (-30) = 110 °C

Tam ölçek girişi: 110 °C

Çıktı tam ölçek: 2,5 V-1,2 V = 1,3 V





2. Frekans Cevabı (Frequency Response): Bir sensörün cevap verme süresi (response time) ne kadar kısaysa sensör o kadar hızlı tepki verir.

3. Yinelenebilirlik (Repeatability): Seçilecek olan sensörün, dönüşümü yapılacak olan işaretin tüm frekanslarını aynı oranda dönüştürmesi yani sensörden alınan sonuçların her seferinde birbirine yakın olması gerekir. Bir sensörün sadece yinelenebilirliğinin iyi olması yeterli değildir. Aynı zamanda doğruluğunun da yüksek olması gerekir ki bu da **bileşik doğruluk** olarak tanımlanır.

4. Duyarlılık (Sensitivity): Ölçülen niceliğin her bir birimlik değişiminde çıkıştaki değişme olarak tanımlanır. Girişindeki en küçük bir değişimi çıkışına algılanabilecek büyüklükte bir değişim olarak aktarabilen sensörlerin duyarlılığı yüksektir.

5. Hassasiyet (Precision): Tam veya kesin olarak tanımlama ya da ölçtüğümüz değerin hakiki değere yaklaşabilme miktarıdır. Dijital sensörlerin hassasiyeti, çözünürlüğü ile yakından ilişkilidir. Ok tahtasına birden çok okun atılması durumunda, okların her seferinde aynı noktada toplanması kümeyi hassas kılar (Şekil 1.19).



Şekil 1.19: Ok tahtası

Örnek 1: Ortam sıcaklığı 25 °C ve sıcaklık sensörü K tipi termokupl ($\pm 1,5$ °C tolerans) olsun.

Cihaz ekranında ölçülen sıcaklık: 26 °C olsun.

Gerçek ortam sıcaklığı: 24,5 °C (26-1,5) ya da 27,5 °C (26+1,5) arasında olabilir. 24,5 °C ile 27,5 °C değerleri arasında sonsuz sayı bulunur.

Sonuç: Eğer uygulamanız büyük toleransları kaldırmayacak kadar hassas ise K tipi termokupl sıcaklık ölçümü için kullanılmamalıdır.

Örnek 2: Gıda sektöründeki soğuk zincir uygulamalarında etin saklama koşulu 0 - 4 °C arasındadır. Eğer tolerans miktarı $\pm 1,5$ °C olan sensör kullanılırsa;

Cihaz ekranında ölçülen sıcaklık: 4 °C olsun.

Gerçek ortam sıcaklığı: 2,5 °C (4-1,5) ya da 5,5 °C (4+1,5) arasında olabilir. 2,5° ile 5,5° değerleri arasında sonsuz sayı bulunur.

Risk: Sensörün 4 °C'yi gösterdiğini zannedilen sıcaklık, gerçekte 2,5° ile 5,5 °C arasında olabilir. Bu durum etin bozulma riskini artırabilir.

Sonuç: Hassasiyet gerektiren bir uygulama olup toleransı düşük sensör kullanılmalıdır.

Öneri: Pt1000 sınıfındaki hassasiyeti daha yüksek bir sensör ile ölçülürse ($\pm 0,2$ °C tolerans)

Cihaz ekranında ölçülen sıcaklık: 4 °C

Gerçek ortam sıcaklığı: 3,8 °C (4-0,2) ya da 4,2 °C (4+0,2) arasında olabilir.

Sonuç: Etin bozulma riski en fazla 0,2 °C'dir. Bu sonuç, bir önceki örneğe göre çok daha iyi bir durumdur.

Hassasiyet (Accuracy) sınıfı: $\pm 0,1$ $\pm 0,5$ $\pm 1,5$ °C (Pt1000 için $\pm 0,2$ °C)

6. Kalibrasyon Hatası (Calibration Error): Sensörler fabrikada kalibre edilirken üretici tarafından izin verilen sensör kalibrasyon hataları içerebilir. Yapısı gereği sistematik sensör kalibrasyon hatası, her sensörde farklılık gösterebilir. Hassas sensör uygulamalarında, özellikle hassas ve doğru portatif aletler tasarlanırken kalibrasyon hatası dikkate alınmalıdır.

7. Doğrusallık (Linearity): İdealde karakteristik eğrinin bir doğruyu izlemesi beklenir. Ancak sensörün doğasında bulunan ve sensörü doğrusallıktan uzaklaştıran özelliklerinden dolayı ideal bir doğru oluşmaz. Yüzde olarak tanımlanan doğrusallık, sensörün ideal doğrudan en fazla ne kadar saptığını belirtir. Bazı uygulamalarda, girişin özellikle dar bir aralığında yüksek doğruluk istenilebilir.

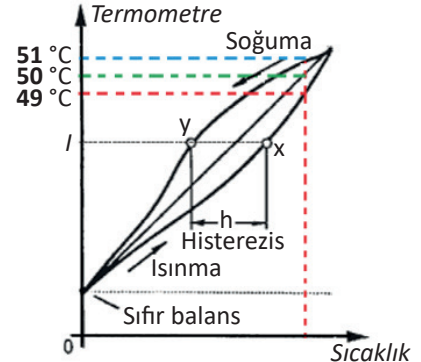
8. Ölü Zaman (Dead Time): İki ilgili hareket arasındaki gecikmedir. Ölü zaman, genellikle zaman sabiti ve diğer gecikmelerle birlikte bulunduğu için belirlenmesi güç bir faktördür.





Örnek: Bir buharlı su ısıtma (eşanjör) sisteminde, sıcaklık sensörü eşanjörden 3 m uzağa yerleştirilmiştir. Eşanjör içindeki suyun boru içindeki akış hızı 3 m/s ise ölü zaman 1 s'dir. Buna göre eşanjörden çıkan suyun sıcaklığı değiştikten 1 s sonra algılanmaktadır.

9. Histerezis (Hysteresis): Histerezis, bir sistem durumunun etken parametrelerde meydana gelen ani değişikliklere göre birden değiştirilememesi, sistemin yakın geçmişteki durumuna duyarlı olmasıdır. Örneğin; transformatörlerde birincil sargıda meydana gelen gerilim ve akım değişikliği, trafo nüvesinin içerisindeki elektromanyetik alanın hemen değiştirilebilmesini engeller. Nüve mıknatıslanmış için yakın geçmişteki durumunu korumak isteyecektir.



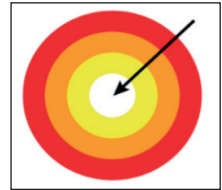
Grafik 1.5. Histerezis grafiği

Örnek: Histerezis hatası, ters yönde yaklaşılrken giriş sinyalinin belirli bir noktasında algılayıcı çıkışındaki bir sapmadır (Grafik 1.5). Örneğin 50 °C'de cisim ısınırken 49 °C gösterir ve aynı termometre cisim soğurken 50 °C de 51 °C'yi gösterir.

Bu durumda histerezis 2 °C (51°C - 49 °C) veya ideal ± 1 °C olarak belirlenir.

10. Doğruluk (Accuracy): Doğruluk, ölçülen değerin beklenen değerle ne kadar bağdaştığını gösteren bir ifadedir. Ok tahtasındaki doğruluk, okun hedefin merkezine olan yakınlığıdır (Şekil 1.20).

Kalite sınıfı, bir sensörün doğruluğu hakkında temel bir ölçü verir. Kalite sınıfı, tam ölçeğe göre en büyük ölçüm hatasının yüzdesidir.



Şekil 1.20: Ok tahtası

Örnek: Bir tıbbi termometre 37 °C ve 38 °C arasında ateş (fever) tanım bölgesinde en iyi doğruluğa sahip olmalıdır. Bu sınırların ötesinde biraz daha düşük doğruluğa sahip olabilir. Genellikle böyle bir algılayıcı en yüksek doğruluğun istenildiği bölgede kalibre edilir.



Bilgi Notu

Kullanıma uygun ve gerektiği kadar doğrulukta ölçüm yapabilen sensörlerin seçilmesi gerekir. Tüketim malları için, %2 - %5 arası doğruluk yeterliyken endüstriyel uygulamalar için daha yüksek hassasiyetlere (%0,05 - %1) ihtiyaç duyulur.

11. Hata (Error): Hata, ölçülen değer ile gerçek giriş arasındaki farktır. Algılayıcılar; malzemedeki değişimler, işçilik ve tasarım hataları, üretim toleransları ve diğer sınırlamalardan dolayı benzer şartlar altında test edilmiş olsa bile geniş bir hataya sahip olabilir.

Örnek: Doğrusal yer değişim algılayıcısı, 1 mm'lik yer değişimi için 1 mV'luk gerilim üretmelidir. Ancak deneyde 10 mm'lik bir yer değişiminde 10,5 mV'luk bir çıkış üretilmiştir. 1 mV başına 1 mm yer değişiminin 10 mm olması beklenirken ölçülen değer 0,5 mm daha fazla çıkmıştır. Bu fazladan 0,5 mm'lik bir sapmadır ve bu yüzden 10 mm aralıkta;

Algılayıcının hatası: $0,5 \text{ mm} / 10 \text{ mm} \times 100 = \%5$ 'tir.





Sensörlerde görülen hata türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Kalibrasyon hataları (sıfır veya boş nokta hatası olan ve sıfır girişe karşılık sıfırdan farklı bir çıkış veren tipik sistem hatası)
- Yükleme hataları (sistem değişikliklerini ölçmek için sisteme bir algılayıcının eklenmesi)
- İstenmeyen değişkenlerin algılayıcı hassasiyetinden dolayı algılayıcıda oluşturduğu hatalar (strain gauge üzerindeki sıcaklık etkisi veya sensörün üzerinden geçen akım sebebiyle ısınması)

12. Çözünürlük (Resolution): Çözünürlük, algılayıcının en küçük okuduğu değerdir. Bu kavram, sensörün dijital ekranında virgülden sonra kaç basamak okunduğunun bilgisidir.

Örnek: Bir cihaz için 0,1 °C çözünürlük tanımı yapılmışsa cihazın ekranında virgülden sonra bir hanelik bir değer okunuyor demektir. Mesela; 25,3 °C gibi. Eğer cihazda çözünürlük 0,01 °C olarak tanımlanmışsa cihazın ekranında 25,34 °C gibi bir değer okunur. Yani sıcaklık artışları 0,1 ya da 0,01'lik basamaklar halinde artıyor ya da azalıyor demektir.

Çözünürlük (Resolution): 0,1 °C - 0,01 °C (0,1 °C için 25,3 - 23,4...°C / 0,01 °C için 25,34 - 25,35...°C)

ADC'ler analog sinyali digital veriye örnekleme yaparak dönüştürür. Örnek olarak 10 bit çözünürlük değeri şunu ifade eder:

Onluk sistemde; bu 10 basamaklı sayının alacağı en küçük değer 0 (0000000000), alacağı en büyük değer 1024 (1111111111) olacağından analog sinyal genliği sadece 1024 farklı değerden biri olabilir. Eğer ADC giriş gerilimi 0 ile 5 V aralığında ise 5/1024 işleminin sonucu, ADC'nin gerilim çözünürlüğünü yani 4.882 mV'u verir.



Bilgi Notu

Birçok kullanıcı çözünürlük ile hassasiyeti birbirine karıştırmaktadır.

Örnek: Termometre talebinde bulunan bir kişi "0,1 °C hassasiyetinde bir termometre istiyorum." dediğinde, virgülden sonra okumak istediği hane sayısını ifade etmek istemektedir. Bu ifadeyi hassasiyet olarak dile getirdiği için gereksiz yere pahalı bir cihaz satın almaktadır. **Hassasiyeti 0,1 °C olan cihazlar pahalıdır.**

13. Çevresel Uyum (Environmental Adapt): Kullanılacak olan sensör; sıcaklık, basınç, toz, rutubet ve korozyon gibi çevresel faktörlerden etkilenmemelidir.

14. Yaşlanma (Life) ve Çevresel Etkiler: Sensörlerin doğruluk, doğrusalık, duyarlık gibi tanımlanan özellikleri çevresel koşullardan (sıcaklık, nem, gerilim, basınç vb.) olumsuz yönde etkilenir. Kullanılan malzemenin zamanla bozulmasıyla bu özelliklerde geçici veya kalıcı değişiklikler oluşur.

15. Gürültü (Noise): Gürültü, ilgilendiğimiz işaretin dışındaki istenmeyen her türlü işarettir. Sensör çıkışında gürültü diye nitelendirilecek bir işaret olmamalı veya çok az olmalıdır.

16. Fiziksel Özellikler: Sensörün, monte edilecek yerin mekanik durumu göz önüne alınarak uygun boyutta seçilmesi gerekmektedir.

17. Yükleme Etkisi ve Distorsiyon: Tüm sensörler ölçülen sistemden az da olsa bir enerji çekmektedir. Sensörler ölçülecek sistemi ve ölçülecek işareti bozmayacak şekilde seçilmelidir.

18. Elektriksel Çıkış Formatı: Sensör çıkış sinyal tipi, çıkış sinyalini alan kısımlar ile uyum içinde olmalıdır. Örneğin; analog çıkış sinyali doğrudan analog devreye bağlanabilir. Ancak analog sinyalinin dijital sinyal ile çalışan bir devreye bağlanması durumunda, ADC devresinin kullanılması gerekir.

19. Çıkış Empedansı (Output Impedance): Sensörün çıkış empedansı, sensör çıkış sinyalini alacak olan devrenin giriş empedansına uyumlu (eşit) olmalıdır.





20. Gerekli Güç: Gerekli olan besleme gerilimi ve dalgalanma sınırları ile çekilecek akım bilinmelidir. Besleme için gerekli olan bir veya daha fazla gerilim dışarıdan sağlanmalıdır.

21. Aşırı Yük Kapasitesi (Overload Capacity): Sensörün hasar görmeden işletilebildiği azami yük kapasitesini belirtir. Tipik aşırı yük kapasitesi %200 ve %500 arasındadır.

22. Tepki Zamanı (Response Time): Algılayıcı çıkışının son değerine ulaşması için gereken süredir.

1.1.3.3. Sensör Seçim Ölçütleri

Sensör seçiminde amaç doğru sensörü seçmek ve sensörün doğru şartlarda kullanılmasını sağlamaktır. Aksi takdirde sensörün üretim ve idare kalitesi düşecek, arıza oranı ve masraflar artacaktır. Sensör özellikleri, algılanacak nesne ve ortam şartları dikkate alınarak sensör seçimi yapılmalıdır. Doğruluk, çalışma aralığı, ömür, sağlamlık, maliyet, güç gereksinimi gibi sensör özellikleri öncelikle incelenmelidir. Aşağıdaki sorulara verilecek cevaplar sensör seçimini kolaylaştıracaktır.

Ölçüm Koşulları

- Ölçümün temel amacı nedir?
- Ölçülen büyüklük ve ölçüm aralığı nedir?
- Ölçümün doğruluk seviyesi ne kadar olacaktır?
- Ölçülen büyüklüğün dinamik karakteri nedir?
- Ölçüm sırasında ölçüm aralığının aşılması ne kadar miktarda olacaktır?
- Ölçülen büyüklük bir akışkan ise fiziksel ve kimyasal özellikleri nelerdir?
- Sensör nereye ve nasıl monte edilecektir?
- Sensörün maruz kalacağı çevresel etkiler nelerdir?

Veri Toplama Sistemi Koşulları

- Veri toplama sistemi analog mu dijital mi?
- Veri toplama sisteminin sinyal koşullama, çoğullaştırma, analog ve dijital çevirme özelliği var mı?
- Transfer öncesi tampon bellek (buffering) özellikleri nelerdir?
- Veri kaydı ve işleme özellikleri nelerdir?
- Veri toplama sisteminin doğruluk, frekans cevabı özellikleri nelerdir?

Bulunabilirlik Koşulları

- Tüm istekleri yerine getiren bir sensör bulunabiliyor mu? Aksi takdirde;
- Var olan bir algılayıcıda küçük değişiklikler yapmak yeterli olacak mı?
- Yeni bir tasarım yapmak gerekecek mi?
- Bu işi üstlenebilecek üreticiler kimlerdir?
- Algılayıcı zamanında teslim edilebilecek mi?

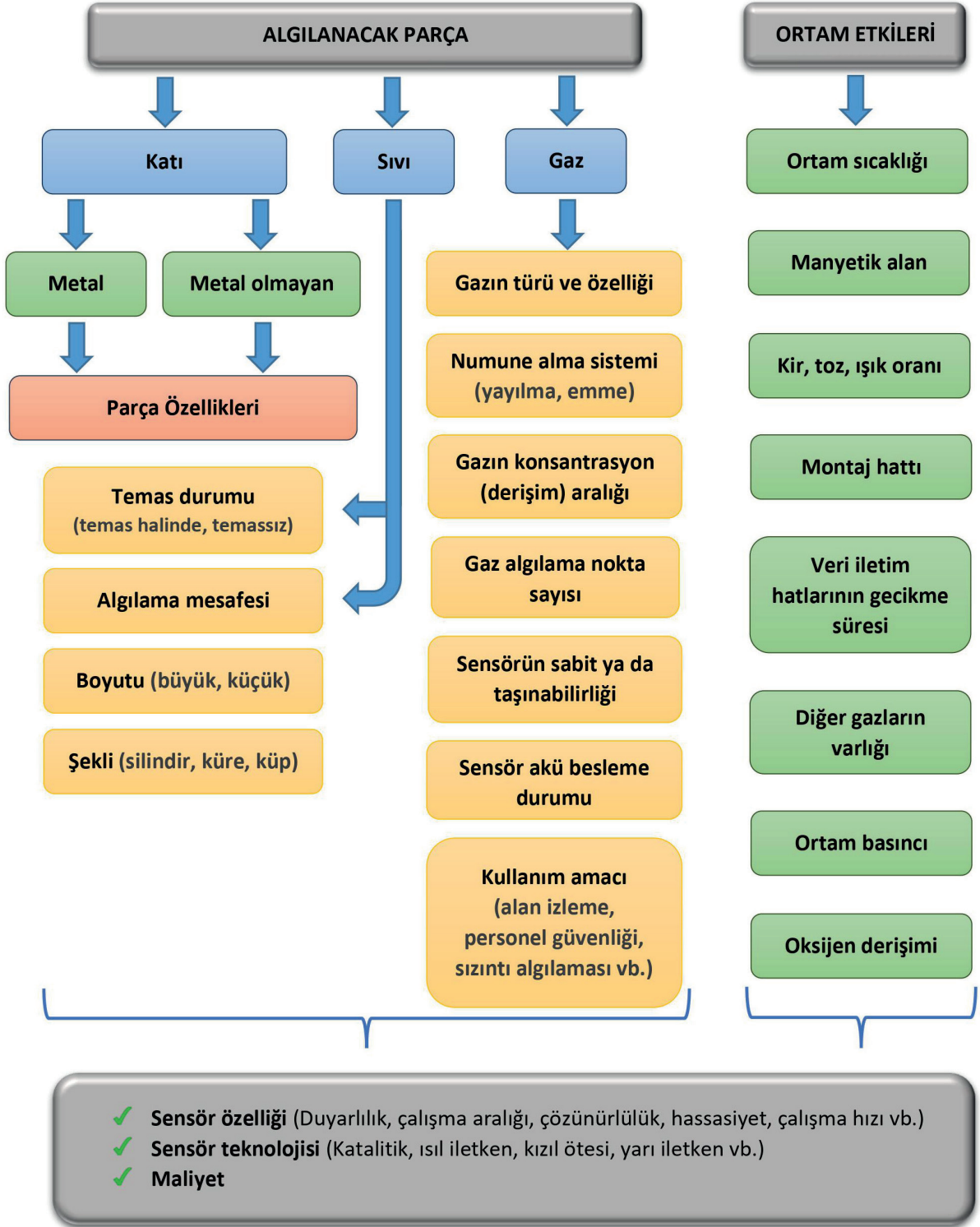
Maliyet Faktörleri

- Önerilen sensörün maliyeti işlevine göre fazla mıdır?
- Sensörün sebep olacağı test, periyodik kalibrasyon, kurulum gibi ekstra masraflar nelerdir?
- Veri toplama sistemde yapılması gereken düzenlemeler nelerdir?

Sensör seçimindeki kriterler Şema 1.5'teki gibi gösterilebilir.

"Saygı düzenin anahtarıdır." Atatürk





Şema 1.5: Sensör seçim şeması

**Bilgi Notu**

Sensörün belirlenmesinde; sensörün algılayacağı parçanın katı, sıvı ve gaz olması; ortam etkileri, sensör özellikleri, sensör teknolojisi ve maliyeti dikkate alınır.





Şema 1.5'e göre algılanacak nesneye uygun sensör seçimi yapılırken katı, sıvı ve gazların kendilerine has özelliklerine göre hareket edilir. Katı bir nesnenin algılanmasıyla ilgili olarak; nesnenin iletken olup olmadığı, elektriksel ve optik özellikleri değerlendirildiğinde sensör seçim skalası daralacaktır. Mesela; algılanacak nesnenin katı ve metal olduğu tespit edildiğinde ekonomik ve kararlı çalışan bir sensör olarak endüktif sensör tercih edilebilecektir. Ancak algılanacak nesne metal olmadığında; kapasitif, optik veya ultrasonik bir sensör tercih edilecektir. Diğer taraftan; nesnenin elektriksel iletkenliğinin yanı sıra, optik geçirgenliği de göz önünde bulundurulduğunda, saydam bir nesne için optik sensörün çözüm olmayacağı anlaşılabilecektir.

Algılanacak nesnenin boyutu, şekli, algılama mesafesi ve algılama hızı sensör seçiminde dikkate alınmalıdır. Gereksiz şekilde kullanılan daha büyük algılama mesafesi olan sensörler hata yapma olasılığını artırır. Kısa mesafelerde endüktif ve kapasitif sensör tercih edilirken, algılama mesafesi çok büyükse (örneğin 7 m) optik ve ultrasonik algılayıcı kullanmak daha doğru olacaktır. Ayrıca optik ve ultrasonik sensörlerin algılama sıklığı (frequency) diğer sensörlere göre daha yüksek olduğundan, hızlı algılama gerektiren yerlerde kullanılabilecektir.

Buhar ve gazların algılanması için sensör seçimi yapılırken dikkatli davranılmalıdır. Buhar ve gazların davranışları ve özellikleri dikkatlice incelenerek uygun ölçme prensibine karar verilmelidir. Doğru donanım seçilmeli ve serbest kalan gazın davranışı hesap edilerek sabit gaz algılama sistemlerinin tasarımı ve tesis edilmesi sağlanmalıdır.

Ortam şartları da sensör seçimini önemli derecede etkiler. Uygun olmayan bir ortamda sensör doğru çalışmayacaktır. Endüktif algılayıcının; manyetik kirlilik, asidik ve nemli ortamlarda çalışması sorun olabilir ve sensör zarar görebilir. Bu durumu bertaraf etmek için plastik kılıfta imal edilen bir sensör kullanmak daha uygun olacaktır.



Biliyor musunuz?

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının hazırladığı **İmalat Sanayinin Dijital Dönüşümü Raporu ve Yol Haritası** isimli raporda, imalat sanayinin gelişimi için öncelikli beş alan belirlenmiştir. Bunlar; 5G, bulut bilişim, nesnelerin interneti, veri teknolojileri ve siber güvenliktir. Ülkemizin önümüzdeki dönemde odaklanacağı sektörler; kimya, ilaç, elektronik, yarı iletkenler, makine, teçhizat, motorlu kara taşıtları, gıda ve içecek ürünleri olarak belirlenmiştir.

İmalat sanayinin dijitalleşmesi ile birlikte ürün ve süreç optimizasyonunun sağlanması, kestirimci bakımın gerçekleştirilmesi, tedarik zincirinin uçtan uca birbirine bağlanması gibi süreçlerde; verinin iletimi, depolanması, analiz edilmesi ve raporlanması büyük bir önem kazanacaktır. Bu süreçlerin bütün aşamalarında **sensörler** büyük rol oynayacaktır.

HATIRDA KALAN SÖZLER

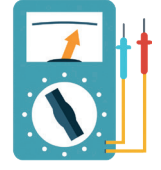
1. Büyüklere saygılı olalım, yaşlılarımızla dost.
2. Büyüklere saygı; ahlaki, örfi, dini ve insani bir görevdir.
3. Çocuklara saygıyı öğretmenin en iyi yolu, onlara saygı göstermektir.
4. "Gerçek sevgi, iyilik gördüğünde artmayan, kötülük gördüğünde eksilmeyendir." **Muaz**
5. "Nehrin kaynağına saygısı, denize doğru akmasıdır." **Recâ Garudi**





UYGULAMA

SENSÖRLERDE ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

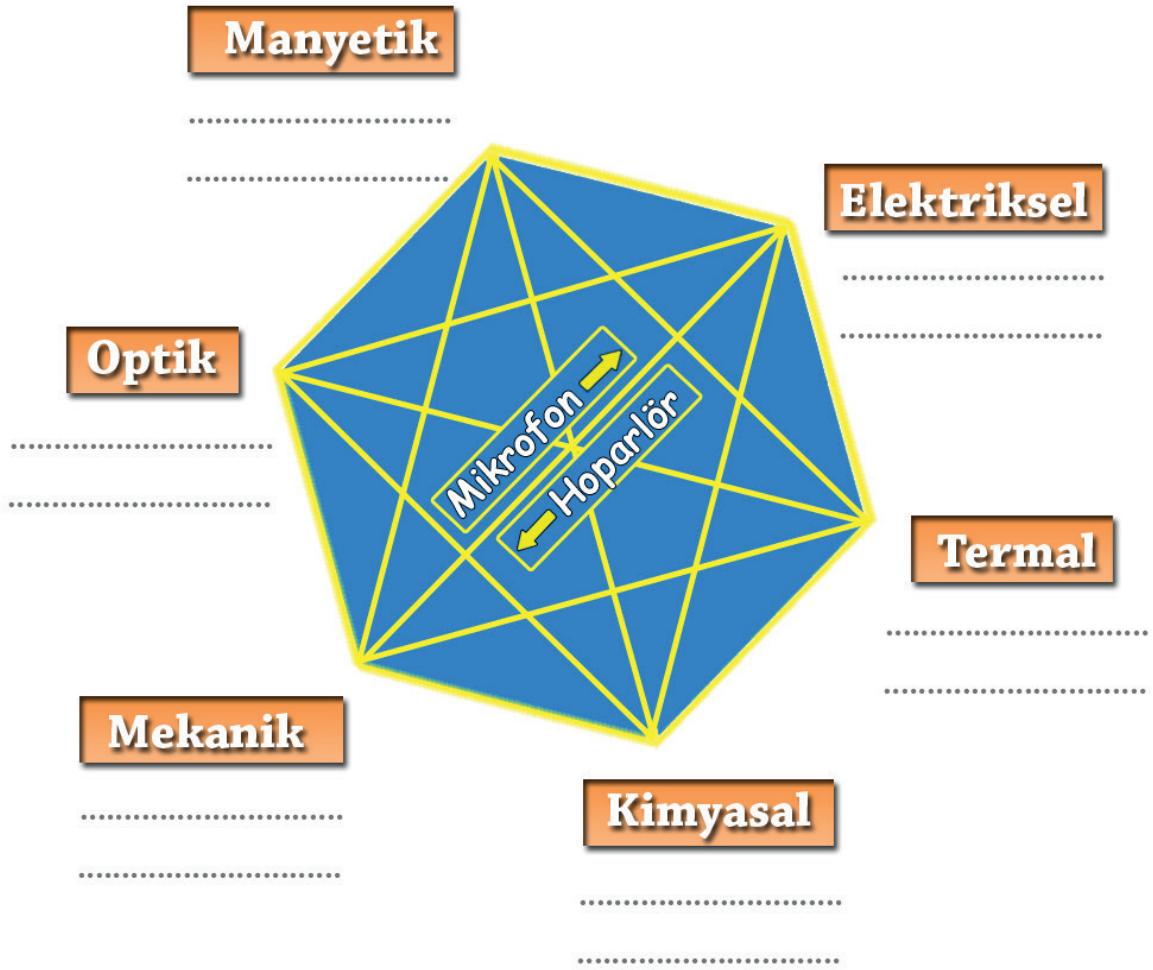


1

AMAÇ

Sensör ve transdüserlerin giriş ve çıkış enerjileri arasındaki dönüşüm ilişkisini kavramak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Resimler



Şekil 1.21: Sensörlerin dönüşümünü yaptığı enerji türleri arasındaki ilişki

İşlem Basamakları

1. Tablo 1.3 (sayfa 19) ve Tablo 1.5 (sayfa 33) incelenir.
2. Uygulama değerlendirme tablosunun ilk satırı örnek alınarak tablo doldurulur.
3. Tablodan on iki adet sensör seçilir. Sensörlerin dönüşümünü yaptığı enerji türleri arasındaki ilişki, görseldeki kenar ve köşe çizgileri üzerine isimleri yazılarak ok işareti ile gösterilir.





Alınan Değerler, Sonuç

No	Sensör	Ölçülen Büyüklik	Ölçülen Büyükliğin Alt Niteliği	Giriş Enerjisi Türü	Çıkış Enerjisi Türü	Uygulama Alanı
1	Mikrofon	Ses şiddeti	Akustik	Mekanik	Elektrik	Medya sektörü
2	Anten					
3	Hoparlör					
4	Termistör					
5	Doğrultmaç					
6	Bimetal çubuk					
7	LED diyot					
8	Akselerometre					
9	Termokupl					
10	Akselerometre					
11	Pirometre					
12	LDR					
13	Optokuplör					
14	ABS sensörü					
15	Boost basınç					
16	Termal kamera					
17	Strain gage					
18	Lm35					
19	Hall effect					

Derecelendirme Ölçeği

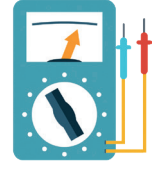
Öğrencinin yaptığı işi aşağıdaki kriterlere göre değerlendirip uygun yere **X** işareti atınız.

Kriterler	Geliştirilmeli	Orta	Çok iyi
Cihazın ölçtüğü büyüklükleri tanır.			
Cihazın ölçtüğü büyüklüğün alt niteliğini tanır.			
Giriş enerjisinin türünü belirler.			
Çıkış enerjisi türünü tespit eder.			
Uygulama alanını belirler.			





UYGULAMA

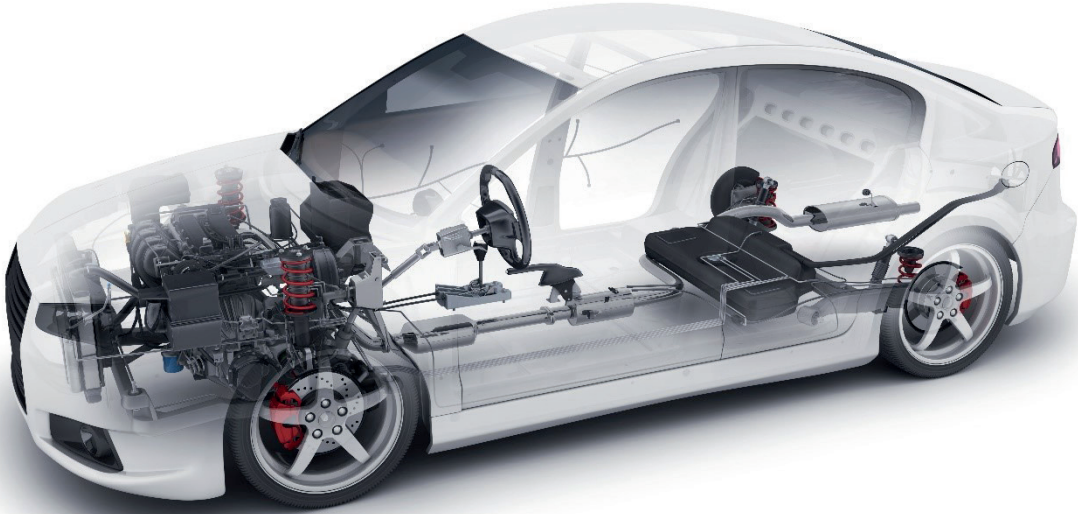
OTOMOBİLLERDE KULLANILAN
SENSÖRLER

2

AMAÇ

Farklı araç gereçlerde kullanılan sensörleri tanımak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Resimler



Fotoğraf 1.9: Otomobil sistemi

İşlem Basamakları

1. Otomobillerde kullanılan sensörlerle ilgili kaynaklar belirlenir.
2. Otomobillerde kullanılan sensörlerin görevi ve çalışma prensipleri incelenir.
3. Sensörlerin fiyat bilgisi araştırılır.
4. Oto servisinden ya da otomobiller hakkında yeterli bilgiye sahip kişilerden yardım alınır.
5. Araştırma sonuçlarına dair veriler, üçer adet olacak şekilde sonuç tablosuna yazılır.
6. Sonuç tablosunda oluşan verilere göre, Fotoğraf 1.9'daki otomobil görseli üzerinde sensörlerin yeri ok işaretiyle gösterilerek ismi yazılır.



Araştırılmalı

Yukarıdaki işlem basamaklarından 2, 3 ve 4. madde araştırılarak araştırma sonuçları sınıfta değerlendirilmelidir.





Alınan Değerler, Sonuç

Kriterler	Sensör	Fiyatı	Kullanım Amacı
Motor üzerinde kullanılan sensörler			
Güvenlik ve konfor amaçlı kullanılan sensörler			
Sıcaklık tespiti için kullanılan sensörler			
Basınç tespiti için kullanılan sensörler			
Yakıtla ilgili sensörler			
Tekerlekte kullanılan sensörler			

Derecelendirme Ölçeği

Öğrencinin yaptığı işi aşağıdaki kriterlere göre değerlendirip uygun yere X işareti atınız.

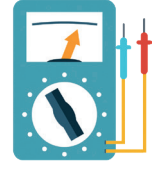
Kriterler	Geliştirilmeli	Orta	Çok iyi
Bilgi kaynaklarını belirler.			
Uzman kişiyle görüşür.			
Sensör isimlerini yazar.			
Sensör fiyat bilgilerini yazar.			
Sensör kullanım amaçlarını yazar.			
Görsel üzerinde sensörün yerini belirler.			





UYGULAMA

SICAKLIK ÖLÇÜMÜNDE SENSÖR SEÇİMİ

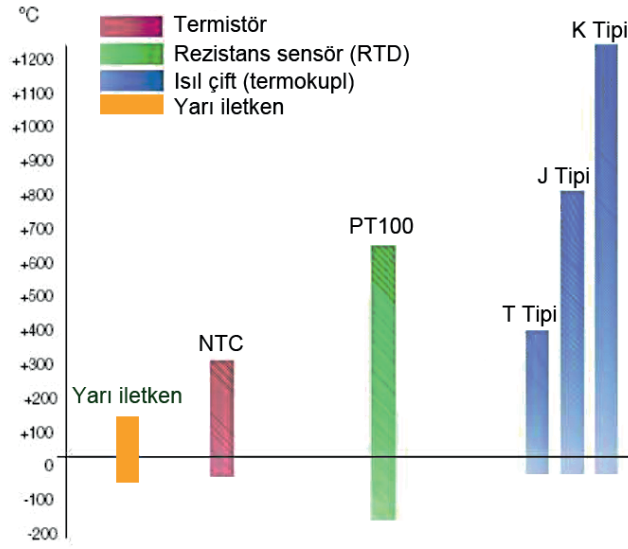


3

AMAÇ

Sıcaklık ölçen sensörlerin özelliklerini tanımak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Resimler



Grafik 1.6. Sıcaklık ölçümünde sensör seçimi

İşlem Basamakları

1. Sensörün özellikleri, kullanım alanı ve seçimiyle ilgili hususlar gözden geçirilir.
2. Sıcaklık ölçüm sensörleri [termistör, termokupl, RTD ve LM35 (yarı iletken) vb.] hakkında firma kataloglarından yararlanılarak araştırma yapılır.
3. Kataloglarda bulunan yukarıdaki grafik veya benzeri tablolar örnek alınır. Sıcaklık sensörlerinin ölçüm aralığı ve diğer sensör özellikleri de belirlenip uygulamanın sonuç tablosuna kaydedilir.
4. Araştırma sonucu oluşturulan değerlendirme tablosuna göre aşağıdaki sorulara cevap verilir.
 - a) Hastalıklardan dolayı (Covid-19 vb.) insan vücudunda oluşan yüksek ateşin tespit edilmesi için tasarlanacak termal kamerada hangi tip sensör kullanılmalıdır?
 - b) Petrol ve gaz endüstrisinde kullanılmak üzere; patlama vb şartlar göz önünde bulundurularak bir sıcaklık sensörü seçilecektir. Hangi tip sensör seçimi uygun olur? Nedenlerini yorumlayınız.
 - c) Sıcak şartlar altında çalışan bir motorun sargı sıcaklığı ölçülmek istenmektedir? Hangi sensör seçilmelidir? Nedenlerini yorumlayınız.
 - d) Demirin ergitildiği bir fırının sıcaklığı ölçülecektir. Hangi sensör seçilmelidir? Nedenlerini yorumlayınız.



Araştırılmalı

2 ve 3. işlem basamakları için araştırma yapılarak sonuçlar sınıfta değerlendirilmelidir. Araştırma sonuçları ve sensör seçim kriterleri ışığında 4. sorudaki maddelere cevap verilmelidir.





Alınan Değerler, Sonuç

Kriterler	Pt-Rtd 100	Ni-Rtd 100	Termistör	Isıl Çift	Yarı İletken
Maliyet					
Sıcaklık aralığı					
Kararlılık					
Doğruluk					
Yinelenebilirlik					
Duyarlılık					
Cevap hızı					
Doğrusallık					
Kendi kendine ısınma					
Nokta duyarlılık					
Bağlantı ucu etkisi					
Fiziksel boyut					
Fiyat					

Kriterler (işlem basamakları 4)	Sensör Tipi	Neden
a sorusuna ait sensör seçimi		
b sorusuna ait sensör seçimi		
c sorusuna ait sensör seçimi		
d sorusuna ait sensör seçimi		

Derecelendirme Ölçeği

Öğrencinin yaptığı işi aşağıdaki kriterlere göre değerlendirip uygun yere X işareti atınız.

Kriterler	Geliştirilmeli	Orta	Çok iyi
Bilgi kaynaklarını belirler.			
Katalog bilgilerini yorumlar.			
Sensör özelliklerini tespit eder.			
Sorulara cevap verir.			
Uygun sensör seçer.			





HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Bir kamera sistemi nasıl oluyor da insandaki görme duyusu ile aynı fonksiyonu gerçekleştirebiliyor?
2. Sensörler tarafından algılanan sinyallerin elektrik sinyaline dönüştürülmesinin sebeplerini araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Giriş sinyalinin dönüştürüldüğü temel elektriksel büyüklük türlerini ve bu türlerin örneklerini araştırarak sonuçlarınızı sınıfta paylaşınız.

1.2. SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Temel ya da türetilmiş büyüklükler; mekanik, termal, elektriksel, manyetik, ışımsal ya da kimyasal etkilere bağlı olarak ölçülür. Ölçülen her türlü büyüklüğün elektriki olarak ifade edilmesi en temel konudur. Bu sebeple sinyallerin elektriki olarak ifade edilmesi büyük önem arz etmektedir.

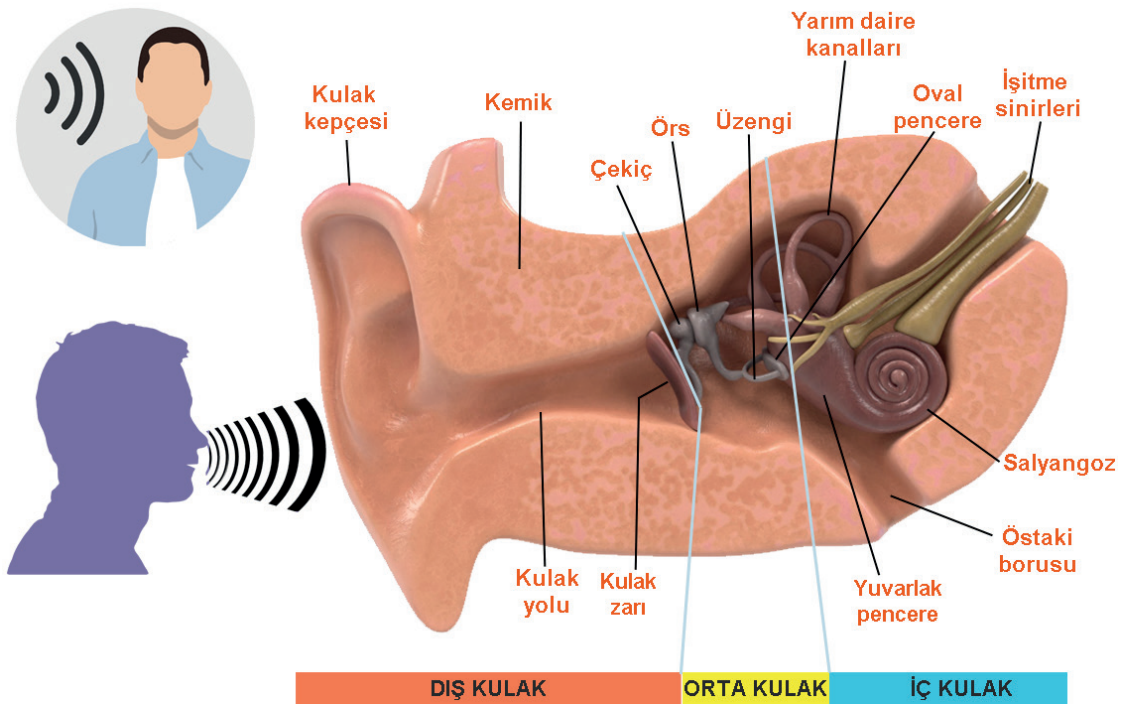
Sensörlerin çevrelediği dünyada birçok süreç başarılı şekilde çalışan sensörler tarafından ölçülüp tespit edilmektedir. Endüstriyel ve diğer uygulama alanlarında kullanılan sensörlerin, insan vücudundaki duyu organlarına benzeyen tarafları vardır.

1.2.1. Sensör ve Duyu Organı İlişkisi

İnsandaki beş duyu organı dış çevreden; iç kulak, kas ve deri gibi vücut parçaları da vücut içinden beyne doğru elektrokimyasal bir formda kesintisiz sinyal iletmektedir. Beyin, vücudun doğru çalışabilmesi için duyu organlarından aldığı bilgileri (sinyalleri) sürekli olarak kullanır. Sensörler de benzer bir şekilde kontrol ünitelerine dış ortamdan sinyal taşır.

1.2.1.1. Kulakta İşitme Duyusunun Gerçekleşmesi

İnsan vücudunda birçok algılayıcı sistem bulunmaktadır. Sensör ve duyu organları arasında çalışma bakımından benzerlik kurmak için kulağın çalışma prensibini açıklamak yerinde olacaktır (Şekil 1.22).



Şekil 1.22: Kulakta işitmenin oluşumu



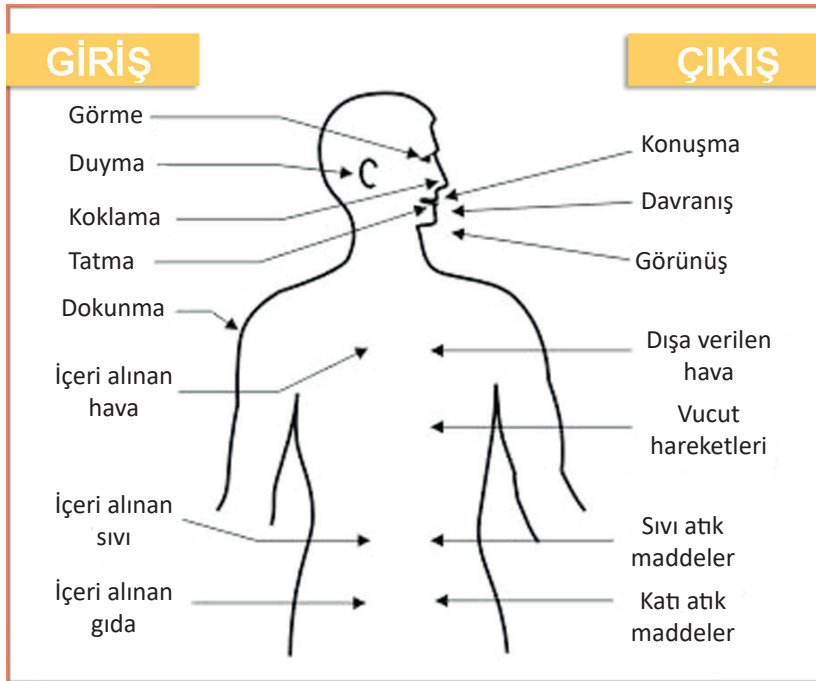


- Ses dalgaları dış kulaktan girer ve kulak kanalından orta kulağa doğru ilerler.
- Kulak kanalı, ses dalgalarını kulak zarına yönlendirerek kulak zarının titreşmesine sebep olur.
- Kulak zarındaki titreşimler, orta kulaktaki üç minik kemikten biri olan çekiç kemiğine aktarılır. Çekiç kemiğindeki titreşim, sırasıyla birbirleriyle temas halindeki örs ve üzengi kemiklerinin de titreşmesini sağlar. Üzengi kemiğindeki titreşimler iç kulağa geçer.
- Üzengi kemiği, içi sıvı dolu bir torbaya dokunur ve titreşimler, kabuk şeklinde olan salyangoza (kokleaya) doğru hareket eder.
- Salyangoz, denge ve konumdan sorumlu yarım daire şeklindeki kanalları içeren bir yapıdır. İçerisinde akıcı sıvı ve kalsiyum karbonat içeren küçük partiküller ile doldurulmuş odalar vardır. Bu partiküller, iç kulaktaki küçük tüylü hücreler üzerine doğru giderek (vestibüler sistem) beyne hareket ve ivme olarak yorumlanan sinyaller gönderir. Beyin, bilgiyi işlemekten geçirerek farklı ses türleri arasındaki ayrımı gerçekleştirir (Şekil 1.22).

**Araştırılmalı**

Gürültülü ortamların kulak sağlığına zararlarını ve gürültüden korunmak için üretilen ekipmanların neler olduğunu araştırarak sınıfta paylaşınız.

Vücüttaki duyu organları örnek alınarak birçok sensör yapılmıştır. Bu bağlamda; mikrofon, işitme duyusu esas alınarak üretilen ve sesi elektrik sinyallerine çeviren bir sensördür. Mikrofonların yapısı, ses dalgalarının bir diyaframı titreştirmesi esasına dayanmaktadır. Her sesin belirli bir şiddeti vardır. Bu ses şiddeti ile orantılı olarak havada bir basınç oluşur. Mikrofonu gelen hava basıncının şiddetine göre titreşen diyafram, ses basıncını elektrik sinyaline çevirir.



Şekil 1.23: İnsanın bir sistem olarak düşünülmesi durumunda giriş ve çıkış büyüklükleri

Ayrıca insan vücudunda beş duyunun dışında çok sayıda elektriksel, mekaniksel, kimyasal, termal, ışımsal ve manyetik sistem bulunmaktadır. Bu sistemler çevreyle ve birbirleriyle sürekli etkileşim halindedir (Şekil 1.23).





1.2.1.2. İnsan Duyuları ve Makine Duyumları

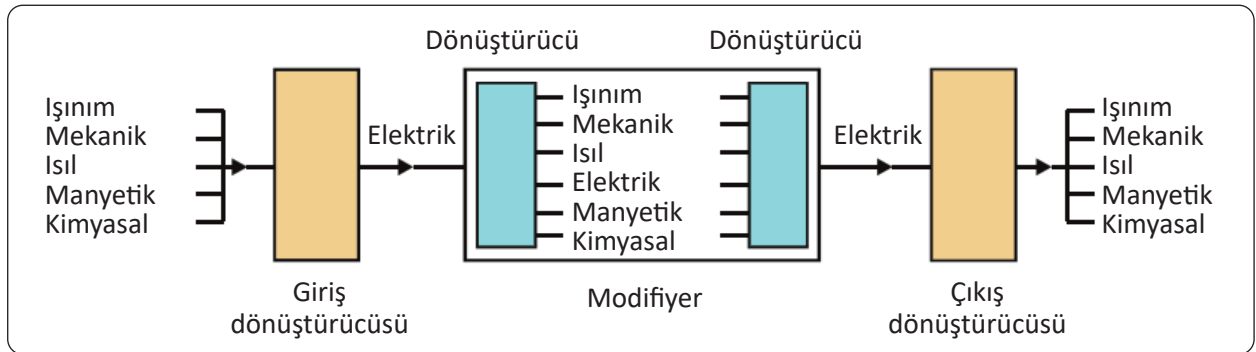
İnsan vücudunun sağlıklı bir şekilde hayatını sürdürebilmesi için duyu organları kritik bir öneme sahiptir. Makine ve kontrol sistemlerine bilgi sağlayan sensörler de vücuttaki duyu organlarına benzer. Makinelerde kullanılan sensörler ile beş duyu organı arasındaki benzerlik Tablo 1.7'de görülmektedir.

Tablo 1.7: Beş Duyu ve Sensör İlişkisi

Duyu Organları					
	Göz	Kulak	Burun	Dil	Deri
Beş duyu	Görme	İşitme	Koklama	Tat alma	Dokunma
Davranış	Nesneyi görmek	Sesi dinlemek	Nesneyi koklamak	Tat almak	Dokunarak ısıyı, kuvveti vb. hissetmek
Sinyal sınıfı	Işınım	Mekaniksel	Kimyasal	Kimyasal	Termal Mekaniksel Işınım
Tipik sensörler	Görüntü sensörü Lazer	Akustik Ultrasonik	Gaz bileşen	Sıvı bileşen	Sıcaklık Nem Basınç Konum
Aksiyon	Işık yaymak	Mesafe ölçmek	Gaz algılamak	Biyosensör	Nem ölçmek

1.2.2. Sensörlerin Algılaması Sonucu Çıkış Sinyallerinin Oluşumu

Elektronik ölçüm ile farklı enerji biçimleri içeren büyüklükler elektrik enerjisine dönüştürülür. Giriş enerjisi önce elektrik enerjisine çevrilir. Sinyal işlendikten sonra farklı çıkış biçimlerine dönüştürülebilir (Şema 1.6).



Şema 1.6: Farklı enerji türleri arasındaki dönüşüm ilişkisi

Basınç, sıcaklık, nem, ses, seviye, manyetik alan, ışık şiddeti gibi farklı enerji biçimlerindeki değişim elektriksel olarak ifade edilebilir. Dönüştürmenin elektriksel türü; etkiyen enerjinin ve etkilenen malzemenin kendine has özelliklerine bağlı olarak direnç, iletkenlik, kapasite, empedans, voltaj gibi elektriksel büyüklüklerden biri olabilir.



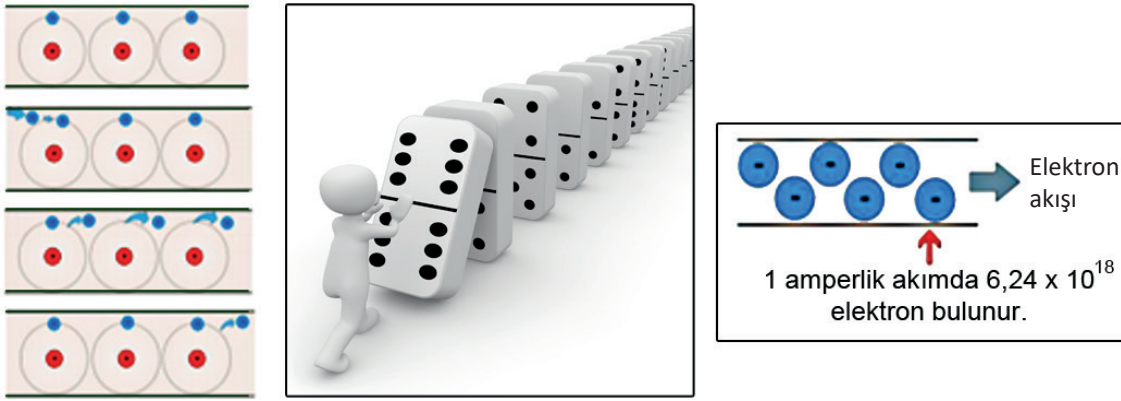


1.2.2.1. Voltaj Değişimine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması

Bazı büyüklüklerin miktarı, birtakım etkilerin gerilim üretmesi esasına bağlı olarak tespit edilip ölçülmektedir.

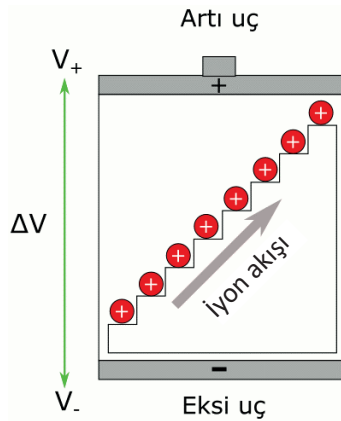
Gerilimle (Voltaj) İlgili Temel Kavramlar

İletkenlerin son yörüngesinde valans denilen serbest elektronlar vardır. Bir iletkenin son yörüngesindeki elektronların bir yöne doğru hareket edebilmesi için elektronlara elektriksel bir kuvvetin uygulanması gerekir. Bu kuvveti uygulayacak olan elektrik alan ancak iki iletkenin ucu arasında elektriksel potansiyel fark varsa oluşur. Temsili olarak; domino taşlarını hareket ettiren dokunuşu sağlayan enerji, potansiyel farka benzetilebilir (Şekil 1.24). Ancak potansiyel farktan dolayı oluşan enerjinin uzun süreli olduğu unutulmalıdır.



Şekil 1.24: Son yörüngedeki valans elektronların gerilime bağlı hareketi

İki nokta arasındaki birim yükü hareket ettiren güç, elektriksel potansiyel farkından kaynaklanan enerjidir (Şekil 1.25). Elektriksel potansiyel V , potansiyel fark (gerilim ya da voltaj) ise E_p ya da ΔV simgesiyle gösterilir.



Şekil 1.25: Elektriksel potansiyel farkının oluşması



Bilgi Notu

1 Amper: Bir iletken kesitinden 1 saniyede $6,24 \cdot 10^{18}$ elektron (1C) geçiyorsa bu akımın şiddeti 1 amperdir.

1 Volt: Bir noktadan başka bir noktaya 1 “coulomb”luk (kolomb) yükü hareket ettirmek için 1 “joule”luk (jul) enerji kullanıldığı zaman, iki nokta arasındaki potansiyel fark miktarı 1 voltur.

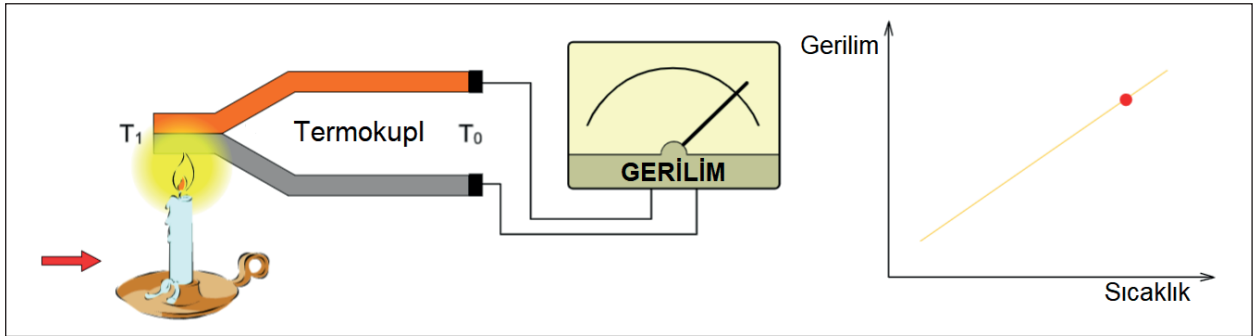




Isı Değişimine Bağlı Gerilim Elde Edilmesi (Seebeck Etkisi)

Aktif sıcaklık sensörü olarak kullanılan ve sıcaklığın gerilime dönüştürülmesini sağlayan ısı çifti (termokupl), farklı malzemelerden (metal veya yarı iletken) yapılmış ve birbiriyle teması önlenmiş iki telin uçlarının birleştirilmesiyle elde edilir.

İki metalin birleşim yerinin ısıtılması bir EMK (elektromotor kuvvet) doğurur ve Seebeck (siibek) etkisi olarak adlandırılır. İki benzersiz metalin bileşim yerinin ısı kaynağıyla ısıtılması sonucunda T_1 (sıcak) ve referans olan T_0 (soğuk) noktaları arasında sıcaklık farkı oluşur. Bu sıcaklık farkından kaynaklanan elektron hareketinden bir termoelektrik veya Seebeck voltajı meydana gelir. Bu voltaj değeri, iki ayrı metalin ısınması sonucunda oluşan sıcaklık ve soğukluk etkisi farkıyla orantılı olup soğuk nokta uçlarında mV mertebesinde gerilim üretilir (Şekil 1.26).



Şekil 1.26: Isıl çiftlerin ısıtılmasına bağlı olarak gerilim (voltaj) oluşumu (seebeck etkisi)

Oluşan bu potansiyel fark kullanılarak istenilen sıcaklık değerleri ölçülür. Termokupl sensörleri $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+2500\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında çalışabildiklerinden endüstride en çok tercih edilen ısı kontrol elemanıdır. Yüksek sıcaklıkların ölçülmesi ve endüstri tesislerindeki yüksek sıcaklıkta çalışan kazanların ısı kontrolünde kullanılırlar. Standart hale getirilmişlerdir. Değerli metallerden yapılan J, K ve T gibi birçok türü mevcuttur. Ayrıca diğer metallerden birinin baz alınmasıyla yapılan baz metal tel çiftleri de kullanılmaktadır.

KENDİN YAP

1

Termokupl'un (Isıl Çift) Yapılışı

Malzemeler

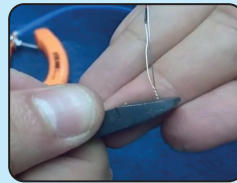
- Yan keski, kargaburun, ölçü aleti
- Farklı cins iki iletken tel (kesit $0,75\text{--}1,5\text{ mm}^2$, boy 15 cm, bakır ve demir)



Fotoğraf 1.13



Fotoğraf 1.10



Fotoğraf 1.11



Fotoğraf 1.12

İşlem Basamakları

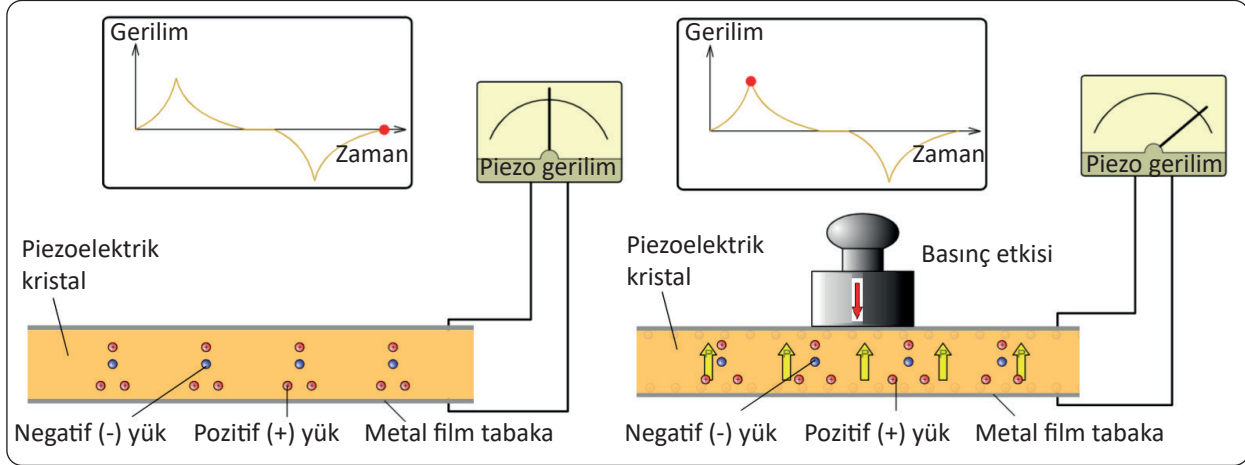
1. İletken teller baş kısımlarından 3 cm soyulur (Fotoğraf 1.10).
2. Kargaburun kullanarak teller birbiri üzerine bükülür (Fotoğraf 1.11).
3. Yankeskiyle bükülen tel kısımları 4 mm kalacak şekilde kesilir. İmkan varsa ark kaynağı yapılır (Fotoğraf 1.12).
4. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim ölçülür.
5. Havya ile termokupl büküm uçları ısıtılır.
6. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim tekrar ölçülür.

Not: Yandaki ölçü aletinde ölçülen değer gibi sıcaklıkla orantılı olarak mV değişimi gözlenmelidir.



Mekanik Etkilere Bağlı Olarak Gerilim Elde Edilmesi (Piezoelektrik)

Piezoelektrik etki, basınç ile elektrik üretimidir. Zıt işaretli ve birbirlerine belirli bir mesafede bulunan eşit iki nokta yükü (dipol yük) ve/veya yüklere mekanik gerinim veya gerilim uygulandığında, pozitif ve negatif yükler kutuplaşır (polarize olmak). Mekanik gerinim şiddetiyle orantılı olarak kutuplaşan ve ayrılan elektrik yükleri arasında bir voltaj oluşur. Basınç etkisi ortadan kalkıp mekanik gerinim sonlandığında ise ters bir piezo etki üretilir. Dolayısıyla ters yönde bir voltaj oluşur (Şekil 1.27).

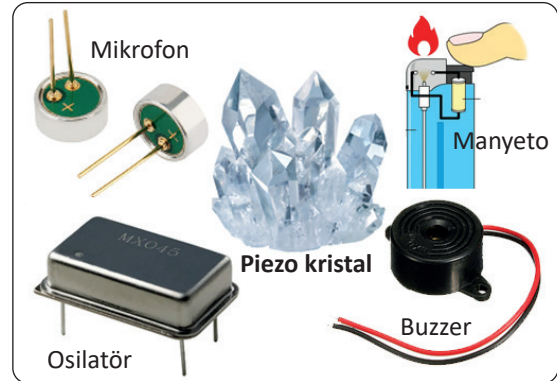


Şekil 1.27: Mekanik (basınç etkisi) gerinime bağlı olarak voltaj oluşumu

Gerinim; T ile ifade edilen birim şekil değiştirme (strain), yük altındaki bir malzemenin yük uygulanmadan önceki durumuna göre şeklinin ne kadar değiştiğini gösterir.

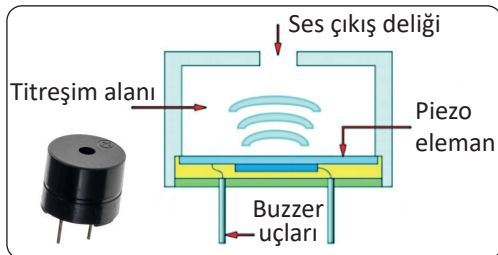
Bir cisim gerilme altında kaldığında farklı şekillerde tepki verir. Biçimsizleşir yani şekli ve hacmi değişir. Biçimsizleşme elastiki, plastiki ya da her iki şekilde gerçekleşebilir.

Elastiki olarak şekil değiştiren bir cisimde, gerilme kalktığında cisim ilk haline geri döner. Plastik biçimsizleşme gerçekleştiğinde ise cisim ilk haline geri dönemez. Elastiki ve plastiki şekil değiştirmenin olduğu cisim ise şekil değiştirmenin bir kısmını geri verirken üzerinde bir miktar kalıcı şekil değiştirme oluşur. Bazı cisimler gevrek karakterli olup gerilime maruz kalma ortadan kalktığında cisim ilk haline gelemeden kırılır. Bir piezoelektrik malzemede de yük etki ettiğinde gerilme oluşur. Piezoelektrik etki kalıcı bir etki değildir ve sürekli değişir. Bu etkiden yararlanarak basınç ölçümü, osilatör, mikrofon, çakmak manyetosu, piezo buzzer vb. yapılmaktadır (Şekil 1.28).



Şekil 1.28: Piezo kristal malzeme ve cihazlar

Piezoelektriklik; kurşun-zirkonyum-titanyum (PZT), baryum titanat ($BaTiO_3$) gibi seramik ve kuartz (SiO_2), turmalin gibi bazı kristal yalıtkan malzemelerden oluşur.

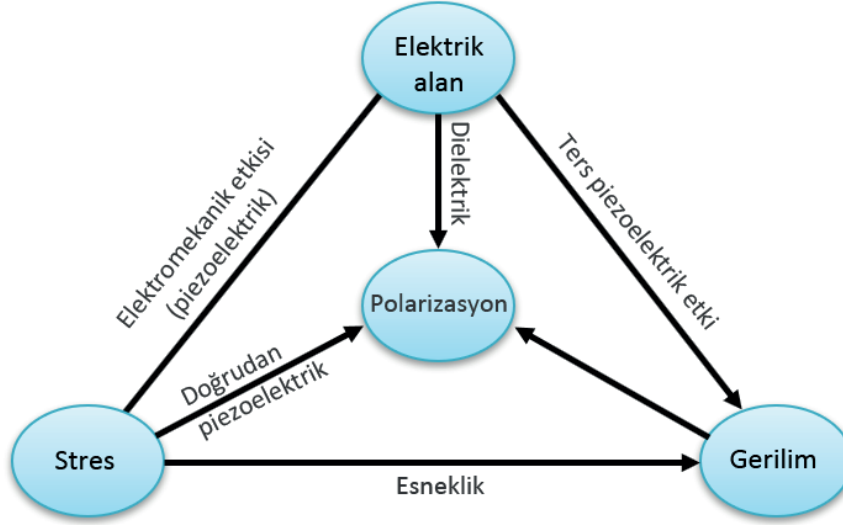


Şekil 1.29: Piezo buzzer ve yapısı

Piezo buzzer, uçlarına uygulanan elektriksel sinyal ile ince ve tiz bir ses çıkaran devre elemanıdır. Buzzer uçlarına elektriksel sinyal uygulandığında, piezo kristali titreşmeye başlar. Kapalı hazne içinde titreşimden dolayı bir ses basıncı oluşur. Bu ses basıncı, buzzer üzerindeki delikten ses olarak dışarıya çıkar (Şekil 1.29).



Piezoelektrik malzemelerde mekanik, elektriksel davranış ve bu iki davranışın etkileşimi önemlidir. Elektrik alan, gerinim, gerilim ve kutuplaşma gibi unsurlar arasında çok yönlü bir ilişki ağı vardır. Örneğin, piezoelektrik malzemeye mekanik bir stres uygulandığında malzemede elektriksel bir değişim olduğu gibi mekanik bir gerinim davranışı da oluşmaktadır (Şekil 1.30).



Şekil 1.30: Piezoelektrik etkileşim (elastik özellikler, polarizasyon, elektrik alan)

Elektriksel davranış; malzemenin yapısına, üretimine ve maruz kaldığı kuvvetlere bağlıdır. Elektrik yüklü bir cisme kuvvet uygulanırsa elektrik alan oluşur. Elektrik yüklerinin etrafında pozitif (+) yüklerden negatif (-) yüklere doğru elektrik alan çizgileri oluşur.



Araştırılmalı

Dijital devrelerde ritmik sinyaller (osilasyon) nasıl oluşur? Piezo kristallerin etkisi var mıdır?

KENDİN YAP

2

Piezo Kristal ile Piezo Gerilim Üretimi

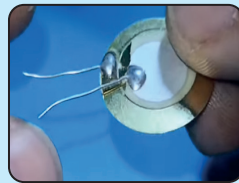
Malzemeler

- Piezo buzzer, LED diyot
- Ölçü aleti
- Lehim teli, havya



Düşünelim

- Piezo buzzer uçlarına LED yerine 3-20 Vp-p AC gerilim bağlanırsa ne olur?
- Piezo kristaller titreşim ölçümü amacıyla kullanılabilir mi?



Fotoğraf 1.14



Fotoğraf 1.15



Fotoğraf 1.16

İşlem Basamakları

1. Ölçü aleti mV kademesine alınır.
2. Ölçü aletinin prob uçları buzzer uçlarına değiştirilir (Fotoğraf 1.14).
3. Piezo buzzer parmaklar arasında sıkıştırılarak mV mertebesinde gerilim üretildiği gözlenir (Fotoğraf 1.15).
4. Piezo buzzer uçlarına LED lehimlenir.
5. Piezo buzzer parmaklar arasında sıkıştırılıp bırakılarak LED'in yanıp yanmadığı gözlenir (Fotoğraf 1.16).

Not: Basınca bağlı olarak mV mertebesinde gerilim üretilmelidir.

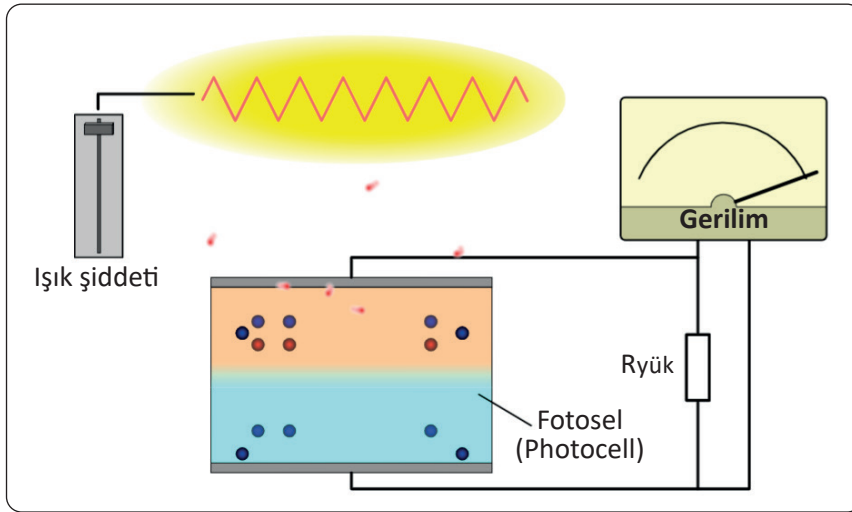




Işıma Etkisine Bağlı Olarak Gerilim Elde Edilmesi (Foto Voltaik)

Güneşin elektromanyetik radyasyon enerjisini fotonlar taşır ve iletir. Fotonlar, güneş ışınım spektrumundaki farklı dalga boylarına bağlı olarak farklı miktarlarda enerji içerir. Bu enerjiyle fotosentez sürecinde olduğu gibi, foto reaksiyonları veya yarı iletkenlerdeki elektronların iletkenliğini tetikleyerek güneş ışığının elektriğe dönüşmesi sağlanabilir.

Fotovoltaik hücre üzerine gelen fotonların bir kısmı hücre tarafından soğurulur, bir kısmı yansıtılır, kalan kısım ise hücre içinden geçer. Fotovoltaik hücre tarafından soğurulan fotonlardan elektrik üretilir. Fotonun enerjisi, yarı iletken malzemenin atomundaki elektrona transfer olur. Elektron, yeni kazandığı bu enerji sayesinde bir elektrik devresindeki akımın parçası olabilmek için, yarı iletken malzemedeki bir tek atoma ilişkin normal pozisyonundan kurtulabilme yeteneği kazanır. Fotovoltaik etkiyle ışığa maruz kalan bir malzemenin bazı elektronları daha yüksek seviyeli yörüngelere yerleşir ve bunun sonucunda da bir gerilim oluşur.



Şekil 1.31: Foto voltaik hücrelerde foton enerjisiyle orantılı gerilim oluşumu

Fotovoltaik (PV) hücre, yarı iletken N-tipi ve P-tipi bölgelerden oluşur (Şekil 1.31). Bu N-tipi ve P-tipi bölgelerin geçiş bölgesindeki P-N eklemi kesiminde, doğal olarak bir elektrik alanı kurulur. Yarı iletken eklem PV hücre olarak çalışması için, eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümün sağlanması gerekir. Fotovoltaik dönüşüm iki aşamada gerçekleşir:

1. Eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-boşluk çiftleri oluşturulur.
2. Artı (+) ve eksi (-) yükler bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır.



Fotoğraf 1.17: Foto voltaik etkiyle güneş pillerinden enerji üretilmesi

PV hücrenin verdiği elektriğin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir (Fotoğraf 1.17). PV ilkeye göre çalışma gerçekleşebilmesi için güneş ışığını soğuracak malzeme elektrik yüklerinin birbirinden ayrılabilmesine izin verebilecek özellikte bir yarı iletken (Si, GaAs, CdTe gibi) olmalıdır.





KENDİN YAP

3

Malzemeler

- Ayna ya da CD/DVD, 2 m x 0.5 mm² kesitli bobin teli, 10 cm x 1 mm² kablo, zener diyot, yapıştırıcı (silikon, 505 vb.), siyah çöp poşeti
- Ölçü aleti, lehim teli, havya



Bilgi Notu

Güneş pili, DC 20 volt kademesinde test edilir.



Araştırılmalı

Yaptığınız güneş pilinin veriminin artırılması için neler yapılabilir? Araştırınız.

Güneş Pili Yapılabilir mi?



Fotoğraf 1.18



Fotoğraf 1.19

1. Ayna ya da CD'nin parlak kısmına silikon yapıştırıcı sürülür (Fotoğraf 1.18). Siyah poşet aynanın üzerine yapıştırılır. Poşetin fazla kısımları arkaya katlanır (Fotoğraf 1.19).

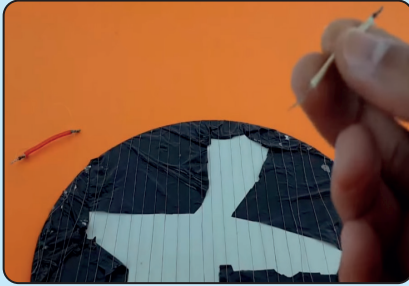


Fotoğraf 1.20



Fotoğraf 1.21

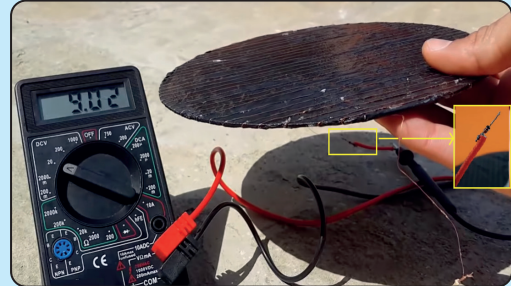
2. Arkaya katlanan poşetler kabartılmadan yapıştırılır (Fotoğraf 1.20). Bobin teli ucu arkada olacak şekilde ve aynanın bütün çevresinden dolaşacak şekilde sarılır ve yapıştırılır (Fotoğraf 1.21).



Fotoğraf 1.22

3. Bobin tellerinin ucundaki vernikler kazınarak 4 cm boyunda kalın kablo lehimlenir.

4. Telin birinin ucuna ayrıca zener diyot lehimlenir (Fotoğraf 1.22).



Fotoğraf 1.23

5. Ölçü aletinin prop uçları, DC volt kademesinde tel uçlarına değdirilir. Aydınlık bir ortamda gerilim ölçülür (Fotoğraf 1.23).



Biliyor musunuz?

Ülkemizde son yıllarda devlet teşvikleri ile yerli güneş paneleri üretilmeye başlanmıştır.



Fotoğraf 1.24



1.2.2.2. Kapasitans Değişimine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması

Birtakım büyüklüklerin miktarı, kimi etkilerin kapasite üretmesi esasına bağlı olarak tespit edilip ölçülmektedir.

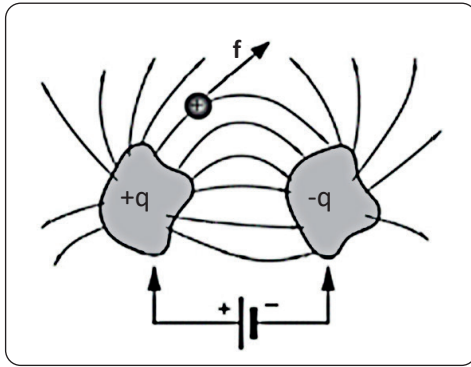
Kapasitans ile İlgili Temel Kavramlar

Kondansatör: Enerji, bir elektrik alanda potansiyel enerji olarak depolanabilir. Kondansatör potansiyel enerjiyi depolamakta kullanılan bir ayardır. Kondansatörlerin yük depolayabilme kapasiteleri kapasitanslarına bağlıdır. Kapasitans elektrik yükü depolayabilme kabiliyeti olarak tanımlanabilir. İletken levhalar negatif ve pozitif olarak yüklendiklerine göre sistem tarafından elektrik potansiyel depolanmış olur. Kapasitans, iletken üzerindeki eş değer elektrik yükünün iletkenler arasındaki potansiyel farka oranı olarak ifade edilir (Şekil 1.32: a).

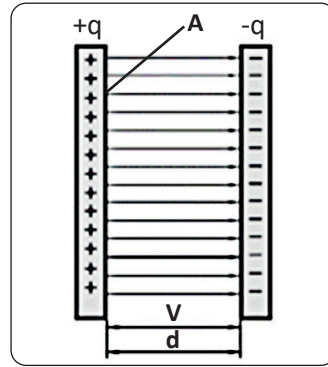
$$C=q/V$$

Siga (C); kondansatör plakalarının boyutlarına, bu plakalar arasındaki mesafenin uzaklığına ve iki plaka arasındaki yalıtkan malzemenin özelliğine (dielektrik katsayısı) bağlıdır (Şekil 1.32: b).

$$C=k.A/d$$

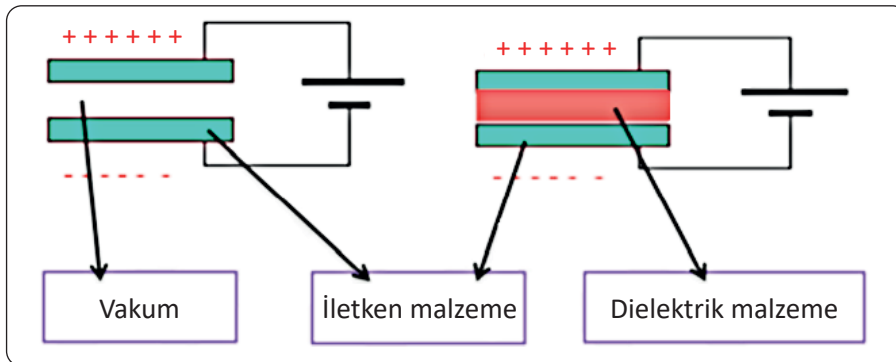


Şekil 1.32: a) İki cisim arasındaki kapasitans



b) Paralel plakalı kapasitör

Malzemelerin elektrik yükü depolama veya polarize olma (kutuplaşma) kabiliyetine dielektrik sabiti (k) denir. Birbirine paralel A alanına sahip aralarında d mesafesi bulunan iki iletken plaka, vakum ortamında voltaj kaynağına bağlandığında; kapalı devre akımı, geçici olarak yükselir ve hızla sıfıra düşer (Şekil 1.33). Plakalar arasına vakum ortam yerine bir dielektrik malzeme konularak voltaj verildiğinde ise devreden akım geçerek plakalarda elektrik yükü olarak depolanır.



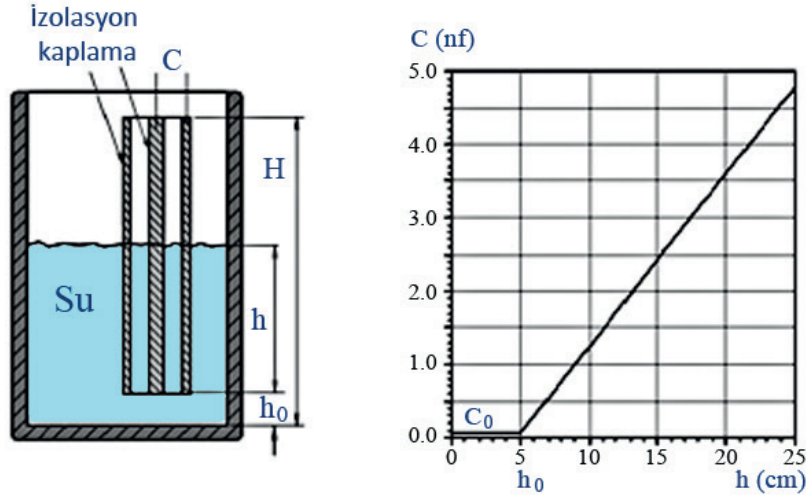
Şekil 1.33: İki dielektrik malzeme arasındaki elektrik yükü ve voltaja bağlı kapasitans

Sonuç olarak; kondansatör plakalar birbirinden uzaklaştırılırsa, esnetilirse veya iki plaka arasındaki dielektrik malzeme hareket ettirilirse, kondansatörün kapasitesi değişir. Kondansatörün kapasitesi ile beraber alternatif akıma gösterdiği direnç de değişir. İşte bu prensipten hareketle kapasitif basınç sensörleri üretilmiştir.



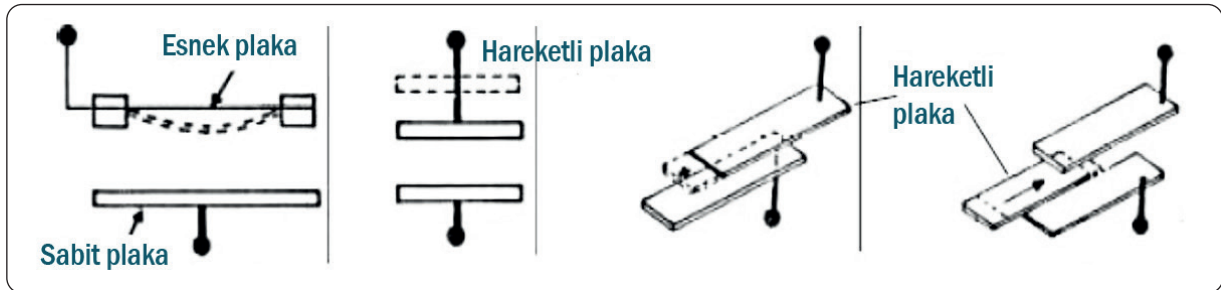
Mekanik Etkilere Bağlı Olarak Kapasite Elde Edilmesi

İdeal olarak kapasitans; sıcaklık, nem, basınç veya diğer çevresel faktörlerle değişmemelidir. Ancak kötü bir kapasitörde kapasitans; sıcaklık, nem, basınç vb. her şeye göre değişir. Bu kötü kapasitör özelliklerinden yararlanıp parametrenin belirli bir uyarıcıyla seçici olarak değişmesine izin verilebilir. Mesafe, alan, hacim, basınç, kuvvet, kimyasal bileşim vb. büyüklükler bu yöntemle hassas ve doğru bir şekilde ölçülmektedir. Bu etki; çalışması için bir voltaj kaynağına ihtiyaç duyan akustik (kapasitif ve piezoelektrik mikrofon), basınç, pozisyon vb. sensörlerin çalışma prensibini oluşturur.



Şekil 1.34: a) Kapasitif su seviye sensörü b) Su seviyesine bağlı olarak kapasitans değişimi

Kapasitif bir su seviye sensörü bir su tankına daldırıldığında (Şekil 1.34: a); su, sensör iletkenleri arasındaki ortalama dielektrik sabitini dolayısıyla da sensörün kapasitansını değiştirir (Şekil 1.34: b).



Şekil 1.35: Kapasitif basınç ölçme sensörü

Şekil 1.35'te esnek ve hareketli plakalı kapasitif basınç sensörleri görülmektedir. Esnek veya hareketli plakaya bir basınç uygulandığında, basınçla doğru orantılı olarak kondansatörün kapasitesi ve kapasitif reaktansı değişecektir. Bu direnç değişikliği ile basınç büyüklüğü tespit edilebilir. Kapasitif prensip, yaklaşım ve pozisyon sensörü yapımında da kullanılmaktadır.

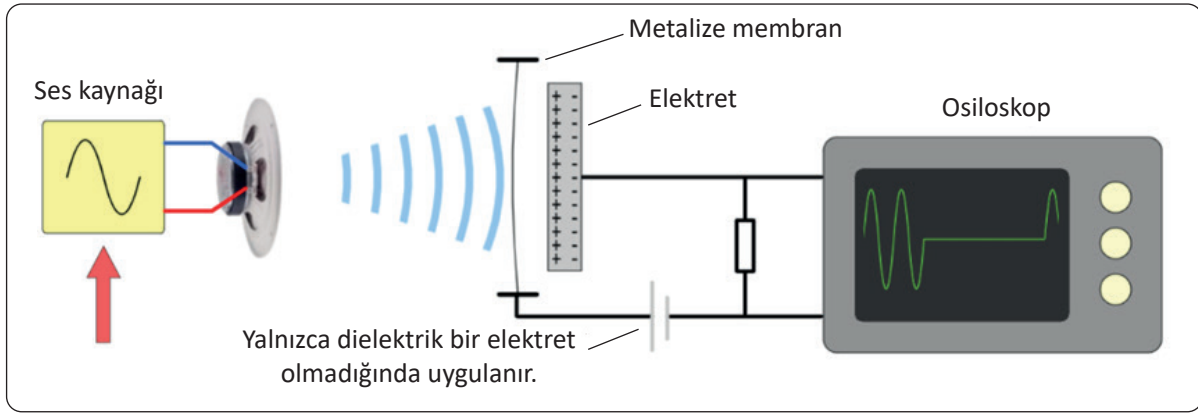
Elektret, kalıcı polarizasyona sahip bir dielektrik malzeme parçasıdır. Kapasitörün bir elektrotu basınçla deforme olursa yerleşik voltaj ile kapasitansda değişim olur. Bu kapasitör bir devreye bağlandığında ise ölçülebilir bir voltaj değişimi görülür (Şekil 1.36).



Düşünelim

Kapasitif sıvı seviye sensörü ile diğer türlerde çalışan sıvı seviye sensörleri arasındaki farkları hassasiyet yönünden araştırınız. Araştırma sonuçlarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.





Şekil 1.36: Ses dalgalarının kapasitif etki ile voltaj üretmesi

KENDİN YAP

4

Dokunma (Touch) Sensörü

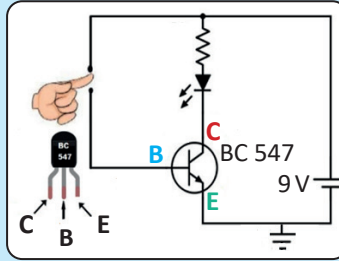
Malzemeler

- 1 KΩ direnç, LED diyot, BC547 (2N 2222) transistör, ölçü aleti, iletken tel, delikli pertinaks
- Lehim teli, havya, lehim pastası (elemanlar birbirine pertinaks üzerinden birbirine lehimlenmek istenirse)

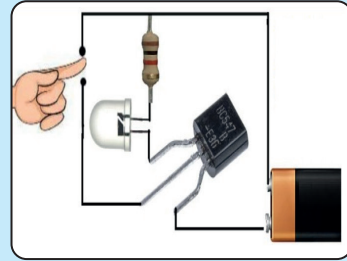


Düşünelim

Bu uygulamada transistörün tetiklenmesini sağlayan etki nedir?



Şekil 1.37

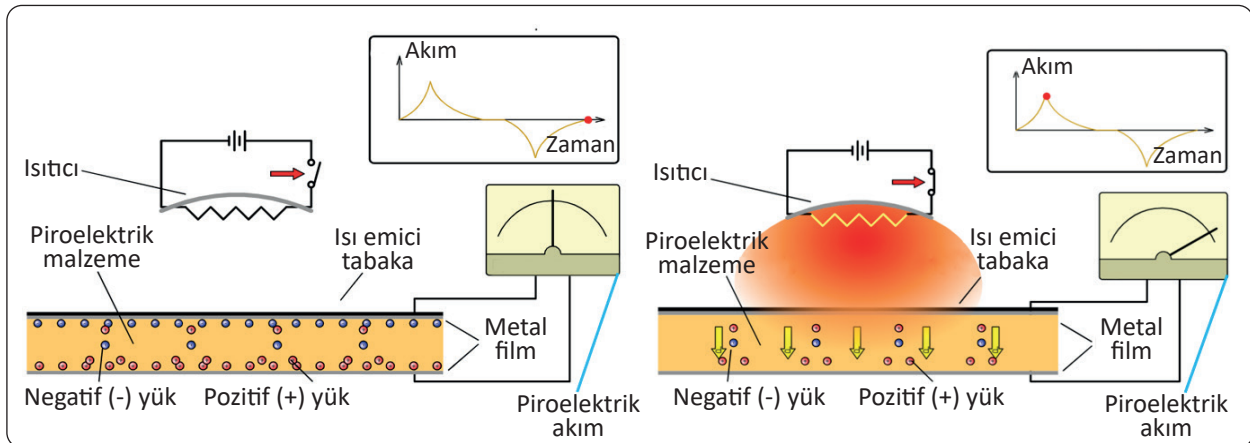


Şekil 1.38

İşlem Basamakları

1. Şekil 1.37'deki devre şeması incelenir.
2. Ölçü aleti ile BC547 transistörün E, B ve C uçları tespit edilir.
3. Devre board ya da delikli pertinaks üzerinde kurulur (Şekil 1.38).
4. Devrenin delikli pertnaks üzerinde kurulması halinde iş güvenliği önlemleri alınarak bacıklar birbirine lehimlenir.
5. Devre 5-9 V arası bir gerilim kaynağıyla beslenir.
6. Serbest kalan dokunma uçları parmak ile kısa devre edilerek LED'in yanıp yanmadığı gözlenir.

Termal Etkiye Bağlı Olarak Kapasite Elde Edilmesi (Piroelektrik Etki)



Şekil 1.39: Isı ya da ışık etkisi ile kutuplaşma oluşumu (piroelektrik etki)





Piroelektrik özelliğe sahip galyum nitrür (GaN), lityum tantalat (LiTaO₃) gibi maddeler çevreden yayılan ısı ile elektrik üretebilmektedir. Sıcaklığın etkisiyle metal tabakalar arasındaki kristal malzeme genişler ya da daralır. Bu durumda pozitif (+) ve negatif (-) yükleri dengede tutan elektriksel kuvvetler bozulurken sıcaklık miktarıyla orantılı olarak kutuplaşma artar (Şekil 1.39). Metal tabakalar ve içindeki kristallerin ısıtılarak kutuplaşmanın oluşturulmasına **piroelektrik etki** denir.

Sıcaklık değiştiğinde, kutuplu yüzlerden birinde aşırı yük belirir ve harici devrede bir akım akar. İlk dalgalanmanın ardından akım, zamanla üssel olarak yok olur ve sonunda başka bir sıcaklık değişikliği gelene kadar sıfıra düşer. Bir piroelektrik kristal boyunca oluşan elektrik alanı; piroelektrik malzemenin piroelektrik katsayısı, sıcaklık ve tabakalar arasındaki dielektriklik miktarına (kristallerdeki akı yoğunluğu) bağlıdır.

Piroelektrik malzemeler yüksek hassasiyetli ölçümlerde, termovizyon uygulamalarında ve sağlıktan savunma sanayine kadar birçok alanda kullanılır. Savaş uçaklarında hedefin yaydığı ısı ile yer tespiti yapılır. Sağlık sektöründe yüksek ateşe sebep olan hastalıkların, iç yaraların, iltihap ve damar tıkanıklarının tespitinde kullanılır. Günlük yaşamda da sensörlü lambalarda ve hareket dedektörlerinde kullanılır. İnşaat sektöründe de binalardaki ısı kayıplarının tespiti yapılmakta ve bu sayede izolasyon yapılacak yerler belirlenebilmektedir. Fabrikalarda ise; makine, boru, ergitilen metal vb. ürünlerin sıcaklık kontrolünde kullanılır.

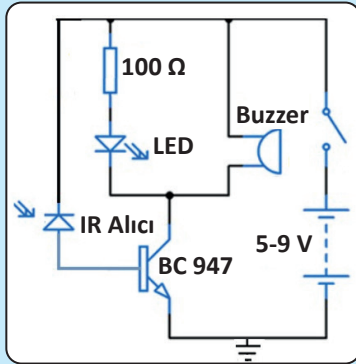
KENDİN YAP

5

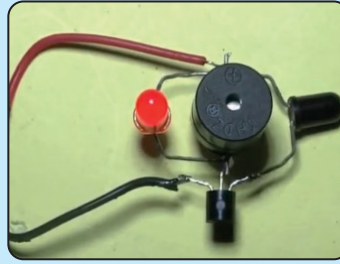
Ateş ve Kızılötesi (IR) Algılama

Malzemeler

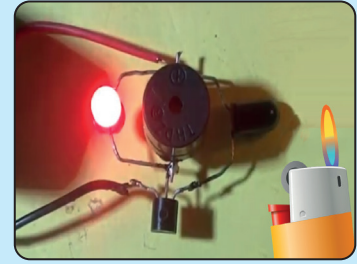
- IR diyot, buzzer, 100 Ω direnç, BC947 transistör, LED diyot, IR kumanda
- Havya, lehim teli



Şekil 1.40: Devre şeması



Fotoğraf 1.25



Fotoğraf 1.26

İşlem Basamakları

1. Şekil 1.40'teki devre şeması incelenir.
2. Ölçü aleti ile BC947 transistörün E, B ve C uçları tespit edilir.
3. Devre elemanlarının bacakları havya ve lehim kullanılarak birleştirilir (Fotoğraf 1.25).
4. Devre 5-9 V arası bir gerilim kaynağıyla beslenir.
6. Uzaktan çakmak yakarak ya da IR kumanda kullanarak LED'in ve buzzerin birlikte çalışıp çalışmadığı gözlenir (Fotoğraf 1.26).

1.2.2.3. Direnç Değişimine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması

Bazı büyüklüklerin miktarı, kimi etkilerin direnç üretmesi esasına bağlı olarak tespit edilip ölçülür.

Dirençle İlgili Temel Kavramlar

Bir iletken içinde akan yük; iletken içindeki diğer yüklerle çarpışır, bazen değişik yönlerde savrulur hatta duraklamalar oluşturulabilir. İçinden akım geçen bir telin ısınması, uygulanan gerilimin akım oluştururken bir zorlukla karşılaştığının göstergesidir. Elektrik akımına karşı gösterilen bu direnme etkisi, direnç olarak tanımlanır. Direnç hem fiziksel hem de elektriksel olarak tanımlı ve hesaplanabilir bir büyüklüktür.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

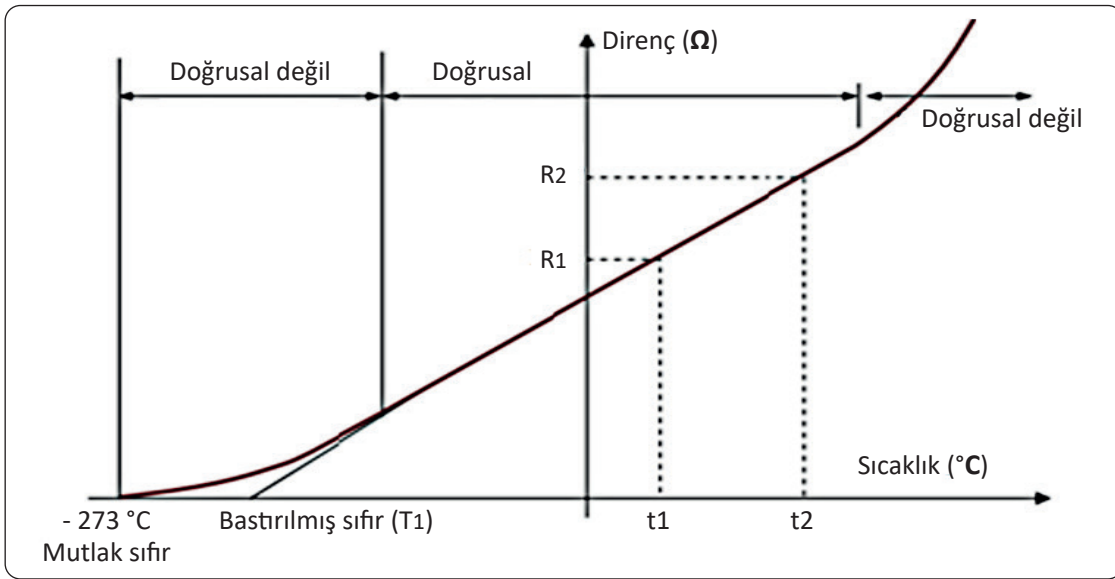




Elektriksel direnç (R); elektrik öz direnci (ρ), akım boyunca uzunluk (l) ve iletken kesit alanına bağlıdır. Ancak sıcaklık, gerilme vb. değişimlere bağlı olarak malzemenin öz direnci ve buna bağlı olarak da direnci değişir. Metallerde sıcaklık arttıkça öz direnç artarken karbon ve silisyum gibi yarı iletken malzemelerde ise sıcaklığın artmasıyla öz direnç azalır. Direncin sıcaklık değişimine bağlı olarak değişme miktarı, sıcaklık bağımlılık katsayısı olarak adlandırılır ve α ile simgelenir. Birimi $^{\circ}\text{C}$ olan bu katsayı, sıcaklık artışıyla direncin artması durumunda pozitif; azalması durumunda ise negatif değerlidir. Grafik 1.7’de, metal iletkenlerin çoğu için geçerli olan sıcaklık ile öz direnç değişim eğrisi görülmektedir. Öz direnç değişiminin doğrusallığı, mutlak sıfıra yaklaşıncaya ve sıcaklık 100°C değerini aşınca bozulur. Eğrinin doğrusal bölümü boyunca sıcaklık değişimleri kolayca hesaplanabilir.

$$R_2 = R_1 + (1 + \alpha (t_2 - t_1))$$

Bu formülde; $t_1^{\circ}\text{C}$ olarak düşük sıcaklık, $t_2^{\circ}\text{C}$ olarak yüksek sıcaklık, R_1 ve R_2 Ω olarak t_2 ve t_1 sıcaklıklarındaki direnç değerleri, α $^{\circ}\text{C}$ olarak t_1 sıcaklığındaki sıcaklık bağımlılık katsayısıdır. T_i değeri $^{\circ}\text{C}$ olarak bastırılmış mutlak sıfır sıcaklığıdır.



Grafik 1.7: Sıcaklık ile metal direncin değişimi



Bilgi Notu

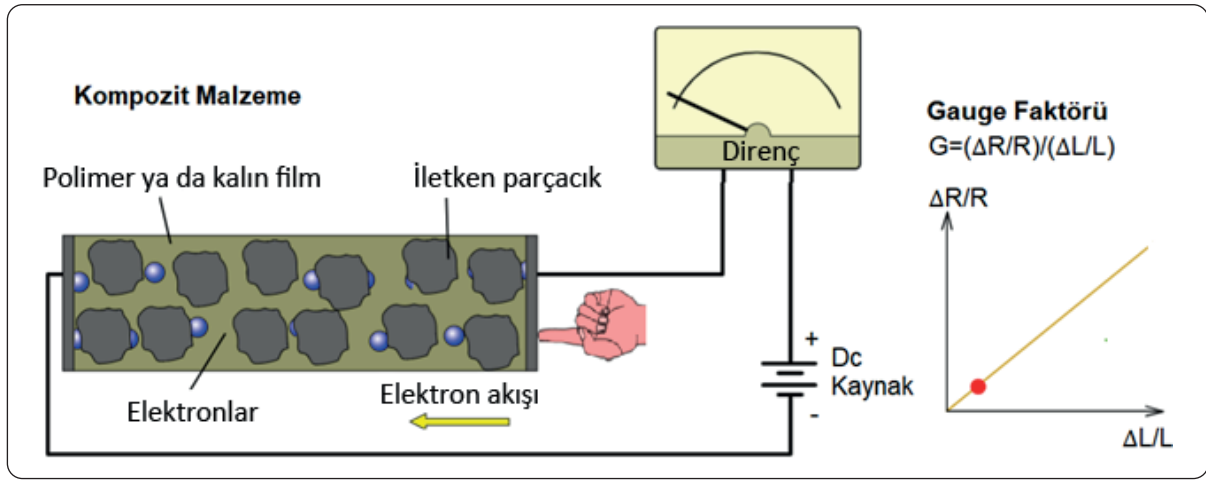
İletkenlerin direnci çok küçük, yalıtkanların ise çok büyüktür. Maddenin direnç değeri, serbest elektron sayısına bağlı olarak değişir. Serbest elektron sayısı arttıkça direnç azalır.

Ohm: Üzerinden 1 sn süreyle 1 A geçen bir direnç 0,24 kalori ısı üretiyorsa direnci 1 Ω (ohm) denilmektedir. Küçük dirence örnek olarak 1 m uzunluğunda bir bakır telin 0,03 Ω direnç gösterdiğini söyleyebiliriz.

Mekanik Etkilere Bağlı Olarak Direnç Oluşumu (Piezodirenç)

Metal tabaka, yarı iletken ve kalın direnç tabakalarına (cermet) mekanik gerilim/gerilme uygulandığında değişken bir direnç oluşmaktadır. Piezodirenç (piezorezistivite) denilen bu etkide; gerilim/gerilme ile boyut değişimi elektriksel direnç değişimi oluşturur. Ancak malzemenin elektriksel öz direncinin değişimi daha ön plandadır. Şekil 1.41’de kompozit bir malzeme yük uygulanarak gerildiğinde (strain) elektron akışı azalırken malzemenin öz direnci de artar. Uzunluk $L - \Delta L$ kadar azalırken direnç ise $R + \Delta R$ kadar artmaktadır. Gauge (geyg) faktörü, gerilmeye bağlı direnç değişiminin bir ölçüsüdür. Dirençteki bu değişim, genellikle Wheatstone (vitston) köprüsüyle ölçülmektedir.





Şekil 1.41: Kompozit malzemede yüke bağlı olarak piezodirenç oluşumu

Diğer taraftan, piezodirenç özelliği gösteren malzemeler silikon ve metal tabakalardan da imal edilmektedir. Piezodirenç (piezorezistif) özellik; kuvvet sensörleri, basınç sensörleri, gerilme sensörleri, mikrofonlar, ivmeölçerler, sıcaklık sensörleri ve kimyasal sensörler gibi mikro-elektro-mekanik sistemler için yaygın bir dönüşüm mekanizması olarak kullanılmaktadır.

KENDİN YAP

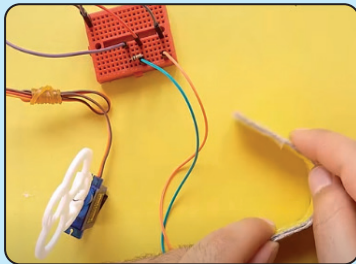
6

Esneklik (Flex) Sensörü

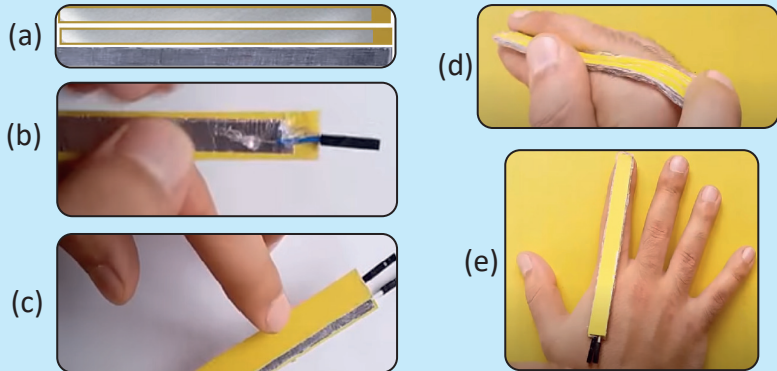
Malzemeler

- Kağıt, kalem
- Esnek karton veya plastik
- Alüminyum folyo veya alüminyum bant
- Jumper kablosu (tel)
- Sıcak silikon veya lehim

» Yapılan esnek (flex) sensör bükülmeye bağlı olarak direnç üretecektir. Açık ve konum kontrolü yapılabilir.



Fotoğraf 1.28: Esnek (flex) sensör



Fotoğraf 1.27: a, b, c, d, e) Uygulamanın yapılış aşamaları

İşlem Basamakları

1. 12 x 1 cm ölçüsünde renkli 2 karton kesilip ikisinin de tek yüzüne alüminyum bant yapıştırılır (a).
2. 12 x 1 cm ölçüsünde kağıt kesilerek iki tarafı da kurşun kalemle karalanır (a).
3. Dişi 2 jumper kablo başıyla birlikte 3 cm uzunluğunda kesilir. Ucu 6-7 mm soyulup folyo üzerine sıcak silikonla yapıştırılır (b).
4. Folyolar arasına kurşun kalemle karalanmış kağıt konulup tüm yan ve ön yüzeylere gelecek şekilde sıcak silikonla yapıştırılır (c).
5. Üretilen sensör direnç ölçümü yapılarak test edilir (d,e).

Termal Etkiye Bağlı Olarak Direnç Oluşumu (Termodirenç)

Sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen direnç değişimi ölçülerek sıcaklık algılaması yapılabilir. Birçok maddenin elektriksel direnci sıcaklıkla değişmektedir. Sıcaklığa karşı hassas olan maddeler kullanılarak sıcaklık kontrolü ve sıcaklık ölçümü yapılır. Bu etkiyi, **termistör** ve **RTD** olarak iki grupta incelemek mümkündür.



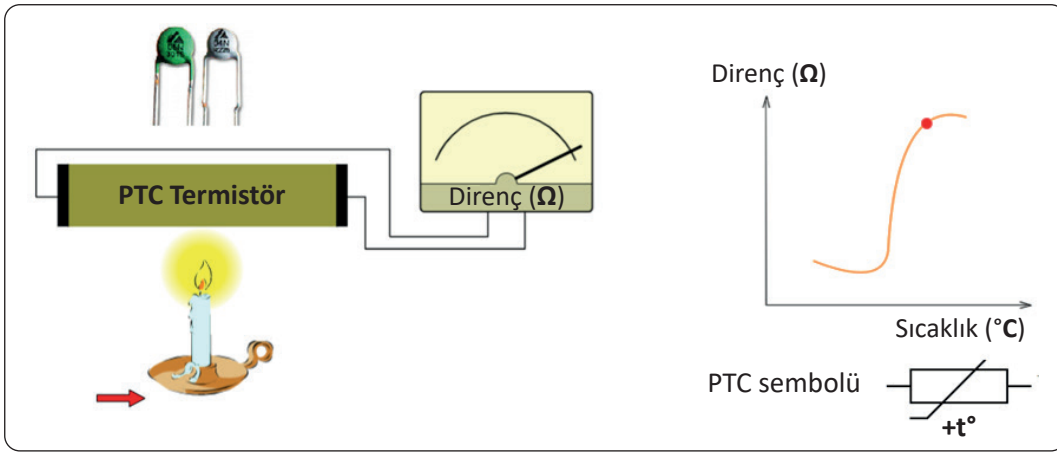


• Termistör

Termistörler, seramik işleme teknolojisi ile imal edilen sıcaklığa duyarlı dirençlerdir. Sıcaklık ile direnci değişen elektronik malzemelere, term (sıcaklık) ve rezistör (direnç) kelimelerinin birleşimi olan termistör denir. Termistörler genellikle yarı iletken malzemelerden imal edilmektedir.

Termistörler PTC ve NTC olarak ikiye ayrılır. Küçük sıcaklık değişimlerini algılayabilirler, ayrıca hızlıdır. RTD'lerden 100 ve termo elemanlardan 1000 kat daha hassastır. Yarı iletken seramiklerden (metal oksitlerden) yapılırlar. Termistörlerde sıcaklıkla direnç değişimi doğrusal değildir.

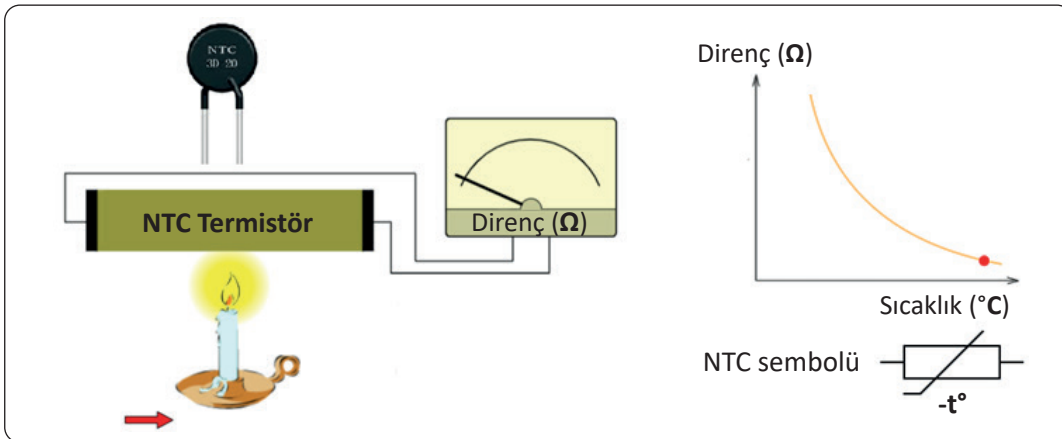
PTC (Positive Temperature Coefficient of Resistance): Pozitif sıcaklık katsayılı termistörlerdir. Bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça elektriksel direnci artan devre elemanıdır. Baryum, kurşun ve stronsiyum titanit bileşiklerinden imal edilirler. Şekil 1.42'de ısıtılan PTC termistörde gerçekleşen ani direnç değişimi görülmektedir. PTC'ler -60°C ile $+150^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. 0.1°C 'ye kadar duyarlılıkta algılama yapabilirler.



Şekil 1.42: Pozitif sıcak katsayılı termistör çalışma prensibi

Daha çok elektrik motorlarını fazla ısınmaya karşı korumak için tasarlanan devrelerde kullanılır. Isı seviyesinin belirli bir değer aralığında tutulması gereken tüm işlemlerde kullanılabilir.

NTC (Negative Temperature Coefficient of Resistance): Negatif sıcaklık katsayılı termistörlerdir. Bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça elektrik direnci azalan devre elemanıdır. Şekil 1.43'te ısıtılan NTC termistörde ısıyla ters orantılı olarak gerçekleşen ani direnç değişimi görülmektedir. NTC'ler -300°C ile $+50^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. $0,1^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar duyarlılıkta algılama yapabilirler.



Şekil 1.43: Negatif sıcak katsayılı termistör çalışma prensibi





Isı değişimine karşı negatif direnç katsayısı gösteren manganer (Mn), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn) veya kobalt (Co) elementlerinin oksitlerinden imal edilen yarı iletken seramik malzemelerdir. Daha çok elektronik termometrelerde, araba radyatörlerinde, amplifikatörlerin çıkış güç katlarında ve ısı denetimli havyalarda kullanılırlar. PTC'lere göre kullanım alanları daha fazladır.

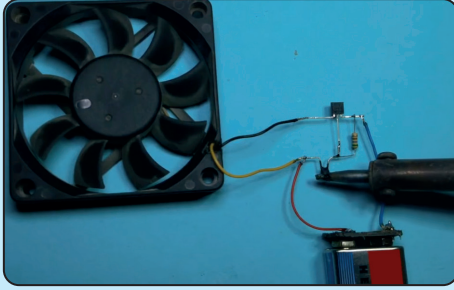
KENDİN YAP

7

Malzemeler

- Termistör, fan ya da buzzer
- Transistör (BC547), direnç (470 ohm)
- Pil (9 V), iletken tel
- Havya ve lehim

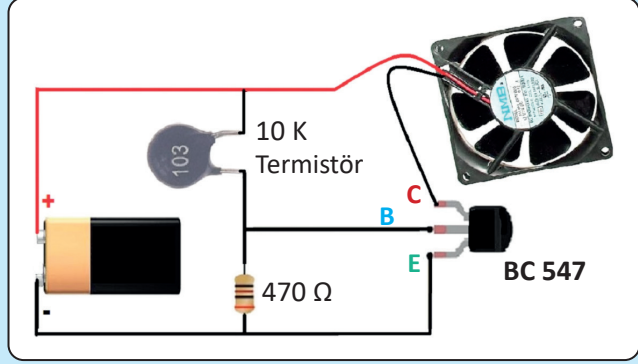
» Termistör havya ile ısıtıldığında fanın çalıştığı gözlemlenir.



Fotoğraf 1.29: Devrenin çalıştırılması

Termistör (Isı Sensörü) ile Fan Kontrolü

Devre Şeması



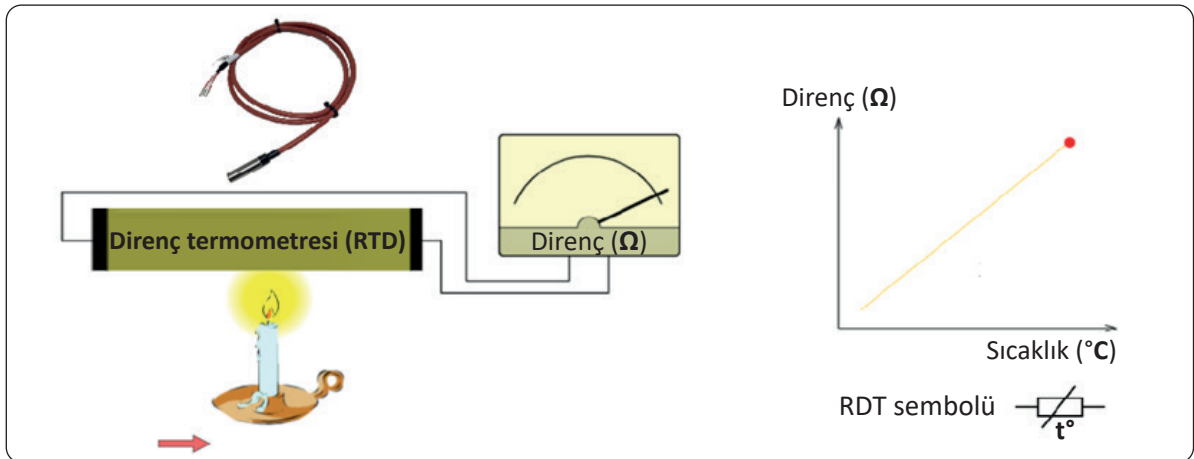
Şekil 1.44: Devre şeması (Görünüşü)

İşlem Basamakları

1. Devre elemanlarının sağlamlık kontrolü yapılır.
2. Devre şemasına göre devre kurulur (Şekil 1.44).
3. Havya ile termistör ısıtılarak fanın çalışması sağlanır.

• Direnç Termometresi (RTD- Resistiv Temperature Dedector)

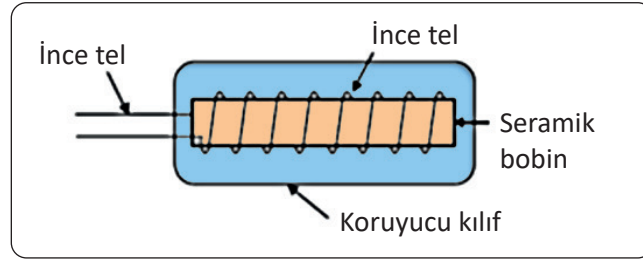
Direnç termometreleri, iletken bir telin direnç değerinin sıcaklıkla değişmesinden istifade edilerek pozitif sıcaklık katsayısına dayalı olarak oluşturulan bir sıcaklık algılayıcısıdır. Şekil 1.45'te sıcaklık değişimi ile sarmırlı direncin direnç değeri değişir. Birçok metal için direnç-sıcaklık karakteristiği, sınırlı bir aralıkta yaklaşık olarak doğrusaldır.



Şekil 1.45: Pozitif sıcak katsayılı direnç telleri çalışma prensibi

Sıcaklık ile direnç değişimleri incelendiğinde birçok metal ve alaşım içinde en iyi neticeyi platin ve nikel tel vermektedir. Bu nedenle bu iki telden sarılmış dirençler kullanılır. Ancak bakır ve nikel gibi diğer metaller de düşük maliyetli uygulamalarda kullanılır (Şekil 1.46).





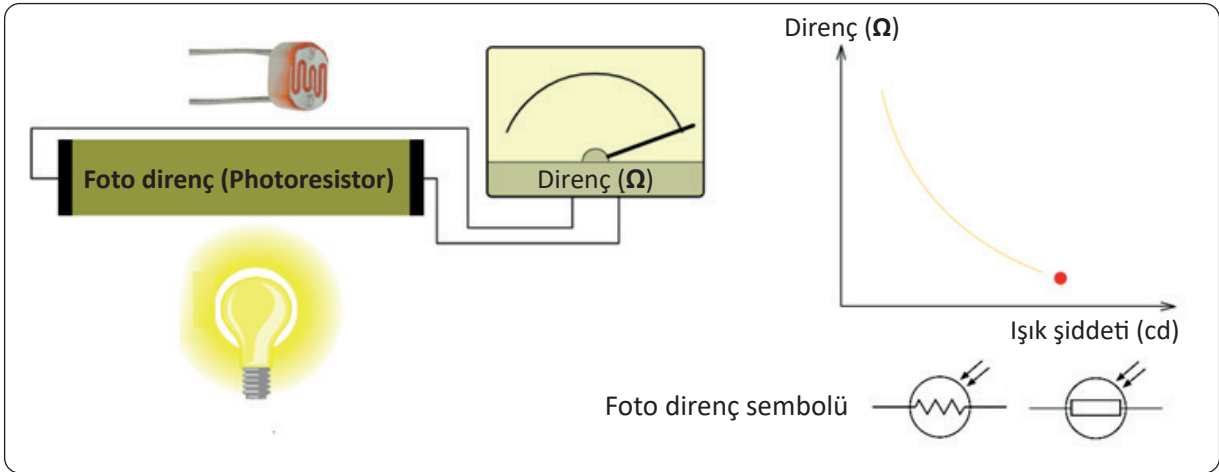
Şekil 1.46: Elektrik direnç termometresinin yapısı

Standartlarda en çok kullanılan Pt-100 ve Ni-100 gibi direnç termometrelerin 0 °C'deki direnç değeri standart 100 ohm'dur. Direnç termometreleri -200 °C'den +850 °C'ye kadar çok çeşitli süreçlerde yaygın olarak kullanılır. 500 °C'ye kadar standart, 500 °C ile 850 °C arasında ise özel tipler kullanılır.

Özellikle düşük sıcaklıklarda termokupllara nazaran çok daha doğru değerler verdikleri için tercih edilir. Direnç termometrelerin kullanıldığı yerler; tanklar, borular ve makine gövdeleri, gaz ve sıvı ortamlar (hava, buhar, gaz, su, yağ gibi), alçak ve yüksek basınç uygulamaları, yüzey ölçümleridir.

Işıma (Radyasyon) Etkisine Bağlı Olarak Direnç Oluşumu (Foto Direnç)

Foto direnç (photoresistor); morötesi, gama ya da görünür ışık gibi elektromanyetik ışınımın soğrulması yoluyla bir maddenin elektrik direncinin değişmesidir. Foto direnç kavramı yerine, zıt açıdan bakılarak foto iletkenlik (photoconduktive) kavramı da kullanılmaktadır. Bir yarı iletkenin foto iletken olabilmesi için (-) yük (serbest elektronlar) ve (+) yük (delikler) içermesi gerekir. Işık yarı iletken tarafından soğrulduğunda artı yük (+) ve serbest elektronların eksi yük (-) dağılımı değişir ve elektrik iletkenliği artar. Yani LDR (Light Dependent Resistor); devre akımını oluşturan serbest elektronlar yönünden zenginleşirken direncinde ise azalma olur. Ancak ışık şiddetinin artışıyla iletkenlik bandına geçebilen elektron sayısı doğru orantılı olmadığı için LDR'nin direncindeki düşüş doğrusal (lineer) değildir. Bu elemanların karanlıktaki MΩ seviyesindeki dirençleri, yeterli ışık aldıkları takdirde 5-10 Ω gibi çok küçük değerlere kadar düşebilmektedir. Yani LDR'nin direnci aydınlıkta minimum (asgari), karanlıkta maksimumdur (azami) (Şekil 1.47).



Şekil 1.47: Işık şiddetine bağlı olarak foto direnç (LDR) üzerindeki direncin azalması



Bilgi Notu

LDR'ler yapısal hassasiyetlerinden dolayı aşırı ısıda çalışamaz. Aşırı ısı altında (60 °C) bozulur. Bu elemanlar çeşitli ışık kontrol devrelerinde kullanılır.

Örnek: LDR model numarası BRY33, LDR03, LDR05, LDR07, OPR60 vb.





Foto dirençler, ışık şiddetinin artmasına bağlı olarak dirençleri azalan yarı iletken malzemelerden yapılırlar. Polikristalin filmler (örneğin, kurşun tuzları ve InSb) ve tek kristaller (katkılı Ge ve Si gibi) fotoiletken malzemeler olarak kullanılır. Bu elemanların yapısında “kadmium sülfür” (CdS) yarı iletken madde olarak kullanılmaktadır. Kadmium sülfür, yalıtkan bir taban üzerine yerleştirilmiş olup içerisinde iki taraftan daldırılmış birbirlerine değmeyen iletken teller bulunmaktadır. Birçok kamerada kullanılan CdS hücresi kadmium sülfürden yapılmaktadır.

1.2.2.4. Manyetizma Etkisine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması

Bazı büyüklüklerin miktarı, manyetik etki esasına bağlı olarak tespit edilip ölçülür. Manyetizma etkisine bağlı olarak voltaj, akım, empedans gibi elektriksel büyüklüklerde değişim gözlenir. Manyetizmanın elektirikle yakın ilişkisinden dolayı bu etkinin ayrıca incelenmesi uygun görülmüştür.

Manyetizma İlgili Temel Kavramlar

Çekim özelliğine doğal olarak sahip olan maddelere **mıknatıs** denilirken çekim özelliğine ise **manyetizma** denir. Maddeyi oluşturan elektronlar hem atom çekirdeği hem de kendi eksenleri etrafında döner. Bu şekilde kendi eksenleri etrafında dönen bir elektronun etrafında bir **manyetik alan** oluşur. O halde, manyetik alanın sebebi hareketli elektrik yüklerinin varlığıdır. Manyetik alan, görsel olarak **manyetik kuvvet çizgileri** ile karakterize edilir. Kalıcı mıknatısta manyetik kuvvet çizgileri, şekildeki gibi N kutbundan S kutbuna doğrudur. Manyetik akı, manyetik alan kuvvet çizgilerinin yoğunluğunun bir ölçüsüdür (Şekil 1.48).

EBRU SANATI VE SAYGI

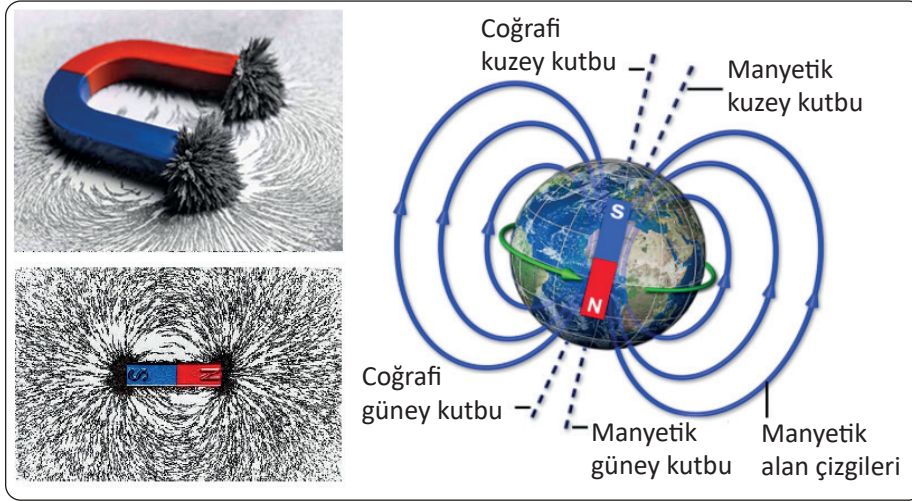


Fotoğraf 1.30: Ebru sanatı örnekleri

Ebru: Alparslan Babaoğlu

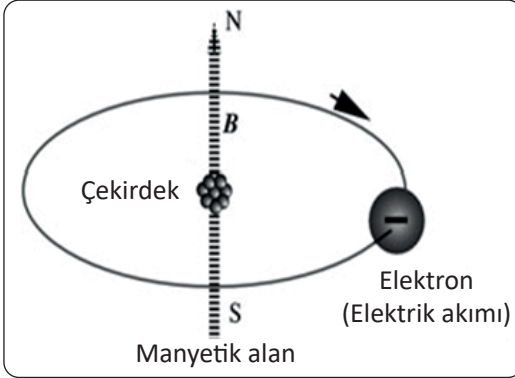
Ebru sanatında, renkler birbirinin içinde açılarak renk cümbüşü oluşur. Renk cümbüşü oluşmasının sırrı, suya sonradan atılan boyanın haddini aşmaması ve altta kalan boyanın da gelen boyaya saygı duymasında gizlidir. Haddimizi bilmek ve birbirimize saygı duymak güzelliklere kapı aralayacaktır.



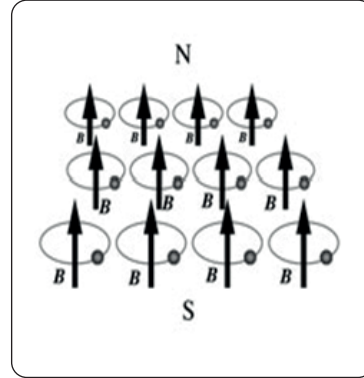


Şekil 1.48: Manyetik kuvvet çizgilerinin oluşumu

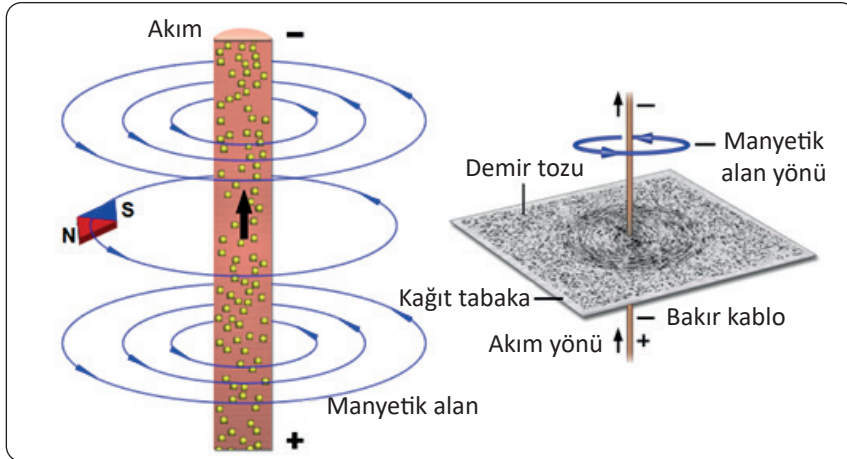
Manyetik alan meydana gelme sürecinin basitleştirilmiş bir modeli Şekil 1.49: a)'da gösterilmektedir. Bir elektron, atom çekirdeği etrafında girdap şeklinde sürekli olarak dönerek bir elektrik alan oluşturur. Başka bir deyişle; dönen bir elektron, atomik boyutlarda kalıcı bir mıknatıs oluşturur. Bu tür atomik mıknatısların çoğunun manyetik alanlarının toplanması için organize bir şekilde hizalandığı hayal edilir (Şekil 1.49: b). Eğer belli bir yönde dönen elektron sayısı, diğer yönde dönen elektron sayısından farklı ise madde manyetik özellik gösterir. Eğer her iki yönde de dönen elektron sayısı eşit ise bu maddeler manyetik özellik göstermez ve çekim alanı oluşturmazlar. İçinden akım geçen iletken bir telin etrafında bir manyetik alan oluşur (Şekil 1.50).



Şekil 1.49: a) Elektron etrafında oluşan manyetik alan



b) Birleşik manyetik alan



Şekil 1.50: İletken telden geçen elektrik akımı ile tel etrafında oluşan dairesel manyetik alan





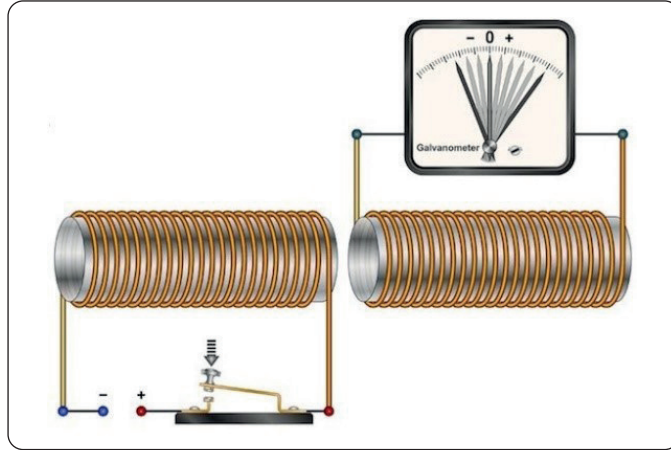
Faraday Kanunu: Bir elektrik yükü bir manyetik alan boyunca hareket ettirilirse bu yüke bir sapıtma kuvveti etki eder. Sapıtılmış elektrik yükleri bir elektrik alanı oluşturur, bu da iletken bir malzemede voltaj farkına yol açar ve elektrik akımı üretir. Selenoid ve toroidler manyetik alan üretmek için tasarlanmış aygıtlardır.

Kalıcı Mıknatıs: Kalıcı mıknatıslar hareket, yer değiştirme, konum vb. algılayan manyetik sensörleri imal etmek için kullanılan yararlı bileşenlerdir. Mıknatıs seçiminde aşağıdaki unsurlar önemlidir:

- Kalıcı magnetik akı yoğunluğu (B), mıknatıs şiddeti için önemlidir.
- Manyetik alan şiddeti (H), mıknatısın dış manyetik kuvvetlere direnci açısından önemlidir.
- Ürettiği enerji MEP (maximum energy product), (BxH) manyetikliği giderme kuvvetlerine karşı dirençli olan güçlü bir mıknatıs, yüksek bir MEP'e sahiptir.
- Daha yüksek MEP'li mıknatıslar daha iyi, daha güçlü ve daha pahalıdır.
- Sıcaklık katsayısı sıcaklıkla B'nin ne kadar değiştiğini gösterir.

İndüksiyon: Bir elektrik yükü bir manyetik alan boyunca hareket ettirilirse bu yüke bir sapıtma kuvveti etki eder. Manyetik alanla etkileşimi sonucunda hareket eden bir elektrik yükünün saptırılabildiğinin keşfi, elektromanyetik teoremin temelidir. Manyetik alan değiştiğinde iletken bir telde elektrik akımı indüklenir (Şekil 1.51).

İndüksiyon işlemi, endüstride temassız ısıtma işlemlerinde kullanılır. Oluşan manyetik alan içerisinde kalan metal madde, bir süre sonra ısınmaya başlar. Otomotiv ve uçak sektörlerinde parçaların birbirine eklenmesi gibi işlemlerde oldukça iyi verim elde edilir. Parçalarda herhangi bir leke ve aşınma olmaz.



Şekil 1.51: İletken telde elektromanyetik indüksiyon oluşumu

İletken telde endüklenen voltaj, manyetik alanın (B) genliği veya devrenin (A) alanı değiştirilerek üretilebileceği anlamına gelir. İndüklenen voltajın miktarı aşağıdaki unsurlara bağlıdır:

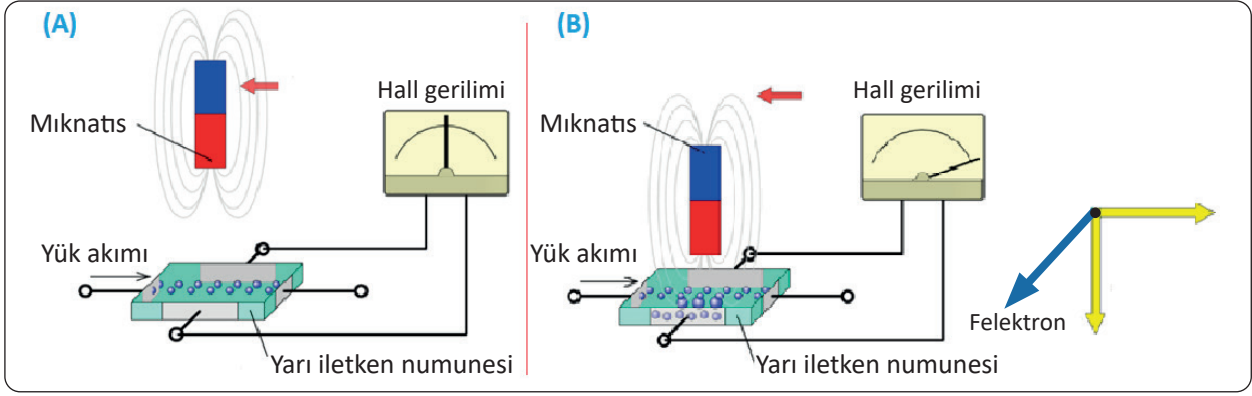
- Manyetik alan kaynağının hareket ettirilmesine (mıknatıs, bobin, tel vb.)
- Manyetik alanı üreten bobin veya teldeki akımın değiştirilmesine
- Devreye göre manyetik alan kaynağının yönünün değiştirilmesine
- Devre geometrisinin değiştirilmesine (bobin sargılarının sıkı/seyrekleştirilmesi, sargı sayısı)

Manyetizmanın birçok etkisi vardır. **Hall etkisi** birçok sensörün çalışma prensibini oluştururken **manyetodirenç** etkisine bağlı olarak da yeni nesil algılama teknolojileri geliştirilmeye başlanmıştır.

Hall Etkisi

Hall etkisi elektrik ve manyetik alan etkisi altında kalan yük hareketlerini inceler. Uygulanan voltaja bağlı olarak içinden akım geçen bir iletken tel ya da levhaya (Şekil 1.52: a) mıknatıs yaklaştırılırsa levhadan geçen elektronlar, manyetik alan tarafından uygulanan kuvvetin etkisiyle levhanın bir kenarında toplanır (Şekil 1.52: b). Şayet mıknatısın veya akımın yönü değiştirilirse Hall geriliminin yönü de değişir.





Şekil 1.52: a, b) İçinden akım geçen levhaya yaklaşan mıknatısın oluşturduğu etki

Manyetik alan sonucu levha üzerinden kenarlara doğru sapan yükler, Lorentz kuvvetinin etkisiyle hareket etmektedir. Kenarlara sapan yükler hareket ettikçe yarı iletken malzemenin iki tarafı arasında yük taşıyıcılarının (kaynaktan gelen) birikmesiyle bir potansiyel fark oluşur. Yük farkından dolayı oluşan bu voltaja **Hall voltajı (V_H)** denir.

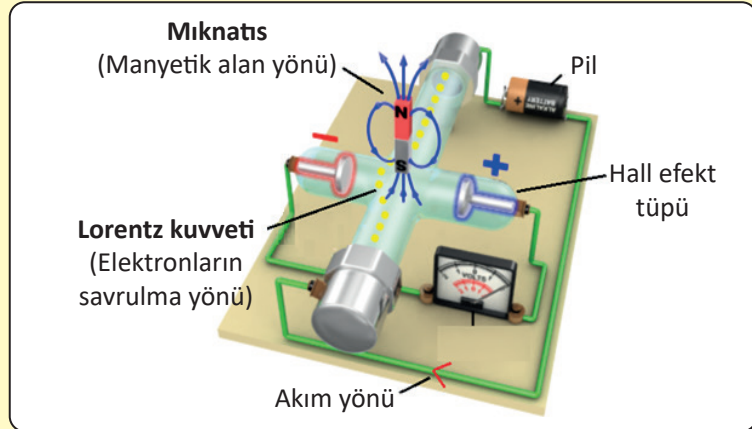
$$V_H = I \times B \times R_H / d$$

Hall voltajı (V_H); levhadan geçen akım (I), mıknatısın oluşturduğu manyetik alan şiddeti (B), levhanın kalınlığı (d) ve R_H Hall sabitine bağlıdır.

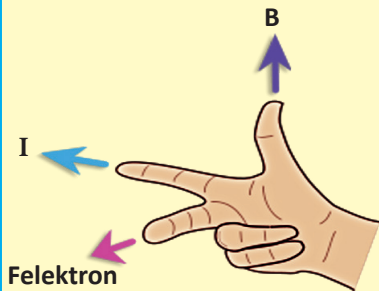


Bilgi Notu

Lorentz Kuvveti: Hareketli bir yük taşıyıcı manyetik alan içinde bir Lorentz kuvveti ile karşılaşır. Katı hal malzemelerindeki bu etkilerin çoğu Lorentz kuvvetine dayalıdır (Şekil 1.53).



Şekil 1.53: Lorentz kuvveti



Şekil 1.54: Sağ el kaidesi

$$F = q (v \times B)$$

Sağ el kaidesine göre; işaret parmağı akım yönünü (I), baş parmak mıknatısın oluşturduğu manyetik alanın yönünü (B), orta dik parmak ise Lorentz kuvvetinin etkisiyle elektronlara etki eden savrulma kuvvetinin (Felektron) yönünü gösterir (Şekil 1.54).

Hall Etkisi Uygulamaları: Hall etkisi, manyetik kutbun türü ve manyetik alanın büyüklüğü hakkında bilgi sağlar. Metaller gibi çoğu iletken, elektronlardaki iletim yoğunluğundan dolayı Hall etkisi çok küçüktür. Sürüklenme hızı (yükli parçacık düzensizliği), elde edilebilir en yüksek akım yoğunlukları için bile son derece küçüktür. Bu nedenle Hall etkisi çoğu elektrik devresinde ve cihazda önemsiz kabul edilir. Bununla birlikte yarı iletken (semiconductors) ve çoğu laboratuvar plazmasında, akım yoğunluğu metallerinkine nazaran çok daha küçüktür. Hall etkisi ise daha büyüktür ve genellikle kolaylıkla gözlemlenebilir.





Hall etkisi sensörleri, bir manyetik alan tarafından etkinleştirilir. Birçok uygulamada; cihaz, hareketli bir şaftta veya cihaza bağlı tek bir kalıcı mıknatısla çalıştırılabilir. Kafa üstü, yanlara doğru, itme çekme veya itme itme vb. algılama hareketleri gibi farklı çeşitlerde mıknatıs hareketleri vardır. Her bir hareket türünde, azami hassasiyeti sağlamak için manyetik akı çizgileri her zaman cihazın algılama alanına dik ve doğru kutupta olmalıdır. Örneğin; bir güney kutbu, cihazın bir voltaj çıkışı üretmesine neden olurken bir kuzey kutbunun hiçbir etkisi olmayacaktır. Ayrıca doğrusalılığı sağlamak ve gerekli mıknatıs hareketinin oluşması için alan gücünde büyük bir değişiklik üreten yüksek alan güçlü mıknatıslar kullanılmalıdır.

Genel olarak Hall etkisi sensörleri ve anahtarları, manyetik alan olmadığına **kapalı** (açık devre durumu) olacak şekilde tasarlanmıştır. Yalnızca yeterli güç ve polariteye sahip bir manyetik alana maruz kaldıklarında **açık** (kapalı devre durumu) olurlar.

Otomotiv endüstrisindeki Hall efekt sensörü uygulamalarının örnekleri şunları içerir:

- Hava yastığı kontrolü için koltuk ve emniyet kemeri konumunu algılama
- Bujilerde ateşleme açısının ayarlaması amacıyla krank milinin açısal konumunu algılama
- Kilitlenme önleyici fren sistemlerinde (ABS) tekerlek hızlarını algılama ve kontrol etme
- Elektrik sistemlerinde voltaj düzenleme

Cihaz ve tüketim malları endüstrileri, ürün tasarımlarında çeşitli tipte Hall efekt sensörleri entegre eder:

- Dijital tek kutuplu sensörler, çamaşır makinelerinin yıkama döngüleri sırasında dengesini korumasına yardımcı olur.
- Motor kontrol göstergeleri ve elektrikli aletlerdeki kapanmalar ve fotokopi makinelerindeki kağıt besleme sensörleri olarak işlev görür.

Sıvı izleme ve proses işlemleri:

- Dijital hall efekt sensörleri; üretim, su temini ve arıtma, petrol ve gaz proses işlemleri için akış oranı ile valf konumunu izlemek için yaygın olarak kullanılır.

Dijital yakınlık algılama cihazları genellikle aşağıdakilerin tasarımında kullanılır:

- Otomatik tuvalet sifonu mekanizması, otomatik lavabolar, otomatik el kurutma makineleri
- Bina ve kapı güvenlik sistemleri
- Asansörler

Analog sensörler şunlarda kullanılır:

- Harekete duyarlı aydınlatma
- Hareket algılayan kameralar



Biliyor musunuz?

Medeniyetimizde Optik Bilimi

Optik bilimi (ilm-i menâzir) alanında Kindî, İbnü'l-Heysem ve Kemâleddin el-Fârisî gibi bilim insanları önemli ve öncü çalışmalar yapmıştır. Kemalettin el-Farisi'nin (öl. 1320) Tenkih el-Menazir adlı eseri, gökkuşağının bir yağmur damlası içinde nasıl oluştuğunu anlatan ilk doğru matematiksel eserdir.



Fotoğraf 1.31

Medeniyetimizi yeniden ihya edebilmek için eskiden olduğu gibi şimdi de çok çalışmalıyız. Ancak daha çok çalışarak insanlığa hizmet edebilir, bilim ve teknolojiye katkı sunabiliriz.





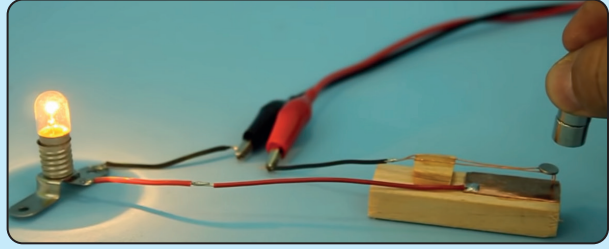
KENDİN YAP

8

Malzemeler

- 30x100x20 mm tahta blok
- 15x15x7 mm tahta blok
- 15x30 mm bakır levha
- 0,75 veya 1 mm² x15 mm zil teli
- D6x2 mm (en az) neodyum disk mıknatıs
- Epoksi yada muadil yapıştırıcı
- Pil (9 V), duş ve lamba
- Hava ve lehim teli
- İletken tel

Manyetik Sensör Yapımı (Reed Sensör)



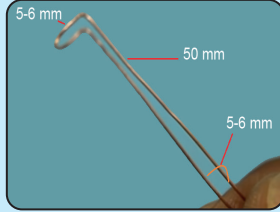
Fotoğraf 1.32

Yukarıdaki devre kurulur. Daha güçlü mıknatıslarla zıt kutuplar oluşturulur. Anahtarlama yapılarak lambanın yanması sağlanır.



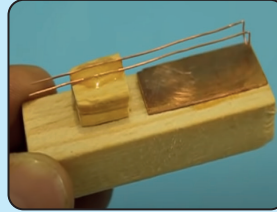
Fotoğraf 1.33

Yukarıda gösterildiği gibi bakır plaka büyük tahta bloğu üzerine yapıştırılır.



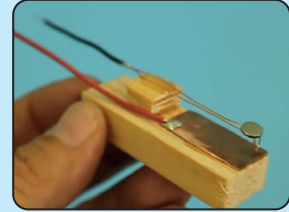
Fotoğraf 1.34

Zil teli ya da biraz daha kalın bakır tel kullanılarak 5 cm boyunda yukarıdaki gibi kontak yapılır. Kontak ucu 5-6 mm olacak şekilde dik bükülür.



Fotoğraf 1.35

Küçük tahta blok, bakır levhanın yapıştırıldığı büyük tahta blok üzerine yukarıdaki gibi epoksi ile yapıştırılarak montajlanır.

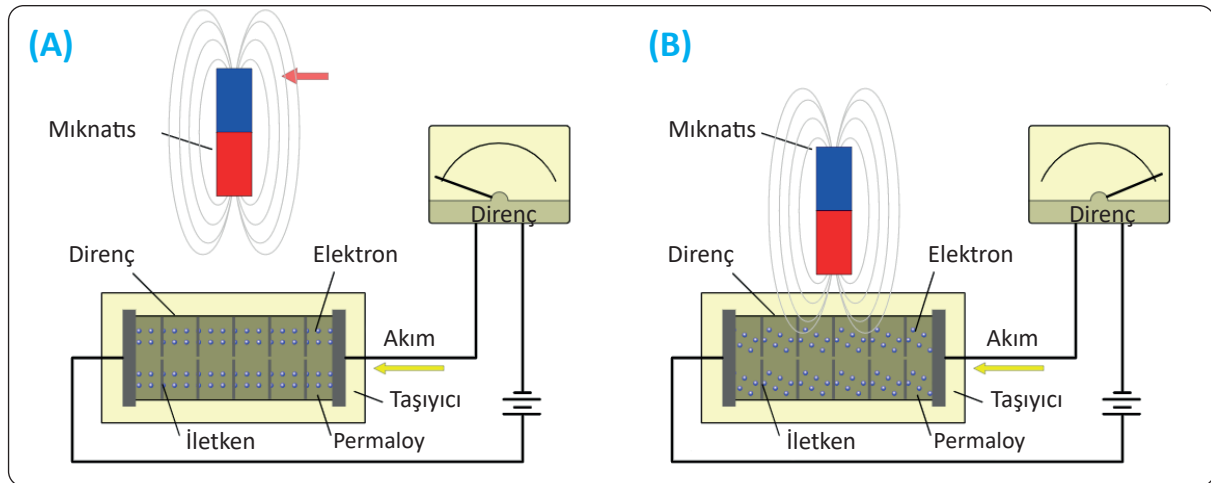


Fotoğraf 1.36

Neodyum disk mıknatıs yukarıdaki gibi kontak üzerine yapıştırılır. Kontak uçları birleştirilerek siyah kabloya, bakır plaket de kırmızı kabloya lehimlenir.

Manyetodirenç (Magnetorezistive)

1857 yılında William Thomson (Vilyım Tampsın), mıknatıslanan bir demirin direncinin değiştiğini gözlemlemiştir. Bu şekilde manyetik özellikli bir malzemenin manyetik alana girmesi sonucunda, elektriksel direncinin değişmesi olayına **manyetodirenç** ve bu etkiye de **manyetodirenç etkisi** denir. Thomson; demir elementinin elektriksel direncinin boyuna doğru uygulanan manyetik alanla birlikte arttığını, enine doğru uygulanan manyetik alanla birlikte ise azaldığını tespit etmiştir.



Şekil 1.55: a, b) İçinden akım geçen levhaya yaklaşan mıknatısın oluşturduğu etki





Manyetodirenç (MR) etkisiyle manyetik alana maruz kalan malzemenin elektriksel direnci iki şekilde değişmektedir. Birincisinde malzemenin öz direncinde değişim olur. İçinden akım geçen metal bir iletkenin içindeki elektronlar, metalin içindeki bazı kusurlardan dolayı metal içinde tam verimle hareket edemez. Elektronların hareketi sırasında saçılma noktalarındaki elektronlar, hareket doğrultularını ve yönlerini değiştirirler. Hareket yönü ve doğrultusu değişen elektronlar, az da olsa elektriksel bir direnç oluşturur (Şekil 1.55: a).

İkinci değişimde ise; metal (Ni-Co ve Ni-Fe gibi ferromanyetik malzemeler) manyetik özellikler gösteriyorsa manyetik alan altında akım yolunun değişmesine bağlı olarak metalin elektriksel direncinde ayrıca bir değişim daha gözlemlenir (Şekil 1.55: b).

$$\%MR = \frac{\rho(H) - \rho(0)}{\rho(0)} \times 100$$

$\rho(H)$ manyetik alan altındaki öz direnç, $\rho(0)$ ise manyetik alan olmadığı durumdaki öz dirençtir. Malzemenin direnci, manyetik alan uygulandığında artıyorsa pozitif MR, azalıyorsa negatif MR elde edilir. Yukardaki denklemde görüldüğü gibi manyetik direnç ve elektriksel direnç göreceli bir değişimdir. Numunenin geometrisinden, boyutundan ve şeklinden etkilenmez.

MR; manyetik alan şiddeti, malzemedan geçen akımın manyetik alan yönüne ve sıcaklığına bağlıdır. Manyetik alan akıma dik bir şekilde uygulanırsa enine manyetodirenç (EMR), paralel şekilde uygulanması durumunda ise boyuna manyetodirenç (BMR) ölçülür.

Manyetizma tabanlı uygulamalar, modern teknolojinin pek çok alanında önemli bir rol oynamaktadır. Bu uygulamalar, elektrik gücü üretiminden bilgi depolamaya kadar değişik alanları kapsamaktadır. Manyetizma alanında yapılmış daha önceki çalışmalar, özellikle dış manyetik alana karşı gösterilen dinamik veya statik tepkiler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bilgi çağına gelişmesi ile MR etki gibi manyetik etkileşme alanlarına olan ilgi daha da artmaya başlamıştır. Bunun temel sebebi MR etkinin bilgi depolamada ve okumada etkin bir şekilde kullanılabiliyor olmasıdır. MR etki temel alınarak birçok sensör, aktüatör ve bilgi depolama cihazının prototipi geliştirilip üretimleri yapılmıştır.

Günümüzde MR etkinin yeni nesil elektrik cihazlarının geliştirilmesinde büyük bir katkısı vardır. Güncel araştırmalar, bu etkinin inanılmaz bir yeteneğe sahip olduğunu göstermektedir. Bugüne kadar olağan manyetodirenç (OMR), anizotropik manyetodirenç (AMR), devasa manyetodirenç (GMR) ve kolossal manyetodirenç (CMR) gibi birçok farklı MR etki türü bulunmuştur. Bu MR özelliklerin gözlendiği materyaller ve oluşum mekanizmaları tamamen birbirinden farklıdır. MR etki sınıflandırılırken malzemelerin farklı manyetik sınıflara ait olması belirleyici bir durum oluşturmaktadır.



Bilgi Notu

Olağan manyetodirenç (OMR), anizotropik manyetodirenç (AMR), devasa manyetodirenç (GMR) ve kolossal manyetodirenç (CMR) gibi kavramlar, malzeme mühendisliğindeki son teknolojik gelişmeler ışığında önem kazanmıştır. **Biyosensör**, yeni nesil **bilgi depolama** vb. nano teknoloji uygulamalarıyla ilgilidir.



Araştırma

Spintronik: Devasa manyetorezistans etkisinin (GMR) keşfedilmesi, çok ince manyetik metal katmanların üretimini mümkün kılmıştır. Yeni nesil bilgi depolama sistemleri, spintronik alanında yapılan çalışmalarla ilgilidir.

Bulut (cloud) teknolojileri ile GMR arasındaki ilişkiyi araştırınız.





UYGULAMA

HALL ETKİLİ SENSÖR YAPIMI

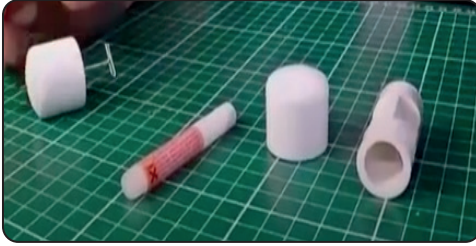


1

AMAÇ

Hall etkisine (Hall effect) göre çalışan sensör yapmak.

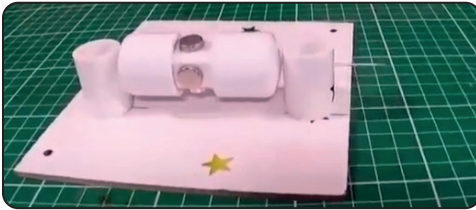
Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Fotoğraflar



Fotoğraf 1.37



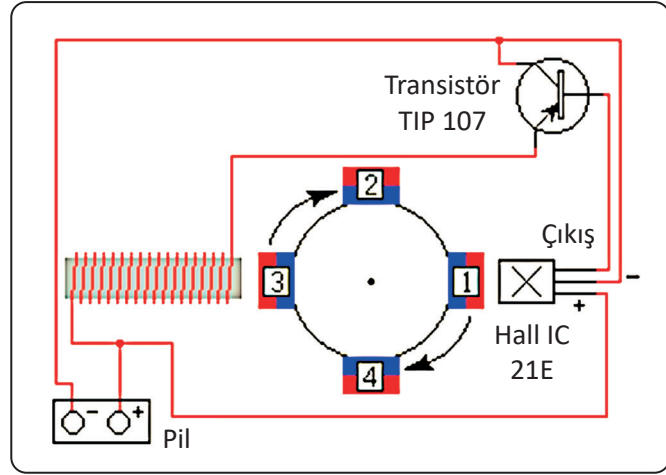
Fotoğraf 1.38



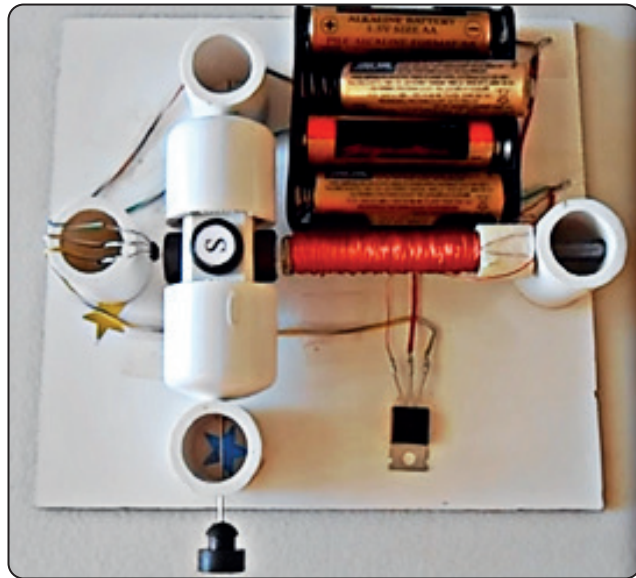
Fotoğraf 1.39



Fotoğraf 1.40



Şekil 1.56: Devre şeması



Fotoğraf 1.41





Kullanılacak Araç, Gereç, Makine, Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Hall effect sensörü	21E (muadil) 4,5-24 V	1
Transistör	TIP 107 (ya da muadil)	1
Mıknatıs	PVC borunun dört yüzeyine sığacak	4
Çivi ve ince bobin teli	Orta boy	1
PVC boru	60 mm (boy) x 25 mm (çap)	6
PVC boru kapama başlığı	PVC boru çapına uygun	2
Silindir tahta parçası ve taban tahtası	PVC boru iç çapına yakın, 60 mm boy	2
Mantar pano iğnesi, büyük iğne	Büyük iğne T şekline getirilecek	2
Pil yatağı, pil	1,5 volt	4
Ölçü aleti, silikon tabancası, zımpara	-	1

İşlem Basamakları

1. PVC borunun etrafı kazınarak mıknatısların yerleştirileceği şekilde dört düzlem oluşturulur.
2. T şekline getirilen iğne ve mantar iğne, içeriden dışarıya doğru kapama başlıklarının içine iğnele-nip uçları tamamen dışarı çıkartılır (Fotoğraf 1.37 ve Fotoğraf 1.38).
3. Silindir tahta parçası PVC boru içine konularak kapama başlıkları iki taraftan kapatılır.
4. Üzerinde düzlem oluşturulmuş PVC borunun yüzeylerine dört adet mıknatıs yapıştırılır. Mıkna-tısların çıkmaması için kapama başlıkları yapıştırılır. Şaft, PVC borularla tahta zemine yataklanır (Fotoğraf 1.39 ve Fotoğraf 1.40).
5. Çiviye bobin sarılarak mıknatıslara değmeyecek şekilde tahta zemine yapıştırılır (Fotoğraf 1.40).
6. Ölçü aleti direnç kademesine alınarak bobinin sağlamlığı kontrol edilir.
7. Elektrik bağlantıları Şekil 1.56'daki gibi bağlanarak Fotoğraf 1.41'deki hale getirilir.
8. Enerji verilerek Hall etkili sensörün çalışması sağlanır.

Alınan Değerler, Sonuç

Kriterler	Uygulama Sonucu	
Sensör çalışıyor mu?	Evet ☐	Hayır ☐
Bu uygulamada edindiğiniz bilgi ve becerileri yazınız.		

Uyarı: Sensör çalışmadığında devre şemasını takip ederek hatalarınızı bulunuz.

Derecelendirme Ölçeği

Öğrencinin yaptığı işi aşağıdaki kriterlere göre değerlendirip uygun yere X işareti atınız.

Kriterler	Geliştirilmeli	Orta	Çok iyi
Uygun malzemeleri temin eder.			
Devreyi kurar, test eder ve yorumlar.			
Ölçü aletini kullanır.			
Lehim yapar.			





UYGULAMA

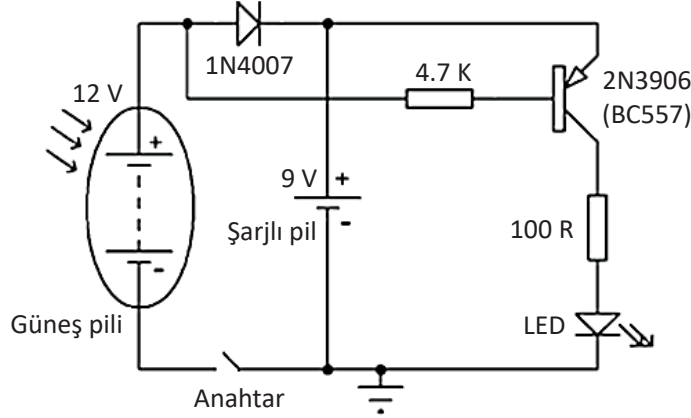
GÜNEŞ PİLLİ BAHÇE AYDINLATMA VE
ŞARJ SENSÖR YAPIMI

2

AMAÇ

Güneş pilini hem pil hem de ışık sensörü şeklinde kullanarak aydınlatma ve şarj devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Şema



Şekil 1.57: Devre şeması

Gündüz, 1N4007 diyot iletimdedir. PNP transistör kesimdedir. Güneş pili, 9 V'luk bataryayı şarj eder. Gece ise güneş pili gerilim üretemez. Diyot kesime gider. Transistor iletime geçer ve devre 9 V'luk pil (batarya) üzerinden gündüz şarj edilmiş enerji ile çalışır (Şekil 1.57).

İşlem Basamakları

1. Devrede kullanılacak elemanların sağlamlık kontrolü yapılır.
2. Şekil 1.57'deki devre board üzerine kurulur.
3. Güneş pili olarak "Kendin Yap 3" kısmında yapılan güneş pili takılır. Pil çalışmaz ise başka bir güneş pili takılır.
4. Şarjlı pilin dolu olup olmadığı kontrol edilir.
5. Anahtar kapatılır.
6. LED'in yanıp yanmadığı kontrol edilir.
7. Anahtar açılır.

Kullanılacak Araç, Gereç, Makine, Avadanlık

Adı	Özellği	Miktarı
Güneş pili	12 V	1
Direnç	4.7 KΩ ve 100 Ω	1
LED	5 mm	1
Transistör	2N3906 (BC557)	1
Diyot ve anahtar	1N4007	1
Şarjlı pil ve pil yatağı	9 V	1
Ölçü aleti ve board	-	1





Alınan Değerler, Sonuç

Kriterler	Uygulama Sonucu / Yorum	
Kendin Yap 3 kısmında yapılan güneş pili çalıştı mı?	Evet ☐	Hayır ☐
Yapılan güneş pili çalışmıyorsa pilin çalışmama sebeplerini yazınız.		
Yapılan güneş pili çalışıyor fakat pilin çalışma gücü yeterli gelmiyorsa daha çok akım ve gerilim üretmek için ne yapılmalıdır?		
Devre çalışıyor mu?	Evet ☐	Hayır ☐
Devrenin nasıl çalıştığını yazınız.		
Devre çalışmıyorsa yapılan hataları yazınız.		
Sensörün yaptığı enerji dönüşümlerini yazınız.		

Derecelendirme Ölçeği

Öğrencinin yaptığı işi aşağıdaki kriterlere göre değerlendirip uygun yere **X** işareti atınız.

Kriterler	Geliştirilmeli	Orta	Çok iyi
Güneş pili yapar.			
Uygun malzemeleri temin eder.			
Devreyi kurar ve test eder.			
Devreyi yorumlar.			
Devredeki enerji dönüşümlerini yorumlar.			
Ölçü aletini kullanır.			





UYGULAMA

OPTİK SENSÖR YAPIMI

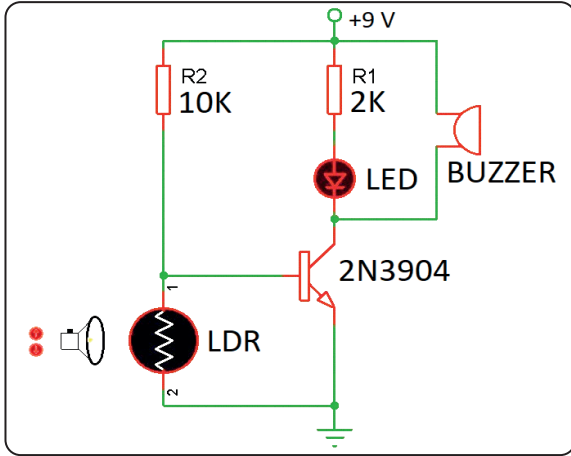


3

AMAÇ

Işıma (radyasyon, ışıma) etkisine göre çalışan sensör yapmak.

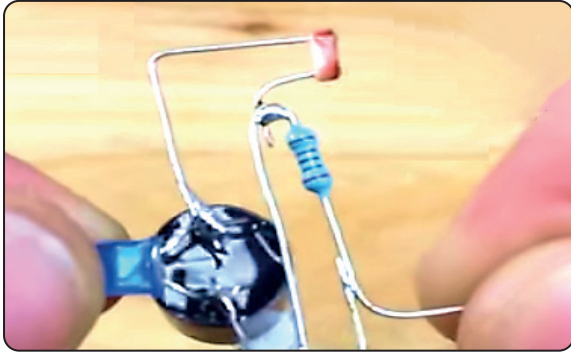
Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Resimler



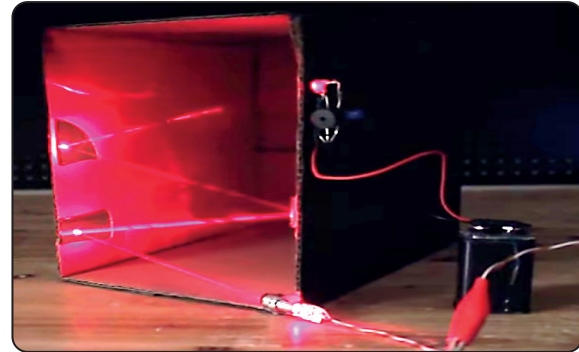
Şekil 1.58: Devre şeması



Fotoğraf 1.44



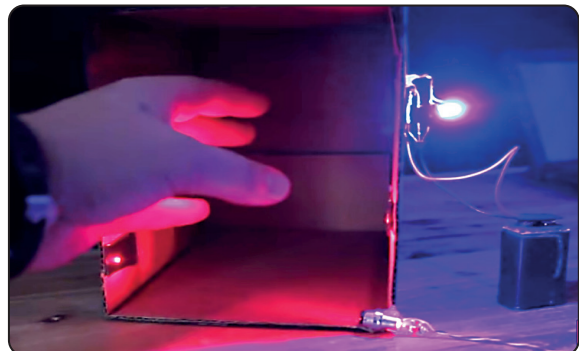
Fotoğraf 1.42



Fotoğraf 1.45



Fotoğraf 1.43



Fotoğraf 1.46





Kullanılacak Araç, Gereç, Makine, Avadanlık

Adı	Özelliği	Miktarı
Transistör	2N3904	1
Direnç	2 KΩ	1
LDR		1
Lazer diyot		1
Piezo buzzer	5 V-12 V 12 mm	1
Pil yatağı, pil	1,5 volt	4
Ayna veya parlak yansıtıcı film tabaka	4x2 cm	4
Ölçü aleti, silikon tabancası, karton kutu	30x30x20 cm (şart değil)	1
Havya ve lehim	-	1

İşlem Basamakları

1. Şekil 1.58'deki alıcı devresine ait şema ve datasheetler takip edilerek iş güvenliği kurallarına dikkat edilerek devre kurulur ve elemanların ayakları birbirine lehimlenir (Fotoğraf 1.42).
2. Lazer diyot 15° civarında açı yapacak şekilde karton kutunun köşesine sıcak silikon kullanılarak sabitlenir (Fotoğraf 1.43).
3. Ayna parçaları karton kutunun içinde uygun yerlere, Fotoğraf 1.45'deki yansıma açılarına dikkat edilerek sıcak silikonla yapıştırılır. (Fotoğraf 1.44).
4. Alıcı devresi (Fotoğraf 1.42) LDR kutu içerisinde olacak ve lazer diyottan yansıyan ışığı alacak şekilde yerleştirilir (Fotoğraf 1.44).
5. Alıcı devresi 9 V pil ile lazer diyot ise ayrıca besleme gerilimiyle beslenir (Fotoğraf 1.45).
6. Lazer diyottan yansıyan ışığın LDR tarafından alınacak şekilde olması için son kontroller yapılır (Fotoğraf 1.45).
7. El, kutu içerisine koyulur (Fotoğraf 1.46).
8. LED ışığının yanması ve ikaz sesinin duyulması gerekir (Fotoğraf 1.46).

Alınan Değerler, Sonuç

Kriterler	Uygulama Sonucu	
Sensör çalışıyor mu?	Evet ☐	Hayır ☐
Bu uygulamada edindiğiniz bilgi ve becerileri yazınız.		

Uyarı: Sensör çalışmadığında devre şemasını takip ederek hatalarınızı bulunuz.

Derecelendirme Ölçeği

Öğrencinin yaptığı işi aşağıdaki kriterlere göre değerlendirip uygun yere **X** işareti atınız.

Kriterler	Geliştirilmeli	Orta	Çok iyi
Uygun malzemeleri temin eder.			
Devreyi kurar, test eder ve yorumlar.			
Ölçü aletini kullanır.			
Lehim yapar.			



ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRME

SENSÖR VE TRANSDÜSER



1

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle tamamlayınız.

1. Elektrik enerjisini kullanarak hareket enerjisi üreten cihazlara _____ denir.
2. Ölçülen değer ile gerçek giriş arasındaki farka _____ denir.
3. Isı enerjisi birimi _____ veya _____'dür.
4. Motor, röle gibi devre elemanlarına _____ denir.
5. Fiziksel ortam değişikliklerini (ısı, ışık, basınç, ses, vb.) insanların yerine algılayan cihazlara _____ denir.
6. _____ sabit giriş sırasında çıkıştaki sapmayı belirten özelliktir.
7. Sinyal üretebilmek için dışarıdan harici hiçbir güç kaynağına ihtiyaç duymayan sensörlere _____ sensör denir.
8. Sensörden alınan bilgiler _____ tarafından elektrik sinyallerine çevrilir.
9. Ölçülen niceliğin her bir birimlik değişiminde, çıkışta oluşan değişime _____ denir.
10. Ölçülen nicelikteki en küçük algılanabilir farklılığa _____ denir.
11. Işık dalga boyu _____ ile ölçülür.
12. Sensör teknolojilerinin küçüldüğü, akıllı hale geldiği ve bulut (cloud) sistemlerine entegre edildiği _____ dönemidir.
13. Ambalaj malzemesinin içindeki veya gıda deposundaki ortamın gaz miktarını göstermek için _____ kullanılabilir.
14. Algılanacak nesnenin boyutu, şekli, algılama mesafesi ve algılama hızı _____ dikkate alınmalıdır.

B) Aşağıdaki cümlelerde (...) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (...) Polarizasyon sensör ölçümü ile ilgili bir kavramdır.
2. (...) Mikrofonlar ses sinyallerini elektrik sinyallerine çevirmez.
3. (...) Faraday etkisi, manyetik-manyetik olarak iki enerji türünün birleşimiyle oluşur.
4. (...) Aktif sensörler gerilim üreten sensörlerdir.
5. (...) Işınım enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümü sonucunda fotovoltaiik etki oluşur. Güneş pilleri bu etkiye örnek uygulamalardır.
6. (...) Termakupl aktif sensördür.
7. (...) NTC pasif bir sensör değildir.
8. (...) Yinelenebilirlik (repeatability), ortam şartlarını değiştirmeden bir değişken değerinin ölçümünde sensörden alınan çeşitli sonuçların birbirine yakınlığı olarak tanımlanır.
9. (...) Bir aletin giriş değerindeki yüzdelik sapma miktarını belirten ölçme kavramı doğruluk değildir.
10. (...) Sensör girişindeki en küçük bir değişim, sensör çıkışında algılanabilecek büyüklükte bir değişim oluştuyorsa sensörün duyarlılığı yüksektir.
11. (...) 4 – 20 mA'lık analog çıkışlı akım sensörlerinde, 4 mA sensörün çalışıp çalışmadığını göstermektedir.
12. (...) E tipi sensörler haberleşme özelliği kazandırılmış en ileri sensörler değildir.
13. (...) Yanlış sensör seçimi ekonomik kayıp ve tehlikeli sonuçlara sebep olmaz.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

SENSÖR VE TRANSDÜSER



2

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi ölçüm sistemlerinin genel prensibini ifade eder?

- A) Algılayıcı-sinyal dönüştürücü-gösterim elemanı
- B) Sinyal dönüştürücü-algılayıcı-gösterim elemanı
- C) Gösterim elemanı-algılayıcı-sinyal dönüştürücü
- D) Algılayıcı-gösterim elemanı-sinyal dönüştürücü
- E) Sinyal dönüştürücü-gösterge-algılayıcı

2. Aşağıdakilerden hangisi çıkış sinyal tipine göre algılayıcı çeşitlerinden biridir?

- A) Işıma B) Manyetik C) Elektriksel
- D) Analog E) Isı

3. Aşağıdaki ölçüm sistemlerinden hangisi fiziksel büyüklüklerin ölçümü ile ilgili değildir?

- A) Isı ölçümü B) Dinamik ölçümü C) Işık ölçümü
- D) Basınç ölçümü E) Moment ve tork ölçümü

4. Fiziksel ortam değişikliklerini algılayan cihaz aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Transdüser B) Mekanik aletler C) Sensör
- D) Belirleyici E) Transmitter

5. Aşağıdakilerden hangisi sensörlerle ilgili doğru bir ifadedir?

- A) Standart yapıları ve şekilleri vardır.
- B) Kullanım yerine göre boyutları ve şekilleri değişmektedir.
- C) Isı transdüseri ve sensörleri piyasada yaygın şekilde kullanılır.
- D) Sensörler üç sınıfa ayrılır.
- E) Sadece analog çıkış verirler.

6. Aşağıdakilerden hangisi sensörlerden alınan bilgileri başka enerjilere dönüştürür?

- A) Transdüser B) Termistör C) Termokupl
- D) Kalibrasyon E) RTD

7. Aşağıdakilerden hangisi temel büyüklüktür?

- A) Hacim B) Hız C) Zaman D) Enerji E) İvme

8. Aşağıdakilerden hangisi SI birim sisteminde yer almaz?

- A) Kilogram B) Mole C) Joule D) Amper E) Cd

9. Aşağıdakilerden hangisi türetilmiş SI birim sistemlerinden biridir?

- A) Metre B) Kg C) Kelvin D) Candela E) Newton

10.

- I. Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
- II. Sıcaklık, ısı akışı
- III. Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon/reaksiyon, reaksiyon hızı, Ph miktarı

Yukarıdaki ifadelere göre sınıflandırma türleri hangi sırada doğru olarak verilmiştir?

- A) Manyetik-termal-elektriksel
- B) Işıma-termal-kimyasal
- C) Işıma-mekanik- kimyasal
- D) Elektriksel-termal-manyetik
- E) Mekanik-termal-ısıma

11. Aşağıdakilerden hangisi aktif sensör değildir?

- A) Yük hücresi B) Isıl çift C) Termistör
- D) RTD E) Ultrasonik

12. Bir uygulamada kullanılacak sensör seçimiyle ilgili olarak dikkat edilecek ilk kriter aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Algılayacağı nesne B) Fiyatı C) Duyarlılığı
- D) Kararlılığı E) Markası

13. Aşağıdakilerden hangisi elektriksel büyüklük değildir?

- A) Farad B) Ohm C) Kelvin D) Henry E) Volt



ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRME

SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ



3

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle tamamlayınız.

1. RTD avantajı _____ çalışabilirler.
2. Termakupllar _____ ısı aralığında kararlı çalışır.
3. Sıcaklık etkisi ile iç direnci değişen seramik sensörlere _____ denir.
4. -60 - +150 °C aralığında _____ kararlı çalışır.
5. Elektrik motorunu fazla ısınmaya karşı korumada _____ kullanılır.
6. NTC'ler _____ °C sıcaklık aralığında kararlı çalışır.
7. NTC sağlamlık testinde sıcaklık arttıkça _____ azalır.
8. Manyetik alan altında manyetik özellik gösteren bir malzemenin elektriksel direnci, akım yolunun değişmesine bağlı olarak _____ etkisiyle değişir.
9. Manyetik alanla etkileşimi sonucunda hareket eden bir elektrik yükünün saptırılabildiğinin keşfi, _____ teoreminin temelidir.
10. Metal tabaka, yarı iletken ve kalın direnç tabakalarına (cermet) mekanik gerilim/gerilme uygulandığında değişken bir direnç oluşmasına _____ denir.
11. Basınç ile elektrik üretimi _____ etki sonucunda oluşur.
12. Endüstri tesislerinde _____ çalışan kazanlarda termokupl kullanılır.
13. Elektronik ölçme ile farklı enerji biçimleri içeren büyüklükler _____ enerjisine dönüştürülür.
14. Işık için _____ kuralları geçerlidir.

B) Aşağıdaki cümlelerde (...) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (...) Kristal mikrofonlar piezoelektrik olayından yararlanılarak yapılamaz.
2. (...) Termakupl (ısı çifti), Seebeck (ısı ile gerilim üretme) prensibine göre çalışır.
3. (...) RTD (direnç termometresi) telin direnç değerinin sıcaklıkla değişmesini algılayan sensördür.
4. (...) Fotodiyot, üzerine düşen ışıkla orantılı voltaj üretmez, LDR ise üretir.
5. (...) Direnç termometreleri nikel, platinyum ve bakır kullanılarak yapılamaz.
6. (...) LED'de akım oluştuğunda enerji açığa çıkar, fotodiyota ışık düştüğünde ise akım oluşur.
7. (...) Strain-gagelerde kullanılan direnç yapısına Weston köprüsü denir.
8. (...) Metaller gibi çoğu iletken, elektronlardaki iletme yoğunluğundan dolayı Hall etkisi çok büyüktür.
9. (...) Yarı iletkenlerde akım yoğunluğu metallerle göre çok küçükken Hall etkisi ise daha büyüktür.
10. (...) Metal tabakalar ve içindeki kristallerin ısıtılarak kutuplaşmanın oluşturulmasına piroelektrik etki denir.
11. (...) Basınç, yaklaşım ve pozisyon sensörleri kapasitif prensiple çalışan sensörlerdir.
12. (...) Mikrofonlar, ses dalgalarının bir diyaframı titreştirmesi esasına göre çalışır.
13. (...) Manyetik sensörler ısı ölçen sensörlerden birisidir.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ



4

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

- Duyu organlarıyla benzer özellik gösteren otomasyon birimi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Sensörler B) Takogenaratörler C) Motor
D) Sinyal lambası E) Hoparlör
- Otomasyon sisteminde kulağa benzeyen birim aşağıdakilerden hangisidir?
A) Hoparlör B) Mikrofon C) Foto diyot
D) LDR E) Mikrodenetleyici
- Aşağıdakilerden hangisi sıcaklık ile elektriksel direnci değişen elemanların genel adıdır?
A) Multimetre B) Kondansatör C) Termistör
D) Transistör E) Optokuplör
- Aşağıdaki etkilerden hangisi kuvvet, basınç ve gerilme sensörleri için yaygın bir dönüşüm mekanizması olarak kullanılmaktadır?
A) Piezodirenç B) Piroelektrik C) Termistör
D) Hall E) Piezoelektrik
- İçinden akım geçen bobinin çevresinde aşağıdakilerden hangisi oluşur?
A) Manyetik alan B) Elektrik C) Dinamik
D) Işıma E) Manyetik sensör
- Aşağıdakilerden hangisi sıcaklık değişimine bağlı olarak gerilim üretip algılama yapar?
A) PTC B) NTC C) RTD D) Termokupl E) LDR
- Isı ve ışık gibi etkilerle gerilim üreterek algılama yapan dönüşüm sistemi aşağıdakilerden hangisidir?
A) PTC B) Manyetodirenç C) Piroelektrik
D) Piezoelektrik E) LDR
- Aşağıda verilen bobinin hangi özelliği bobinin içindeki nüvenin hareketi ile değişir?
A) İndüktansı B) Kapasitansı C) Uzunluğu
D) Kesiti E) İçinden geçen akım
- Aşağıdakilerden hangisinin direnci ısı arttıkça azalır?
A) RTD B) PTC C) Metal D) Akım E) NTC
- Kristal yapıların üzerine uygulanan basınç ile gerilim üretilmesinin genel adı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Isıl çift B) Piroelektrik C) Piezoelektrik
D) Strain gage E) Load cell (yük hücresi)
- Hall effect etkili sensörler aşağıdakilerden hangisine karşı duyarlıdır?
A) Kızılötesi ışık B) Nem C) Uzunluk
D) Manyetik alan E) Ultrasonik ses dalgaları
- Aşağıdakilerden hangisi strain gagelerin özelliklerinden birisidir?
A) Isınabilir B) Genleşebilir C) Kırılabilir
D) Bükülebilir E) Esneyebilir
- Işıma etkisi hangi değişiklikleri algılamaz?
A) Faz B) Yansıma C) Polarizasyon
D) Dalga boyu E) Kapasitans
- Hangisi kapasitif sensörlerin yük depolama kapasiteleri ile ilgili değildir?
A) Kondansatör plakalarının boyutları
B) Plakalar arasındaki mesafenin uzaklığı
C) Plakalar arasındaki yalıtkan malzeme cinsi
D) Plakalar arasındaki malzemenin manyetikliği
E) Uygulanan gerilim miktarı
- Alan etkili manyetik transdüserlerin çalıştığı gerilim aşağıdakilerden hangisidir?
A) AC B) DC C) Hibrit D) Frekans E) Hiçbiri
- Aşağıda verilenlerin hangisi yüksek sıcaklıkların tespiti için kullanılır?
A) Termokupl B) RTD C) Termostat
D) PTC E) NTC
- Harici manyetik alana bağlı olarak içinden akım geçen bir iletkenin direncinin değişmesine verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?
A) Kapasitans B) Endüktans C) RTD
D) Öz direnç E) Manyetodirenç





ÖĞRENME BİRİMİ

2



KULLANIM ALANLARINA GÖRE SENSÖRLER

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?



1. Mekanik Termal ve Elektriksel Sensörler
2. Manyetik Işıma ve Kimyasal Sensörler





HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Mekanik etkilerin elektrik sinyaline dönüştürülmesi esasına göre çalışan sensörleri araştırınız.
2. Isı etkisi nasıl oluyor da farklı yöntemlerle ölçülebiliyor?
3. Kendi termal kameranızı nasıl yaparsınız? Bu termal kamera ile neleri ölçebilirsiniz?

2.1. MEKANİK TERMAL VE ELEKTRİKSEL SENSÖRLER

Basınç, hız, ivme, akışkanlık, yoğunluk, ses şiddeti gibi kimi büyüklükler mekaniksel; sıcaklık, ısı iletkenlik gibi büyüklükler termal; direnç, akım, gerilim, endüktans, iletkenlik, kapasitans gibi kimi büyüklükler de elektriksel özellik gösterir. Bir büyüklüğün miktarı farklı yöntemlerle ölçülebilir. Bunun sebebi, malzemeye ilişkin mekanik, termal, elektriksel, manyetik, optik ya da manyetik özelliklerden birinin referans alınarak ölçüm yapılmasıdır. Tablo 2.1. büyüklüklerin farklı malzeme özellikleri esas alınarak çeşitli yöntemlerle ölçülebileceğini gösterir.

Tablo 2.1: Fiziksel Büyüklüklerin Farklı Özellikler Referans Alınarak Ölçülmesi

Büyüklük	Direnç	Reaktans	Manyetik	Yarı iletken	Dijital	Termoelektrik (Seebeck)
İvme	✓	✓	✓	✓	✓	
Konum	✓	✓	✓	✓	✓	
Akış	✓	✓	✓			
Kuvvet	✓	✓		✓		
Nem	✓	✓				
Seviye	✓	✓			✓	
Basınç	✓	✓	✓	✓		
Sıcaklık	✓			✓	✓	✓
Kalınlık					✓	
Hız	✓	✓	✓	✓	✓	

2.1.1. Mekanik Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

Sensörler; basınç, ses, kuvvet, viskozite gibi mekaniksel etkilere bağlı olarak çalışırlar (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Mekanik Büyüklüklerin Sınıflandırılması

Karakteristik	Mekaniksel Büyüklük
Geometrik nicelikler	Yer değiştirme (pozisyon), açı, seviye, eğim, alan, miktar, mesafe
Kinematik	Hız, ivme, salınım, akış
Gerilme	Kuvvet, basınç, tork (moment)
Malzeme özellikleri	Kütle, yoğunluk, viskozite
Akustik nicelikler	Ses hızı, ses basıncı, ses frekansı, ses dalga boyu

Malzemelerin kütle, yoğunluk ve viskozite gibi birtakım özellikleri vardır. Sensörlerin çalışma prensiplerini bu özellikler ve mekanik bileşenler belirler.





Malzemelerin Mekaniksel Özellikleri ve Mekanik Bileşenler

Stres

Stres bir cismi deforme edebilecek birim alan başına uygulanan kuvvet olarak tanımlanır. Normal stres dışı doğru yönelmişse **saf uzatıcı gerilme**, içe doğru yönelmişse **saf sıkışma** olarak adlandırılır.

Gerinim

Düz bir cisim çekme (tensile) yüküne maruz kaldığında cismin boyu uzar. Uzama miktarına **gerilme** denir. Cismin birim uzunluk başına uzaması **birim gerinim** olarak adlandırılır. Birim gerinim ifadesi yerine, **gerinim (strain)** sözcüğü; ortalama toplam uzama veya cismin deformasyonu ifadeleri yerine **toplam gerinim** ifadesi yaygın olarak kullanılır.

Histerezis

Mekanik aygıtlarda histerezis; sürtünme, salınım, kırılan veya aşınan bileşenler, kirleticiler ve malzemenin kristal yapısı ile ilişkilidir. Malzeme stres altında kaldığında, kristaller kısmi olarak yer değiştirir ve yük kaldırıldıktan sonra orijinal durumuna geri dönemez.

Vizkos Akış (Sürünme)

Vizkos malzemenin akışıyla ilişkilidir. Viskozite (sürünme) zaman bağımlıdır. Yük sabit kaldığında, akan madde miktarı giderek azalır. Sürünmenin genliği artan yüklerle ve sıcaklıkla artar. Sürünme özellikle plastik gibi ergime sıcaklığı düşük malzemelerde söz konusudur ve bileşen kalıcı deformasyona uğrar.

Elastikiyet

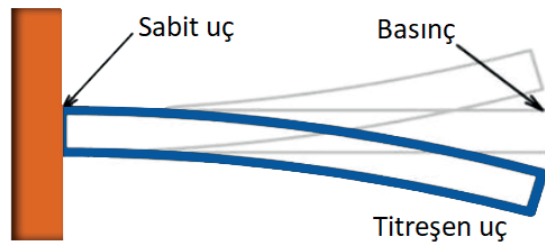
Elastikiyet, malzemenin bir özelliğidir ve malzemedan yük kaldırıldığında orijinal biçimini ve boyutlarını malzemeye tekrar kazandırır.

Sertlik

Sivri uçlu bir cismin etkisine karşı malzemenin gösterdiği dirence sertlik (hardness) denir.

Kantilever

Kantileverler, ivme ve akış ölçer gibi büyüklükleri ölçen sensörlerin içerisinde kullanılır. Kantilevere dik yöndeki bir hızlanma, kantilever kolunun bükülmesine ve yüzeyde bir gerginliğe neden olur. Bu bükülme piezorezistörler veya kapasitans değişimi ile ölçülebilir. Kantileverin serbest ucuna bir kütle asılarak yüklenmesi ile duyarlılık artırılabilir.



Şekil 2.1: Bir ucu sabitlenmiş kantileverin uygulanan kuvvete göre bükülmesi

Mekanik titreşimler (vibrasyon) uygun şekilde işlenmiş ince kantileverler ile ölçülebilir (Şekil 2.1). Bir titreşim algılayıcısı değişik uzunluklarda kantileverlerden oluşur. Titreşim frekansına yakın rezonans frekansında kantilever titreşime başlar. Kapasitans değişiminin ölçümü ile rezonans frekansları belirlenebilir.



Araştırılmalı

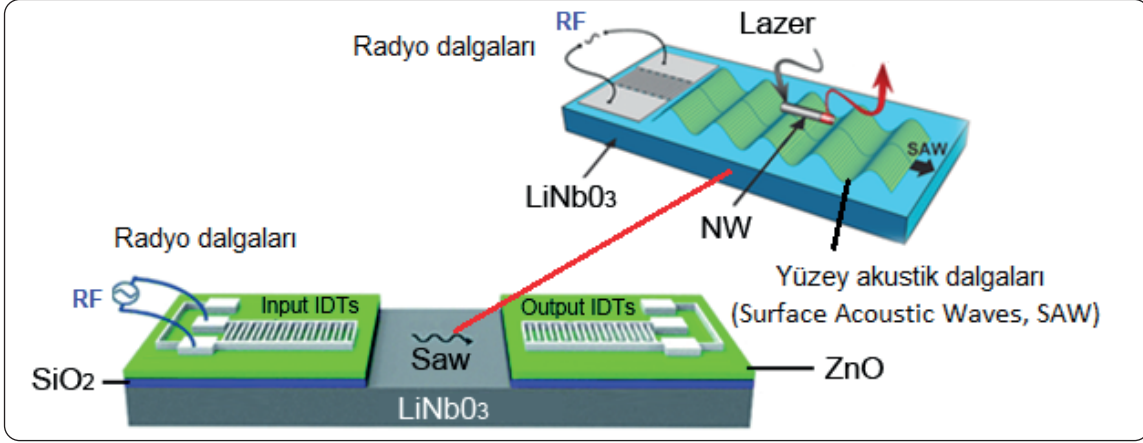
Titreşim sensörlerinin hangi sektörlerde ve cihazlarda kullanıldığını araştırarak araştırma sonuçlarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.





Yüzey Akustik Dalgaları

Yüzey akustik dalga dönüştürücülerinin (Surface Acoustic Waves, SAW) girişinde elektrik enerjisinden mekanik (akustik) enerjiye, çıkışında ise mekanik enerjiden elektrik enerjisine dönüşüm bölümleri yer alır (Şekil 2.2). Akustik sinyaller; yüzey akustik dalga dönüştürücü içerisinde ışık, stres, sıcaklık gibi fiziksel parametrelerden etkilenir. Bu nedenle SAW prensibine dayalı olarak son yıllarda çeşitli algılayıcı grupları geliştirilmiştir. Özellikle kimyasal algılayıcılar büyük ilgi toplamaktadır.

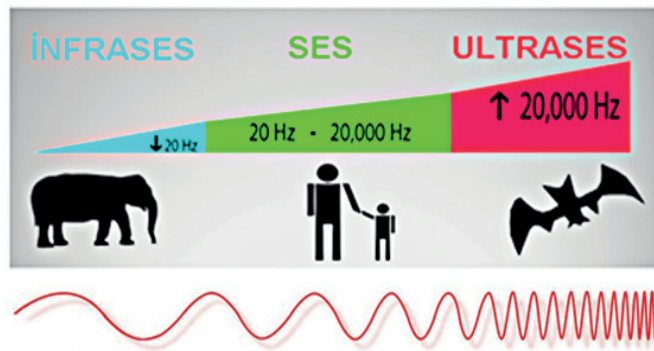


Şekil 2.2: Radyo dalgalarının yüzey akustik dalgalara dönüştürülmesi

Bir katı madde içerisinde; enine, boyuna ve bu iki dalganın karışımı olmak üzere üç tip dalga hareketi vardır. Yüzey akustik dalgalarının önemli bir özelliği yüzey boyunca hareket etmeleri ve dalga boyları ile kıyaslanabilecek şekilde yüzeyden aşağıdaki bir derinlikte sönmeleridir. Bu dalgaların başka bir özelliği de büyük veya yekpare dalgaların tersine yüzeye yakın şekilde kalmalarıdır.

Ses Dalgaları

Bir cisime basınç uygulanıp kesildiğinde cisim moleküllerinin şekli bozulur. Moleküllerin denge konumuna gelmeye çalışmasıyla titreşim (salınım) hareketi oluşur. Belli frekanslarda oluşan bu titreşimler vasıtasıyla basınç kaynağından enerji taşınması olayına ses denir. Ses; uygun bir ortam içerisinde (katı, sıvı, gaz) bir yerden başka bir yere, sıkışma (compressions) ve genleşme (rarefactions) şeklinde içten dışa doğru ilerleyen bir dalgadır. Ses mekanik bir enerji olup boşlukta yayılmaz, madde moleküllerine ihtiyaç duyar. Hareket eden madde değil, hareket enerjisidir.

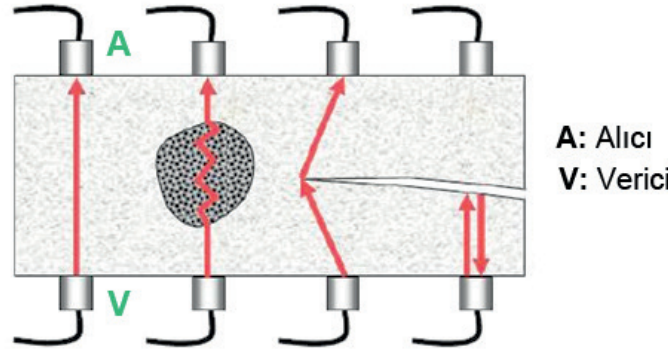


Şekil 2.3: Ses dalga spektrumu

İnsanın işitme aralığı, 20 Hz ile 20 KHz aralığındadır. 20 Hz'in altındaki boyuna mekanik dalgaları ses altı (infra sound) ve 20 KHz üzeri ise ses ötesi (ultra sound) olarak adlandırılır (Şekil 2.3).

Ses, mekanik ve akustik biliminin ortak konusudur. Ses frekansı, ses şiddeti gibi akustik özelliklerin cisimler üzerindeki etkisi ölçülebilir. Ultrasonik sensörler bu prensiple çalışmaktadır. Ultrasonik dalga hızıyla, beton gibi sert zeminlerde yoğunluk ve çatlak gibi unsurlar tespit edilebilir. Ultrasonik ses dalgasının geçiş hızı; malzeme içindeki boşluk arttıkça yavaşlar, boşluk azaldıkça artar (Şekil 2.4).





Şekil 2.4: Ultrasonik dalgalarla beton kalitesinin tespit edilmesi

Deprem tahmininde, yapıların analizinde ve geometrik olarak büyük kaynakların algılanmasında (dedeksiyon) ses altı (infrasonik) dalgalar önemlidir.



İş Sağlığı ve Güvenliği

Ses altı kaynağının genliği yüksek olduğunda, ses işitilmez ama hissedildiği için panik ve korku gibi psikolojik etkiler oluşturulabilir.

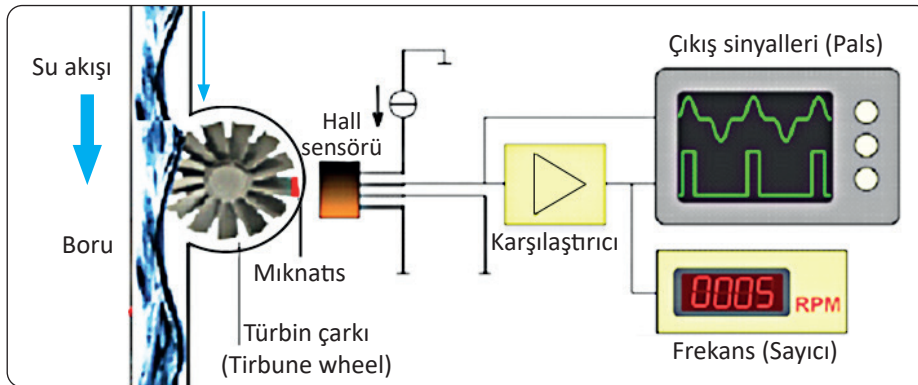
Mekaniksel etkilere bağlı olarak algılama yapan bazı sensör türleri aşağıda tanıtılmıştır.

2.1.1.1. Su Akış ve Hidrolik Basınç Sensörü

Debinin (akış miktarı) ölçülmesi endüstriyel işletmeler için önemlidir. Endüstride; sıvı (su, yağ, benzin), hava ve gaz (O, N, CO₂, CH₄ ve su buharı) gibi maddelerin akışı ölçülebilir. Akış hızını, kütle veya hacmin yer değişim oranını ölçebilen çok sayıda algılayıcı vardır. Kütleli akış ölçümünde; enstrümanın (ölçme sistemi) yoğunluk, sıcaklık ve basınç gibi değerleri de ayrıca ölçmesi gerekmektedir. Her akışkan, her koşulda aynı tip ölçüm enstrümanlarıyla ölçülemeyebilir. Akış şartlarına ve ölçüm taleplerine bağlı olarak farklı ilkelere dayanan yöntem ve teknolojiler seçilebilir. Akışın doğru ölçümü için; akışın nasıl bir mecrada ilerlediği (boru içerisinde ya da kanalda), akışkanın cinsi, yoğunluğu, viskozitesi, proses sıcaklığı, proses basıncı, tesisin özel koşulları gibi özelliklerin dikkate alınması gerekir. Aşağıda tanıtılacak olan YF-S201 su akış sensörünün çalışma esasını, viskozite (akışkanlık) ve manyetik etki oluşturmaktadır.

YF-S201 Su Akış Sensörünün Çalışma Prensipleri

YF-S201 su akış ve hidrolik basınç sensörü; plastik gövdeden, su rotor bileşenlerinden ve Hall sensörlerinden oluşur. İçinden su akmaya başladığında mini su türbini (rotor) dönmeye başlar ve Hall effect sensörü türbinin dönüş hızına göre sinyal üretir. Türbin ortasındaki sabit mıknatısın N kutbu ile 460S Hall effect sensörü her karşılaştığında Puls (sinyal), High (yüksek) 1 olur (Şekil 2.5).

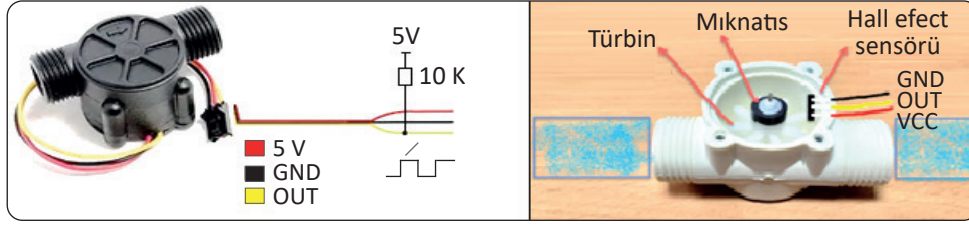


Şekil 2.5: YF-S201 mekanik ve Hall etkili akış sensörü





YF-S201 Su Akış Sensörünün Bağlantı Şeması



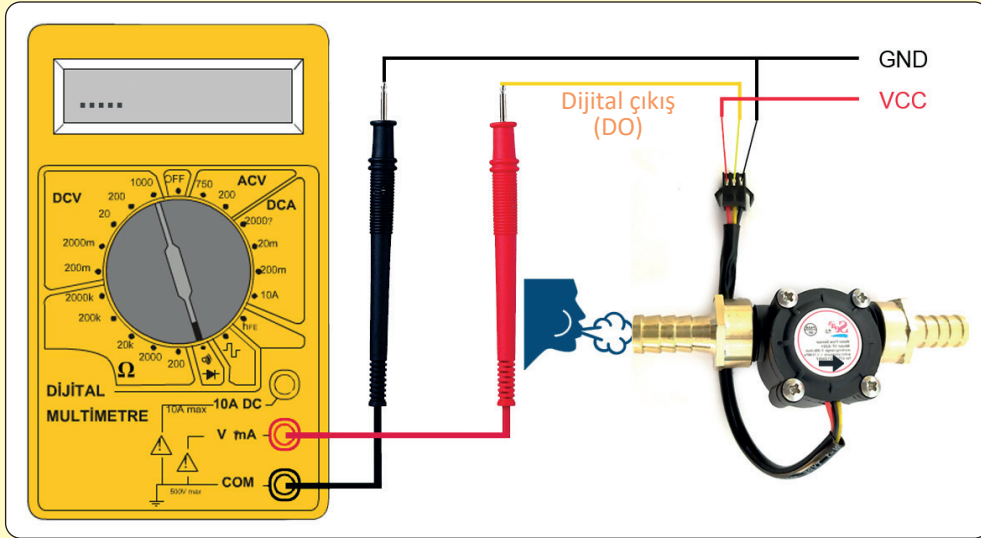
Şekil 2.6: YF-S201 Su akış sensörünün bağlantı şeması

YF-S201 Su Akış Sensörünün Özellikleri

- Kolay kullanılabilirlik, sızdırmazlık
- Yüksek kaliteli manyetik sensör
- Hata Aralığı (Extent of Error): $\pm 5\%$
- Puls Karakteristiği: $F \text{ (Hz)} = 7Q \text{ (lt/dak)}$
- Pulse (Hz): $7,5 \times 2 = 15$ (2 lt'lik akış için)
- Su Basıncı: $\leq 1.75 \text{ Mpa}$ Debi: $1-30 \text{ lt/dk.}$
- Besleme Gerilimi: DC 5 V- 24 V
- Çalışma Gerilimi: DC 5 V- 18 V
- Çalışma Akımı: 15 mA (DC 5 V)
- Çıkış Türü: Dijital
- Sıcaklık Aralığı: $\leq 80^\circ \text{C}$
- Sıvı Sıcaklığı: $\leq 120^\circ \text{C}$



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.7: YF-S201 su akış sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün VCC (kırmızı) ve GND (siyah) uçlarına çalışma gerilimi verilir.
2. Ölçü aleti DC 20 V volt kademesine ayarlanır.
3. Ölçü aletinin (+) ucu sensörün dijital çıkış yani DO (sarı) ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. Sensör üzerindeki ok yönü istikametinden akış borusunun içine doğru üflenir (Türbin dönüş hızıyla orantılı olarak gerilim değişiminin izlenebilir olması gerekmektedir.).

YF-S201 Su Akış Sensörünün Kullanıldığı Yerler

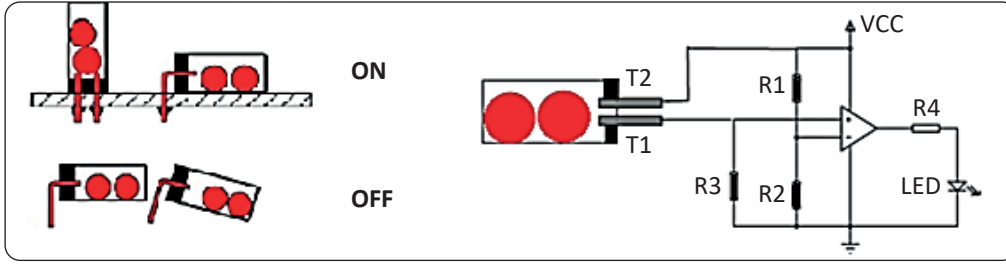
Su dağıtıcısı, kahve ve su otomati, akış ölçüm cihazı, bitki sulaması, nefes kuvveti kontrolü ile ilgili cihazlar- da su akış sensörleri kullanılabilir.





2.1.1.2. Eğim Sensörü

SW520D Tilt Sensör Kartı 3 Pin eğim sensörü eğim ölçmek amacıyla kullanılır.

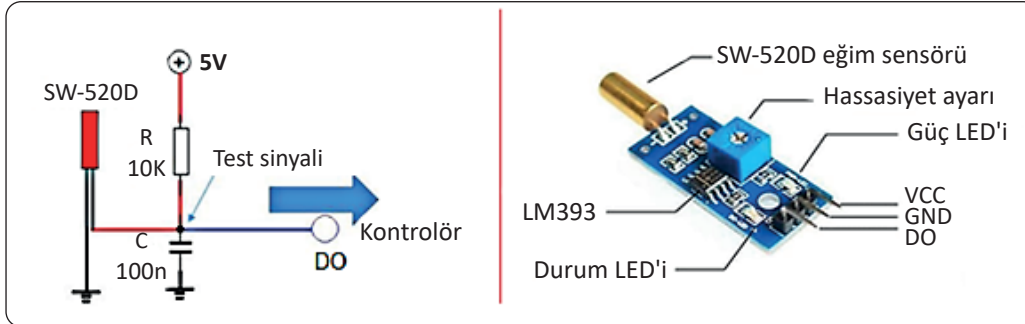


Şekil 2.8: SW520D eğim sensörü devresi

Eğim sensörleri, yön veya eğimi algılamaktadır. Eğim sensörü modülünde; bir eğim sensörü (SW-460D veya SW-520D), bir potansiyometre, karşılaştırıcı, gösterge için bir güç LED'i ve bir durum LED'i vardır. SW-460D veya SW-520D eğim sensörü, civa veya yuvarlanan top gibi iletken bir serbest kütleden oluşur. Serbest haldeki bilye, bir uca geldiği zaman iki uç arasındaki iletimi sağlayarak eğim olduğu bilgisini vermektedir. Eğim olduğunda DO bacağından 5 V çıkış vermektedir. Aynı zamanda üzerindeki LED de yanmaktadır.

Basitleştirilmiş eğim sensörü modülü Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Normal durumda T1 ve T2 uçları açık ve karşılaştırıcının pozitif terminalindeki voltaj sıfır olur. Karşılaştırıcının çıkış gerilimi düşük ve LED sönmük yani 0 olacaktır. Eğim sensörü dikey hareket ettirildiğinde, T1 ve T2 uçları kısa devre yapar. VCC gerilimini R3 ucunda görünür kılar ve karşılaştırıcının pozitif terminalindeki voltaj VCC olur. Pozitif terminal çıkışında karşılaştırıcının çıkış sinyali High (yüksek) yani 1 olur. LED ise ışık verir.

SW520D Eğim Sensörünün Bağlantı Şeması



Şekil 2.9: SW520D eğim sensörünün bağlantı şeması

SW520D Eğim Sensörünün Özellikleri

- Küçük, ucuz, kullanımı kolay
- Düşük güç tüketimi
- Güç ve dijital çıkış LED'i
- Ayarlanabilir hassasiyet
- **PCB Boyutları:** 13 mm x 31 mm
- **Boyut:** Silindirik, 4 mm (0,16 ") çap ve 12 mm boy
- **Kullanım ömrü:** 50.000+ döngü
- **Giriş Voltajı:** 3,3 V- 5 V
VCC: 3 V ~ 5,5 V
GND: Güç kaynağı toprağı
DO: Mikrokontrolcü dijital çıkışı
- **Hassasiyet Aralığı:** $> \pm 15^\circ$
- **Çalışma Eğimi:** $45^\circ - 135^\circ$
- **Çalışma Akımı:** $< 5 \text{ mA}$
- **Çıkış:** Dijital (0/1)

SW520D Eğim Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Açı algılama, sarsılma tespiti, güvenlik alarmı, akıllı araç ve oyuncaklar, PIC, SK40C, SK28A, Arduino gibi dijital girişli herhangi bir mikrodenetleyiciye bağlanabilir. Ayrıca bir röle modülü ile birlikte eğim anahtarı olarak kullanılabilir.



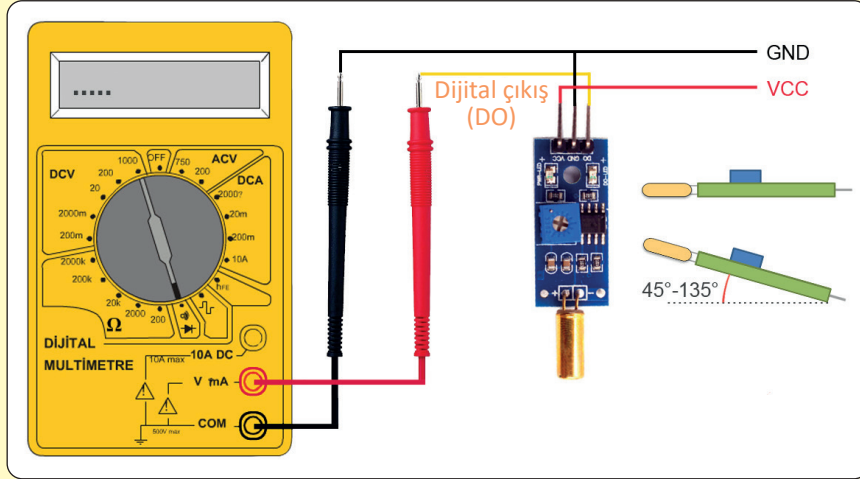


Uyarı

- Sensör içindeki bilye çok hareketlidir. Yatay konumlandırmadan ziyade, açılı veya dikey halde kullanılması önerilmektedir.
- SW-460D ve SW-520D eğim sensör uçları kırılmalıdır. Dikkatli kullanılmalıdır.
- Eşik açısının yanı sıra, açısal hız da eğim modülünü etkiler.
- Eğim anahtarı tek başına kullanılırsa kontak gürültü yapar ve kontrol cihazlarına doğrudan bağlanamaz. Bu yüzden sensör, modül oluşturularak kullanılır.



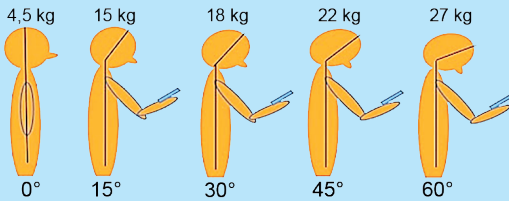
SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.10: SW520D eğim sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensör VCC ve GND uçlarına çalışma gerilimi verilir ve ölçü aleti diyot kademesine alınır.
2. Sensör 45° ile 135° arasında bir açıda tutulur.
3. Ölçü aletinin (+) ucu DO, (-) ucu ise GND pinine değdirilir. Sensör sağlam ise algılama açısında DO pininden sürekli sinyal alınır.

Boyun Ağrısının Nedeni Cep Telefonu!



Şekil 2.11: Duruş açısı ve maruz kalınan ağırlık

Yandaki şekilde olduğu gibi cep telefonu veya bilgisayar kullanımı esnasında, omurga ve boyun kasları gün boyu ortalama 25 kg'lık bir ağırlığa maruz kalır.

Cep Boyun Hastalığı ve Hastalıktan Korunma

Öncelikle uzun süreli telefon, bilgisayar ve tablet kullanımından vazgeçilmelidir. Cep telefonunu ve bilgisayar, baş ve kolları zorlamayacak şekilde göz hizasına gelecek şekilde kullanılmalıdır. Uzun süre aynı pozisyonda kalmayıp, kullanılmayan eklem ve kasların çalışmasına imkân verecek şekilde hareket edilmelidir.



Düşünelim

Cep boyun hastalığından (text next syndrome) korunmada, eğim sensörlerinin çalışma prensibinden faydalanarak nasıl bir çözüm üretilebilir?

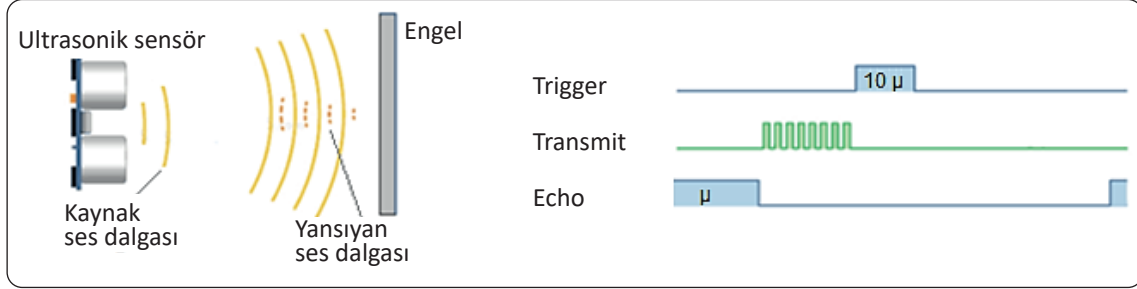




2.1.1.3. Ultrasonik Mesafe Sensörü

HC-SR04 ultrasonik sensörü, ses dalgalarını kullanarak mesafe ölçümü yapar.

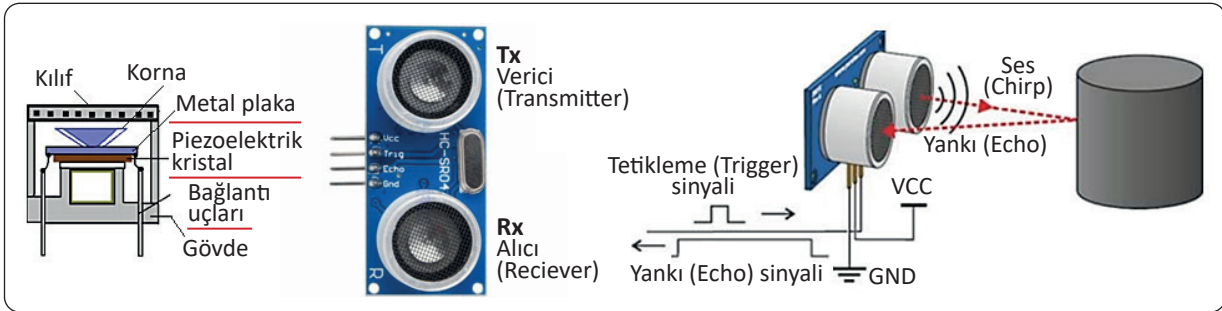
HC-SR04 Mesafe Sensörünün Çalışma Prensibi



Şekil 2.12: Ultrasonik sensörün çalışması ve sinyal oluşumu

HC-SR04 ultrasonik sensörü, ses dalgalarını kullanarak mesafe ölçümü yapar. Ultrasonik sensörler mesafe algılamak için insanın duymayacağı kadar yüksek frekanslı sesleri kullanır. Sensör üzerinde göz gibi duran bu iki cisimden biri verici diğeri alıcıdır. Verici üzerinden salınan ses dalgası 15° lik açıyla ortama yayılır. Vericiden gönderilen ses dalgası, karşısında duran cisme çarpar ve geri yansır. Yansıyan ses dalgası alıcı tarafından yakalanır. Dalga'nın çıkış yüzeyinden çıkmasıyla giriş yüzeyine ulaşması arasında geçen süre ($\text{Yol} = \text{Hız} \times \text{Zaman}$) formülüyle ölçülerek cismin sensöre olan uzaklığı hesaplanır (Şekil 2.12).

HC-SR04 Mesafe Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.13: HC-SR04 mesafe sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

Ultrasonik sensörlerde VCC, trig, echo, GND olmak üzere dört pin bulunmaktadır. VCC pini besleme (5 V), GND pini toprak hattıdır. Trigger bacağı, aktif hale getirilerek verici üzerinden ses dalgalarının salınmasını, echo pini ise yansıyan dalgaların giriş yüzeyinden alınmasını sağlar.

HC-SR04 Mesafe Sensörünün Özellikleri

- Çalışma Voltajı: DC 5 V
- Çektiği Akım: 15 mA
- Çalışma Frekansı: 40 kHz
- Maksimum Görme Menzili: 4 m
- Minimum Görme Menzili: 2 cm
- Tetik Bacağı Giriş Sinyali: 10 us TTL Darbesi
- Echo Çıkış Sinyali: Giriş TTL sinyali ve mesafe
- Oranı Boyutları: 45 mm x 20 mm x 15 mm
- Görme Açısı: 15°
- Ölçüm Hassasiyeti: 3 mm

HC-SR04 Mesafe Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Ultrasonik sensörler, endüstriyel uygulamalarda sıvı seviyesi ve akışkanlığın tespitinde; fabrikalarda kağıt, cam, şişe, gibi her türlü ürünün mesafe tespiti gibi bir çok uygulamada kullanılır. Günlük hayatta ise; araç park etmede, otomatik kapılarda, ev ve işyerlerinin güvenliğinde, su seviyesinin kontrolü gibi pek çok yerde ultrasonik sensörler kullanılır.





Uyarı

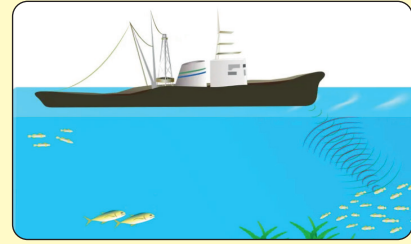
- Modül doğrudan elektriğe bağlanmamalı; modül elektriğe bağlıysa modülün normal çalışmasını sağlamak için GND pini öncelikle modüle bağlanmalıdır.
- Nesneler test edilirken alan aralığının 0,5 m²'den büyük ve ses dalgalarının çarptığı yüzeyler pürüzsüz olmalıdır. Aksi durumda ölçüm sonuçları değişebilir.
- Ağılama alanında birden fazla nesne olursa parazite sebep olabilir. Sensör yakın olan nesneyi algılar.



Biliyor musunuz?

Sonar (Sound Navigation and Ranging)

Nesneden yansıyan ses dalgalarının geri gelme süresi, nesnelerin uzaklığı hakkında bilgi verir. Sonar, su altı hedefini tespit etmek ve hedefin yerini belirlemek için radarlarda olduğu gibi radyo dalgaları yerine yansıyan ses dalgalarını kullanır. Ses dalgalarının balıklara çarpıp sonara geri dönmesi sonucunda balık sürülerinin yeri tespit edilir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14

2.1.2. Termal (Isı) Etkisine Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

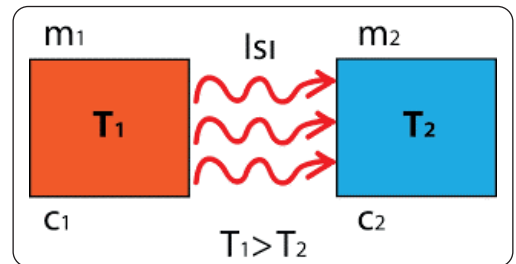
Sıcaklık, ısı akışı gibi değişkenler ölçülebilir. Sıcaklığa bağlı olarak malzemelerin ısıl direnç, ısıl genleşme gibi özellikleri değişim gösterir. Küçük miktarlarda gerçekleşen bu değişimlerin oluşturduğu gerilimler ölçülerek malzeme ve ortamın sıcaklığı hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Cisimlerin sıcaklıkla ilgili özelliklerinin bilinmesi sıcaklık ölçen bazı sensörlerin çalışma prensibinin daha iyi anlaşılmasını sağlar.

Malzemenin Isıl Özellikleri

Sıcaklık, hareket (titreşim) halindeki parçacıkların kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür. Titreşimin çok olması parçacığın sıcaklığının daha yüksek olduğu anlamını taşır. Malzemenin atomları titreştiğinde bu enerjiyi etrafına iletir. Titreşen her atom, kendini çevreleyen uzaya elektromanyetik ışıyım yayan mikroskobik bir radyo vericisi gibi davranır. Atomik hareketin güçlü olması, sıcaklık ve elektromanyetik ışıyımı daha güçlü kılar. Malzeme ya da cisimlerin kendilerine has (karakteristik) ısı özellikleri esas alınarak sensörlerin çalışma prensipleri tasarlanabilir. Malzemelerin ısıyla ilgili özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Isıl Genleşme: Maddelerin hacmi sıcaklıkla doğru orantılı olarak artar. Sıcaklık etkisiyle titreşen atomların birbirleri arasındaki uzaklık artar. Bu durum cisimlerin genleşmesine sebep olur. Uzunluk, genişlik veya yükseklik gibi doğrusal boyutlardaki değişim, doğrusal genleşme olarak adlandırılır.

Isı Kapasitesi: Bir cisim ısıtıldığında sıcaklığı artar. Isıtma ile belli miktardaki ısı (ısı enerjisi) cisme iletilir ve cisim içinde depolanır. Cismin depolayabileceği ısı miktarı, bir su deposunun depolayabileceği su miktarı gibi hacmi ya da kütle kadardır. Depolanan ısı miktarı, malzemenin cinsi ve kütle miktarına göre değişir ($Q=m \cdot c$). Burada c bir sabit olup malzemenin ısı özelliklerini karakterize eder, öz ısı olarak adlandırılır (Şekil 2.15). Öz ısı malzemeyi tanımlarken, ısı kapasite ise bu malzemeden yapılan cismi tanımlar.



Şekil 2.15: Cisimlerin ısı özelliklerine göre ısı depolaması

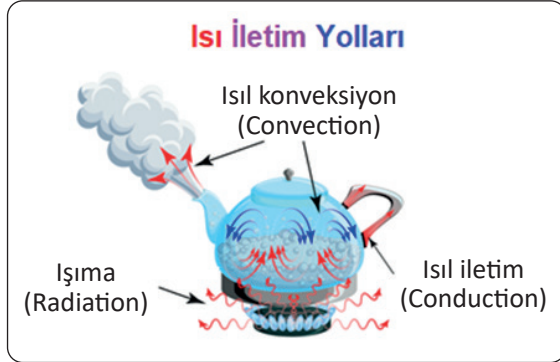




Isı İletimi: Isıl enerji; bir cisimden diğerine iletim, konveksiyon (taşıma) ve ışıma olarak üç yolla iletilir. Doğal olarak ısı veren veya alan cisimlerden biri, bir ısı sensör olabilir. Isıl sensörün amacı, ısı üreten cisim hakkında bazı bilgileri temsil eden ısı miktarını ölçmektir. Cisim hakkındaki bu bilgiler; cismin sıcaklığı, kimyasal reaksiyonu, cismin yerinin belirlenmesi veya hareketinin algılanması vb. olabilir.

Isıl İletim (Kondüksiyon): Katı maddelerin tanecikleri arasındaki etkileşim sonucu, daha yüksek enerjili taneciklerden daha düşük enerjili taneciklere doğru bir enerji aktarılır (demliğin metal aksamının ısı iletmesi) (Şekil 2.16).

Isıl Konveksiyon (Taşıma): Bir katı yüzey ile ona bitişik hareket halindeki sıvı veya gaz arasındaki enerji aktarım türüdür. İletim ve akışkan hareketinin birleşik etkilerini kapsar. Isı ılık cisimden alınır, daha soğuk bir cisme taşınır ve ısı serbest bırakılır. Bu durum tekrar eder (demlik içindeki suyun ısınması) (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: Isı iletim yolları

Isıl Işıma (Radyasyon): Titreşen parçacıkların içindeki hareketli elektrik yükü, değişken bir elektrik alanı ile ilişkili alternatif bir manyetik alan üretir. Bundan dolayı titreşen bir parçacık, elektromanyetik alan kaynağı olarak ışık hızında dışa doğru yayılır ve optik kuralları ile idare edilir. Elektromanyetik dalgalar yansıtılabilir, filtre edilebilir, odaklanabilir (ocak alevleri) (Şekil 2.16).

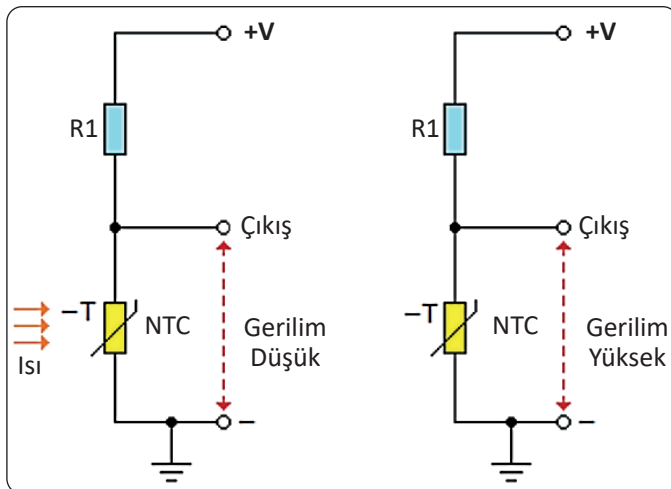
2.1.2.1. Ntc Sıcaklık Ölçüm Sensörü

NTC, sıcaklık ölçümü amacıyla kullanılan bir sensördür.

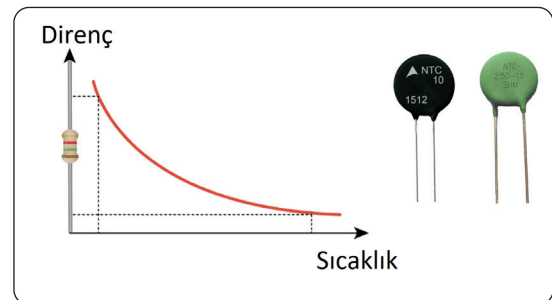
NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörünün Çalışma Prensibi

25 °C oda sıcaklığında direnci 10 KΩ olan NTC türü bir termistörün (ısı direnci) elektriksel direnci, bulunduğu ortamın sıcaklığı veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça azalır. NTC, gerilim bölücü bir dirençle birlikte kullanılır. Gerilim bölücü dirençle NTC'nin birleştiği noktadan analog bir çıkış gerilimi elde edilir. Bu gerilim değeri; NTC üzerinde ısı yok iken, NTC direnci yüksektir. Bu nedenle NTC üzerine düşen analog çıkış gerilimi; ısı yok iken yüksek, ısı var iken ise düşük olacaktır (Şekil 2.17).

NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.17: a) NTC'nin pull down direnci ile devreye bağlanması



b) NTC sıcaklık-direnç eğrisi





NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörünün Özellikleri

- Geniş bir sıcaklık aralığında doğruluk
- -300 °C ile +50 °C aralığında kararlı çalışma
- 0,1 °C'ye kadar duyarlılık
- PTC'lere göre daha geniş kullanım alanı
- Uzun ömür
- Mükemmel fiyat/performans oranı

NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörünün Kullanıldığı Yerler

NTC termistör; trafo ve motor gibi aşırı ısınması istenmeyen yerlerde, elektronik termometrelerde, araba radyatörlerinde, amplifikatörlerin çıkış güç katlarında ve ısı denetimli havyalarda kullanılır.

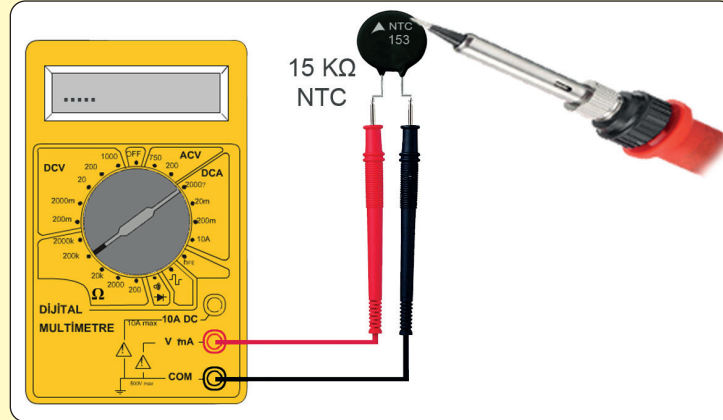


Uyarı

- Oda sıcaklığında NTC'nin üzerinde yazan direnç değerine yakın bir değer okunur.
- NTC havya veya benzeri bir araç ile ısıtıldığında NTC'nin direnç değeri azalır ve belli bir noktada sabitlenir.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



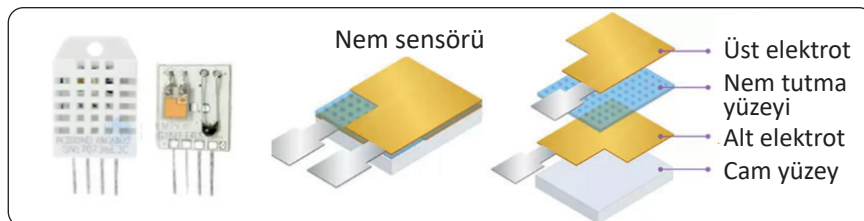
Şekil 2.18: NTC sıcaklık ölçüm sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. NTC direnç değeri göz önüne alınarak avometre uygun direnç kademesine alınır.
2. NTC değeri oda sıcaklığında ölçülür.
3. İş güvenliği önlemleri alınarak havya veya benzeri araçlarla NTC ısıtılıp direnci ölçülür.
4. NTC daha çok ısıtılarak direnci bir kez daha ölçülür. Her ölçümde direnç değeri azalıyorsa NTC sağlamdır.

2.1.2.2. DHT11 Sıcaklık Ve Nem Sensörü

DHT11, sıcaklık ve nem ölçümünde kullanılan 40 bit data transferi yapabilen dijital bir sensördür.

DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörünün Çalışma Prensibi



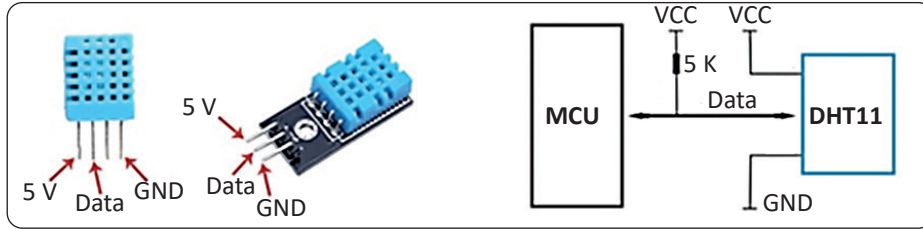
Şekil 2.19: DHT11 iç yapısı





DHT11, doğrudan dijital bilgi üreten içinde 8 bit mikrodenetleyici bulunan kompleks ileri seviye bir sensördür. Ortam sıcaklığı ve nemi ölçmek amacıyla kullanılır. Kasanın içinde bir NTC sıcaklık sensörü ve nem algılama bileşeni vardır. Nem alma bileşeni, nem tutma substratı (tuz veya iletken plastik polimer) ve iki elektrottan oluşur (Şekil 2.19). Substrat su buharını emerek iyonları serbest bırakır. Böylece elektrotlar arasındaki iletkenlik artar. Yüksek bağıl nem, elektrotlar arasındaki direnci azaltırken düşük bağıl nem, elektrotlar arasındaki direnci artırır. Uygulamada sensörün doğru şekilde çalışması için 5K'lık bir pull up direncin gösterildiği gibi bağlanmasında yarar vardır. Bağlanan direnç ile sensör çıkışındaki gürültünün azaltılması amaçlanmaktadır (Şekil 2.20).

DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.20: DHT11 sıcaklık ve nem sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörünün Özellikleri

- **Çalışma Akımı Ortalama:** 0,2-1 mA
 - **Bekleme Modu Akımı:** 100 uA-150 uA
 - **Çalışma Voltajı:** 3-5,5 V
 - **Çalışma Akımı:** 0,5-2,5 mA
- Nem:**
- **Çözünürlük:** %1 Rh 8 bit
 - **Tekrarlanabilirlik:** ± 1
 - **Hassasiyet:** 25 °C ± 4 Rh -0 °C - 50 °C ± 5 Rh maksimum
 - **Ölçüm Aralığı:** 0 °C: %3 - %90 Rh 25 °C: %20 - %90 Rh 50 °C: %20 - %80 Rh
 - **Tepkime Süresi:** 6 - 15 arası
- Sıcaklık:**
- **Çözünürlük:** 1°C 8 bit
 - **Tekrarlanabilirlik:** ± 1 °C
 - **Hassasiyet:** ± 1 °C - ± 2 °C
 - **Ölçüm Aralığı:** 0 °C - 50 °C
 - **Tepkime Süresi:** 6 - 30 arası
 - **Data Formatı:** 40 bit



Uyarı

- Havya ile temas 10 sn'yi, lehimleme sıcaklığı ise 260 °C'yi geçmemelidir.
- Sensör çığ koşullarında kullanılmamalıdır.
- DHT11 ürünü güvenlik veya acil durdurma cihazlarında kullanılmaz.
- Sensör kablo uzunluğu, 5 V beslemede 20 m'yi, 3,3 V'da ise 1m'yi geçmemelidir. Aksi takdirde, voltaj düşüşü hatalı ölçümlere yol açacaktır.

DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörünün Kullanıldığı Yerler

DHT11 ortamdaki sıcaklığı ve nemi ölçer. Ortam sıcaklığını celsius, farhenayt, kelvin gibi ısı birimleriyle ve ortamdaki nemi (humidity), yüzde (%) şeklinde ölçmek için kullanılır.

2.1.3. Elektriki Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

Malzemelerin Elektrik Özellikleri

Sıcaklık, kuvvet, basınç, ısı, ışık, manyetik alan şiddeti, ortam şartlarının iletkenlik durumu vb. etkilere bağlı olarak elektriksel özellikler değişir. Temel olarak ohm kanunu esas alınarak değişiminin miktarı gerilim ya da direnç cinsinden elektriksel enerjiye çevrilir. Oluşan elektriksel sinyaller, kazanç (opamp) devreleriyle misliyle güçlendirilerek işlenebilir biçime sokulur. Dönüştürmenin elektriksel türü hakkında daha fazla bilgi için kitabın 48. sayfasında "Sensörlerin Çalışma Prensipleri" konusuna bakılabilir.

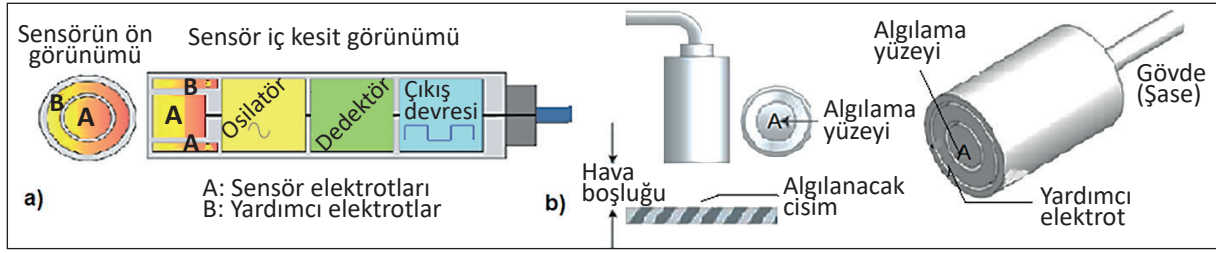




2.1.3.1. Kapasitif PNP Yakınlık Sensörü

Kapasitif PNP Proximity (yakınlık) sensörü, cisimlerin algılanmasında kullanılmaktadır.

Kapasitif PNP Yakınlık Sensörünün Çalışma Prensipleri



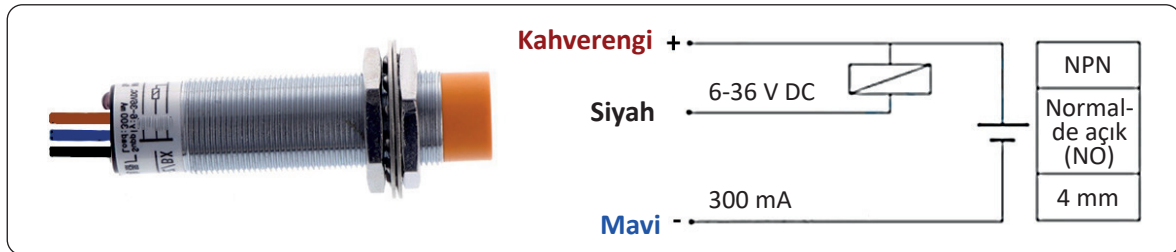
Şekil 2.21: a, b) Kapasitif PNP Proximity (yakınlık) sensörünün yapısı ve blok şeması

Proximity sensör oluşturduğu elektromanyetik veya elektrostatik alandaki değişimleri kontrol ederek çalışır. PNP (normalde açık) mantığıyla çalışan sensör, önünde cisim yokken çıkışa 0 V, önünde cisim varken ise giriş gerilimini ufak bir kayıpla çıkışa gönderir.

Kapasitif PNP Proximity (yakınlık) sensörünün önündeki cismi algılayıp algılamadığı arkasında bulunan LED ile kontrol edilebilir. Ölçüm kesinliği arkasında bulunan trimpot ile ayarlanabilir.

Sensörün önünden geçen cisim, A ve B plakalarının kapasitesini değiştirir. Bu kapasite değişikliği ise osilatörün frekansını değiştirir. Dedektör devresi osilatörün ürettiği sinüsoidal sinyali kare dalgaya çevirir. Kare dalga sinyali işlenmek üzere elektronik ya da mikro denetleyici devrelerine gönderilir. Şekil 2.21'de, kapasitif sensörün uç yapısı görülmektedir. Algılama yüzeyinde, önünden geçen maddelerle kapasitesi değişen ana elektrot bulunur. Kapasitenin değişmesi sonucu, çıkışında elektriksel sinyaller elde edilir.

Kapasitif PNP Yakınlık Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.22: Kapasitif pnp yakınlık sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

Kapasitif PNP Yakınlık Sensörünün Özellikleri

- **Model Numarası:** LJC18A3-B-Z/BY
- **Sensör Gövdesi:** Metal
- **Sensör Tipi:** Kapasitif yakınlık sensörü
- **Algılayabildiği Cisimler:** Metal ve metal olmayan cisimler
- **Çalışma Sıcaklığı:** -25 °C ile +65 °C arası
- **Boyutlar:** 7,5 x 1,8 cm (uzunluk x çap)
- **Kablo Uzunluğu:** 120 cm **Ağırlık:** 85 gr
- **Bağlantı Şekli:** Kahverengi: (+), Mavi: (-), Siyah: Çıkış
- **Çıkış Tipi:** PNP, normalde açık (NO)
- **Çalışma Voltajı:** DC 6-36 V (önerilen: 12 V)
- **Çalışma Akımı:** 300 mA
- **Algılama Mesafesi:** 1-10 mm
- **Tepki Frekansı:** 100 Hz



Düşünelim

"Atına saygı gösteren yaya gitmez." atasözünün verdiği mesajı yorumlayınız. Atölye ve laboratuvarındaki tutum ve davranışlarınızla ilişkilendiriniz.



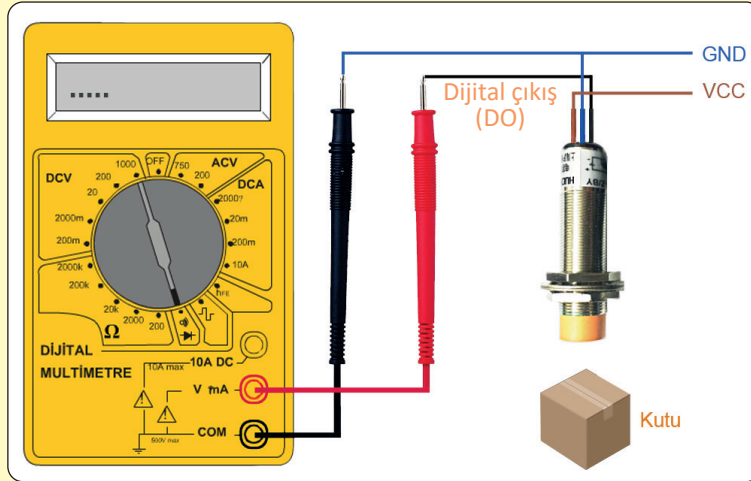


Kapasitif PNP Yakınlık Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Belli bir mesafeden, herhangi bir bağlantı olmadan konveyör bantlarında sıvı, cam, kağıt, ağaç ve plastik gibi metal olmayan cisimlerin algılanmasında PNP Proximity sensörü kullanılır. Bir plastik veya cam şişeye sıvının aynı seviyede dolması, şişelerin boş geçmemesi vb. için yapılan kontrol devrelerinde kapasitif sensörler tercih edilir. Ayrıca endüstriyel güvenlik sistemlerinde, dönen makinelerde titreşim algılamada, piston konumunun algılanmasında vb. limit işlemlerinde de kullanılır.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.23: Kapasitif pnp yakınlık sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün kahverengi (+) ve mavi (-) uçlarına 9 -12 V arası çalışma gerilimi verilir.
2. Ölçü aleti diyot kademesine alınır.
3. Ölçü aletinin (+) ucu sensör (siyah) sinyal çıkış ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. Sensör önüne metal bir cisim getirildiğinde, sensör çıkış vermelidir.
5. Sensör algılama mesafesinde nesne varken ölçü aletinde ikaz sesinin olması beklenir.



Uyarı

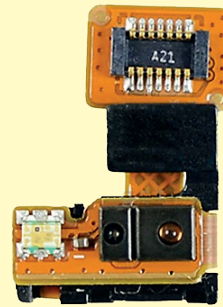
- Bağlantı kablosu 20 metreden daha kısa olduğunda 5 K pull up direnci önerilir. Aksi durumda uygun bir pull up direnci seçilmelidir.
- Sensöre güç verildiğinde kararsızlık (histerezis) geçene kadar beklenir. Filtreleme için VCC ve GND arasına 100 nF kapasiteli bir kapasitör eklenebilir.



Biliyor musunuz?

Yakınlık sensörü akıllı telefonların bünyesinde bulunan bir sensördür. Yakınlık sensörü, konuşma esnasında telefon ekranının kapanmasını; kulaktan uzaklaştırıldığında ise telefon ekranının açılmasını sağlamaktadır.

Telefondaki yakınlık sensörü çalışmıyorsa; ekran koruyucu sensörü kapatmıştır, telefonun iç kısmındaki sensör tozlanmış veya yazılım kaynaklı bir sorun vardır.



Fotoğraf 2.1 Yakınlık sensörü

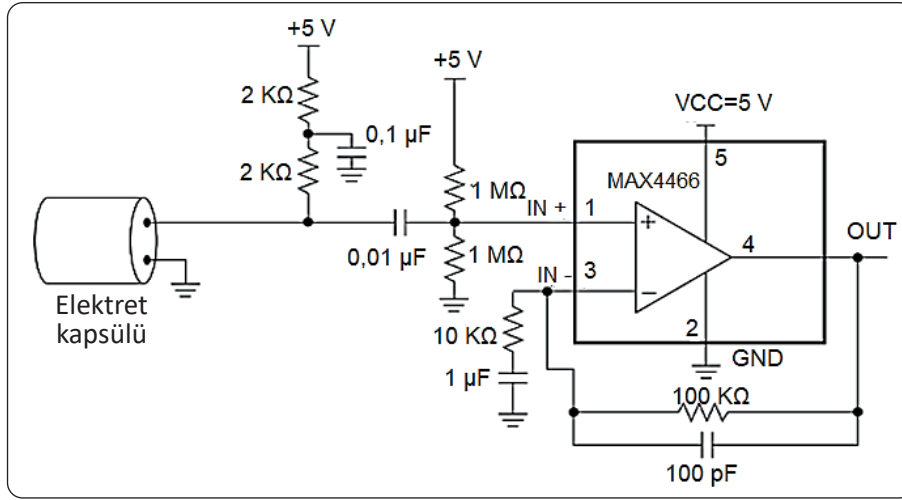




2.1.3.2. MAX4466 Elektret Mikrofon (Ses) Sensörü

MAX4466 elektret mikrofon modülü sesin elektrik sinyaline çevrilmesi amacıyla kullanılır.

MAX4466 Elektret Mikrofon Sensörünün Çalışma Prensibi

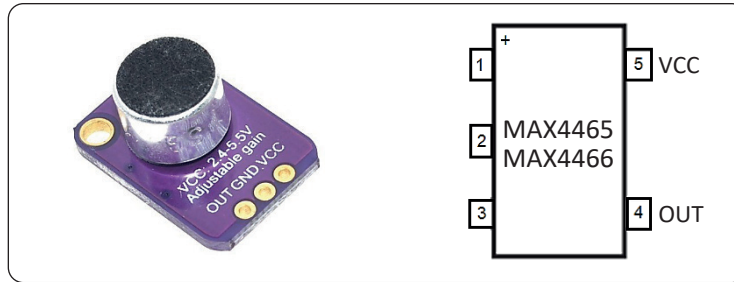


Şekil 2.24: MAX4466 elektret modülü devre şeması

Şekil 2.24'teki MAX4466 elektret mikrofon sensörünün yapısını, elektret kapsülü ve MAX4466 isimli opamp yükselteç devresi oluşturur. Elektret kapsülü içindeki ince bir yarı iletken maddenin iki yüzü, elektrostatik bir yöntemle, pozitif (+) ve negatif (-) olarak yüklenir. Bu tür yarı iletkenlere elektret (electret) denir. Bu yarı iletkenin en büyük özelliği, elektrik yüklerini otuz yıldan daha fazla koruyabilmesidir.

Elektret kapsülü, kristal mikrofonlardakine benzer bir yöntemle diyaframa bağlanır. Diyafram bir ses dalgasının etkisiyle titreştiğinde, titreşim elektret kapsülünün moleküler yapısını değiştirir. Bu değişim sonunda iki yüzündeki elektrotlar arasında bir AF-AC gerilimi oluşur. Mikrofondan gelen elektrot gerilimi, yukarıdaki şemada olduğu gibi MAX4466 opamp yükselticiyle istenilen seviyeye yükseltilir. Ayarlı direnç ile giriş sinyali 25 ile 125 kat arası yükseltilebilir (Daha fazla bilgi için sayfa 59'da Şekil 1.36'ya bakılabilir).

MAX4466 Elektret Mikrofon Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.25: MAX4466 elektret mikrofon sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

MAX4466 Elektret Mikrofon Sensörünün Özellikleri

- MAX4466 opamp ile düşük gürültülü amplifikasyon
- 25 -125 arası ayarlanabilir gain imkanı
- Frekans özelliğinin geniş ve düz olması
- Küçük boyutlu olması
- Besleme gerilimine ihtiyaç olmaması
- Yapımının kolay ve ucuz olması
- **Güç Kaynağı Voltajı:** + 2,4 V - + 5,5 V
- **Güç Kaynağı Reddetme Oranı:** 112 dB
- **Ortak Mod Reddetme Oranı:** 126 dB
- **Statik Besleme Akımı:** 24 μ A
- **Bant Genişliği Kazancı:** 600 kHz
- **Frekans Aralığı:** 20 Hz - 20 kHz
- **Boyut:** 20,8 mm x 13,8 mm x 7,5 mm





MAX4466 Elektret Mikrofon Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Profesyonel ses stüdyolarında ve amatör ortamlarda ses kaydı için kullanılır. Ayrıca kısa dalga amatör radyocular tarafından da kullanılır. Cep telefonu, dijital tekrarlayıcı, kulaklık, işitme cihazı, mikrofon preamplifikatörü, taşınabilir bilgisayar, konuşma tanıma sistemi gibi cihazlarda Max4466 sensörü kullanılır.

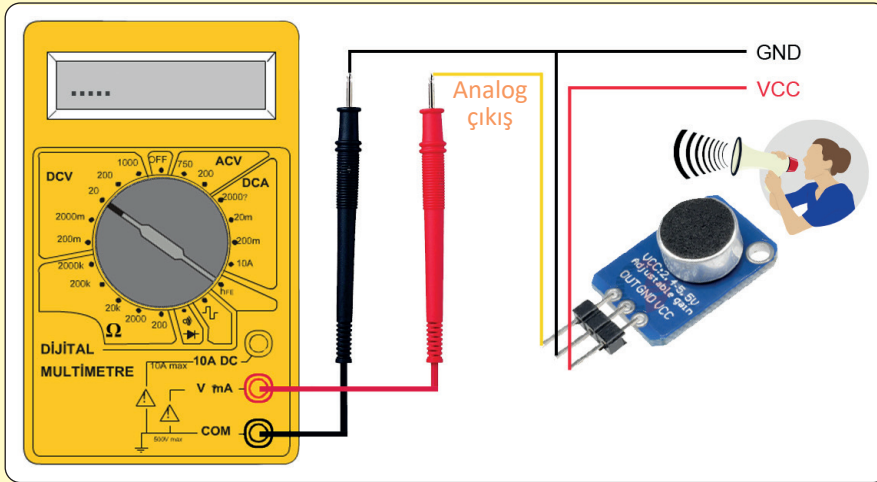


Uyarı

- Ortam sessizken OUT pininden elde edilecek çıkış gerilimi, sabit bir $VCC / 2$ miktarı kadar olacaktır (DC kuplajlıdır).
- Kullandığınız ses ekipmanı AC bağlantılı ses gerektiriyorsa, cihazınızın çıkış pini ile girişi arasına 100 uF'lık bir kapasitör yerleştirilmelidir.
- Elektret mikrofon, yüksek dirençli olup yüksek frekanslı mikrofonlarda uyulması gereken kurallara uyularak fazla uzun olmayan blendajlı kablo kullanılmalıdır.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.26: MAX4466 elektret mikrofon sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün GND ucu toprağa verilir. VCC ucuna ise 2,4 – 5 V arası çalışma gerilimi bağlanır.
2. Ölçü aleti DC 20 V volt kademesine alınır.
3. Ölçü aletinin (+) ucu sensör OUT ucuna, (-) ucu ise GND pinine değiştirilir (Sessiz ortamda OUT pininden $VCC / 2$ kadar gerilim ölçülmelidir).
4. Mikrofonu karşı konuşulur.
5. Mikrofon sağlamsa OUT ucundan değişken bir gerilim elde edilmesi beklenir.

2.1.3.3. Yağmur Sensörü

Yağmur sensörü, sileceklerin yağmur şiddetine uygun olarak camları hangi sıklıkla sileceğini ayarlar.

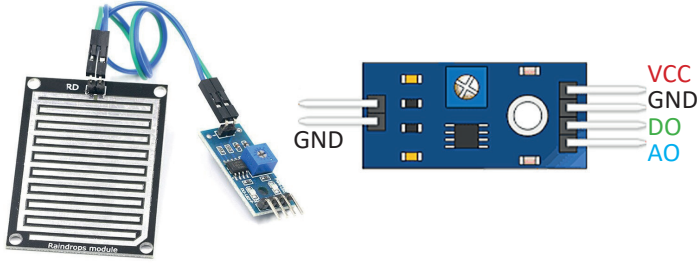
Yağmur Sensörünün Çalışma Prensibi

Yağmur sensörü raindrop ve analizör olmak üzere iki kısımdan oluşur. Yağmur sensörünün çalışması, sensör üzerinde birbirine paralel bağlanmış nikel kaplı plakaların direnç oluşturmaya esasına bağlıdır. Sensör kuru ortamda fazla, ıslak ortamda ise daha az direnç gösterir. Yağmur damlaları sensör üzerine düştüğünde aralarında boşluk bulunan plakalar yağmurdan dolayı iletkenlik özelliği kazanır. Yağmur ya da nemin şiddetine bağlı olarak iletkenlik miktarı artarken direnç ise azalır. Yağış miktarı artınca, plakanın direnci ve AO ucu üzerine uygulanan gerilim azalır. Ayrıca analog değer 1024'ten 0'a doğru iner. Belirlenen nem eşiği aşıldığında ise DO pininden dijital çıkış alınır.





Yağmur Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Hem dijital hem analog çıkış verir. Sensör, analog çıkış pinleri vasıtasıyla nemi ölçer.

Çıkış (AO) pini, iletken hatların su ile teması sonucu 0 ile 1024 arasında bir değer alır.

Şekil 2.27: Yağmur sensörünün görüntü ve bağlantı şeması

Yağmur Sensörünün Özellikleri

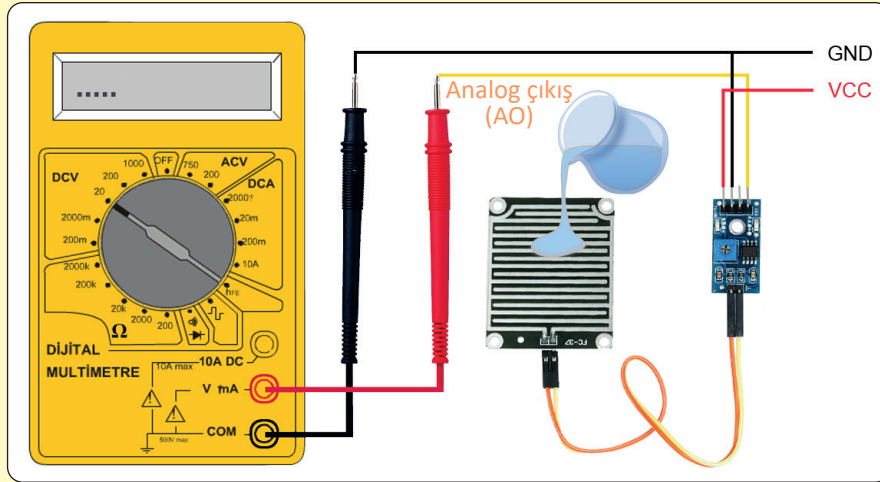
- Çift taraflı Ni kaplı malzemeden oluşması
- Pot ile hassasiyet ayarı yapması
- **PCB Boyutu:** 3,2 cm x 1,4 cm
- **Algılama Mesafesi:** < 40 mm
- **Besleme Çıkış Sinyali:** <15 mA
- **Çalışma Voltajı:** 3,3 V - 5 V
- **Çıkış Formatı:** Dijital ve analog (DO, AO)
- VCC: 3 V ~ 5,5 V GND: Güç kaynağı toprağı
- DO: TTL anahtarlara signal çıkışı
- AO: Analog sinyal çıkışı (voltaj)

Yağmur Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Sulama sistemlerinin yağmurlu havalarda durması ve su tasarrufu yapılabilmesi amacıyla kullanılır. Taşıtlarda ön ve arka cam silecek motorlarını kontrol etmek için kullanılır ve sürüş güvenliği sağlar. Uydu iletişim antenlerinde yağmur sapırcıların çalışmasını sağlayarak anten besleme kanallarını yağmur damlacıklarından korur ve bu sayede iletişim akışının devamlılığı sağlanır. Arduino haricinde diğer geliştirme kartları ve mikrodenetleyiciler ile de kullanılabilir.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.28: Yağmur sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Yağmur prop pinleri ile sensör arasındaki iletken bağlantıları yapılır.
2. Sensörün GND ucu toprağına verilir. VCC ucuna ise 2,4 - 5 V arası çalışma gerilimi bağlanır.
3. Ölçü aleti DC volt kademesine alınıp artı (+) ucu sensör AO ucuna, eksi (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. AO ucundaki gerilim ölçülür.
5. Sensör prob ucu yavaş yavaş suya batırılır ve her seferinde AO ucundaki gerilim ölçülür.
6. Eğer AO ucundaki gerilim su seviyesiyle orantılı olarak değişiyorsa sensör sağlamdır.





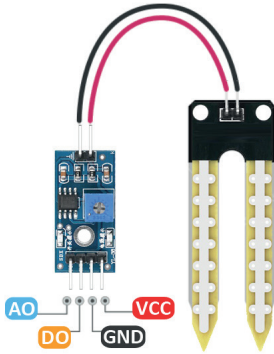
2.1.3.4. Toprak Nem Sensörü

Toprağın içerisindeki nem miktarını veya ufak ölçekteki bir sıvının seviyesini ölçen bir sensördür.

Toprak Nem Sensörünün Çalışma Prensipleri

HL-69 higrometre nem sensörü; yükselteç, karşılaştırma devresi (LM393 komparator) ve prob (algılayıcı) uçlarından oluşur. Toprağa yerleştirilen algılayıcı kısım, üzerinde bakır yollar bulunan basit bir yapıya sahiptir. Topraktaki nem miktarıyla orantılı olarak iletkenlik artar. Kuru toprakta ise iletkenlik azalırken direnç artar. Yükselteç devre, algılayıcıdaki bu direnç değişimini gerilim değişimine dönüştürür. Böylelikle toprak nem miktarına bağlı olarak 0-1024 bit ya da 0-5 V arasında doğrusal bir analog çıkış gerilimi elde edilir. Bu gerilim miktarına göre nem miktarı ölçülür.

Toprak Nem Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Kart üzerinde bulunan S1-S2 pinleri sensör girişi, VCC-GND besleme, DO dijital çıkış ve AO analog çıkış uçlarıdır. Sensör, analog ya da dijital modlarda bağlanabilir. Trimpot ile çıkış hassasiyeti ayarlanabilir. Dijital çıkış DO, ayarlanan bir nem değerinde çıkış verir. Analog çıkış AO ise aralık değerlerinde kullanılabilir.

Şekil 2.29: Toprak sensörü ve bağlantı şeması

Toprak Nem Sensörünün Özellikleri

- Pot ile hassasiyet ayarı yapılması
- Güç LED'i (kırmızı) ve çıkış LED'i (yeşil)
- Kararlı LM393 komparatoru
- Küçük PCB Boyutu: 3 cm x 1,6 cm
- **Pinler:** VCC, GND (besleme), DO ve AO (çıkış)
- **Dijital Çıkış:** Yüksek/Alçak
- **Giriş Voltajı:** 3,3 - 5 V **Çıkış Voltajı:** 0 - 4,2 V
- **Giriş Akımı:** 35 mA

Toprak Nem Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Otomatik bitki sulama sistemlerinde kullanılabilir.



Uyarı

- 20 m'nin altındaki kablo bağlantılarında 5 K ya da uygun pull up direnci önerilir.
- Sensöre güç verildiğinde, kararsızlık (histerezis) geçene kadar beklenir. Sensörü filtrelemek için VCC ve GND arasına 100 nF kapasiteli bir kapasitör eklenebilir.



Fotoğraf 2.2

“Parça bütünün habercisidir.”

Hız. Ali

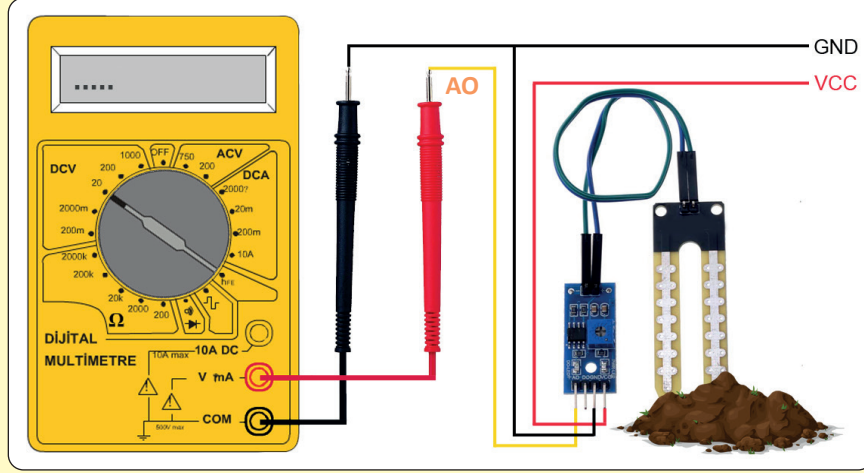
Küçük ve değersiz gibi görünen şeyler önemli olabilir. Küçük bir somunun eksikliği yüzünden dikiş makinesi işleri yarım bırakabilir.

**Atölyede yerde gördüğün bir vidayı
bile çöpe atma!**





SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.30: Toprak sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Prop pinleri ile sensör arasında iletken bağlantıları yapılır.
2. Toprak nem sensörünün prop uçları içi toprak dolu bir kap içerisine saplanır.
3. Sensör 2,4 – 5 V arası çalışma gerilimi ile beslenir ve ölçü aleti uygun DC volt kademesine alınır.
4. Ölçü aletinin (+) ucu sensörün AO, (-) ucu ise GND pinine değiştirilir. AO ucundaki gerilim ölçülür.
5. Toprağa yavaş yavaş su dökülür ve her seferinde AO ucundaki gerilim ölçülür.
6. Eğer AO ucundaki gerilim, topraktaki ıslaklık ile orantılı olarak değişiyorsa sensör sağlamdır.

Bizden Sonra Gelecekler Yesin!

Bir gün Nasreddin Hoca bahçesine fidan dikiyormuş.

Dostlarından biri: “Efendi! Bunlar ne zaman büyüyecek, ne zaman yemiş verecek de yiyeceksin?” demiş.

Hoca: “Bizden önce gelenlerin diktikleri bize yeter,” demiş. “Bunların yemişini de bizden sonra gelecekler yesin.”



Fotoğraf 2.3

YORUM: Nasreddin Hoca’nın diktği fidanlarla ilgili olarak kullandığı ifadede kültürün nesilden nesle aktarılan bir miras olduğuna yönelik bir vurgu söz konusudur. Çünkü “Bireyler gelir gider ama kültür kalır. Kültür, bir formdan diğerine geçerek varlığını hep sürdürür.”

Bizden öncekilerin diktikleri saygı bize yeter, peki biz teknoloji uğruna saygı ekmezsek bizden sonrakiler ne yesin?





HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Kilitlenmeyi önleyen fren sistemlerinde (ABS) tekerlek hızlarını algılayan ve kontrol eden Hall etkili sensörler nasıl kullanılmaktadır?
2. Birbirine karışmış gazların türünü ve miktarını tespit eden sensörlerin nasıl çalıştığını araştırınız.

2.2. MANYETİK İŞIMA VE KİMYASAL SENSÖRLER

Bazı sensörlerin çalışma şeklini manyetik alan, ışım (optik) ya da kimyasal etkiler belirler. Günümüzde yaygın olarak kullanılan birçok sensör bu etki türlerine bağlı olarak çalışır.

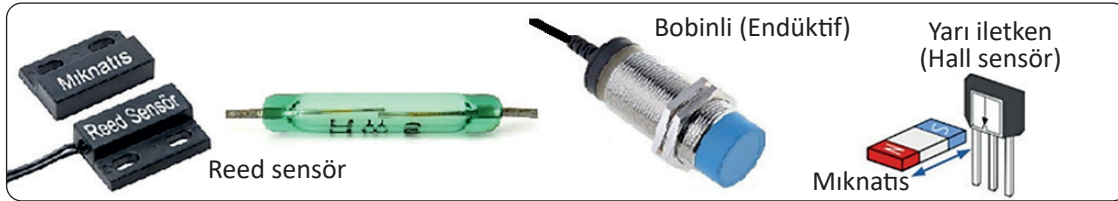
2.2.1. Manyetik Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik gibi manyetik alana bağlı değişkenlerin değerleri ölçülebilir. Ortamdaki manyetik değişiklikleri algılayan ve buna bağlı olarak çıkışında gerilim üreten elemanlara manyetik transdüser (alan etkili transdüser) denir.

- **Kullanım Alanları:** Aralarında elektriksel bağlantının olmadığı veya sensörle algılanacak cismin algılanmadığı durumlarda; cisim sayımlarında, pals üretiminde, emniyet sistemlerinde kullanılır.
- **Çeşitleri ve Yapıları:** Manyetik alana duyarlı elemanlardan üretilirler. Hall etkili sensörler yarı iletken malzemelerden imal edilir. Endüktif ve kapasitif sensörlerde ise bobin kullanılır.

Manyetik sensör çeşitleri aşağıdaki gibi dört gruba ayrılabilir (Şekil 2.31):

1. Bobinli (endüktif) manyetik sensörler (proximity inductive sensor)
2. Kapasitif manyetik sensörler (proximity capacitive sensor)
3. Hall sensör (hall sensor)
4. Reed sensör (reed sensor, reed relay, reed switch)



Şekil 2.31: Manyetik sensör çeşitleri

Manyetik sensörlerin çalışmasını sağlayan etkilerin çoğu Lorentz kuvvetine dayalıdır (sayfa 69).

Hall Etkisi: Bir iletkende akım **x-yönünde** geçer ve manyetik alan **z-yönünde** uygulandığı zaman **y yönünde** bir elektrik alanı oluşur.

Manyeto Rezistivite: Malzemelerin elektriksel direnci manyetik alan uygulandığı zaman değişir.

Suhl Etkisi: Bir yarı iletkendeki yüzey bölgesinin iletkenliği akım yönüne normal bir manyetik alan uygulandığı zaman değişir.

Manyeto Elektrik Etkisi: Piezo elektrik ve manyeto striktif malzemelerden oluşan karışık malzemelerde manyetik alan malzemenin elektriksel olarak kutuplaşmasına neden olur.

Faraday Henri İndüksiyonu: Değişken manyetik alan kapalı bir devrede akımı indükler.

Süper İletkenlik: Malzemeler belli bir manyetik alanda süperiletkenlikten normal duruma değişir.

Foto Manyeto Elektrik Etki: Bu etki uygulanan manyetik alan ve ışınım enerji akısının ikisine birden dik bir elektrik alanının üretilmesidir.

Nernst Etkisi: Değişken bir manyetik alan ve değişken bir sıcaklığa maruz bırakılan ama halen iletkenlik özelliği gösteren bir iletken üzerinde, termoelektrik veya termomanyetik etkiler oluşur.

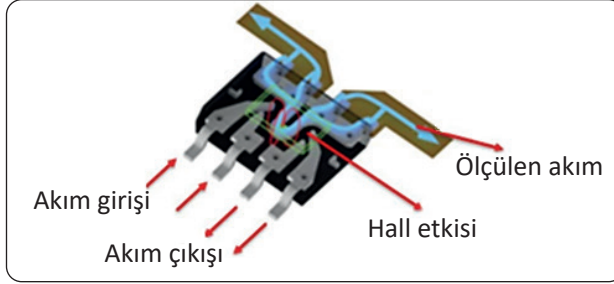




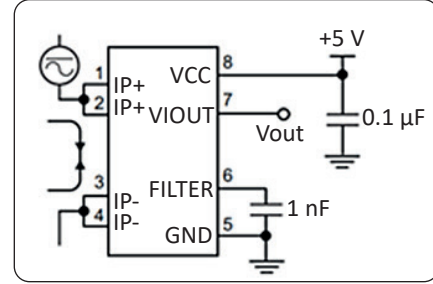
2.2.1.1. ACS712 Akım Sensörü

ACS712 sensör modülü, devreden geçen akım miktarının ölçülmesi amacıyla kullanılır.

ACS712 Akım Sensörünün Çalışma Prensibi



Şekil 2.32: a) ACS712 akım sensörü iç yapısı

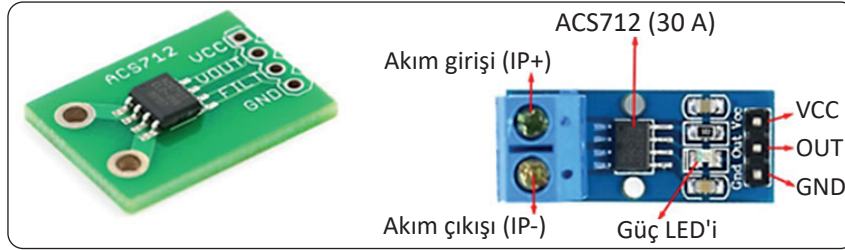


b) ACS712 akım sensörü şeması

ACS712 sensör modülü, akım hattı üzerinde oluşan manyetik alanı Hall etkisi esasına göre ölçer ve hat üzerinden akan akımı yüksek hassasiyetle tespit eder. IP (+) ve IP (-) pinlerini dahili olarak bağlayan bir bakır şerit vardır. Sensör, bu uçlar üzerinden akım taşıyan hatta seri bağlanır. Bakır iletkeninden bir miktar akım akar ve Hall sensörü tarafından algılanarak bir manyetik alan üretilir (Şekil 2.32: a). Oluşan bu manyetik alan, sensör tarafından gerilim cinsinden ve manyetik alan miktarıyla orantılı bir çıkış sinyaline dönüştürülür. Bu yöntemde, giriş ve çıkış tamamen izole edilmiştir.

5A-30A arası değişik modelleri olan ACS712 sensörü, AC veya DC akımları ile orantılı bir analog çıkış verir. Her değişen 1A'da 5A'lık 185 mV, 20A'lık 100 mV, 30A'lık ise 66 mV gerilim üretir.

ACS712 Akım Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.33: ACS712 akım sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

ACS712 Akım Sensörünün Özellikleri

- AC ve DC, iki yönde akım ölçümü
- Çok stabil çıkış ofset voltajı
- AC veya DC akımlarla orantılı çıkış gerilimi
- Hall-effect (manyetik alan) ile akım ölçümü
- Gürültülerin ölçülebilme imkânı
- Sıfıra yakın manyetik histerezis
- 80 kHz bant genişliği
- Direkt temas olmaması sebebiyle yük arasında izolasyon avantajı
- Yeni filter piniyle cihaz bant genişliği ayarlamaya
- Ölçtüğü Akım: 0 - 5 A (0 - 20 A, 0 - 30 A)
- Çalışma Gerilimi: 3 - 5,5 V
- Dahili İletken Direnci: 1,2 mΩ
- Ölçme Hassasiyeti: 185 mV/A (5A)
- (100 mV/A - 20 A, 66 mV/A - 30 A diğer model)
- Ölçme Hatası: %1,5 (25 °C), %4 (40 - 85 °C)
- Tepki Süresi: 5 µs
- Çalışma Sıcaklığı: -40/85 °C
- Yüksek kesinlik ve güvenilirlik
- Analog çıkış

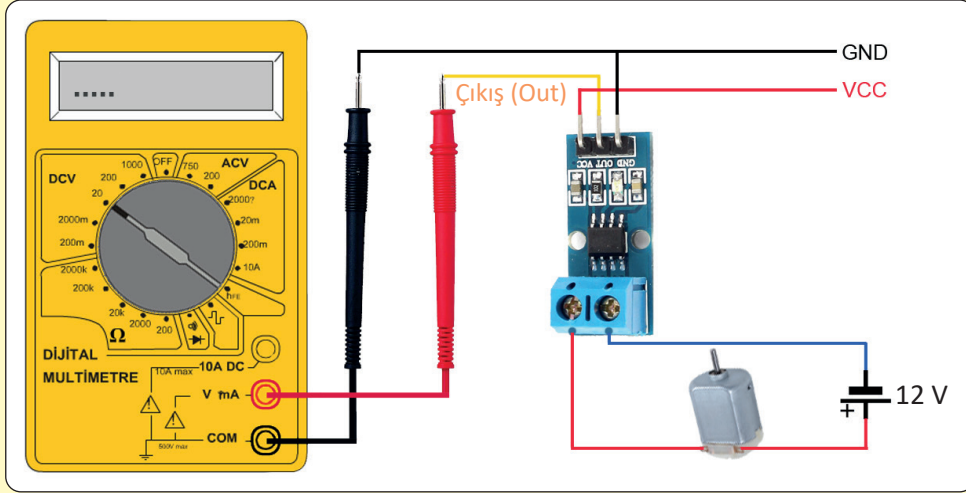
ACS712 Akım Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Akım sensörü güç hesaplama ve yönetim uygulamaları için önemli bir cihazdır. Motor kontrol, yük algılama ve yüksek akım akışından korunma gibi uygulamalarda kullanılır. Kullanım kolaylığından dolayı Arduino ve diğer program geliştirme platformları ile de uyumludur.



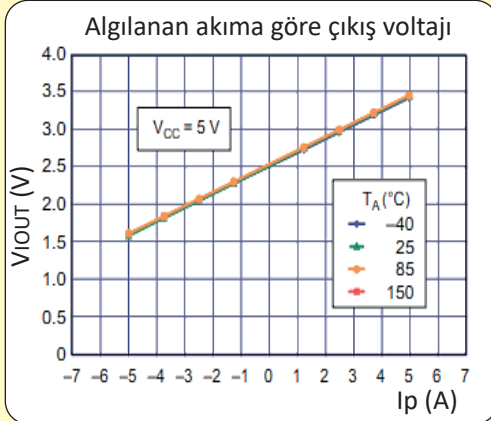


SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.34: ACS712 akım sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün GND ucu toprağa verilir, VCC ucu ise 5 V'a bağlanır.
 2. Ölçü aleti düşük DC volt kademesine alınır.
 3. Sensörün IP (+) ve IP (-) giriş uçlarına, iş güvenliği önlemleri alınarak 12 V redüktörlü motor ya da yüksek akım çekebilen başka bir yük bağlanır.
 4. Ölçü aletinin (+) ucu sensörün OUT ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
 5. OUT ucundaki gerilim ölçülür.
 6. OUT ucundaki gerilimin offset gerilim değeri olan 2500 mV (2,5 V) olması beklenir.
 7. DC motor ya da diğer alıcılar çalıştırılır ve sensörün OUT ucundaki gerilim ölçülür.
 8. DC motor mili üzerine basınç uygulanarak fazla akım çekmesi sağlanır ve tekrar gerilim değeri ölçülür.
- 5 A'lık ACS712 sensör modülü, her 1A'lık akım değişiminde 185 mV'luk gerilim üretir. Bu durum düşünüldüğünde yük akımı değiştikçe 2500 mV ve üzeri gerilim oluşup oluşmadığı gözlenmelidir.



Grafik 2.1: ACS712 akım sensörünün çalışma grafiği

ACS712 Akım Sensörünün Çalışma Grafiği

Sisteme yük bağlı değilken OUT ve GND arası ölçülen voltaj değeri orta noktadır ve VOUT pininin 2500 mV'luk ofset gerilimi vardır. Yani kablodan akan akım olmadığında çıkış gerilimi 2500 mV olmalıdır. Akım pozitif olduğunda, voltaj 2500 mV'tan büyük; akan akım negatif olduğunda ise gerilim 2500 mV'tan az olacaktır.



İş Sağlığı ve Güvenliği

Elektrikle çalışırken dikkatli olunmalıdır. Cihazlar topraklanmalıdır.

O seni topraklamadan sen onu toprakla!





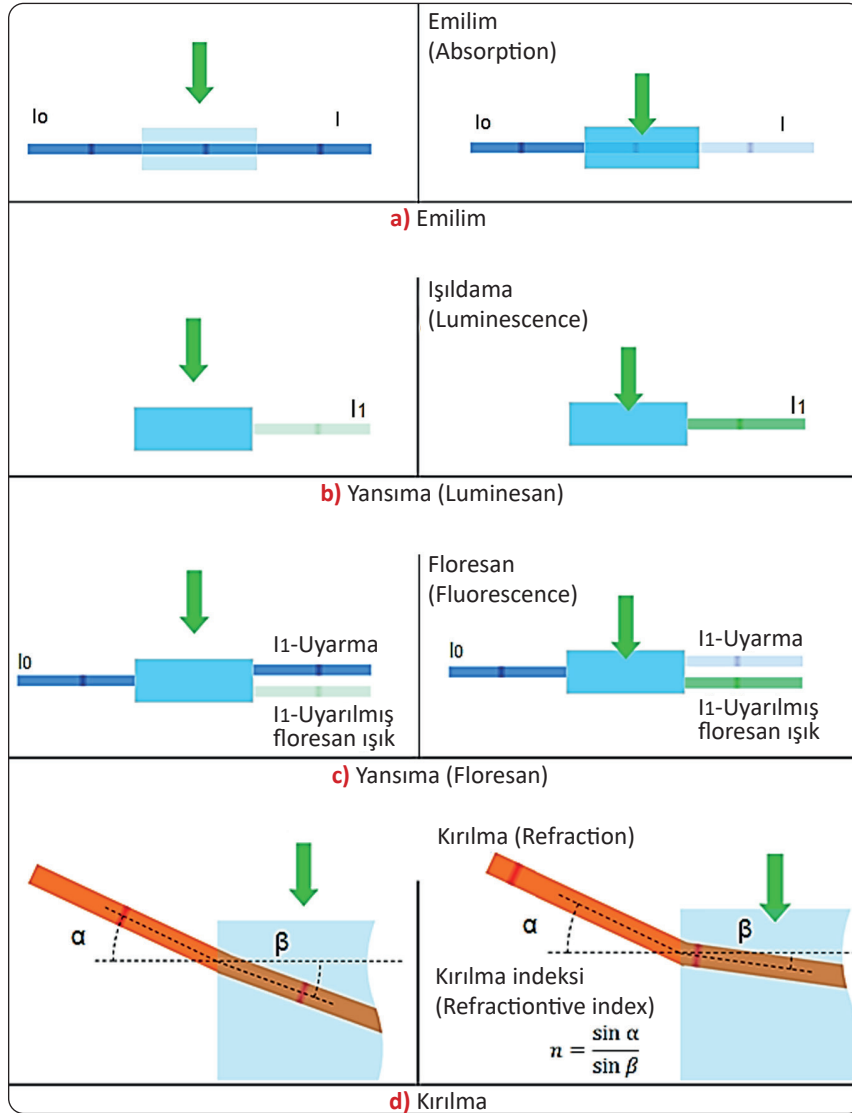
Uyarı

- AC gerilimde hassas ölçüm yapmak için, ACS712 sensörü katalogta (datasheet) belirtilen kondansatör değerleriyle filtre edilmelidir. Bu şekilde 80 kHz'lik bant genişliği elde edilebilir (Şekil 2.15: b).
- DC akım ölçümünde sinyal hep (+) alternansta olduğu için OUT pininden okunan voltaj, yüke göre ölçülen orta noktanın daima üzerinde olur.
- Kart üzerinde bulunan OUT pini analog çıkış vermektedir.
- IC sensör, aşırı akıma karşı beş defaya kadar dayanabilir ve sigorta ile korunabilir.

2.2.2. Işınım (Optik) Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

Işık, ilerleyebilmek için ses gibi madde moleküllerine ihtiyaç duymaz. Ses bu yüzden uzayda ilerleyemezken ışık çok rahat ilerleyebilir. Üzerine düşen ışığa bağlı olarak çalışan elemanlara **optik eleman** denir. Uzaktan algılama alanında optik sensörler önemli rol oynamaktadır.

Optik transdüserler ışık miktarındaki değişimleri elektriksel işaretlere dönüştürerek direnç ya da voltaj oluştururlar. Optik transdüserler genellikle küçük akımlı elemanlardır. Cisimler ışığa karşı **emilim**, **yansıma** (luminesan, floresan) ve **kırınım** şeklinde tepki vermektedir (Şekil 2.35).



Şekil 2.35: a, b, c, d) Cisimlerin optik özelliklerine göre davranışları (emilme, yansıma ve kırılma)





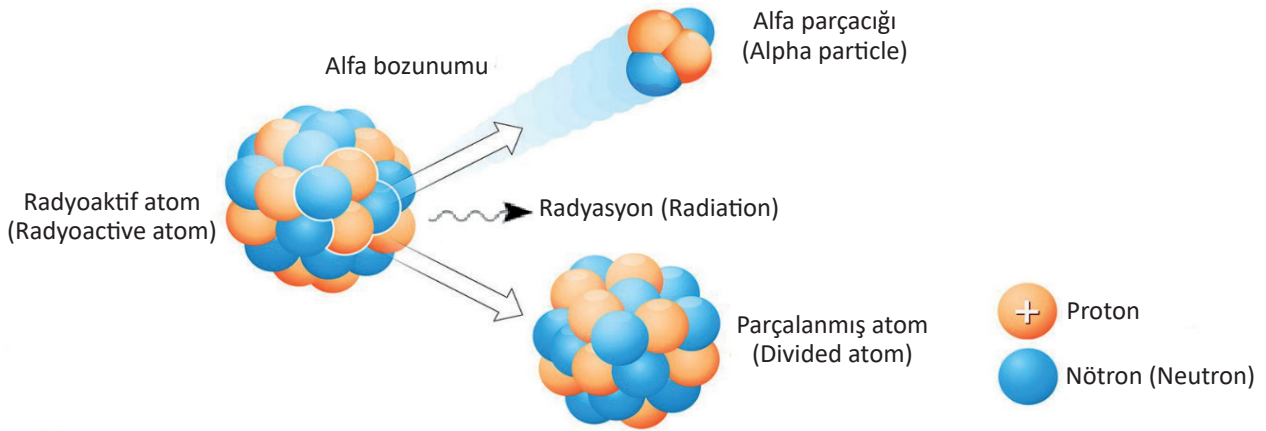
- a. Emilim:** Işık dalgaları malzeme içinden geçerken kısmen enerjileri emilir ve kütle içinde ilerledikçe şiddeti azalır. Opak malzemeler ışık dalgalarını geçirmez kısmen yansıtır ve kısmen emer. Saydam malzemeler ışığı önemli ölçüde geçirirler ve kısmen emerler (Şekil 2.35: a).
- b. Yansıma (Luminesan):** Malzemeye çarpan fotonların radyasyon yaymasıdır. Yüksek enerji düzeyine aktive edilen elektron temel düzeye geri dönerken yaydığı radyasyon görünen ışık bölgesinde olursa bu luminesan olayı olur (Şekil 2.35: b).
- c. Yansıma (Floresan):** Luminesan (ışıldama) olayının bir çeşididir. Floresan ışığı, foton yutulduğunda bir kısmının yutulması ve bir kısmının da daha uzun dalga boylu görünür ışık olarak yayılmasıdır (Şekil 2.35: c).
- d. Kırılma:** Saydam bir cisim üzerine gelen dalganın bir kısmı yansır, bir kısmı da kırılarak ilerler (Şekil 2.35: d).

Mekanik kontaklı ve potansiyometrik algılayıcılardan sonra optik algılayıcılar, **pozisyon ve yer değişimi** için en popüler algılayıcılardır. Ana avantajları; yapılarının basit olması, oldukça uzun çalışma aralıklarının olması ve yükleme etkilerinin olmamasıdır. Kaçak manyetik akılara ve elektrostatik parazitlere karşı duyarlı olduklarından çoğu duyarlı uygulamalarda çok kullanılırlar.

Optik sensörlerin yapısını; ışık kaynağı, fotodedektör ve mercek, ayna veya fiber optik gibi ışık yönlendirme aygıtları oluşturur.

Foton

Işık, kendisini taşıyıcı parçacık olan fotonla ifade edilir. Fotonlar enerji yüklü parçacıklardır. Görünen ışık fotonlardan oluşmaktadır. Fotonlar ışığın hem dalga hem de tanecikli modelleriyle açıklanmaktadır. Bu modellere göre ışık yani foton hem tanecikli yapıya sahip hem de dalga özelliğine sahiptir. Kuantum (dalga) mekaniği ile ışığın yani fotonun hem dalga hem de tanecikli modeli olduğu kanıtlanmıştır. Şekil 2.36'da bir fotonun taşıdığı enerji ve parçacık görülmektedir.



Şekil 2.36: EM dalgaları oluşturan ve ışığın iletimini sağlayan fotonun yapısı

Bir malzeme elektromanyetik ışıma maruz kaldığında aşağıdaki etkiler gözlenir:

Fotovoltaik Etki: Benzer olmayan p-n gibi iki malzemenin birleşiminden ışıma ile gerilim üretilmesidir.

Dember Etkisi: Bir yarı iletken lokal olarak aydınlatıldığında elektron ve boşlukların farklı yayılma katsayılarından dolayı aydınlatılmış ve aydınlatılmamış kısımları arasında bir gerilim üretilir.

Fotomanyetoelektrik (Foto Hall Etkisi): Uygulanan manyetik alan ve ışıma enerji akısının ikisine karşı dik bir elektrik alan üretilmesidir.

Fotoiletkenlik: Bir yarı iletken veya bir yalıtkanın elektriksel iletkenliği ışıma enerjisiyle artar.

Fotoelektrik Etkisi: Bir yarı iletken jonksiyonun direnci, ışıma ile azalır eksi (-) ve artı (+) yükler üretilir.

Fotodielektrik Etkisi: Bazı malzemelerin dielektrik sabiti, ışıma ile değişir ve özelliklerini kaybeder.

Fotokapasitif Etkisi: Metal, yalıtkan ve yarı iletken bir kapasitörün kapasitansı ışıma enerjisiyle değişir.

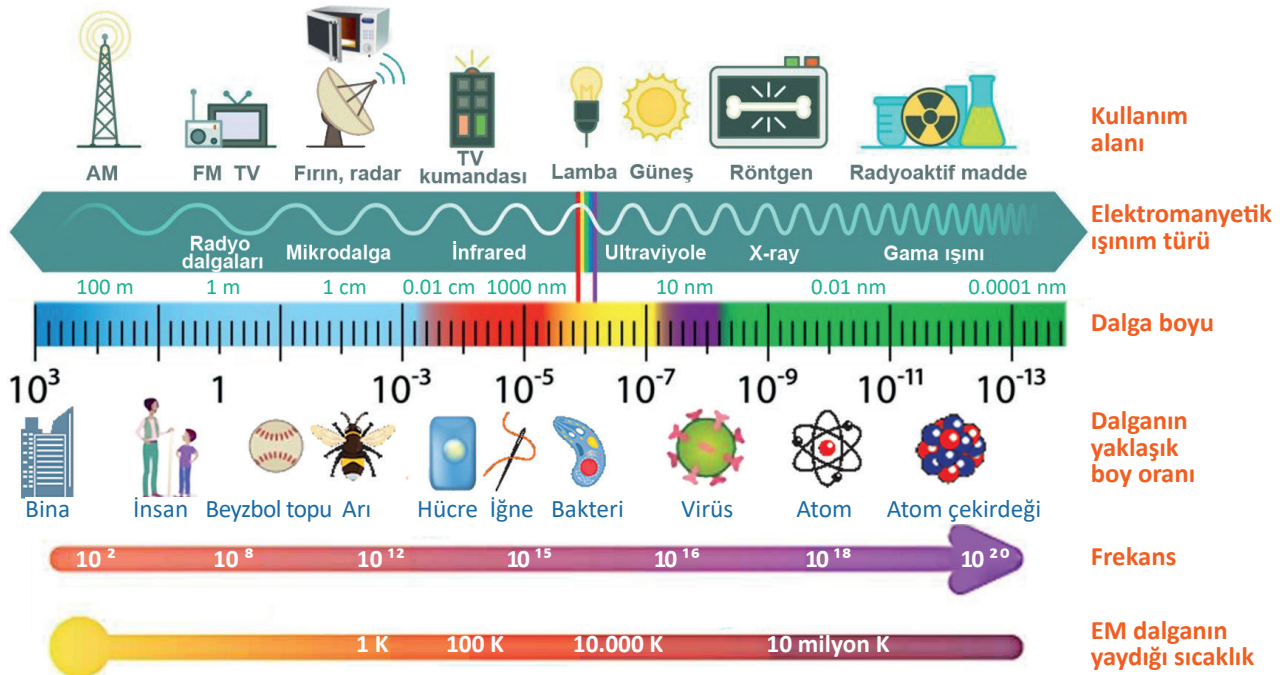




Elektromanyetik Dalga Spektrumu

Elektromanyetik spektrum (elektromanyetik tayf), bütün elektromanyetik dalgaları içeren bir sınıflandırma ölçeğidir. Spektrumda dalga boyları uzundan kısaya doğru; radyo dalgaları, mikrodalga, kızılötesi, görünür bölge, morötesi, x-ışınları ve gama ışınları biçiminde sıralanmaktadır. Cep telefonundaki radyo dalgalarından mikrodalga kullanan fırın ya da radar cihazlarına, uzaktan kumandalardaki kızılötesi LED'lerden hastanelerdeki morötesi (UV) sterilizasyon cihazlarına kadar hemen hemen her alanda elektromanyetik dalgalar (ışık) karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.37).

Gözle gördüğümüz kırmızı ve mor arasındaki görünür ışık da bir elektromanyetik dalga olup ışık tayfının sadece bir kısmını teşkil etmektedir. İnsan gözünün duyarlı olduğu görünür ışık tayfı yaklaşık 0,4 ile 0,7 μm arasındadır. Morötesi ve kızılötesi ışık tayfında, elektromanyetik ışınım dedektörleri **ışık (optik) sensörü** olarak adlandırılır.



Şekil 2.37: Elektromanyetik ışık spektrumu

Fotonların algılayıcı malzeme tarafından emilmesi kuantum veya ısı tepki ile sonuçlandığından ışık sensörleri, kuantum ve ısı olarak adlandırılan iki ana gruba ayrılır. Kuantum dedektörleri, morötesinden orta kızılötesi tayf aralığında çalışırken; ısı algılayıcılar, orta ve uzak kızılötesi tayf aralığında çalışır. Isı algılayıcıların verimleri kuantum algılayıcılarından fazladır.

Kuantum dedektörleri (fotovoltaik ve fotoiletken aygıtlar) yarı iletken malzemelerin kristal kafesi ile ayrı veya serbest fotonların etkileşimine dayanmaktadır. Fotonlar metal yüzeyden elektron sökebilir, tüm maddelerin ısınmasına etki edebilir. Tüm maddeler kuark ve leptonlardan oluşmaktadır. Buradan, fotonların kuark ve leptonlara etki ettiği sonucuna ulaşılabilir. Fotoelektrik olayda fotonlar metalden elektron sökerek elektron hareketini sağlar. Hem elektronlara hem de protonlara etki eder.



İş Sağlığı ve Güvenliği

Günlük yaşantımızda her alanda kullandığımız cep telefonları, bilgisayar, tablet, modem, TV gibi cihazlar ile yapay ışık kaynakları elektromanyetik dalga yaymaktadır. Bu cihazlarla geçirdiğimiz süreyi azaltmak, elektromanyetik radyasyondan kaynaklanan sağlık problemlerinin uzun vadede görülme sıklığını azaltacaktır.

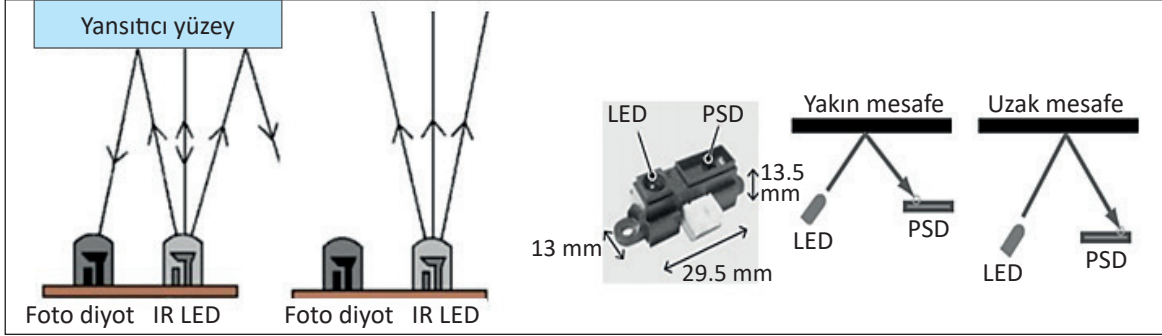




2.2.2.1. Kızılötesi (IR) Yakınlık (Mesafe Ölçüm) Sensörü

Sharp GP2Y0A21YK0F kızılötesi mesafe sensörü, nesnenin şeklinden etkilenmeden mesafeyi algılayıp ölçer.

Sharp IR Mesafe Ölçüm Sensörünün Çalışma Prensibi

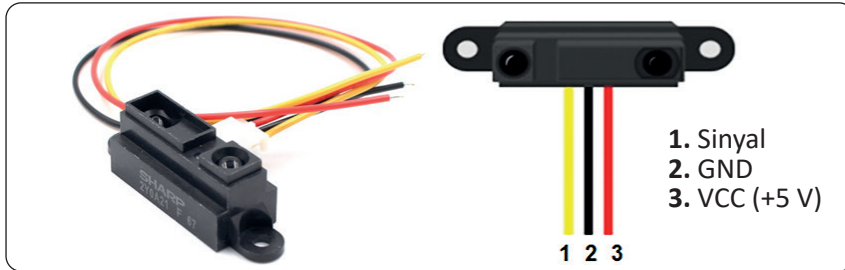


Şekil 2.38: Sharp kızılötesi (IR) sensörü çalışma prensibi

IR yakınlık sensör modülü, bir kızılötesi ışık yayan diyot LED ve konuma duyarlı bir cihazdan [PSD (Position sensitive device)] oluşur (Şekil 2.38). LED saniyede bin kez kızılötesi ışık yayar. Sonra hedefteki nesne onu yansıtır. Kızılötesi ışık yayan LED ile hedef nesne ve hedef nesne ile PSD arasında bir mesafe üçgeni oluşur. Üçgenleme (tanjant) yöntemiyle bu mesafe üçgenindeki hedef nesnenin PSD'ye uzaklığı hesaplanır.

Yakınlık sensörü 100 ile 800 mm arasındaki ölçümleri yapabilir. Verilen değerler ışığı %90 yansıtan beyaz kağıt ile yapılan ölçümleri belirtir. Ancak ışığı %18 yansıtan gri kağıtla yapılan ölçümler de aynı değerlere çok yakındır. Sensörün voltaj çıkışı, ölçülen mesafe ile orantılı değildir. Daha yakın olarak 1/X ile doğrusallık göstermektedir. Sensör ayrıca yaklaşım sensörü olarak da kullanıma uygundur. Kızılötesi sensörlerin dar bir algılama mesafesi vardır. Yani objeleri dar alanda, diğer objelerle karışmadan algılayabilirler.

Sharp IR Mesafe Ölçüm Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.39: Sharp IR mesafe ölçüm sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

Sharp IR Mesafe Ölçüm Sensörünün Özellikleri

- **Ürün Kodu:** Sharp GP2Y0A21YK0F
- **Boyutlar:** 29,5 mm x 13 mm x 13,5 mm
- **Ağırlık:** 3,5 g (0,12 oz)
- **Çıkış Tipi:** Analog voltaj
- **Güncelleme Süresi:** 38 ± 10 ms
- **Besleme verildikten sonra ilk ölçümün çıkışa yansıma süresi:** 53 msn (maksimum)
- **Çalışma Voltajı:** 4,5 V- 5,5 V
- **Çalışma Akımı:** 30 mA (maks 40 mA)
- **Ölçüm Mesafesi:** 10 cm – 80 cm arası
- **Çıkış Voltajı (80cm):** 0,25 V (min) 0,4 V (tipik) 0,55 V (maks)
- **Çıkış Voltaj Farkı:** 10 cm - 80 cm arası 1.65 V (min) 1,9 V (tipik) 2,15 V (maks)

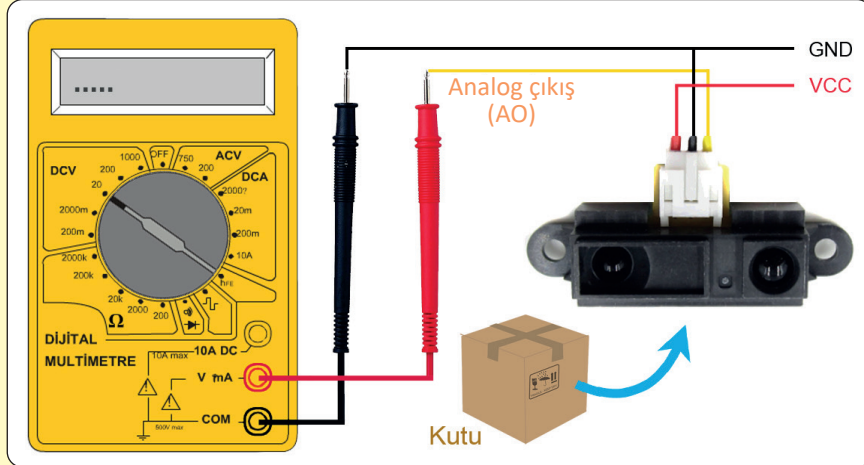
Sharp IR Mesafe Ölçüm Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Endüstriyel sistemlerin süreç ve kalite kontrolünde, bilimsel çalışmalarda, robotik uygulamalarda, araçlarda güvenlik mesafesinin korunması gibi uygulamalarda kullanılır.



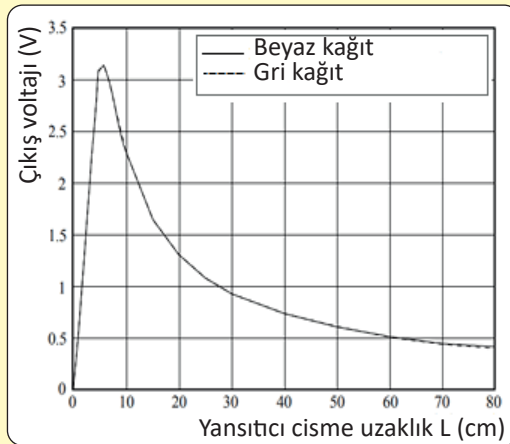


SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.40: Sharp IR mesafe ölçüm sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün (siyah) GND ucu toprağa, (kırmızı) VCC ucu ise 5 V'a bağlanır.
2. Ölçü aleti DC volt kademesine alınır.
3. Ölçü aletinin (+) ucu sensörün (sarı) sinyal ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. Algılama yapılacak cisim sensörün önüne tutulur ve gerilim ölçülür.
5. Algılama yapılacak cisim sensörden yavaş yavaş uzaklaştırılarak her seferinde gerilim ölçülür.
6. Sensörün çalışma grafiği ile orantılı ve uyumlu olacak şekilde çıkış voltajları elde edililiyorsa sensör sağlamdır.



Grafik 2.2: Sharp IR mesafe ölçüm sensörünün çalışma grafiği

Sharp IR Mesafe Ölçüm Sensörünün Çalışma Grafiği

Sensörün çıkış voltajı ile ölçülen mesafe arasında ters yaklaşık doğrusal bir ilişki vardır.

- Beyaz kağıt: Yansıtma oranı %90
- Gri kağıt : Yansıtma oranı %18



Uyarı

1. Ultrasonik sensörler şekil ve mesafe dışındaki parametrelerden etkilenmezken kızılötesi sensörler algılanacak cismin renginden bile etkilenebilir.
2. VCC ile GND arasına 10 uF veya daha yüksek bir kondansatör bağlaması giriş voltajındaki parazitleri önler ve sensörün daha sağlıklı çalışmasını sağlar.
3. Sensör etrafta bulunan ışıklardan ve yansıtıcı nesnelerden etkilenebilir.
4. Eğer algılanacak nesne çok ince ya da nesne üzerinde delikler mevcutsa sensör ışını objenin içinden geçebilir ve yanlış değerler ölçülebilir.

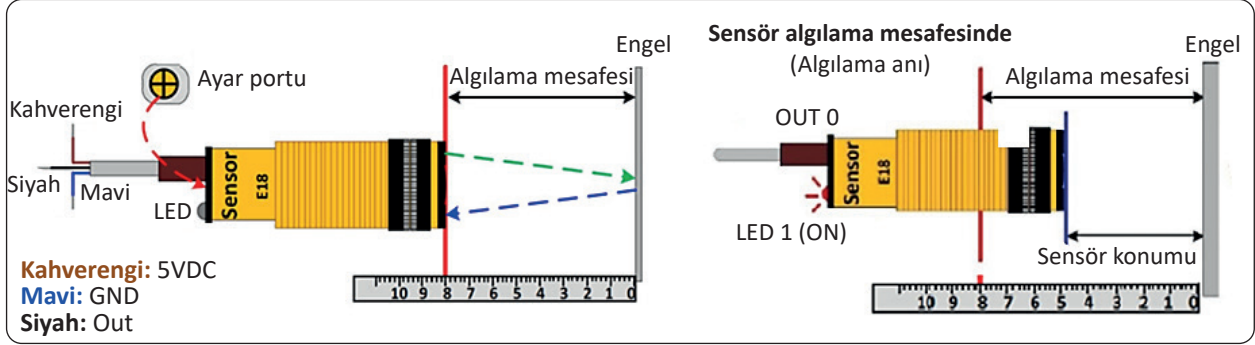




2.2.2.2. Kızılötesi (IR) Cisim Algılama Sensörü

MZ80 (E18-D80NK) Kızılötesi (IR) cisim algılama sensörü sadece algılama yapar.

Kızılötesi (IR) Cisim Algılama Sensörünün Çalışma Prensibi



Şekil 2.41: Kızılötesi (IR) cisim algılama sensörü çalışma prensibi

Kızılötesi (IR) sensör, bir verici (transmitter) ve alıcı (reciever) içerir. IR verici tarafından gönderilen IR sinyali bir cisme çarptığında, cisim tarafından yansıtılır ve IR alıcı tarafından algılanır. Sensörün çıkış pini (OUT), düşük (Low 0) sinyale çekilmiş olur. Algılama yani engel yok iken Z80 IR yakınlık sensörünün çıkışı yüksektir (High 1). Algılama süresince sensörün arkasındaki LED yanar. Sensör, cismi algılayabilir ancak nesnenin mesafesini belirleyemez (Şekil 2.41).

Kızılötesi (IR) Cisim Algılama Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.42: Kızılötesi (IR) cisim algılama sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

Kızılötesi (IR) Cisim Algılama Sensörünün Özellikleri

- Çalışma sıcaklık aralığı: -25 °C ~ 55 °C
- Algılama Metaryali: Şeffaf ya da opak
- Çıkış İşlemi: Normalde açık
- Çıkış: 1, cisim yok iken
0, cisim var iken
- E18 IR sensör modülü, harici röle sürücü devresine gerek kalmadan 5 voltluk bir küp röleyi doğrudan sürebilir.
- Ürün Kodu: MZ80 (E18-D80NK)
- Besleme Voltajı: 5 V
- Kahve (VCC) , mavi (GND) ve siyah (sinyal)
- Akım Tüketimi: 25 mA - 100 mA NPN
- Ölçüm aralığı: 3 cm - 80 cm 15° (engelin yüzeyine bağlı olarak değişebilir.)
- Çıkış Türü: Dijital NPN çıkış (normal 1)
- Tepki süresi: 2 ms

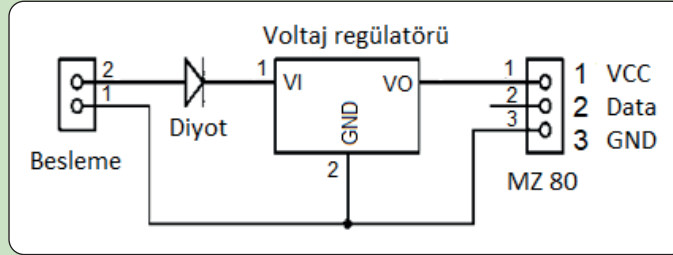
Kızılötesi (IR) Cisim Algılama Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Otomasyon ve güvenlik sistemleri, cisim sayma, RPM ölçer (takometre veya enkoder yaparak), engel tespit etme (labirent robotu, sumo ve çizgi takip eden robotlar, engelden kaçan ya da engelden geçen robotlar) gibi alanlarda kullanılır.





Uyarı

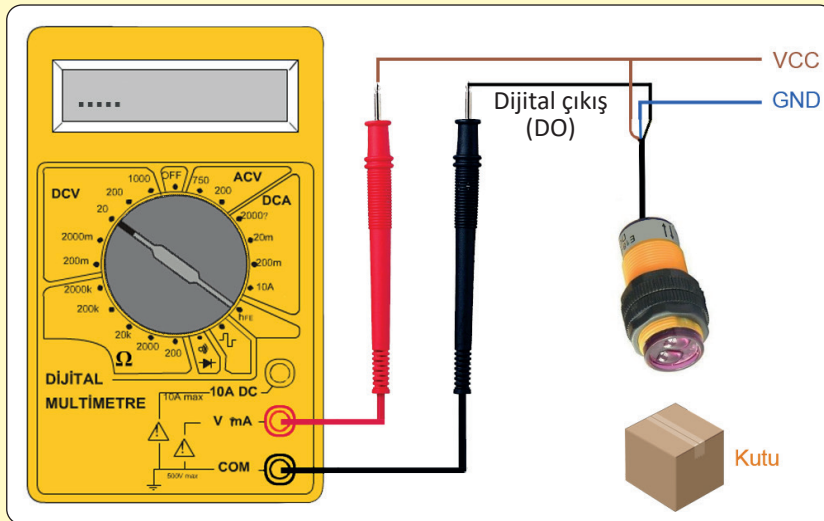


Şekil 2.43: Kızılötesi (IR) cisim algılama sensörünün beslenmesi

- Güneşi çok fazla alan ve yansıtıcı yüzeyleri olan dış mekanlarda kullanılması tavsiye edilmez.
- +5 V DC gelmesi gereken uca -5 V DC gelir ise sensörün çipi yanar.
- Sensörün VCC (+) ucuna diyotun katot ucu bağlanarak tek yönlü besleme yapılmalıdır.
- (+5 V) - (+8 V) DC büyük bir gerilim gelir ise sensör bozulur.
- Sensör 7805 gibi voltaj regülatörleri ile beslenmelidir.
- Ürünün başka modellerinde kablo renkleri farklı olabilir.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.44: Kızılötesi (IR) cisim algılama sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

Sağlamlık kontrolü, kendi üzerindeki LED ile yapılabilir.

- Kahverengi uç VCC'ye 5 V, mavi uç GND'ye ise 0 V bağlanır.
- Algılama süresince sensörün arkasında bulunan LED yanar.

Sağlamlık kontrolü, ölçü aletinin diyot kademesinde yapılabilir.

- Ölçü aleti DC 5 V volt ya da diyot kademesine alınır.
- Ölçü aletinin (-) ucu sensörün sinyal (siyah) ucuna, (+) ucu ise VCC 5 V pinine değiştirilir.

Sağlamlık kontrolü, ölçü aletinin volt kademesinde yapılabilir.

- Düşük volt kademesinde; ölçü aletinin (-) ucu sensörün sinyal (siyah) ucuna, (+) ucu ise VCC 5 V pinine değiştirilir.
- » Cisim algılandığında DC volt kademesinde 5 V gerilim gözlenmeli ya da diyot kademesinde ikaz sesi alınmalıdır.

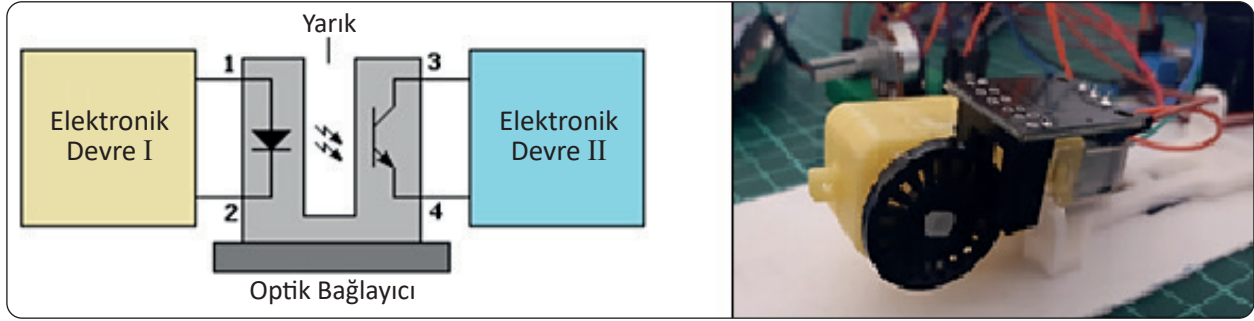




2.2.2.3. Kızılötesi (IR) Oluklu Optik Hız Sensörü

IR kızılötesi oluklu optik hız ölçüm sensörü konum algılanması amacıyla kullanılır.

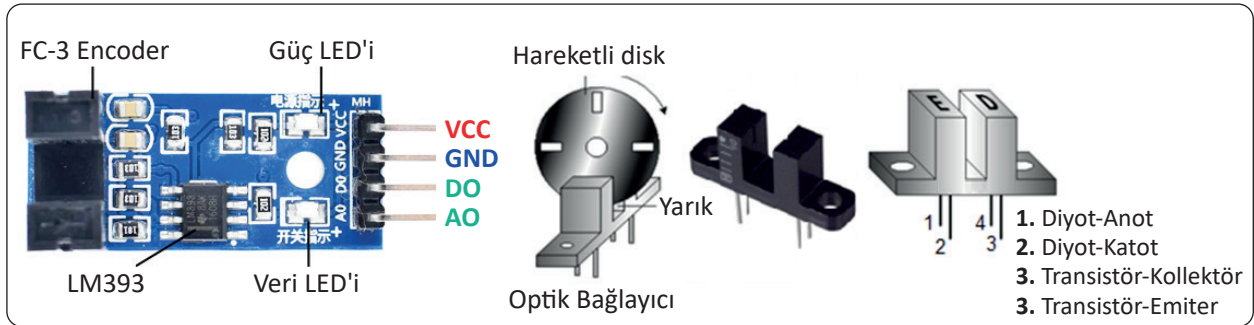
Kızılötesi (IR) Hız Sensör Modülünün Çalışma Prensibi



Şekil 2.45: Kızılötesi (IR) oluklu optik hız ölçüm sensörü çalışması

IR kızılötesi oluklu optik hız ölçüm sensörü; FC-03 encoder (kodlayıcı) ve LM393 voltaj karşılaştırıcı entegresinden oluşur. IR hız sensörü, LM393 karşılaştırıcı ile birlikte tekerlerin dönme hızını ölçer. FC-03 kızılötesi ışının (IR) gönderildiği verici ile alıcı arasına engel girdiğinde çıkış 0, engel olmadığında ise 1 olur. İçerisinde bir verici LED, bir de alıcı transistör vardır. İki eleman arasındaki optik ışın alış verışı aradaki yarıktan gerçekleştirilir. Bu darbeler DO pini tarafından okunur. Dönen dişli ya da delikli çember engel olabilir. Mesela; diskte 20 delik varsa sensör 20 kez delik görür ve motor 1 tur atmış olur. Kontrolör tarafından 1 turun kaç saniyede atıldığı hesaplanarak motor hızı bulunur (Şekil 2.45).

Kızılötesi (IR) Hız Sensör Modülünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.46: Kızılötesi (IR) hız sensör modülünün görüntü ve pin bağlantı şeması

Kızılötesi (IR) Hız Sensör Modülünün Özellikleri

- D0 pinindeki High 1 çıkış darbeleri ve güç için 2 LED göstergesi
- Oluklu optik anahtar sensörü okuma yuva genişliği 5 mm'dir.
- Temiz sinyal, iyi dalga formu sunar.
- Ekonomiktir.
- **Çalışma Voltajı:** 3,3 V – 5 V
VCC: Besleme gerilimi GND: Toprak
D0: Dijital çıkış darbesi sinyal okuma ucu
A0: Analog darbe sinyali (hassasiyet için)
- **Çıkış Formatı:** Dijital mantık (0 ve 1), analog
- **Boyutlar:** 32 x 14 x 7 mm
- **Geniş Voltaj Karşılaştırıcısı:** LM393

Kızılötesi (IR) Hız Sensör Modülünün Kullanıldığı Yerler

Sayıcı ve alarm devresi yapımında, bilgisayar farelerinde (mouse), motor hızı ve devir yönünün tespitinde, konum bilgisinin bulunması gibi pals sayımı gerektiren uygulamalarda kullanılabilir.



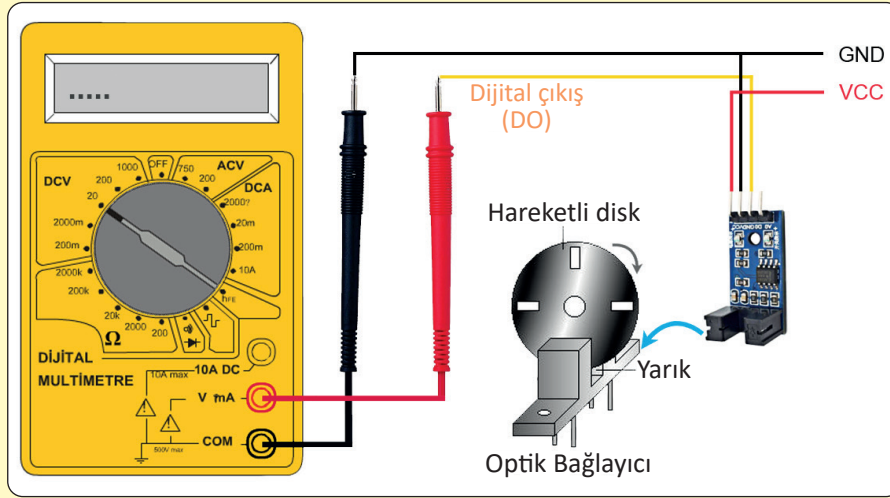


Uyarı

- 562J 250 V ya da 100 nF değerli kondansötör önerilebilir.
- LM393 hız sensörü 3,3 V ile kullanılmalıdır. 5 V ile beslendiğinde, voltaj regülatörü sensöre kaçak akımlar verebilir. Bu durumda, kodlayıcının (encoder) gerçekte ürettiğinden dört kat daha fazla darbe okunur.
- Sensör 5 V ile beslenirse DO ile GND pini arasına metalize (veya seramik) bir polyes-ter kondansatör yerleştirilmelidir.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.47: Kızılötesi (IR) hız sensör modülünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün VCC ucu 5 V'a GND ucu ise 0 V'a bağlanır.
2. Güç LED'inin yanıp yanmadığı kontrol edilir.
3. Yarıklı optik kanal arasına bir cisim yerleştirilir.
4. DO dijital darbe okuma ucuna ait LED'in yanıp yanmadığı kontrol edilir.
5. Cisim yokken DO dijital darbe okuma ucuna ait LED'in yanıp yanmadığı kontrol edilir.
6. Cisim varken iki LED, cisim yokken sadece bir LED yanıyorsa sensör sağlamdır.

Ölçü aleti kullanarak da sağlamlık kontrolü yapılır.

1. Ölçü aletinin (+) ucu sensör DO dijital çıkış sinyal ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
2. DC volt kademesinde cisim yokken 5 V gerilim görülmelidir.
3. Analog uçtan sağlamlık kontrolü için ölçü aleti gerilim kademesine alınarak aynı işlemler tekrarlanır (cisim yani engel yok iken AO ucunda bir gerilim görülmelidir).

GÜZEL SÖZLER

1. "Büyüklerine saygı, küçüklerine ise şefkat göstermeyen bizden değildir." **Hadis-i Şerif**
2. "Ey Oğul! Ananı, atanı say! Bereket büyüklerle beraberdir." **Osman Gazi**
3. "Saygı ve sevgi büyüklerle küçükler arasındaki uçurumu yok eden bir köprüdür." **Yusuf Has Hacib**

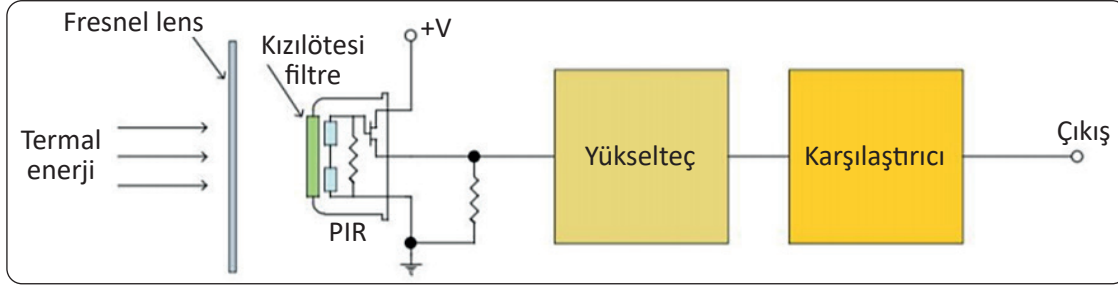


2.2.2.4. HC-SR501 Ayarlanabilir IR Hareket Algılama Sensörü

HC-SR501 ayarlanabilir PIR hareket sensör modülü, canlıların algılanması amacıyla kullanılır.

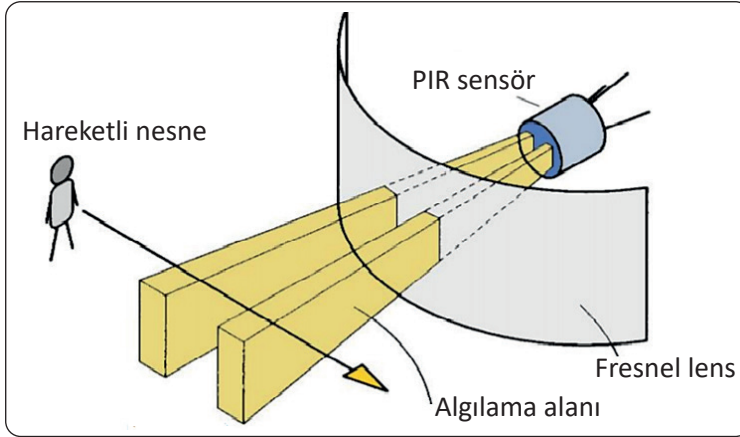
HC-SR502 Hareket Algılama Sensörünün Çalışma Prensibi

PIR Sensörleri; pasif kızılötesi sensör (passive infrared sensor) veya enerji değişimini algılayan kızılötesi hareket sensörü (pyroelectric infrared sensor) olarak isimlendirilir. Ortama yayılan ve nesnelerden yansıyan kızılötesi ışınları algılayarak elektriksel sinyale çevirir. PIR sensörleri yaklaşık 125° ile 138° lik geniş bir açı ile tarama alanı oluşturur. Bu alana giren canlılar algılanır. Aşağıdaki blok diyagramda PIR sensörün iç yapısı görülmektedir (Şekil 2.48).

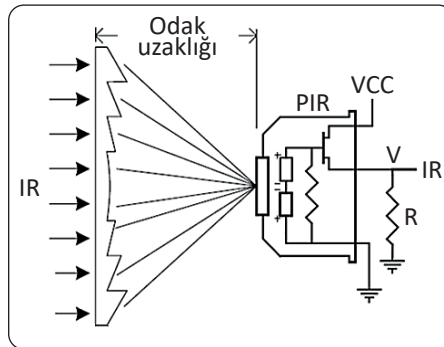


Şekil 2.48: PIR sensörü blok şeması

Canlılar hareket ettiğinde, ortamda bir sıcaklık farkı oluşur ve etrafa kızılötesi ışın yayılır. Bu ışınlar belli mesafelere kadar güçlü bir şekilde yayılır (Şekil 2.49). PIR sensörü algılama alanına giren canlıların yaydığı kızılötesi ışınlar, ayrıca fresnel lens tarafından PIR sensörün penceresine odaklanır (Şekil 2.50). Kızılötesi (IR) radyasyon miktarına göre, sensör üzerinde bir gerilim indüklenir. Işınların PIR sensör tarafından değerlendirilmesi sonucunda, alınan sinyal gerçekten bir canlının hareketi ise sensör çıkışına bağlı olan alarm çalıştırılır.



Şekil 2.49: PIR sensörü ile hareketli nesnelerin algılanması



Şekil 2.50: Fresnel lens ile odaklama yapılması



HC-SR502 Haraket Algılama Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



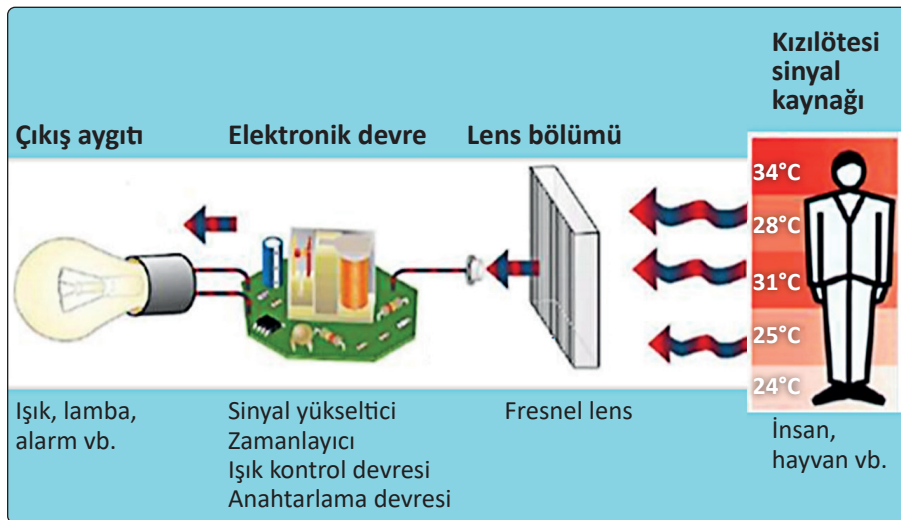
Şekil 2.51: HC-SR502 hareket algılama sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

HC-SR502 Haraket Algılama Sensörünün Özellikleri

- **Ürün Tipi:** HC- SR501 Modülü
- **Tetiklenme:** İsteğe bağlı (L/H)
- **L:** Çıkış, gecikme süresi tamamlanana kadar yalnızca bir kez High 1 olur.
- **H:** Nesne sensör algılama aralığında hareket ettikçe çıktı birçok kez High 1 olur.
- Ayarlanabilir algılama mesafesi (Sx potu)
- Ayarlanabilir çıkış zaman gecikmesi (Tx) (Algılamadan sonra çıkışın 1 kalma süresi)
- Işık ve ısı algılama kontrol özelliği (ihtiyari)
- **RT:** Termistör takılabilir.
- **RL:** LED takılabilir.
- BISS0001 kaliteli PIR çipini kullanma
- **Çalışma Voltaj Aralığı:** DC 4,5 - 20 V
- **Çıkış Seviyesi:** Yüksek 3,3 V / Düşük 0 V algılama anında çıkış yüksek High 1
- **Güç Tüketimi:** 65 mA
- **Statik Akım:** < 60 uA
- **Sensör Açısı:** <120 ° konik açı
- **Algılama Mesafesi:** 7 m (azami)
- **Gecikme Zamanı:** 5 - 200 sn ayarlanabilir.
- **Kilitlenme (Blokaj) Zamanı:** 2,5 sn, Algılamadan sonra, bu süre boyunca sensör herhangi bir sinyali kabul etmez.
- **Çalışma Sıcaklığı:** -15 °C - (+70 °C)
- **PCB Boyutu:** 10 x 23 mm
- **Çap:** 23 mm (default)

HC-SR502 Haraket Algılama Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Yer (banyo, bodrum, depo, garaj, bahçe vb.) için otomatik algılama ışığı, alarm ve otomatik algılamalı elektrik devrelerinde kullanılır (Şekil 2.52). Ayrıca insan hareketine duyarlı sensörlü oyuncaklarda ve pille çalışan otomatik kontrol ürünlerinde yaygın olarak kullanılır. Özellikle pille çalışan otomatik kontrol ürünlerinde (sensörlü musluk, oyuncak vb.) yaygın olarak kullanılır.



Şekil 2.52: PIR sensörün insanı algılayarak lambayı yakması

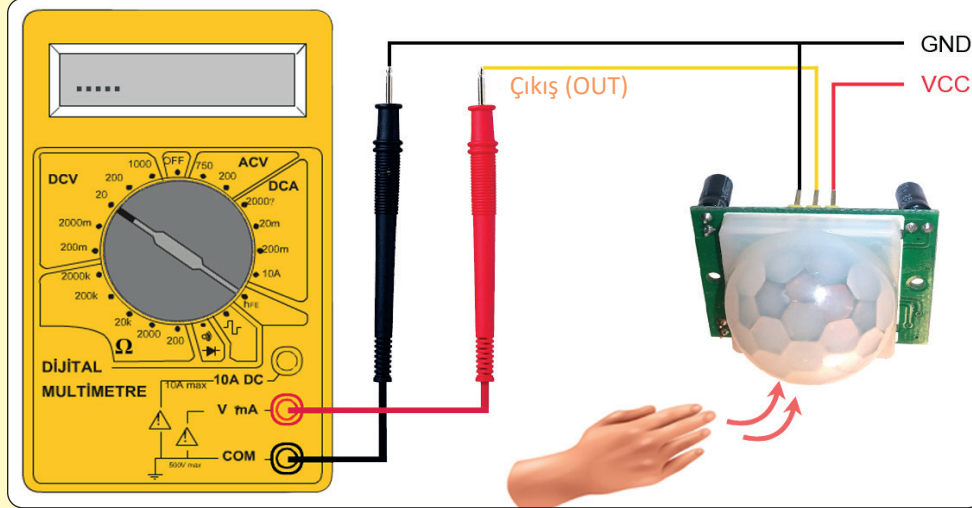


**Uyarı**

- Lensin modül yüzeyinin ışık ve diğer kaynak parazitlere doğrudan temas etmemesine dikkat edilmelidir.
- Rüzgar, sensörler üzerinde parazite neden olmaktadır.
- Sensörün ikili yönü, insan hareketinden olabildiğince uzak olacak şekilde paralel yerleştirilmelidir.
- Yaz aylarında ortam sıcaklığı 30 °C ile 32 °C'ye çıktığında algılama mesafesi biraz kısılır. Performans için sıcaklık telafisi kullanılabilir.

**Bilgi Notu**

PIR sensörleri kızılötesi ışının emisyonunu değil, ısınmayı tespit ederler. Bu nedenle termal görüntüleme ile karıştırılmaması gerekir. PIR sensörleri, hareketi algılaması için kızılötesi ışınım seviyeleri arasındaki farkı algılayabilen bir piroelektrik sensörden oluşur.

**SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI**

Şekil 2.53: HC-SR502 hareket algılama sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün VCC ucu 5 V'a, GND ucu ise 0 V'a bağlanır.
2. Ölçü aleti DC volt ya da diyot kademesine alınır.
3. Ölçü aletinin (+) ucu sensörün OUT ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. Sensöre, algılama mesafesinde el gösterilir.
5. Sensör sağlam ise el algılandığında DC volt kademesinde 3 V civarında bir gerilim okunmalı ya da ikaz sesi alınmalıdır.

2.2.2.5. Ateş Algılayıcı Sensör (Flame Sensör)

Ateş algılayıcı sensör kartı (flame sensör) yangın algılanması amacıyla kullanılır.

Ateş Algılayıcı Sensörün Çalışma Prensibi

Alev sensörü modülü; bir entegre devrede bir fotodiyot (IR alıcı), direnç, kapasitör, potansiyometre ve LM393 karşılaştırıcından oluşur. Yangın alevi az miktarda kızılötesi ışık yayar, bu ışık sensör modülündeki foto diyot (IR alıcı) tarafından alınır. IR alıcısı üzerinde oluşan voltaj değişimleri LM393 Opamp devresi

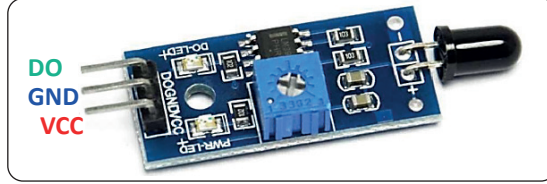




tarafından kontrol edilir. Yangın tespit edildiğinde çıkış pini DO (düşük 0), yangın yoksa çıkış pini 5 V (yüksek 1) olur. Kimi modellerde dijital ve analog çıkış (AO) birlikte olup AO, gerçek zamanlı ve real bir değer üretir.

Alev sensörleri; 700 nm ila 1000 nm arasında değişen dalga boyundaki kızılötesi ışığı algılayabilir. Algılama açısı ise yaklaşık 60°'dir. Hassasiyet, pot değiştirilerek ayarlanabilir.

Ateş Algılayıcı Sensörün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.54: Ateş algılayıcı sensörün görüntü ve pin bağlantı şeması

Ateş Algılayıcı Sensörün Özellikleri

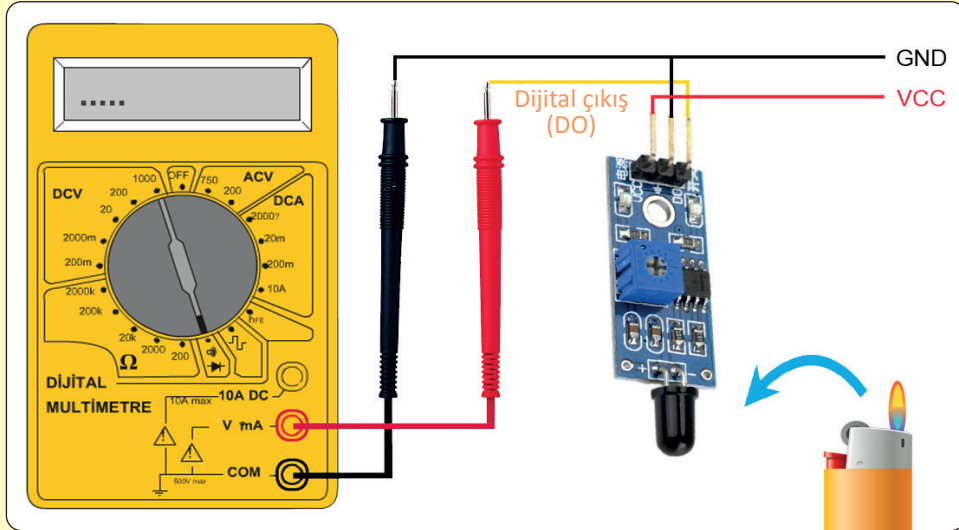
- **Sinyal Çıkışı:** 20 cm (1 V) - 100 cm (4,8 V)
- IR alıcı kartı olarak kullanılabilir.
- **Boyutları:** 18 mm x 12 mm
- **Algılama Dalga Boyu:** 760 nm - 1100 nm
- **Algılama Açısı:** 60°
- **Çalışma Voltajı:** 5 V
- **Çıkış Gerilimi:** DO - 3,3 V AO - 5 V (azami)
- **Sesör Pinleri:**
- **VCC:** Pozitif gerilim girişi,
- **GND:** Topraklama **DO:** Dijital çıkış

Ateş Algılayıcı Sensörün Kullanıldığı Yerler

Yangın söndüren robotlarda ve ateş algılama sistemlerinde kullanılabilir.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.55: Ateş algılayıcı sensörün sağlamlık testi ve çalışması

1. Sensörün VCC ucu 5 V'a GND ucu ise 0 V'a bağlanır.
2. Ölçü aleti DC volt kademesine alınır.
3. Ölçü aletinin (-) ucu GND hattına, (+) ucu ise sensör çıkış AO analog ucuna değiştirilir.
4. Sensör modülünün 20 cm önünde bir çakmak yakılır ve gerilim ölçülerek kayıt edilir.
5. Çakmak kademe kademe uzaklaştırılarak her seferinde gerilim değerleri ölçülür ve kayıt edilir.
6. AO uçlarından ölçülen gerilim her 20 cm'de 1 V artarak 100 cm'de ise 4,8 V ölçülmelidir. DO pini içinde aynı işlemler tekrarlanabilir. DO pinin çıkışında, alev uzakta iken 3,3 V gerilim ölçülmelidir.

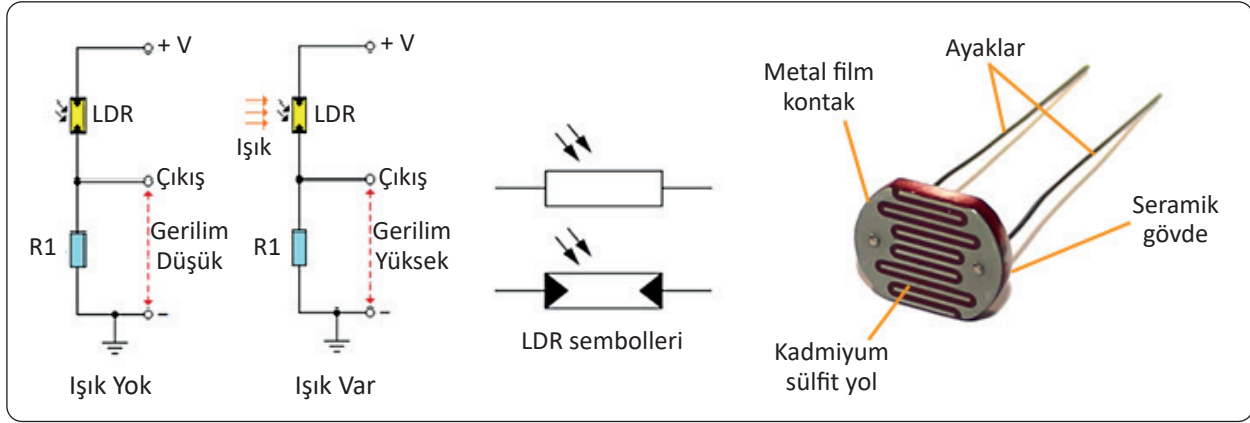


**Uyarı**

- Sensörün yüksek sıcaklık nedeniyle zarar görmemesi için sensör alevden belirli bir mesafede tutulmalıdır.
- Daha yakın alev için test mesafesi 80 cm olmalıdır, alev ne kadar büyükse test mesafesi o kadar büyük olmalıdır.
- Küçük plakalar, analog çıkış modu ve AD dönüştürme işlemi daha yüksek doğruluk elde edilmesine yardımcı olabilir.

2.2.2.6. LDR Sensörü

LDR ışığın şiddetini algılayarak ışığa bağlı kontrol devrelerinin çalıştırılmasını sağlar.

LDR Sensörünün Çalışma Prensibi

Şekil 2.56: LDR'nin pull up dirençle devreye bağlanması ve yapısı

Üzerine ışık düştüğünde direnci azalan, karanlıkta ise direnci artan elemanlara foto direnç (LDR) denir. LDR'nin beslemeye yakın bağlantısında (pull up) üzerine ışık uygulanırsa direnci düşer ve devrenin çıkış uçlarında yüksek gerilim elde edilir. LDR direnci, ışık ile azalacağı için gerilim bölücü direnç üzerinde (R1) düşen gerilim değeri artacak ve çıkış uçlarında **high** (yüksek) gerilim elde edilecektir.

LDR üzerinde ışık yok iken; direnci yüksek, R1 direnci üzerinde düşen gerilim miktarı ise düşük ve çıkışta **low** (düşük) gerilim oluşacaktır. LDR devresinin çıkış sinyali mikrodenetleyicilerin analog girişine tatbik edilebilir, transistör vb. tetiklenebilir (Şekil 2.56).

LDR'nin beslemeye uzak bağlantısında (pull down) ise LDR tersi durum gözlenir.

LDR Sensörünün Özellikleri

- İki metal film kontak arasına yerleştirilir.
- Yapısında kadmiyum sülfid ve kadmiyum selenid gibi ışığa duyarlı kimyasal maddeler kullanılır.
- Değişik direnç değerlerinde imal edilir.

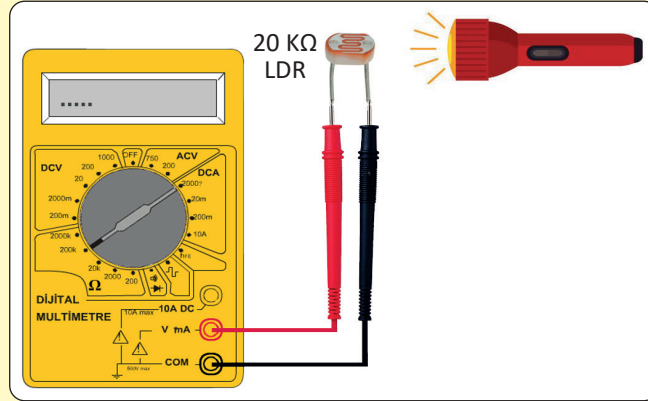
LDR Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Işığa bağlı olarak kontrol edilmek istenilen tüm devrelerde kullanılabilir. Alarm devrelerinde, sayıcılarda, flaşlı fotoğraf makineleri ile park, bahçe ve sokak aydınlatmasında kullanılır.





SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.57: LDR sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

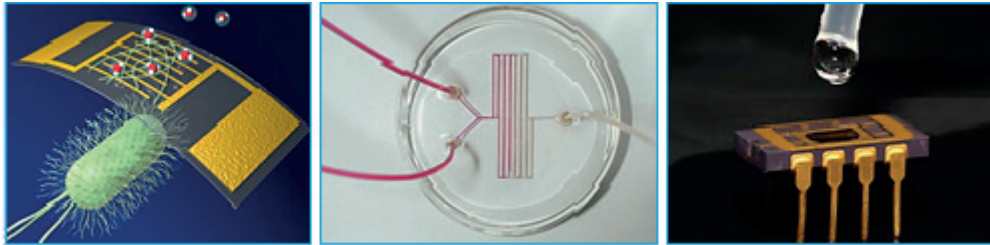
1. LDR'nin direnç değeri göz önüne alınarak ölçü aleti uygun direnç kademesine alınır.
2. Ölçüm işlemlerinde LDR'ye el değdirilmeden karanlık ve aydınlık ortamda ayrı ayrı LDR ölçülür.
3. LDR direncinin ışıktaki değişip değişmediği gözlenir.
4. Karanlık ortamda yüksek direnç, aydınlık ortamda ise düşük direnç değeri okunmalıdır.

2.2.3. Kimyasal Etkilere Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı, pH miktarı gibi kimyasal değerler ölçülebilir. Günümüzde modern cihazlar ve araçlar sayesinde atomlar, iyonlar ve moleküller incelenebilmektedir. Endüstride gaz kontrolü, ameliyat esnasında kandaki oksijen miktarının kontrolü, güvenilir yangın alarmı, taşıt motorlarının performansının optimum hale getirilmesi vb. işlemler çok küçük kimyasal sensörler kullanılarak yapılır.

Kimyasal sensörler; metaloksit, organo-metalik bileşik, seramik, iletken polimer ve katalizör, cam elyafı, zar, ısı çift, iyon seçici elektrot ve silikon gibi malzemelerle yapılır. Silikon düzlem teknolojisi de seri ve ucuz üretimi sağlayarak kimyasal sensörlerin seri imalatında kullanılır.

Maddenin katı, sıvı ve gaz halini belirleyen sıcaklık ve basınçtır. Madde; pek çok durumda katıların, sıvıların ve gazların formunda görülebilir. Aynı zamanda katı madde içinde çözünmüş gaz veya gaz içinde küçük parçacıklar halinde katı madde olması da mümkündür. **Bir katı madde ile gaz; sıvı veya başka bir katı madde ile temas ettiğinde katı maddenin elektrik, optik, ısıl veya manyetik özelliklerinde değişimler oluşur.** Gaz karışımlarını ortaya çıkarmak için gaz kromatografları veya kütle spektrometreleri; bir metalde başka bir metalin izlerini bulmak için X ışınli floresan teknikleri vb. teknikler kullanılır.



Şekil 2.58: Değişik kimyasal sensör örnekleri (biyosensör, elektrokimyasal ve kimyasal MEM sensör)

Kimyasal sensörler iki şekilde çalışır. İlkinde bir kimyasal sinyal; optik, mekanik, ısıl ya da manyetik sinyale dönüştürülür. Örneğin CO dedektöründe; CO konsantrasyonu kızılötesi ışık şiddeti üzerinde etkili olarak ışık şiddeti elektrik sinyaline dönüştürülür. İkincisinde ise kimyasal bilgi doğrudan elektrik sinyaline dönüştürülür. Sensör algılama katmanı kimyasal uyarıcıya maruz bırakıldığında direnci veya dielektrik sabiti değişir (Şekil 2.58).





Kimyasal algılayıcılar değişik kimyasal bileşik veya elementler tarafından meydana getirilen uyarıcılara duyarlıdır. Bu algılayıcıların en önemli özelliği seçiciliğidir. Kimyasal algılayıcılar genelde harici sinyallere karşı oldukça hassas ve duyarlıdır. Bu nedenle, çok hassas ve kararlı çalışan elektronik devrelerinin kullanımını gerektirir.

Aşağıdaki etki türleri katı içinde oluşur ve katının dışındaki kimyasal sinyallerle gözlenebilir.

Volta Etkisi: Benzer olmayan iki metal birbiri ile temas ettiğinde kontak potansiyeli oluşur.

Galvano Elektrik Etkisi: Farklı iletken malzemelerden yapılan iki levha bir elektrolite daldırıldığı zaman levhalar arasında malzemeye bağlı bir gerilim ölçülebilir.

Kimyasal Dielektrik Etkisi: Bir malzeme bir gaz ile çevrelendiği veya bir elektrolite daldırıldığı zaman dielektrik sabitinde bir değişim ve malzemenin özelliklerinde kayıplar meydana gelir.

Kimyasal Alan Etkisi: Bir yarı iletkenin yüzey bölgesinin iletkenliği, elektrolite daldırıldığı zaman veya bir gaza maruz bırakıldığı zaman değişir.

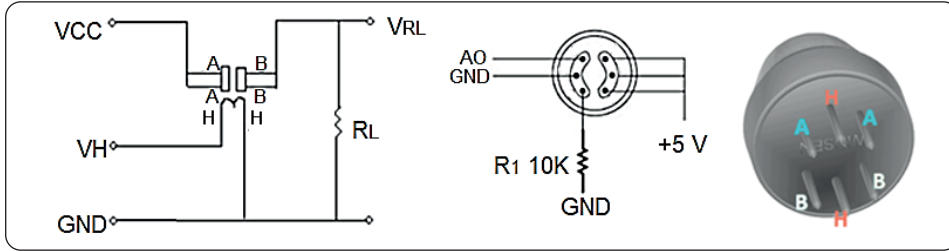
Kimyasal sensörlerin enzim, katalitik, biyoalgılayıcı, ısı, elektrokimyasal (potansiyometrik, chemfet, konduktometrik vb.), konsantrasyon, osilasyonlu kütle, optik ve gaz gibi çeşitleri vardır (Şekil 2.58).

2.2.3.1. Karbonmonoksit (CO) Sensörü

MQ-7 (A2B4X) CO sensörü güvenlik, gıda sağlığı vb. alanlarda gaz ölçümü için kullanılır.

Karbonmonoksit (CO) Sensörünün Çalışma Prensipleri

MQ-7 gaz sensörü, 10 ile 10.000 ppm arasında değişen karbonmonoksit gazını algılayabilen yarı iletken bir gaz sensörüdür. MQ-7 gaz sensörünün hassas malzemesi, temiz havada daha düşük iletkenliğe sahip SnO₂'dir. Yüksek ve düşük sıcaklık döngüsü yöntemiyle algılama yapar ve düşük sıcaklıkta (1,5 V ısıtıldığında) karbonmonoksiti (CO) algılar.

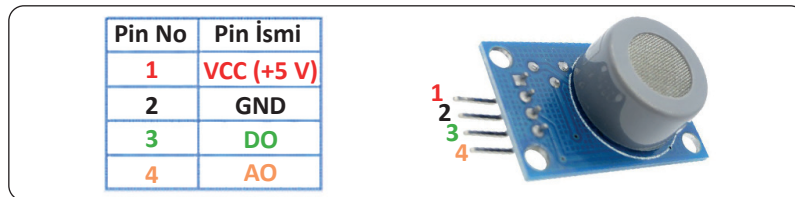


Şekil 2.59: MQ-7 (A2B4X) sensörünün iç yapısı

MQ-7, altı pinli olup dört tanesi sinyal almak iki tanesi de ısıtma akımı sağlamak için kullanılır. Ayrıca, MQ-7 standart ölçüm devresi iki bölümden oluşur. Birinci bölümü ısıtıcı kısımdır (Şekil 2.59). H pinleri 5 V ile beslenip sensörün yeterince ısınması, böylece tam ve doğru olarak ölçmesi sağlanır. Kimyasal sensörlerin ikinci bölümünde ise kimyasal bilgi doğrudan elektrik sinyaline dönüştürülür. Sensör, gaz miktarıyla doğru orantılı olarak değişen yüzey direncine göre çıkış üretir.

Düşük sıcaklıkta emilmiş (adsorbe edilmiş) karbonmonoksit dışındaki gazlar, ısıtılarak ortamdan uzaklaştırılır. Böylece sensörün iletkenliği, yükselen gaz konsantrasyonu sonucu artar. Gaz konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak analog çıkış voltajı üretilir. Sensörün hassasiyeti, toprak ile sensör çıkış pini arasına bağlanan direnç değeri ile orantılı olarak değiştirilebilir. Bu direnç değeri yapılan uygulamaya göre değişkenlik gösterilir. Başlangıç değeri olarak 10 kΩ'luk bir direnç kullanılabilir.

Karbonmonoksit (CO) Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.60: Karbonmonoksit (CO) sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması





Karbonmonoksit (CO) Sensörünün Özellikleri

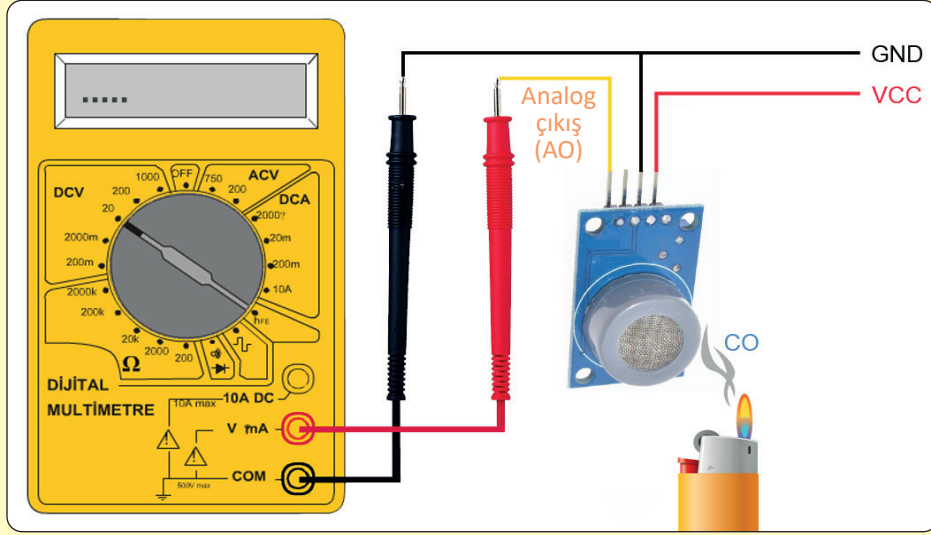
- Pot ayarlanabilir hassasiyet
- Karbon monoksit'e karşı yüksek hassasiyet
- Sensörden hem dijital hem de analog çıkış alınması (AO, DO)
- Geliştirme kartları ile uyumlu çalışması
- Çıkış voltajının gazla orantısal değişmesi
- Çalışma Voltajı: 5 V DC
- Ölçüm Aralığı: 10 - 10.000 ppm
- Boyutu: 4,5 cm x 1,8 cm
- Kararlı ve uzun ömür
- Hızlı cevap süresi
- Socketli problarla test için tak/çıkart kolaylığı

Karbonmonoksit (CO) Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Gıda ve kimya sektörü gibi gaz ölçüm ve tespitin yapılması istenen yerlerde kullanılabilir.



SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.61: Karbonmonoksit (CO) sensörünün sağamlık testi ve çalışması

1. Sensörün VCC ucu 5 V'a, GND ucu ise 0 V'a bağlanır.
2. Ölçü aleti düşük DC volt kademesine alınır.
3. Ölçü aletinin (+) ucu sensörün AO ucuna, (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. Gaz kaçağı yokken sensör çıkış gerilimi ölçülür.
5. Sensör önünde çakmak yakılarak ya da kolonya dökülerek tekrar çıkış gerilimi ölçülür.
6. Salınan CO gazıyla orantılı olarak gerilim oluşup oluşmadığı gözlenmelidir.



Uyarı

- MQ-7'nin direnç değeri, farklı modellerine ve çeşitli konsantrasyon gazlarına göre farklılık gösterir. Bu nedenle bu bileşenler kullanılırken hassasiyet ayarı çok önemlidir.
- Kalibre edilmelidir.
- Havadaki 200 ppm CO için dedektör ve yaklaşık 10 K Ω (5 K Ω ile 47 K Ω) olan (RL) yük direnç değeri kullanılmalıdır.



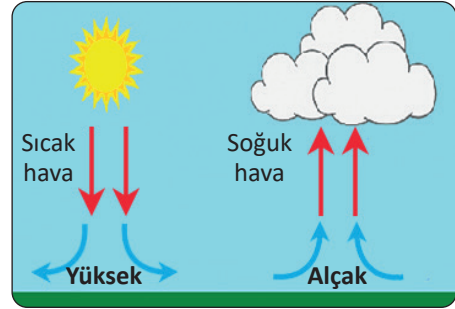


2.2.3.2. Dijital Hava Basıncı Sensörü

BMP180 dijital hava basıncı ve hava sıcaklığını ölçmek amacıyla kullanılır.

Dijital Hava Basıncı Sensörünün Çalışma Prensibi

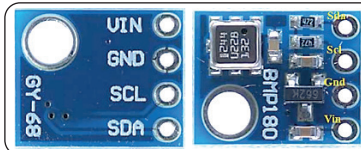
BMP180 dijital çıkışlı basınç sensörü, ortamdaki hava basıncını ölçerek dijital şekilde çıkış veren bir MEMS sensördür. BMP180; piezodirençli bir sensör, analog dijital dönüştürücü, E2PROM, sıcaklık sensörü ve bir seri I2C arayüzüne sahip kontrol ünitesinden oluşur. Piezodirençli sensörler, atmosferik basınç gibi mekanik bir kuvvet uygulandığında direnci değişen yarı iletken bir malzemeden (genellikle silikon) oluşur. BMP180 sensörü yükseklik ve sıcaklığa göre değişen hava basıncını algılar. Yüksekçe doğru çıkıldıkça hava miktarı ve basınç azalır. Ayrıca; sıcaklığa bağlı olarak da havanın yoğunluğu, kütlesi dolayısıyla atmosfer basıncı değişir. Yüksek sıcaklıklarda genleşmenin etkisiyle havanın yoğunluğu azalır ve sensöre daha az basınç uygulanır. Düşük sıcaklıklarda ise havanın yoğunluğu artarak sensöre daha fazla basınç uygulanır (Şekil 2.62). Sıcaklık etkisiyle oluşan hava yoğunluğu ve basınç değişimleri, gerçek zamanlı sıcaklık ölçümleri yapılarak telafi edilir yani dengeleme yapılır.



Şekil 2.62: Sıcak ve soğuk havada basınç

°C cinsinden sıcaklığı ve hPa cinsinden basıncı hesaplamak için kalibrasyon verileri kullanılır. Bu sabitler, yazılım başlatılırken I2C arabirimi aracılığıyla E2PROM'dan okunur. E2PROM, 176 bit bireysel kalibrasyon verisi saklar. Sensörün ofset, sıcaklık bağımlılığı ve diğer parametrelerini telafi etmek için kullanılır. Örneklem hızı, dinamik ölçüm için saniyede 128 örneğe kadar artırılabilir.

Dijital Hava Basıncı Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



VIN ve GND besleme,
SCL ve SDA ise I2C
haberleşme uçlarıdır.

Şekil 2.63: Dijital Hava Basıncı Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması

Dijital Hava Basıncı Sensörünün Özellikleri

- **Boyut:** 21 mm x 18 mm
- I2C protokolünü destekleme
- Çok düşük ses - 0,02 hPa (17 cm)
- Tam kalibre edilmiş
- Mikrodenetleyici sistemleriyle uyumlu
- **Besleme Gerilimi:** 1,8 V – 3,6 V
- **Düşük Güç Tüketimi:** 1 Hz'de 0,5 uA
- **Çözünürlük:** 0,03 hPa (0,25 m)
- **Basınç Aralığı:** 300 hPa -1100 hPa
- **Yükseklik Aralığı:** (+ 9000 m - 500 m)
- **Max I2C Hızı:** 3,5 MHz

Dijital Hava Basıncı Sensörünün Kullanıldığı Yerler

GPS navigasyonunun iyileştirilmesi (konum hesaplama, yükseklik tespiti vb.), hava tahmini, dikey hız (yükselme / batma hızı) tespiti gibi uygulamalarda kullanılır. Meteoroloji istasyonları, multikopter gibi uzaktan kumandalı araçlar, hava balonları ve diğer birçok proje için kullanımı mükemmeldir.



Uyarı

- I2C veriyolu için pull up dirençleri, $R_p = 2.2 \text{ k}\Omega - 10 \text{ k}\Omega$ 'dur.
- BMP180 kartındaki pull up dirençleri, voltajı 3,6 V altında tutar. Dijital hava basıncı sensörü 3.3 V'ta çalıştırılmalıdır.
- BMP180'in basıncını ölçmek için ortam havasına erişmesi sağlanmalıdır.
- Cihaz güçlü hava akımlarından korunup soğuk, kuru ve ortam ışığından uzak tutulmalıdır.





ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

MEKANİK TERMAL VE ELEKTRİKSEL SENSÖRLER



1

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle tamamlayınız.

1. Ultrasonik ses dalgaları _____ değerleri arasındaki ses frekanslarını kullanılır.
2. Üzerine uygulanan basınca bağlı olarak çalışan kristal yapıli sensör _____ sensörüdür.
3. Uzaklığı ses yardımıyla algılayan sensörler _____ sensörlerdir.
4. DHT11 _____ arasında ısı ve %20 - %90 RH arası nem ölçümü yapabilmektedir.
5. Üzerinde 153 yazan NTC termistör değeri _____'dur.
6. NTC sağlamlık testinde sıcaklık arttıkça _____ azalır.
7. DHT1 sensörünün _____ bacağı vardır.
8. YH-S201 su akış ve hidrolik basınç sensörü _____ çıkış verir.
9. İçindeki bilyelerin kontakları kapatmasıyla çalışan _____ sensörüdür.
10. Yağmur sensörü hem _____ hem _____ verir.
11. Toprak nemi algılama sensörleri _____ olarak ta isimlendirilir.
12. Nem sensörü hem _____ hem de _____ çıkış veren bir sensördür.
13. DHT nem ve sıcaklık sensörünün data formatı _____ bitten oluşur.
14. Eğim sensörü _____ verir.

B) Aşağıdaki cümlelerde (...) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (...) DHT1 sensörünün bacak isimleri VCC 5 V, data, Nc (not connected) ve GND'dir.
2. (...) HC-SR04 ultrasonik sensörün mesafe aralığı 2 cm – 6 m'dir.
3. (...) HC-SR04 ultrasonik sensörde sesin gönderildiği pin trig pinidir.
4. (...) HC-SR04 uzaklık sensörü üzerinde VCC, data, echo, GND olmak üzere dört pin bulunmaktadır.
5. (...) Eğim sensörleri açıyı ve sarsılmayı algılayamaz.
6. (...) Isıl enerji, bir cisimden diğerine iletim, taşınım ve ışınım yoluyla iletilir.
7. (...) DHT11 sensörlerinin sağlamlık kontrolü multimetre ile yapılabilir.
8. (...) Kapasitif PNP proximity (yakınlık), ölçüm sensörü PNP çıkış verir.
9. (...) MAX4466 elektret modülünün yapısı, elektret kapsül ve arkasında bulunan 741 yükselteç devresinden oluşur.
10. (...) Yağmur damlaları sensör üzerine düştüğünde, aralarında boşluk bulunan plakalar yağmurdan dolayı iletkenlik özelliği kazanır.
11. (...) HL-69 toprak nemi algılama sensör modülü üzerinde bulunan S1-S2 pinleri sensör giriş, VCC - GND besleme, DO dijital çıkış ve AO analog çıkış uçlarıdır.
12. (...) Eğim sensörü analog çıkış verir.



ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRMEMEKANİK TERMAL VE ELEKTRİKSEL
SENSÖRLER

2

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

1. Aşağıdaki durumlardan hangisinde ultrasonik sensör doğru ölçüm verir?

- A) Çok küçük cisimlerin algılanmasında
- B) Çok uzaktaki nesnelerde
- C) Pürüzlü yüzeylerde
- D) Çok yumuşak olan nesnelerde
- E) Cam ve saydam nesnelerin ölçülmesinde

2. Uzaklığı ses yardımıyla algılayan sensör aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Basınç B) Dinamik C) Kızılötesi
- D) Optik E) Ultrasonik

3. Aşağıdakilerden hangisi analog bir sensördür?

- A) Multimetre B) Kondansatör C) Termistör
- D) Transistör E) Optokuplör

4. Kuvvet, basınç ve moment gibi büyüklük türlerinin temel karakteristik özelliği aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Akustik B) Gerilme C) Geometrik
- D) Termal E) Piroelektrik

5. Aşağıdakilerden hangisi MAX4466 sensörünün özellikleri arasında yer almaz?

- A) 25-125 kat kazanç sağlaması
- B) Kıyafet yakasına takılabilmesi
- C) Küçük boyutlu olması
- D) Mekaniksel olması
- E) 20 Hz -20 kHz frekans aralığında çalışması

6. Aşağıdakilerden hangisi malzemelerin mekaniksel özelliklerinden biri değildir?

- A) Sertlik B) Vizkozite C) Gerinim
- D) Elastikiyet E) Isıl kapasite

7. Üzerine uygulanan basınçla gerilim üreten kristal yapıları sensörlere ne ad verilir?

- A) Piezo elektrik basınç sensörleri B) Kapasitif
- C) Load cell (yük hücresi) D) Optik
- E) Strain gage (şekil değişikliği)

8. HC-SR04 sensörü için aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- A) Ortama ses yaymak ve yayılan sesleri toplamak için sensör üzerinde iki yüzey bulunur.
- B) Sensörden salınan ses dalgası yaklaşık 15 derecelik açıyla ortamda yayılır.
- C) Sensör üzerinde VCC, trig, echo, GND olmak üzere dört pin bulunur.
- D) Sensör, lazer dalgası ile uzaklığı ölçer.
- E) Sensör, ultrasonik ses dalgaları ile mesafe ölçer.

9. Aşağıdakilerden hangisi elektrikle ilgili özelliklerden birisi değildir?

- A) Direnç B) Empedans C) İletkenlik
- D) Voltaj E) Ses

10. Aşağıdakilerden hangisinde ses frekansları küçükten büyüğe doğru doğru sıralanmıştır?

- A) Sonar - infrasonik - ultrasonik - hipersonik
- B) İnfrasonik - ultrasonik - hipersonik
- C) Ultrasonik - hipersonik - sonar - infrasonik
- D) Hipersonik - ultrasonik - sonik - infrasonik
- E) İnfrasonik - sonik - ultrasonik - hipersonik

11. Aşağıdaki sensörlerden hangisi hem dijital hem de analog çıkışlı bir sensördür?

- A) YF-S201 su akış ve hidrolik basınç sensörü
- B) SWS20D eğim sensörü
- C) Toprak nemi algılama sensörü
- D) MAX446 elektret mikrofön sensörü
- E) Kapasitif yakınlık proximity sensörü

12. Aşağıdaki sensörlerden hangisinin çıkışı bilgi katarı (paket) şeklindedir?

- A) YF-S201 B) DHT11 C) MAX4466
- D) HC-SR04 ultrasonik E) Nem sensörü

13. Aşağıdaki sensörlerden hangisi sadece analog çıkışı olan bir sensördür?

- A) YF-S201 Akış B) DHT11 C) SW520D Eğim
- D) MAX4466 E) Nem sensörü



ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRMEMANYETİK İŞIMA VE KİMYASAL
SENSÖRLER

3

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle tamamlayınız.

- Ortamdaki ışık değişimlerini algılayan sensör _____ sensörüdür.
- Işınım metodu ile sıcaklık ölçen cihaza _____ denir.
- Işıktaki az direnç, karanlıkta yüksek direnç gösteren devre elemanlarına _____ denir.
- Ateş algılayıcı sensör kartı 20 cm'de _____ 100 cm'de ise _____ gerilim üretir.
- İnfrared diyotu günlük hayatta _____ kullanılır.
- Pozisyon limiti ve pals sayımı için _____ kullanılır.
- İnsan gözü, dalga boyu _____ arası elektromanyetik dalgaları ışık olarak algılar.
- MQ-07 gaz sensörü _____ çıkış verir.
- Engel yok iken Z80 IR yakınlık sensörünün çıkışı _____ 'tir.
- ACS712 sensörü, giriş akımı ile orantılı bir analog çıkış verir. Her değişen 1 A'da 5 A'lık sensör _____ mV gerilim üretir.
- Foto direnç (LDR) üzerine ışık düştüğünde direnci _____ dır.
- GPS iyileştirilmesi (konum hesaplama, yükseklik tespiti vb.), hava tahmini, dikey hız (yükselme/batma hızı) tespiti gibi uygulamalarda _____ sensörü kullanılır.
- MQ-7 _____ ile _____ ppm arasında değişen karbonmonoksit gazını algılayabilen yarı iletken bir gaz sensörüdür.

B) Aşağıdaki cümlelerde (...) ile boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

- (...) ACS712 akım sensörünün OUT ucunda ki gerilim offset değeri 2500 mV'tur.
- (...) Optik sensörlerin yapısını; ışık kaynağı, fotodedektör ve mercek, ayna veya fiber optik gibi ışık yönlendirme aygıtları oluşturur.
- (...) Kızılötesi yakınlık sensör modülü, bir kızılötesi ışık yayan diyot (LED) ve konuma duyarlı bir cihazdan PSD oluşmaz.
- (...) Kızılötesi (IR) sensörü, bir verici ve alıcı içerir.
- (...) IR kızılötesi oluklu optik hız ölçüm sensörü; FC-03 kodlayıcı ve LM393 voltaj karşılaştırıcı entegresinden oluşur.
- (...) Yangın alevinin az miktarda yaydığı kızılötesi ışık, sensör modülündeki foto diyot (IR) tarafından algılanmaz.
- (...) PIR sensörleri, görüş alanlarındaki insan ve sıcak kanlı canlıların yaydıkları IR ışıklarını algılayabilen hareket sensörleridir.
- (...) ACS712 sensörü Hall etkisiyle çalışmaz.
- (...) Optik transdüser gurubuna giren foto dirençlere LDR denilemez.
- (...) Kızılötesi (IR) sensör, cismi algılar ancak cismin mesafesini algılayamaz.
- (...) BMP180 analog bir sensördür.
- (...) PIR sensörü yaklaşık 3-8 m arası aktif haldedir.
- (...) IR yakınlık (mesafe) ölçüm sensörünün ölçüm aralığı 10 cm ile 80 cm arasındadır.
- (...) Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren elemanlara foto pil denir.



ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRMEMANYETİK İŞİMA VE KİMYASAL
SENSÖRLER

4

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

1. Kızılötesi (IR) ışıma dalga boyu ne kadardır?

- A) 40 - 500 nm B) 500-700 nm
C) 700 - 1350 nm D) 200 - 400 nm
E) 800 - 1200 nm

2. Görüş alanındaki insanların ve sıcak kanlı canlıların yaydıkları IR ışıkları algılayan sensör aşağıdakilerden hangisidir?

- A) HIR B) FIR C) LED D) LDR E) PIR

3. İnfrared sensörler mesafeyi nasıl algılarlar?

- A) Işığın cisme değdiği noktayı tespit ederek
B) Işığın gittiği mesafeyi takip ederek
C) Cisimden yansıyan ışığın durumuna göre
D) Işık ile cisim arasına cihaz koyarak
E) Oluşturdukları elektriksel alan yardımıyla

4. Morötesi (UV) ışıma dalga boyu aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 400 nm altı B) 700 nm üstü C) 400-500 nm
D) 400-700 nm E) 800-1200 nm

5. Etiket okuyan sensör tipi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Basınç B) IR C) Manyetik D) Optik E) PIR

6. Işık yayan diyotlara verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Fotosel B) LED C) NTC D) PIR E) Zener

7. Aşağıdakilerin hangisi IR sensörün özelliklerinden biri değildir?

- A) Ortam ışığından etkilenmezler.
B) Kızılötesi sinyal alındığında lojik 0 üretir.
C) Düşük güç harcarlar.
D) Parazitlere karşı korumalıdır.
E) Sürekli data transferine izin vermez.

8. Aşağıdakilerden hangisi LDR'lerin kullanıldığı alanlardan biri değildir?

- A) Endüstriyel kumanda sistemlerinde
B) Otomatik gece lambalarında
C) Zil butonlarında
D) Hareket dedektörlerinde
E) Uzaktan kumandalarda

9. Aşağıdakilerden hangisi dijital fotoğraf makinelerinde kullanılan sensör sınıfındandır?

- A) Sıcaklık B) Basınç C) Hız
D) Optik E) Ses

10. Uzaktan kumanda alıcı ve verici devreleri arasında hangi eleman çiftleri kullanılır?

- A) Foto diyot - kızılötesi diyot
B) Zener diyot - foto diyot
C) Zener diyot - LED
D) Varikap diyot - LED
E) Kızılötesi diyot - foto diyot

11. Sharp IR sensörlerinin kullanım amacı aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Işık ölçümü B) Isı ölçümü C) Hız ölçümü
D) Mesafe ölçümü E) Basınç ölçümü

12. Aşağıdaki sensörlerden hangisi hem dijital hem de analog çıkışlı sensördür?

- A) ACS712 akım sensörü
B) MZ80 IR cisim algılama sensörü
C) HC-SR501 hareket algılama sensörü
D) GP2Y0A21YK0F IR mesafe algılama sensörü
E) MQ-7 gaz algılama sensörü

13. Toprak altındaki metallerin varlığını tespit etmek için aşağıdaki sensörlerden hangisi kullanılır?

- A) Basınç B) Hız C) Optik D) Manyetik E) Isı

14. Hall effect sensörü aşağıda verilenlerden hangisine karşı duyarlıdır?

- A) Manyetik alan B) Nem C) Kızılötesi ışık
D) Ultrasonik ses dalgaları E) Sıcaklık

15. Bir bobinin içindeki nüvenin hareketi ile aşağıdakilerden hangisi değişir?

- A) Bobinin indüktansı B) Bobinin kapasitansı
C) Bobinin uzunluğu D) Bobinin kesiti
E) Sarım sayısı

16. Aşağıdakilerden hangisi konum belirler?

- A) Fotosel B) PSD C) NTC D) PIR E) LED





ÖĞRENME BİRİMİ 1: SENSÖRLERİN YAPI ÖZELLİKLERİ

Soru No	1		Soru No	2	Soru No	3		Soru No	4
	Boşluk	D/Y		Test		Boşluk	D/Y		Test
1	motor	Y	1	A	1	çok düşük ısılarda	Y	1	A
2	hata	Y	2	D	2	-200 - +2500	D	2	B
3	kalori/Joule	D	3	B	3	termistör	D	3	C
4	aktüatör	D	4	C	4	PTC	Y	4	A
5	sensör	D	5	B	5	PTC	Y	5	A
6	kararlılık	D	6	A	6	-300 - +50	D	6	D
7	pasif	Y	7	C	7	direnç	D	7	C
8	transdüser	D	8	B	8	manyetodirenç (MR)	Y	8	A
9	duyarlılık	Y	9	E	9	elektromanyetik	D	9	E
10	çözünürlük	D	10	B	10	piezodirenç	D	10	C
11	nm(nanometre)	D	11	C	11	piezoelektrik	D	11	D
12	Sensör v4.0	Y	12	A	12	yüksek ısıda	D	12	E
13	gaz sensörleri	Y	13	C	13	elektrik	Y	13	E
14	algılayıcı seçiminde	-			14	optik	-	14	D
								15	B
								16	A
								17	E

ÖĞRENME BİRİMİ 2: KULLANIM ALANLARINA GÖRE SENSÖRLER

Soru No	1		Soru No	2	Soru No	3		Soru No	4
	Boşluk	D/Y		Test		Boşluk	D/Y		Test
1	20 – 500 kHz	D	1	E	1	Optik	D	1	C
2	piezo	Y	2	E	2	pirometre	D	2	E
3	ultrasonik	D	3	C	3	LDR	Y	3	C
4	0-50 °C	Y	4	B	4	1 V/ 4,8 V	D	4	A
5	15 KΩ	Y	5	D	5	uzaktan kumandalarda	D	5	D
6	direnç	D	6	E	6	IR oluklu optik hız sensör modülü	Y	6	B
7	üç (3)	Y	7	A	7	400-700 nm	D	7	B
8	dijital çıkış	D	8	D	8	analog ve dijital	Y	8	E
9	eğim	Y	9	E	9	yüksek (high 1)	Y	9	C
10	dijital/analog çıkış	D	10	E	10	185	D	10	A
11	higrometre	D	11	C	11	azalmakta	Y	11	D
12	dijital/analog çıkış	Y	12	B	12	BMP180	Y	12	E
13	kırk (40)	-	13	D	13	10 / 10.000	D	13	D
14	dijital çıkış	-			14	-	D	14	A
								15	A
								16	B





- Millî Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü "Ders Bilgi Formu" Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Alanı Sensörler 10. Sınıf, Ankara, 2020.
- <http://www.sensedu.com> (10.10.2020)
- Algılayıcılar & Dönüştürücüler. Erişim adresi. https://www.researchgate.net/publication/336936957_Algilayicilar_Donusturuculer/link/5dbbc7b8299bf1a47b0721b3/download (22.10.2020)
- Sensör ve Transdüserler. Erişim adresi. https://www.academia.edu/24332916/Sens%C3%B6rler_ve_trans%C3%BCserler (19.09.2020)
- Sensörler/Transduserler. Erişim adresi. <http://kisi.deu.edu.tr/erhan.cem/biyomedikal/2-sensors.pdf> (12.10.2020)
- Sensörler ve Dönüştürücüler. Erişim adresi. <http://tec.ege.edu.tr/dersler/sensorler.pdf> (21.09.2020)
- Sensors and Transducers. Erişim adresi. <http://senofficial.yolasite.com/resources/sensors%20and%20transducers.pdf> (22.09.2020)
- <https://www.nap.edu/read/4782/chapter/4#11> (24.09.2020)
- https://www.iaria.org/conferences2012/filesSENSORDEVICES12/Digital_and_Intelligent_Sensors_Tutorial_Yurish.pdf (13.09.2020)
- Sensörler. Erişim adresi. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/atalayt/105498/Sensorler-a.pdf> (18.10.2020)
- Sensörler ve Transduserler. Erişim adresi. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/atalayt/132899/Sens%C3%B6rler.pdf> (18.10.2020)
- Gıda Paketleme Sanayinde Akıllı Paketleme Teknolojisi. Erişim adresi. <http://www.apack.com.tr/images/userfiles/akilli-paket-ve-etiket-veli-gok.pdf> (13.10.2020)
- Patlayıcı ve Gaz Ortamlarında, Gaz Dedektörlerinin Seçimi Montajı, Kullanımı ve Bakımı. Erişim adresi. https://www.emo.org.tr/ekler/5533139f636f920_ek.pdf?dergi=1114 (23.12.2020)
- <https://www.hse.gov.uk/pubns/gasdetector.pdf> (22.10.2020)
- Different Types of Transducers | Characteristics, Classification, Applications. Erişim adresi. https://www.electronicshub.org/types-of-transducers/#Classification_of_Transducers (24.12.2020)
- IŞIK A.F., Sensör Çeşitleri, Robotik Alanda Kullanılan Sensörler ve Fsr Sensör Uygulaması. Erişim adresi. http://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12462/3055/AlevFad%C4%B1lo%C4%9Flu_I%-C5%9F%C4%B1k.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- X-ışını Görüntülemeye Yariletken Dedektörlerin Kullanılması. Erişim adresi. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/590918> (10.10.2020)
- Sağlık 4.0'da Giyilebilir Teknolojilerden Sensör Yamalar Üzerine Bir İnceleme. Erişim adresi <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/913572> (10.10.2020)
- Endüstriyel Kontrol ve Elemanları-Sıcaklık Ölçümü. Erişim adresi <https://avesis.karabuk.edu.tr/resume/downloadfile/aydinozkul?key=16a0c815-eb49-4ee8-8d8f-53490fd3e552>
- <https://www.yokogawa.com/special/sensing-technology/usage/types-of-sensors/> (10.10.2020)
- Biyosensörler. Erişim adresi. http://www.tarmakbir.org/haberler/Kitap/5_2.3%20Biyosens%C3%B6rler.pdf (19.10.2020)
- Otomotiv Elektronik Ders Notları. Erişim adresi. <http://blog.aku.edu.tr/hicriyavuz/files/2018/02/otomelt2018.pdf> (23.10.2020)
- Elektrik Ölçme Ders Notları. Erişim adresi. <http://elektrik.kocaeli.edu.tr/upload/duyurular/2409180837022e795.pdf> (11.10.2020)
- Algılayıcılar ve Algılayıcı Seçimi. Erişim adresi. https://www.ozgurakin.com.tr/download/2-Algilayicilar_ve_Algilayici_Secimi.pdf (22.10.2020)
- Piezoelektrik Özellikli, Polimer Nano Kompozit Malzeme Geliştirilmesi ve Titreşim Sensörü Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Erişim adresi. <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/2958/1/499427.pdf> (28.10.2020)
- Çok Tabakalı İnce Filmlerin Yapısal, Elektriksel, Manyetik Özelliklerinin İncelenmesi Ve Spintronığa Uygulanması. Erişim adresi. <https://dSPACE.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/37227> (17.11.2020)
- Akıllı Ambalajlama Sistemlerinin Tüketicilere Yansımaları. Erişim adresi. https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=sem5_35.pdf (15.11.2020)
- Sensors and Transducers. Erişim adresi. https://web.itu.edu.tr/~yalcinme/files/courses/MMG/ch2_1%20Sensors%20and%20transducers.pdf (11.10.2020)
- Manyetokalorik ve Manyetodirenç Özelliklerinin İncelenmesi. Erişim adresi. <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/892/1/543395.pdf> (16.11.2020)
- https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf (22.01.2021)
- <https://debis.deu.edu.tr/userweb/asli.ergun/6-Ses%20Sensor%20ve%20Transduserleri.pdf> (12.10.2020)
- <https://islamansiklopedisi.org.tr/ilm-i-menazir> (22.01.2021)
- <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/583877>
- http://tec.ege.edu.tr/dersler/B4_sensor.pdf (14.10.2020)
- <https://www.direnc.net>
- <http://online.fliphtml5.com/ddjvx/bkqn/#p=146> (15.10.2020)
- http://www.met.reading.ac.uk/pplato2/h-flap/phys4_3.html#section_2.3 (18.11.2020)
- <http://www.aytacmestci.com/2020/05/gercekten-covid-mi-yoksa-mobil-mi-sorun/> (17.01.2021)
- <https://phys.org/news/2020-05-highly-sensitive-chemical-sensor-protein.html> (17.01.2021)
- <https://www.societyofrobots.com/sensors.shtml> (26.12.2020)





Görsel	Açıklama
Şekil 1.29, 2.17, 2.12, 2.17, 2.21, 2.48, 2.49, 2.52, 2.56	https://kisi.deu.edu.tr/asli.ergun/isi.pdf https://kisi.deu.edu.tr/asli.ergun/5-Optik%20Sensor%20ve%20Transduserler.pdf siteleri esas alınarak düzenlenmiştir.
Şekil 2.11	http://www.losante.com.tr/Blog/Detail/2197
Şekil 1.10, 1.12, 1.15, 1.16, 1.26, 1.27, 1.31, 1.36, 1.39, 1.41, 1.42, 1.43, 1.45, 1.47, 1.52, 1.55	https://www.sensedu.com sitesinden izin alınarak görsel tasarım uzmanı ve yazarlar tarafından düzenlenmiştir.
Şekil 1.49	http://faculty.weber.edu/snaik/ECE5900_ECE6900/HandbookofModernSensors.pdf
Şekil 1.50	http://physiclessons.blogspot.com/2013/02/blog-post_25.html
Şekil 1.53	https://tr.wikipedia.org/wiki/Sağ_el_kuralı
Şekil 1.54	https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/hall-effect https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/magnetic-field-around-a-wire-ii
Şekil 1.58	https://phys.org/news/2020-05-highly-sensitive-chemical-sensor-protein.html
Fotoğraf 1.1	https://pikabu.ru/story/krasota_vnutri_6209256
Fotoğraf 1.6 (ID:313054142), Fotoğraf 1.9 (ID:730863970), Şekil 1.24 (ID: 139817908), Şekil 2.14 (ID: 170575211), Şekil 2.16 (ID: 1110611807)	https://www.shutterstock.com/tr/home sitesinden alınmıştır.
Fotoğraf 1.7 (ID:118120173), Fotoğraf 1.3 (ID: 49853126 ve 121407416), Şekil 1.22. (ID: 55898420), Şekil 1.51 (ID: 33600301), Şekil 2.36 (ID: 136139173)	https://tr.123rf.com/ sitesinden alınmıştır.
Kapak (ID: 1927697), Ünite Kapakları (ID: 2633879; 2680957; 3213676; 1439187), Fotoğraf 1.2 (ID: 2448837), 1.8 (ID:1380134), 1.24 (ID:2939560), 1.31 (ID: 2802648), 2.2 (ID: 1761027), 2.3 (ID:5618240)	https://pixabay.com/tr/ sitesinden alınmıştır.
Fotoğraf 1.17	https://tr.pinterest.com/pin/469500329882715201/
Fotoğraf 1.4 Fotoğraf 1.5 Fotoğraf 1.10,1.11,1.12, 1.13 Fotoğraf 1.14,1.15, 1.16 Fotoğraf 1.18, 19, 20, 21, 22, 23 Fotoğraf 1.27, 1.28 Fotoğraf 1.32, 1.33, 1.34, 1.35, 1.36 Fotoğraf 1.37, 1.38, 1.39, 1.40, 1.41 Fotoğraf 1.42, 1.43, 1.44, 1.45, 1.46	https://www.youtube.com/watch?v=ZQIS71yPuvc https://www.youtube.com/watch?v=OzZBVOF8u-0 https://www.youtube.com/watch?v=oWuQjakv-tE https://www.youtube.com/watch?v=eoeaQMeA6_o&t=249s https://www.youtube.com/watch?v=qS_kCYdNVU4&t=47s https://www.youtube.com/watch?v=b7zT94WV-Ek&t=294s https://www.youtube.com/watch?v=isfYMKtd_Jg https://www.youtube.com/watch?v=tARlf4APZng https://www.youtube.com/watch?v=7wkSdFPBep0
Kitap konu anlatımında kullanılan diğer görseller (13. ve 123. sayfa aralığındaki görseller)	Görsel tasarım uzmanı ve yazarlar tarafından çizim programları ile üretilmiş ve/veya düzenlenmiştir.

