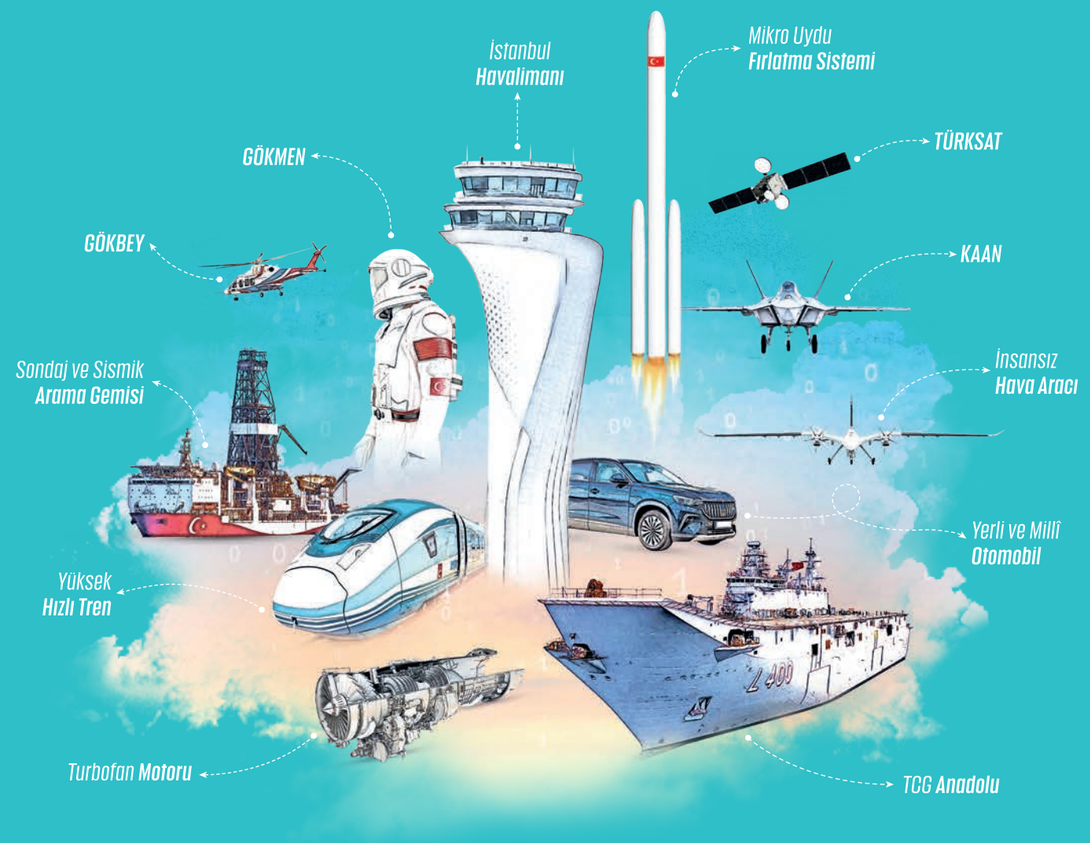
Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-6215-1

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

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ ALANI
SENSÖRLER 10
DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ ALANI

SENSÖRLER



10 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ ALANI

SENSÖRLER

10

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

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

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI..... 8048
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ..... 1976

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

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI	Sinan DURAN
PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI	Murat DAĞ
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME UZMANI	Gülhan ŞAHİN
REHBERLİK UZMANI	Serpil GÜLER
GÖRSEL TASARIM UZMANI	Ahmet BAŞ



ISBN: 978-975-11-6215-1

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

Bu ders materyalinde uluslararası ölçü birimleri esas alınmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Mehmet Âkif Ersoy

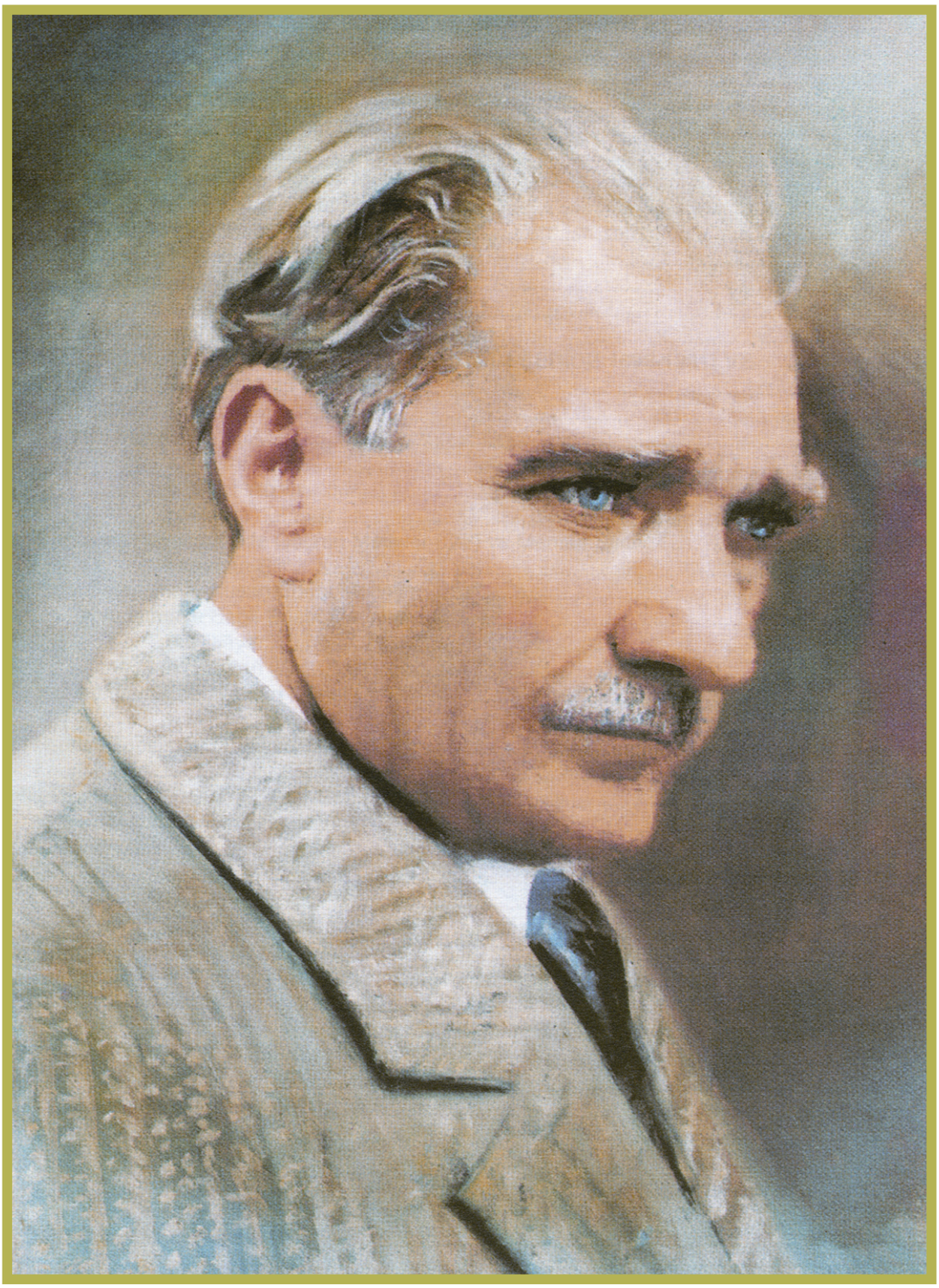
GENÇLİĞE HİTABE

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

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

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

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

Ders Materyalinin Tanıtımı 11

1. ÖĞRENME BİRİMİ 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 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

1. Uygulama: Sensörlerde Enerji Dönüşümü 42

2. Uygulama: Otomobillerde Kullanılan Sensörler 44

3. Uygulama: Sıcaklık Ölçümünde Sensör Seçimi 46

1.2. SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ 48

1.2.1. Sensör ve Duyu Organı İlişkisi 48

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

1. Uygulama: Hall Etkili Sensör Yapımı 73

2. Uygulama: Güneş Pilli Bahçe Aydınlatma ve Şarj Sensör Yapımı 75

3. Uygulama: Optik Sensör Yapımı 77

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 79

1. Ölçme ve Değerlendirme: Sensör ve Transdüser 79

2. Ölçme ve Değerlendirme: Sensör ve Transdüser 80

3. Ölçme ve Değerlendirme: Sensörlerin Çalışma Prensipleri 81

4. Ölçme ve Değerlendirme: Sensörlerin Çalışma Prensipleri 82

İÇİNDEKİLER

2. ÖĞRENME BİRİMİ 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. Elektriki 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
1. Ölçme ve Değerlendirme: Mekanik Termal ve Elektriksel Sensörler 124
2. Ölçme ve Değerlendirme: Mekanik Termal ve Elektriksel Sensörler 125
3. Ölçme ve Değerlendirme: Manyetik Işınım ve Kimyasal Sensörler 126
4. Ölçme ve Değerlendirme: Manyetik Işınım ve Kimyasal Sensörler 127
KAYNAKÇA 128
CEVAP ANAHTARI 129

Öğrenme biriminin kapağını gösterir.

Öğrenme biriminin numarasını gösterir.

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme biriminin konu başlıklarını gösterir.

Öğrenme biriminin karekodunu gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.

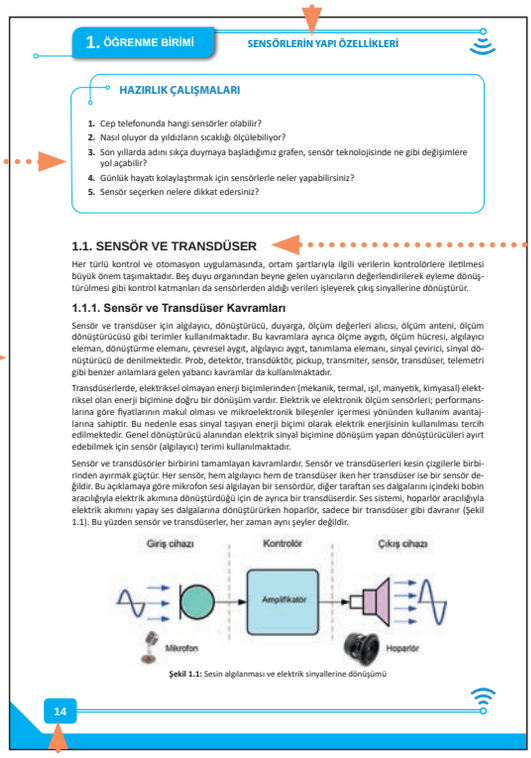


Öğrenme biriminin adını gösterir.

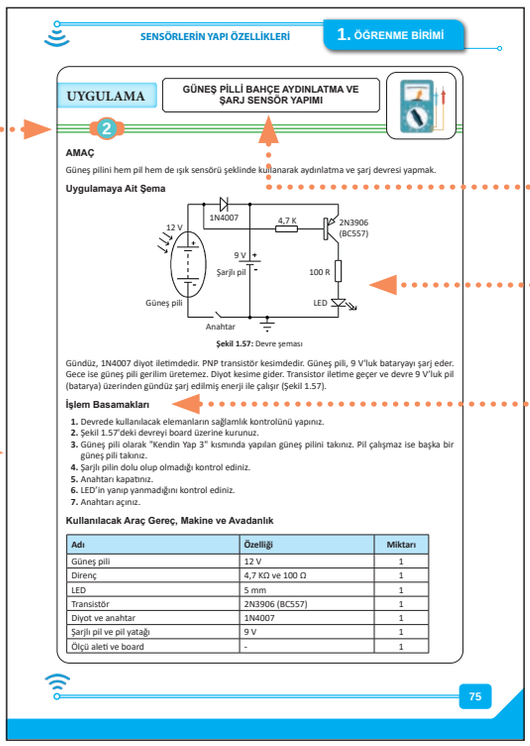
Konunun hazırlık çalışmalarını gösterir.

Konunun adını gösterir.

Konu anlatımı sayfasını gösterir.



Sayfa numarasını gösterir.


SENSÖRLERİN YAPI ÖZELLİKLERİ

1. ÖĞRENME BİRİMİ

UYGULAMA 2 GÜNEŞ PİLLİ BAHÇE AYDINLATMA VE ŞARJ SENSÖR YAPIMI

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 kontrolünü yapınız.
2. Şekil 1.57'deki devreyi board üzerine kurunuz.
3. Güneş pili olarak "Kendin Yap 3" kısmında yapılan güneş pilini takınız. Pil çalışmaz ise başka bir güneş pili takınız.
4. Şarjlı pilin dolu olup olmadığı kontrol ediniz.
5. Anahtarı kapatınız.
6. LED'in yanıp yanmadığını kontrol ediniz.
7. Anahtarı açınız.

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	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

75

Uygulamanın numarasını gösterir.

Uygulamanın adını gösterir.

Uygulamanın şemasını gösterir.

Uygulamanın işlem basamaklarını gösterir.

Uygulama sayfasını gösterir.


Bilgi Notu

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

Araştırma

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

Düşünün

Toprak sensörünü kullanarak ne gibi cihazlar yapabilirsiniz? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

İş Sağlığı ve Güvenliği

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

Bilgilendirme ve yönlendirme alanlarını gösterir.

Birinci öğrenme biriminde, konu içinde yapılan basit uygulamaları gösterir.


KENDİN YAP 1 Termokupl Sensörünün (Isıl Çift) Yapılışı

Malzemeler

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

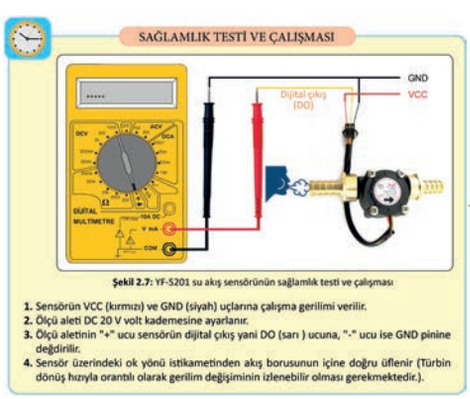
Fotoğraf 1.8: 1. adım — Fotoğraf 1.9: 2. adım — Fotoğraf 1.10: 3. adım

Fotoğraf 1.11: Ölçü aleti

İşlem Basamakları

1. İletken teller baş kısımlarından 3 cm soyulur (Fotoğraf 1.8).
2. Kargaburun kullanılarak teller birbiri üzerine bükülür (Fotoğraf 1.9).
3. Bükülen tel kısımları yankeskiyle 4 mm kalacak şekilde kesilir. İmkan varsa ark kaynağı yapılır (Fotoğraf 1.10).
4. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim ölçülür.
5. Havya ile termokupl büküm uçları ısıtılır.
6. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim tekrar ölçülür.

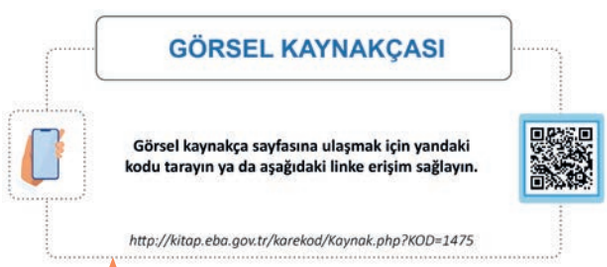
Not: Fotoğraf 1.11'de verilen ölçü aletinde, ölçülen değer gibi sıcaklıkla orantılı olarak mV değişimi gözlenmelidir.


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.).

İkinci öğrenme biriminde, sensörlerin sağlamlık testini ve çalışmasını gösterir.


GÖRSEL KAYNAKÇASI

Görsel kaynakça sayfasına ulaşmak için yandaki kodu tarayın ya da aşağıdaki linke erişim sağlayın.

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1475

Kaynakça bölümünde verilen karekod ile görsel kaynakça dokümanına ulaşılabilir.



1. ÖĞRENME BİRİMİ



SENSÖRLERİN YAPI ÖZELLİKLERİ

KONULAR

1.1. SENSÖR VE TRANSDÜSER
1.2. SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Bu öğrenme biriminde;

- Sensörlerin ve transdüserlerin kavramını, özelliklerini, kullanım alanlarını, seçiminde dikkat edilecek hususları
- Sensörlerin çalışma prensiplerini *öğreneceksiniz.*

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Cep telefonunda hangi sensörler olabilir?
2. Nasıl oluyor da yıldızların sıcaklığı ölçülebiliyor?
3. Son yıllarda adını sıkça duymaya başladığımız grafen, sensör teknolojisinde ne gibi değişimlere yol açabilir?
4. Günlük hayatı kolaylaştırmak için sensörlerle neler yapabilirsiniz?
5. Sensör seçerken nelere dikkat edersiniz?

1.1. SENSÖR VE TRANSDÜSER

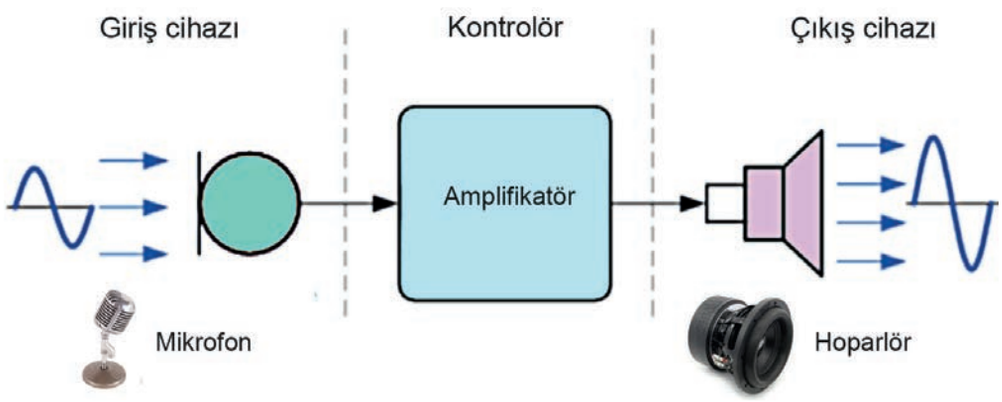
Her türlü kontrol ve otomasyon uygulamasında, ortam şartlarıyla ilgili verilerin kontrolörlere iletilmesi büyük önem taşımaktadır. Beş duyu organından beyne gelen uyarıcıların değerlendirilerek eyleme dönüştürülmesi gibi kontrol katmanları da sensörlerden aldığı verileri işleyerek çıkış sinyallerine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

1.1.1. Sensör ve Transdüser Kavramları

Sensör ve transdüser için algılayıcı, dönüştürücü, duyarga, 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, transmiter, sensör, transdüser, telemetri gibi benzer anlamlara gelen yabancı kavramlar da kullanılmaktadır.

Transdüserlerde, elektriksel olmayan enerji biçimlerinden (mekanik, termal, ışıl, manyetik, kimyasal) elektriksel olan enerji biçimine doğru bir dönüşüm vardır. Elektrik ve elektronik ölçüm sensörleri; performanslarına göre fiyatlarının makul olması ve mikroelektronik 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.

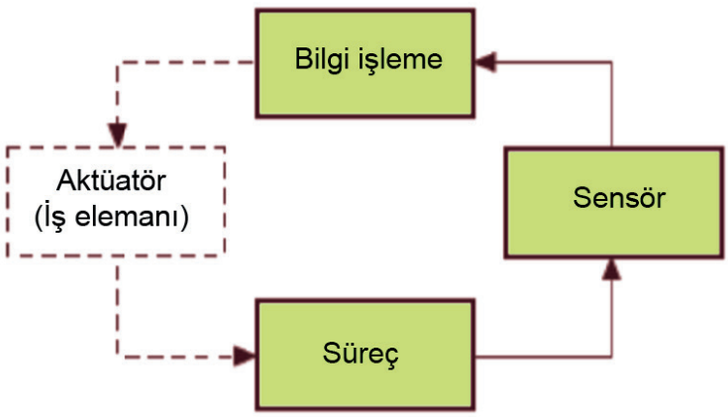
Sensör ve transdüsörler birbirini tamamlayan kavramlardır. Sensör ve transdüserleri kesin çizgilerle birbirinden ayırmak güçtür. Her sensör, hem algılayıcı hem de transdüser iken her transdüser ise bir sensör değildir. Bu açıklamaya göre mikrofon sesi algılayan bir sensördür, diğer taraftan ses dalgalarını 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 duyarga 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 hâl almıştır. Bu nedenle; algılama, dönüştürme vb. süreçlerin hepsini kapsayan sistemlere de sensör denildiği ve genel bir kavram olduğu unutulmamalıdır.

1.1.1.2. Transdüser

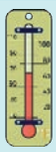
Transdüserler, bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştüren cihazlardır. Farklı yapıda birçok enerji türü ve bu enerji türleriyle ilgili büyüklükler vardır. Değişken olan akış hızı, uzunluk, basınç, sıcaklık, nem, ses, infraruj, görünen ışık, ultraviyole, X ışını gibi büyüklükler elektrikle ilgili 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 türetilebilen 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 / s2
Açısal momentum	L	kg m² / s
Akım	I	Amper (A)
Akım yoğunluğu	J	A / m²
Alan	A	m²
Basınç	P, p	Pascal (Pa)
Dalgaboyu	l	m
Direnç	R	Ohm (W)
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	m³
Hız	v	m / s
Isı	Q	Joule (J)
İletkenlik	s	(W m)−1
İndüktans	L	Henry (H)
İş	W	J
İvme	a	m / s2
Kapasitans (sığa)	C	Farad (F)
Kuvvet	F	Newton (N)
Kütle	m, M	Kilogram (kg)
Manyetik alan	B	Tesla (T)
Manyetik akı	Fm	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	r	kg / m³
Zaman	T	Saniye (s)

Bilgi Notu

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

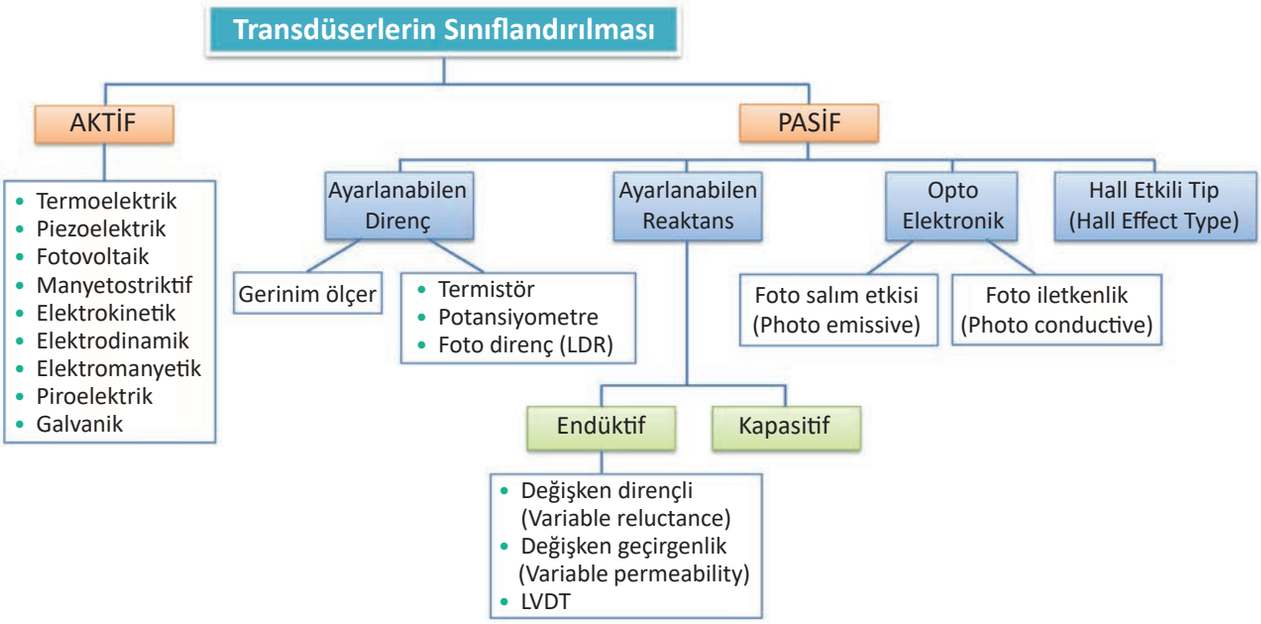
Uluslararası birliği sağlamak ve birim kargaşasını önlemek amacıyla birimler standart hale getirilmiştir.

Fizikte The İnternational System of Units [Uluslararası birimler sistemi (Dı interneyşınıl of yunits)] 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 Şema 1.1'de yapılmıştır.

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



Şema 1.1: Transdüserlerin genel olarak sınıflandırılması

Notlar

1.1.1.5. Dönüştürme Metotları

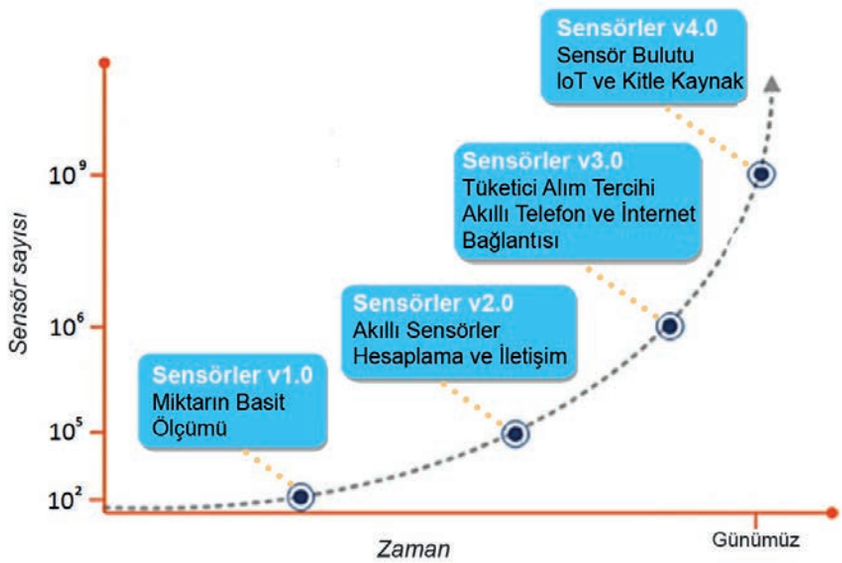
Farklı türdeki büyüklükler arasındaki dönüşümler Tablo 1.3'te verilmiştir. Dönüşümler dikey ve yatay satırların kesiştiği alanda gösterilen elemanlar ile yapılmaktadır. Sınırlı sayıdaki örnek, fikir vermesi amacıyla yazılmıştır. Günlük hayatta kullanılan pek çok dönüştürücü eleman, bu tabloda gösterilebilir.

Tablo 1.3: Dönüştürme Metotları, Dönüştürme Etkisi ve Uygulama Alanları

GİRİŞ	ÇIKIŞ						
		Mekanik	Termik	Elektrik	Manyetik	Işıma	Kimyasal
	Mekanik	**Mekanik Etkiler** Ör. Diyafram, dişli kutusu, yer çekimi dengesi **Akustik Etkiler** Ör. Yankı iskandili	**Sürtünme Etksi** 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 ultrasyon	Basınçla indüklenen patlama
	Termik	**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**	**Seeback 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
	Elektrik	**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 güç Batarya
	Manyetik	**Manyetomekanik** Ör. Manyetometre, manyetostriksiyon, manyetik debriyaj	**Termomanyetik** Ör. Righi-Leduc etkisi **Galvanomanyetk Etki** Ör. Ettingshausen Etkisi	**Termomanyetik** Ör. Ettingshausen-Nernst etkisi **Galvanomanyetk 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	-
	Işıma	**Radyasyon Basıncı** Radyasyon ölçer	Işınım ısısı 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
	Kimyasal	**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** Spektroskopi **Kimyasal Işıma** Kandil	**Kimyasal Reaksiyon**

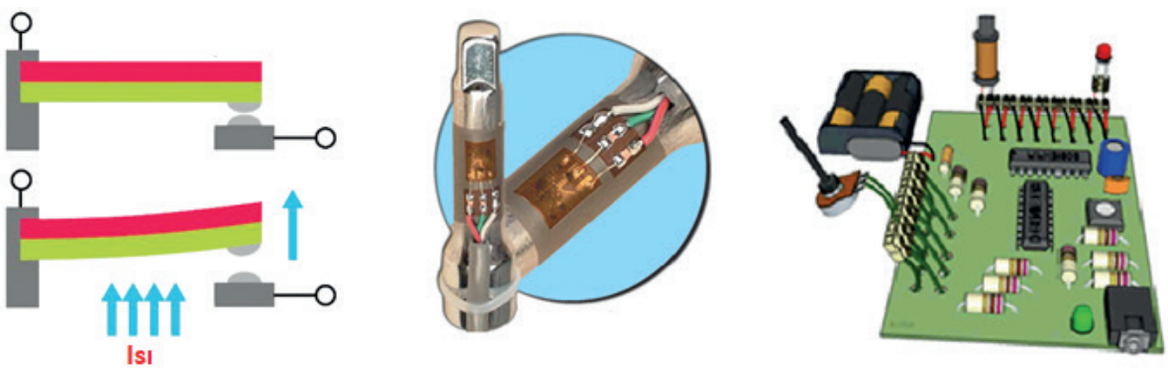
1.1.1.6. Sensörlerin Gelişim Aşamaları

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

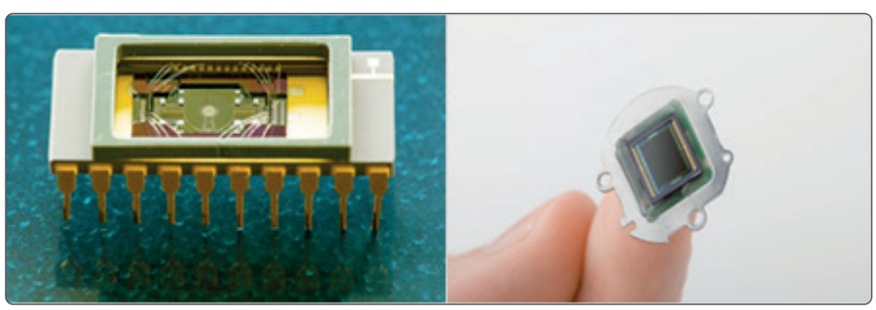
Sensör v1.0 Dönemi: Mekanik ve elektriksel olarak basit algılama yapan üç aşamalı bir dönemdir. İlk aşama, mekaniksel algılama yapan öncül sensör (termostat); ikinci aşama, gerinim ölçer (strain gauge) ile başlayan elektriksel sensör; üçüncü aşama ise çip teknolojisiyle (1970) dijital arayüzlü elektronik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



Termostat | **Gerinim ölçer (Strain gauge)** | **Çip teknolojisi**

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).



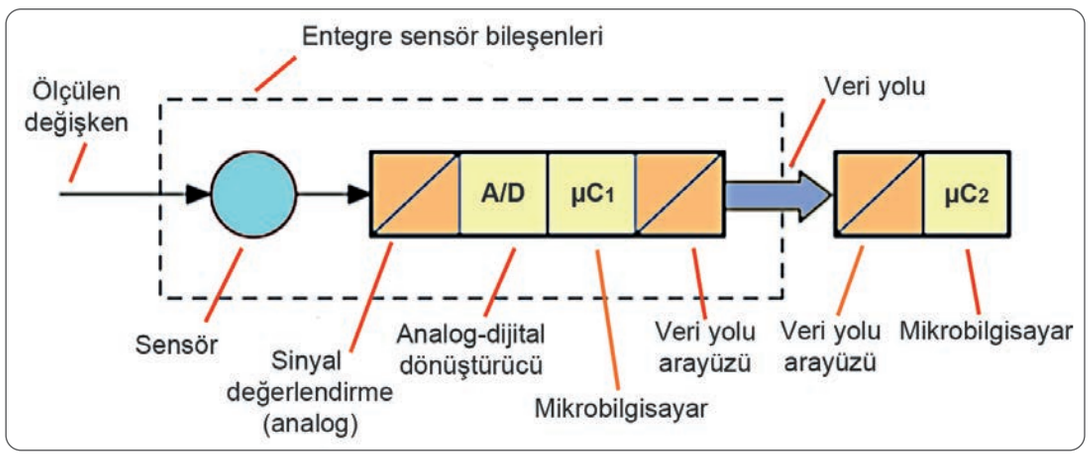
Fotoğraf 1.1: MEMS teknolojisinin kullanıldığı çipler

Akıllı sensörler döneminde sensörler; yüksek hassasiyet, gürültüsüz çalışma, üretim maliyetlerinin düşmesi, sensör boyutlarının azalması ve bağımsız şekilde farklı amaçlar için programlanabilme gibi özellikler kazanmıştır. Programlanabilme özelliği sensörlere; ölçülen verilerin kaydedilmesi, ortalama değer ve toleransların hesaplanması, statik hataların telafisi, kendi kendine kalibrasyon ve test ile ölçüm aralıklarının otomatik olarak değiştirilmesi gibi üstünlükler sağlamıştır. Ayrıca sensörlerin kablolu ve kablosuz iletişim özellikleri de geliştirilmiştir (Şema 1.2).



Şema 1.2: Akıllı sensör blok şeması

Sensör bileşenleri aynı katman üzerinde birbirine entegre edilerek sensörler, çok fonksiyonlu tek bir cihaz haline dönüştürülmüştür (Şema 1.3).



Şema 1.3: Dijital işlem birimi ile entegre sensör elemanları

Sensörler v3.0 Dönemi: Sağlık alanında kullanılan giyilebilir ve taşınabilir sensör teknolojileri dönemidir. Akıllı sensör teknolojilerinin gelişmesi; sensörlerin boyutlarının gittikçe küçülmesini, fiyatlarının düşmesini ve internete bağlanma özelliği kazanmalarını sağlamıştır.

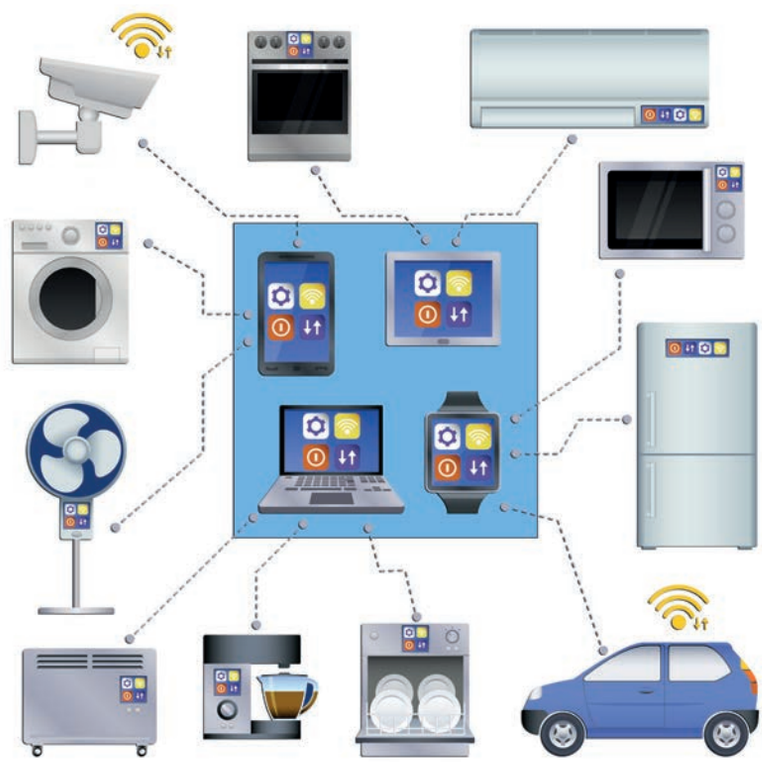
Gelişen teknolojiyle beraber; birçok sensörü içinde barındıran akıllı telefon ve akıllı telefonlarla uyumlu akıllı saat, gözlük, ayakkabı, yüzük gibi giyilebilir teknoloji ürünü aksesuarlar tüketiciler tarafından tercih edilmeye başlanmıştır (Şekil 1.5).



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 önem kazanmış ve yeni uygulama alanları ortaya çıkmıştır.



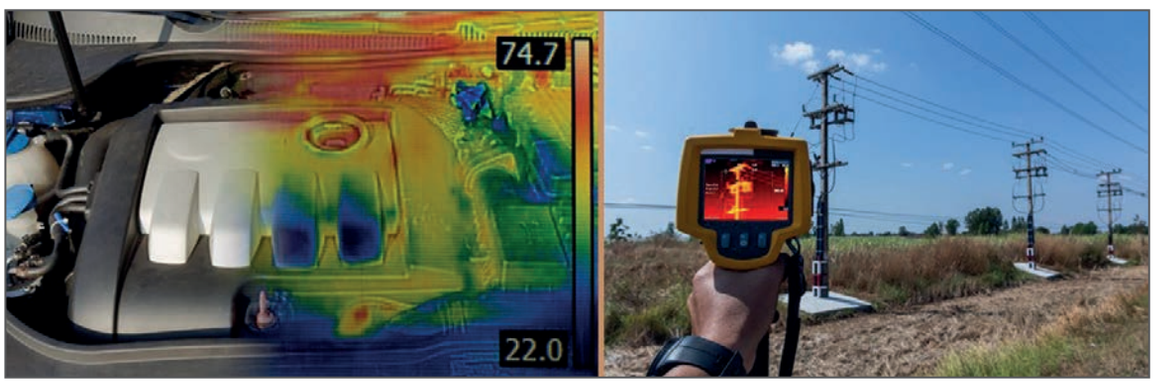
Şekil 1.6: Nesnelerin interneti (IoT) olarak çalışan sensör içerikli cihazlar

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

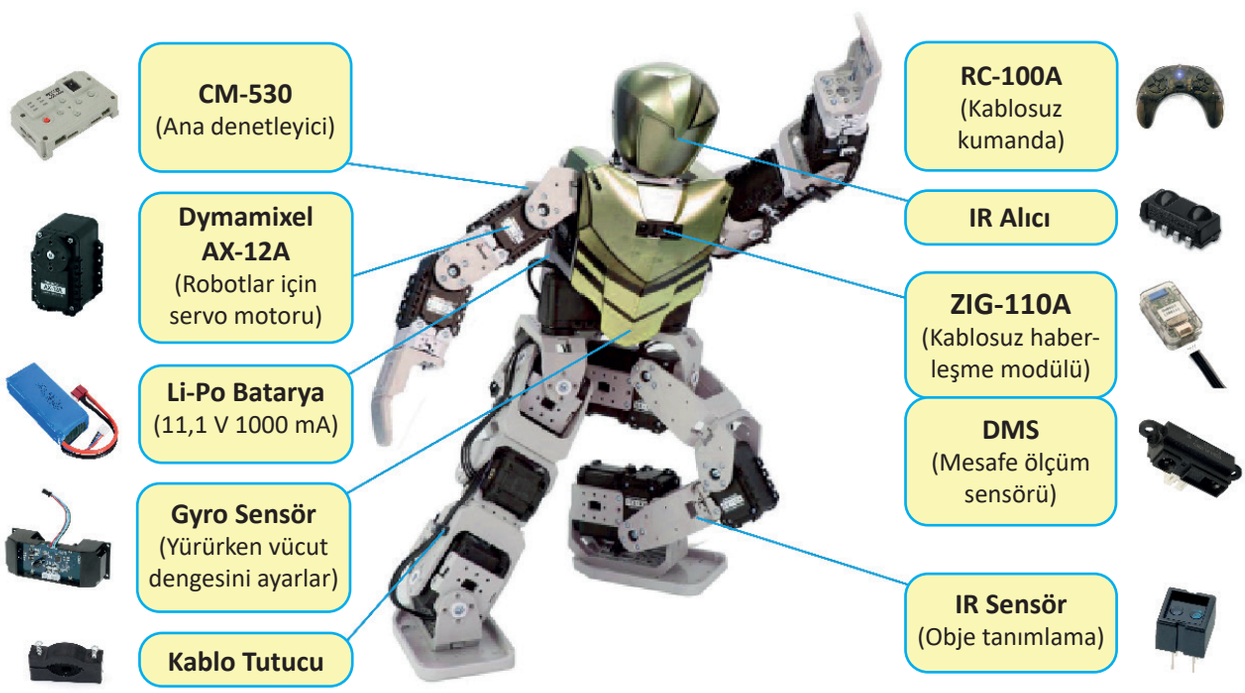
Endüstriyel ekipmanların basınç, sıcaklık, nem ve titreşim gibi durumları sensörlerle kontrol edilir. Endüstrideki verim, kalite ve güvenilirlik sensör özellikleri ile doğru orantılıdır. Termal sensörde bulunan piroelektrik malzeme, yayılan ışınları soğurup sinyal üretir ve sıcaklık ölçümü yapar (Fotoğraf 1.2).



Fotoğraf 1.2: Kızılötesi termal görüntülemeyle motor ve enerji hatlarında önleyici bakım yapılması

1.1.2.2. Robotik Alan

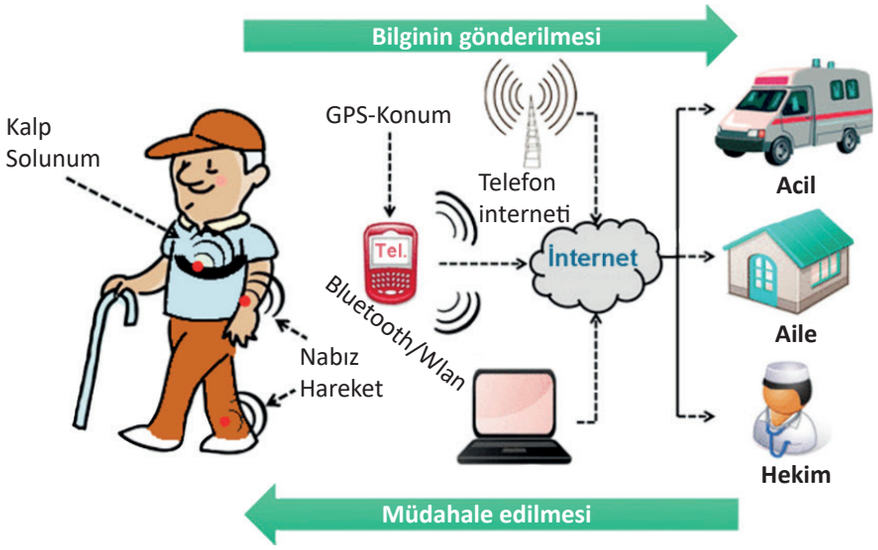
Robotun karar verebilmesini ve çevreyle iletişim halinde olmasını robotun duyu organları olan sensörler sağlamaktadır. Robotun amacı belirlendiğinde çevredeki değişimleri algılayan sensörler de tespit edilmiş olur. Robotun bir engel gördüğünde durması veya sağa sola dönmesi basit bir sensör sayesinde gerçekleşir. Robotik alanda yaygın olarak; basınç, dokunmatik [touch operated (taç opereytid)], 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

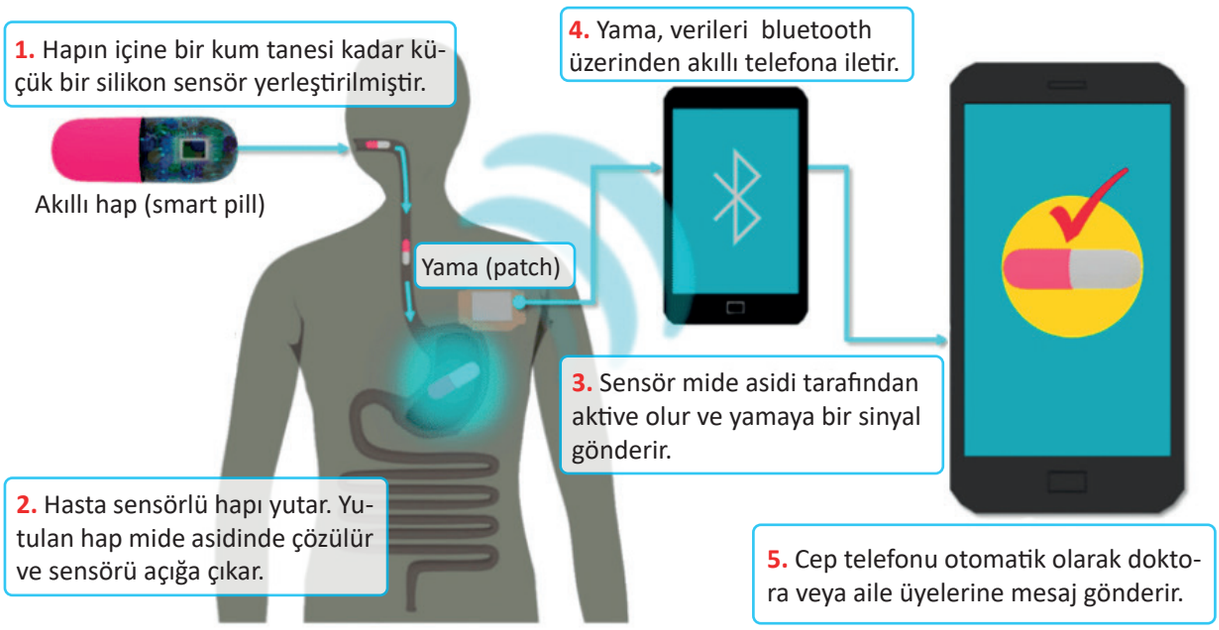
1.1.2.3. Sağlık ve Kozmetik

Giyilebilir teknoloji ürünü olan ayakkabı, saat, bileklik gibi nesnelerde kullanılan sensör yamaları zaman geçtikçe 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, bağımlılık yapan zararlı maddeleri 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

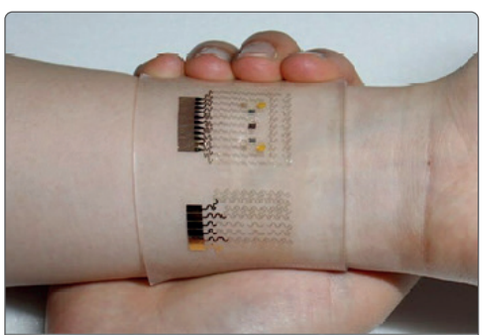
uygulamasında görüntülenebilir ve sensörün bulut deposuna da gönderilebilir. Bulutta depolanan veriler hastanın veya doktorun erişebileceği bir web sitesinde gösterilebilir.

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 kullanılabilecektir. Böylece insanların hastalıkları belirmeden tahmin edilip önlem alınması sağlanabilecektir. 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 1.3).



Diyabet yaması



Stres yaması

Fotoğraf 1.3: 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 1.4).



Fotoğraf 1.4: Giyilebilir ter ölçen yamalar

Araştırma

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

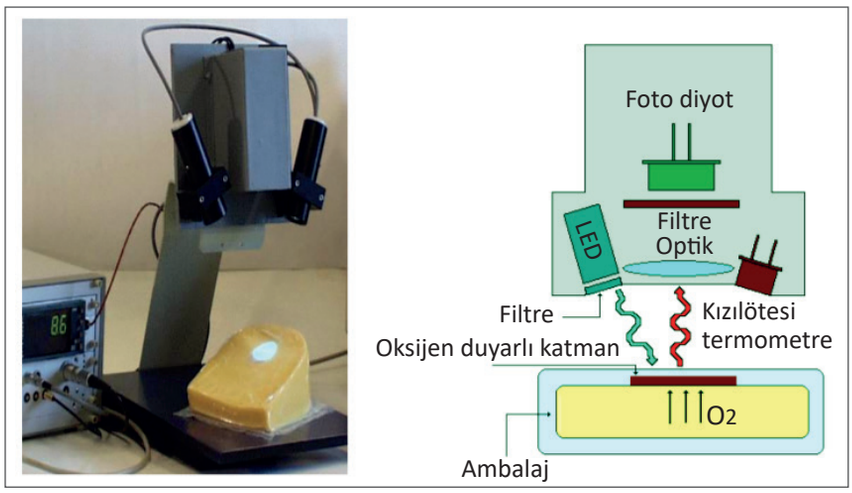
E-skin (elektronik deri), kamerasız hareket yakalamayı sağlayan giyilebilir bir arayüzdür. Üst gövde eklemlerinde akıllı formanın kumaşına gömülü olan piezoelektrik basınç sensörleri ve otuz adet dönme ve hızlanma sensörü oyuncunun hareketlerini yakalar. Bilgiler bluetooth ile bilgisayara gönderilir;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



Şekil 1.10: Giyilebilir hareket yakalama

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 O_2, gıdalarda oluşan bozulma sonucu açığa çıkan CO_2, hidrojen sülfit vb. gaz ve bileşikleri algılayarak kalite kontrol amacıyla kullanılır (Şekil 1.11).

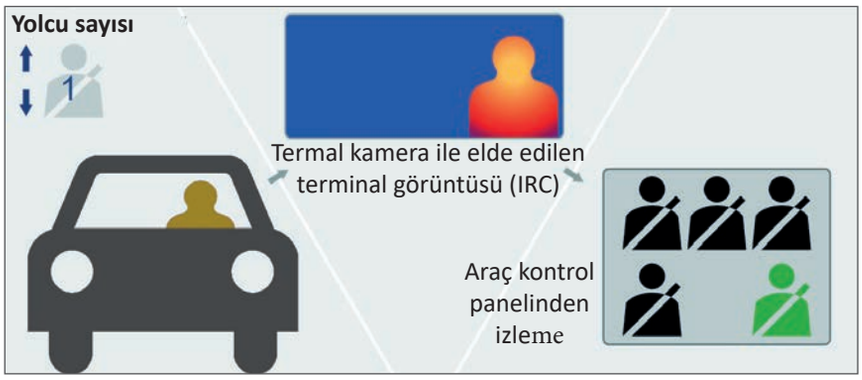


Şekil 1.11: Optik oksijen sensörü ile gıda ambalajı içindeki gazın algılanması ve sensörün iç yapısı

Muz ve limon sarartma işlemlerinde kullanılan etilen gazı (C_2H_4) miktarını ölçmek için etilen sensörü kullanılır. Ancak kullanım şartlarından dolayı bu tür sensörlerin kullanım ömrü (life time) kısadır.

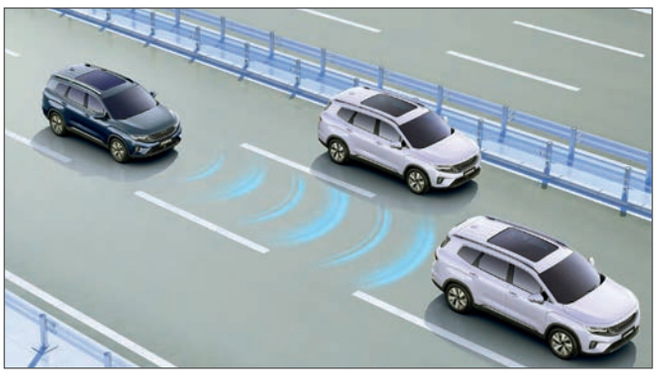
1.1.2.6. Otomotivde Kullanılan Sensörler

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).



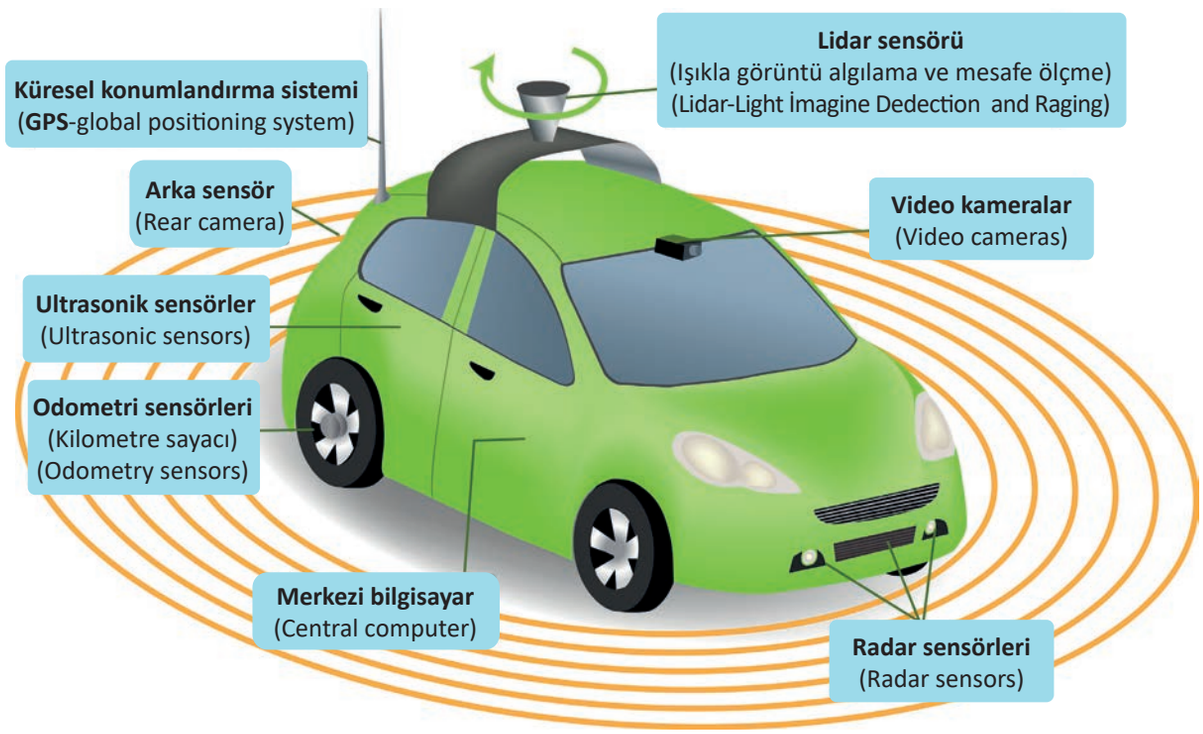
Şekil 1.12: Yolcu varlığı dedektörü

Ultrasonik sensörler ile araçlar arasındaki takip mesesafesi korunur ve araçların birbiri ile çarpışmaları önlenebilir (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

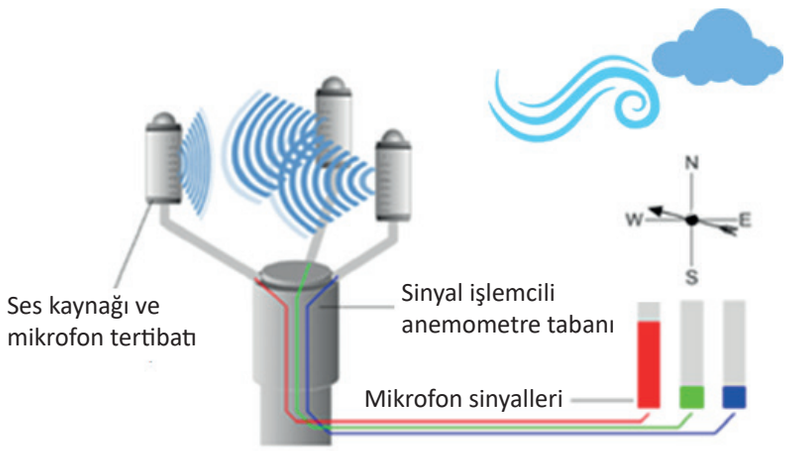
Otomobillerin yapısında çevre şartlarının kontrol edilmesi ve güvenliğin sağlanması amacıyla birçok sensör kullanılmaktadır (Tablo 1.4). Taşıt tipine göre kullanılan sensörün sayısı ve niteliği de değişebilmektedir.

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 pedalı konum sensörü	Aracın gaz pedalının doğru konumunu algılar.
Cg / yer çekimi 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 açı 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	Aracın çarpışma bölgelerine yakın monte edilmiştir. Kazayı algılar ve hava yastıklarına sinyal gönderir.
Hava yastığı sensörü	Hava yastığının içindedir ve çarpışma sensöründen sinyal aldığında 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

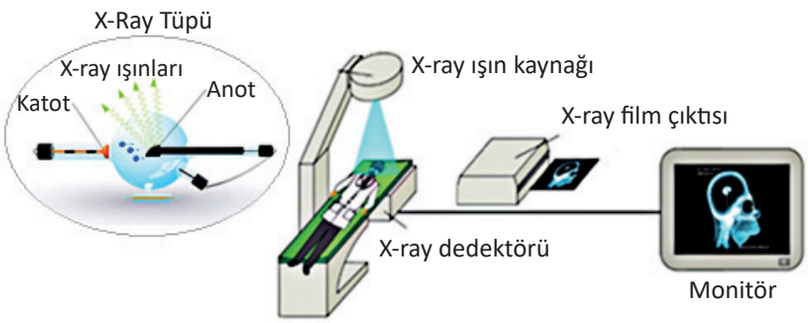
Sonik anemometre, üç özdeş ses dalgası kaynağı ve mikrofon tertibatı ile oluşturulur. Her kaynak, mikrofonlara ses darbeleri yayar. Havanın hareketi (örneğin rüzgâr akışı) sesin hızını farklı yönlerde değiştirir, bu değişme mikrofon sinyallerinde zaman gecikmesi olarak algılanabilir. Kontrol ünitesinde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



Şekil 1.15: Sonik rüzgâr sensörü (anemometre)

1.1.2.8. Biyomedikal Alanında Kullanılan Sensörler

X ışını, radyolojik teşhiste tıbbı 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 parıldama, bir kamera sistemiyle dijitalize edilerek görüntü oluşturulur (Şekil 1.16).



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

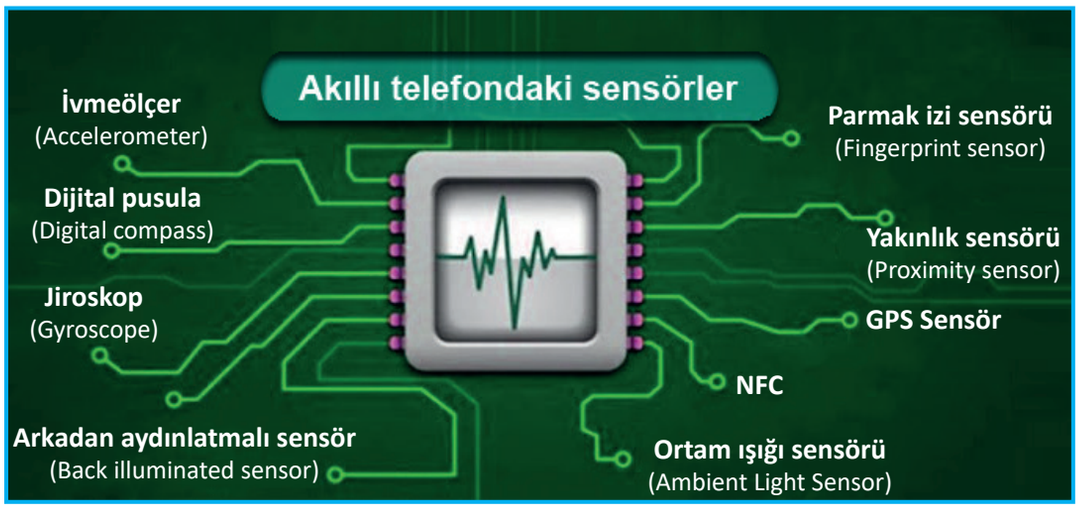
Sabit X ışınları, görünür fotonların yayıldığı bir floresan ekranın yüzeyine çarpar. Floresan ekranın yüzeyine çarpan fotonlar, buradaki fotoelektronları vakum tüpünün katotundan karşı tarafa doğru uyarır. Nihayetinde uygun bir elektron optiği ile aynı vakum tüpünün karşı tarafında bulunan bir ekranda 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, jireskop, manyetometre, GPS, barometre, nabız ölçer, 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 sinyaller algoritma dahilinde işlenir; motor, pompa, LED ve buzzer gibi çıkış elemanları (aktüatör) kontrol edilir.

Sensörler
- ✓ Basınç (siviç & kapı kapalı)
- ✓ Su seviye/basınç
- ✓ Sıcaklık
- ✓ Tambur hızı
- ✓ Denge

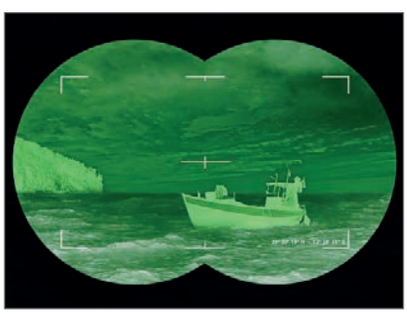


Aktüatörler
- ✓ Motor
- ✓ Pompa
- ✓ Isıtıcı
- ✓ LED
- ✓ Buzzer (Bazır) / zil

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 1.5: Termal kamera ile hedef takibi

Sensörler, askeri bilgi altyapısını güçlendirme ve entegre işlemlerinde kullanılmaktadır. Termal kamera sistemleriyle gece 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 1.5).

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 1.6).



Fotoğraf 1.6: Dijital tarımda drone ve lidar sensörlerle ekin kontrolü

Araştırma

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

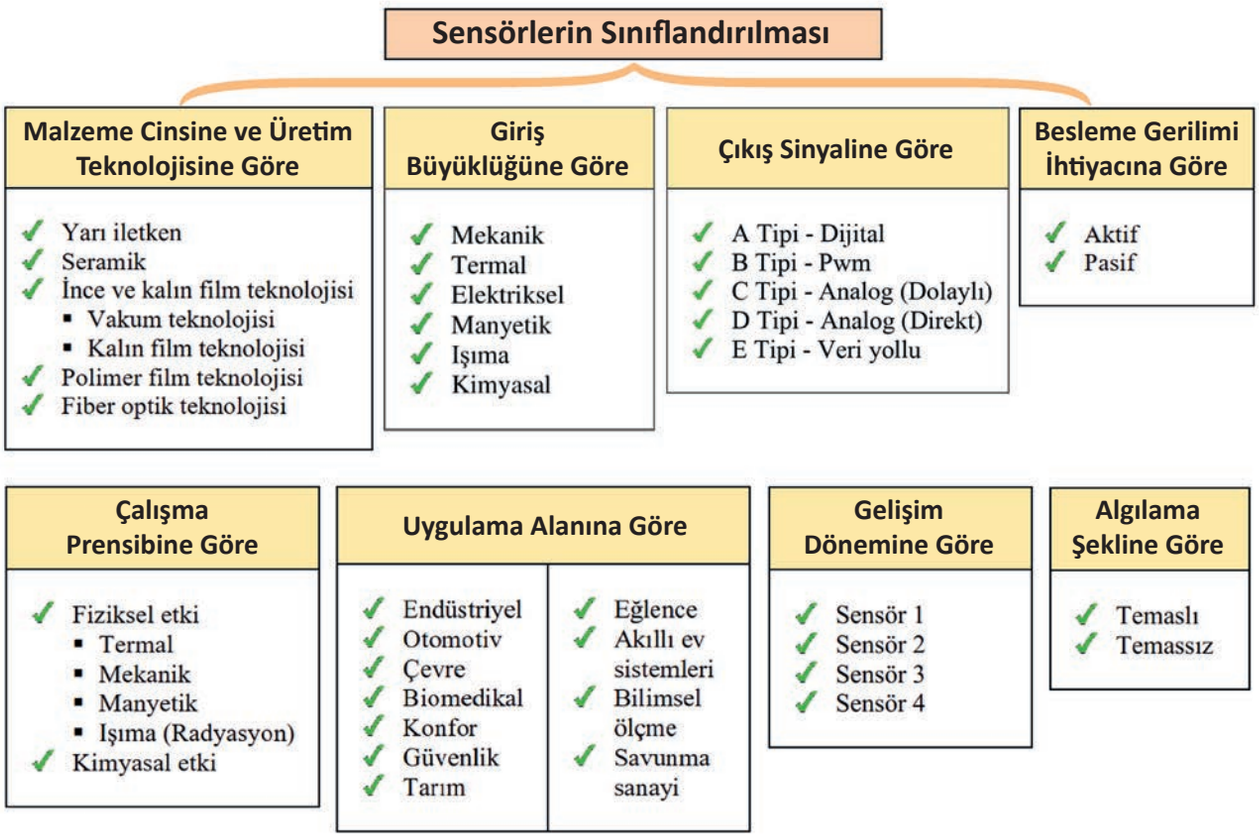
Notlar

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. Şema 1.4'te sensörlerin sınıflandırılması ile ilgili farklı sınıflandırma yöntemleri bir araya getirilmiştir. 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 yapılırken oldukça yol gösterici olacaktır.

Araştırma

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, ışıma 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 Partikül büyüklüğü Molekül tipi	pH değeri, nem, ısı iletimi, asılı madde miktarı, toz miktarı, katı-sıvı ve gaz molekülleri miktarı, yoğunlaşma, içerik, oksidasyon / redaksiyon, reaksiyon hızı

İş Sağlığı ve Güvenliği

Ölçümü yapılan kimi büyüklükler tehlike oluşturabilir. Bu nedenle iş güvenliği tedbirleri alınarak ölçme yapılması önemlidir. İş kazalarının %98'inin önlenebilir 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 gerçekleştirir. Çok küçük sinyalleri ölçebildiklerinden oldukça hassas ölçüm yapabilir. Aktif algılayıcılara; strain gauge (sıtreyn gayc), termokupl, ultrasonik, kızılötesi, fotovoltaik, piezoelektrik vb. örnek olarak verilebilir.

- **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 aldığı sinyalleri kontrol ederek algılama işlemini gerçekleştirir. Pasif algılayıcılara; buton ve anahtar, potansiyometre, limit anahtarları, NTC/PTC, basınç sensörleri, LDR, fototransistör, fotodiyotlar, mikrofonlar vb. örnek olarak verilebilir.

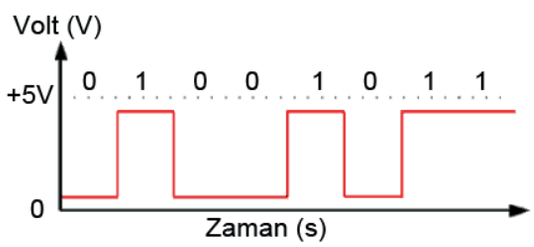
Çıkış Sinyaline Göre Sensörler

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.

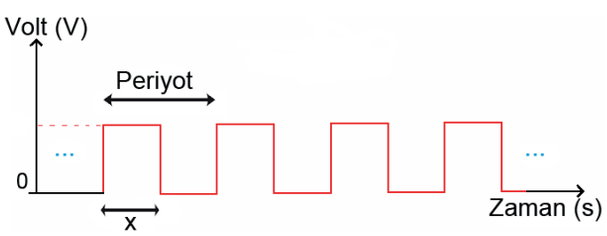
  Örnek: Temassız algılayıcılar, basınç, sınır, seviye ve çift metal (bimetal) anahtarları gibi sensörler A tipi sinyal çıkışına sahiptir.

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



Grafik 1.2: Dijital sinyal

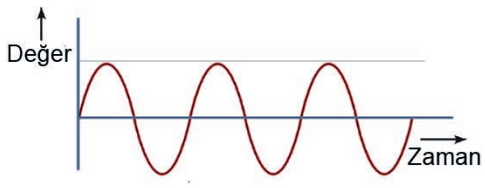
- **B Tipi:** Darbe frekans çıkışlı sensörlerdir. Sensör sürekli PWM darbeleri üreterek algılama yapmaya çalışır (Grafik 1.3). Genellikle kontrol ünitesiyle (mikrodenetleyici, PLC) uyumlu arabirimleri bulunur. Örnek: Uzunluk, dönme açısı algılayıcıları vb.



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 elektroniği olmayan sistemlerdir.

Analog Sensörler (Analogue Sensors): Fiziksel ölçüm değerini analog çıkış sinyaline (gerilim, akım) dönüştüren sensörlerdir (Grafik 1.4). Örneğin ısıl çiftin (termokupl) sıcaklığı arttıkça çıkışından elde edilen gerilim de artar. Analog sensör çıkışındaki bu sinyaller, mikrovolt (uV) ve milivolt (mV) mertebesinde çok küçük değerde 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, pizoelektriksel algılayıcı elemanlar, Pt-1OO, 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.

Araştırma

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 İoT uygulamalarına yönelik özelleştirilmiş protokoller ortaya çıkmıştır.

1.1.3.2. Sensörlerin Özellikleri

Sensörler aşağıda verilen özelliklere göre değerlendirilir.

Çalışma Aralığı (Range / Span): Bir sensörün ölçüm aralığı, gerçek çıkış değerini veren asgari (minumum) ve azami (maksimum) giriş değerleri arasındaki farktır. Sensörlerin ölçüm aralığı genellikle üretici tarafından belirlenir. Örneğin 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

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

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.

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 duyarlığı yüksektir.

Hassasiyet (Precision): Tam veya kesin olarak tanımlama ya da ölçülen 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 (±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 ±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°C ile 5,5°C 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 (±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: ±0,1 ..... ±0,5 ..... ±1,5 °C (Pt1000 için ±0,2 °C)

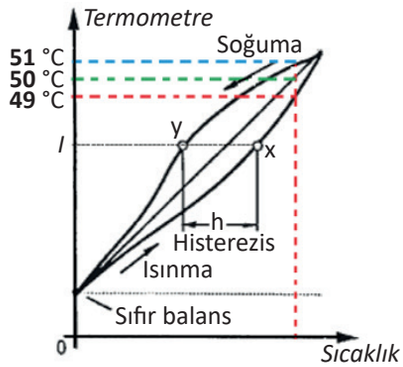
Kalibrasyon Hatası (Calibration Error): Sensörler fabrikada kalibre edilirken üretici tarafından izin verilen sensör kalibrasyon hataları içerebilir. Yapısı gereği sistematik sensör kalibrasyon hatası, her sensörde farklılık gösterebilir. Hassas sensör uygulamalarında, özellikle hassas ve doğru portatif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

Doğrusallık (Linearity): İdealde karakteristik eğrinin bir doğruyu izlemesi beklenir. Ancak sensörün doğasında bulunan ve sensörü doğrusallıktan uzaklaştıran özellikleri nedeniyle 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.

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.

Histerezis (Hystheresis): 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 mıknatıslandığı için yakın geçmişteki durumunu korumak isteyecektir.



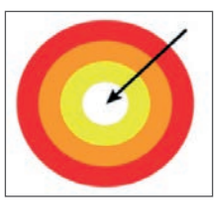
Grafik 1.5: Histerezis grafiği

Örnek: Histerezis hatası, ters yönde yaklaşılırken 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.

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.

Hata (Error): Hata, ölçülen değer ile gerçek giriş arasındaki farktır. Algılayıcılar; malzemedeki değişimler, işçilik ve tasarım hataları, üretim toleransları ve diğer sınırlamalar nedeniyle 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 mm / 10 mm × 100 = %5'tir.

Sensörlerde görülen hata türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

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

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. Örneğin 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.**

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

Yaşlanma (Life) ve Çevresel Etkiler: Sensörlerin doğruluk, doğrusallık, 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.

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

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

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

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 sinyalle çalışan bir devreye bağlanması durumunda, ADC devresinin kullanılması gerekir.

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

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

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

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 taktirde 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?

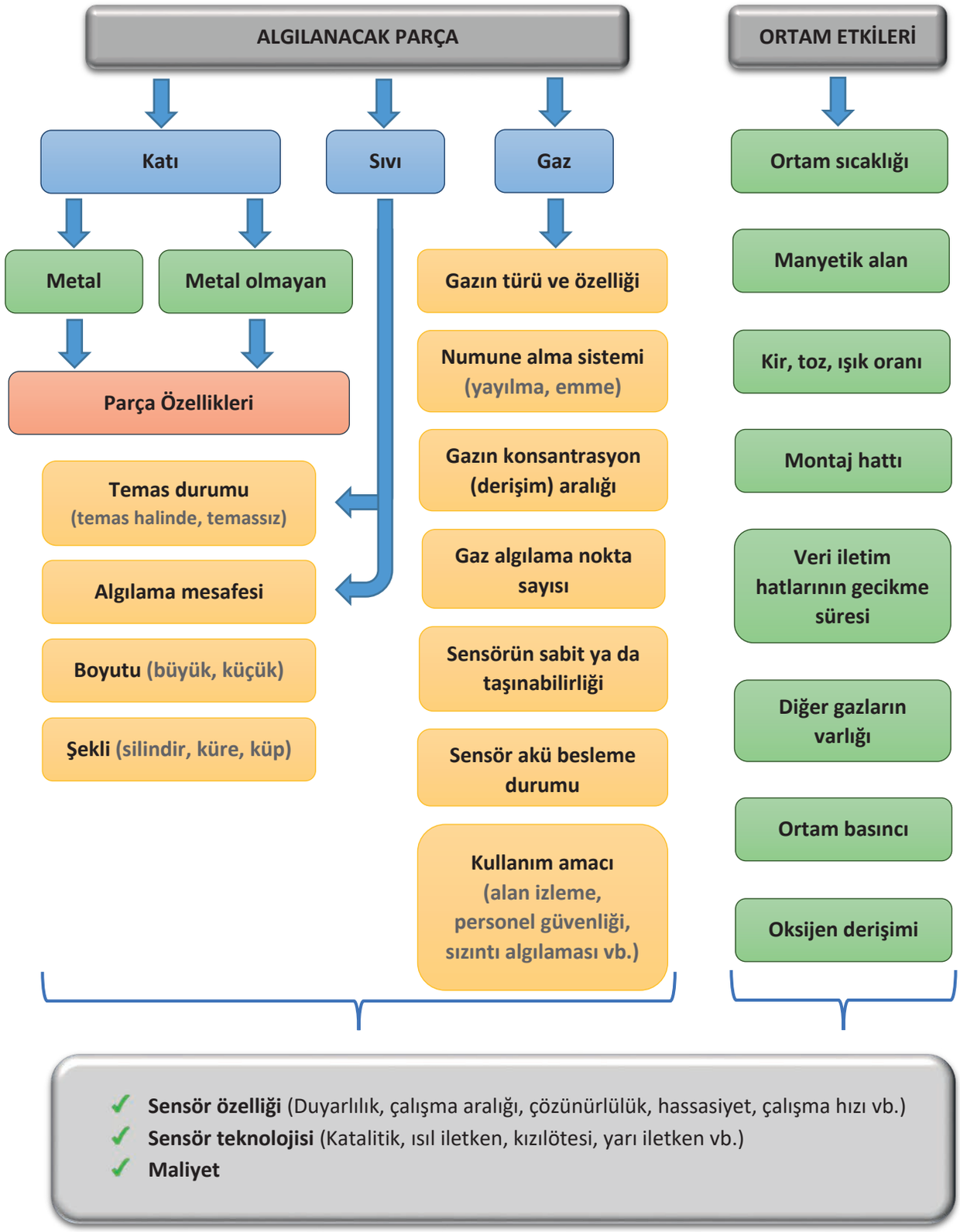
Bulunabilirlik Koşulları

- 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 gerekecek düzenlemeler nelerdir?

Sensör seçimindeki kriterler **Şema 1.5**'teki gibi gösterilebilir.



Şema 1.5: Sensör seçim şeması

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. Örneğin 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 anlaşılacaktır.

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.

Bilgi Notu

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.

Notlar

.....

.....

.....

.....

.....

.....

UYGULAMA 1

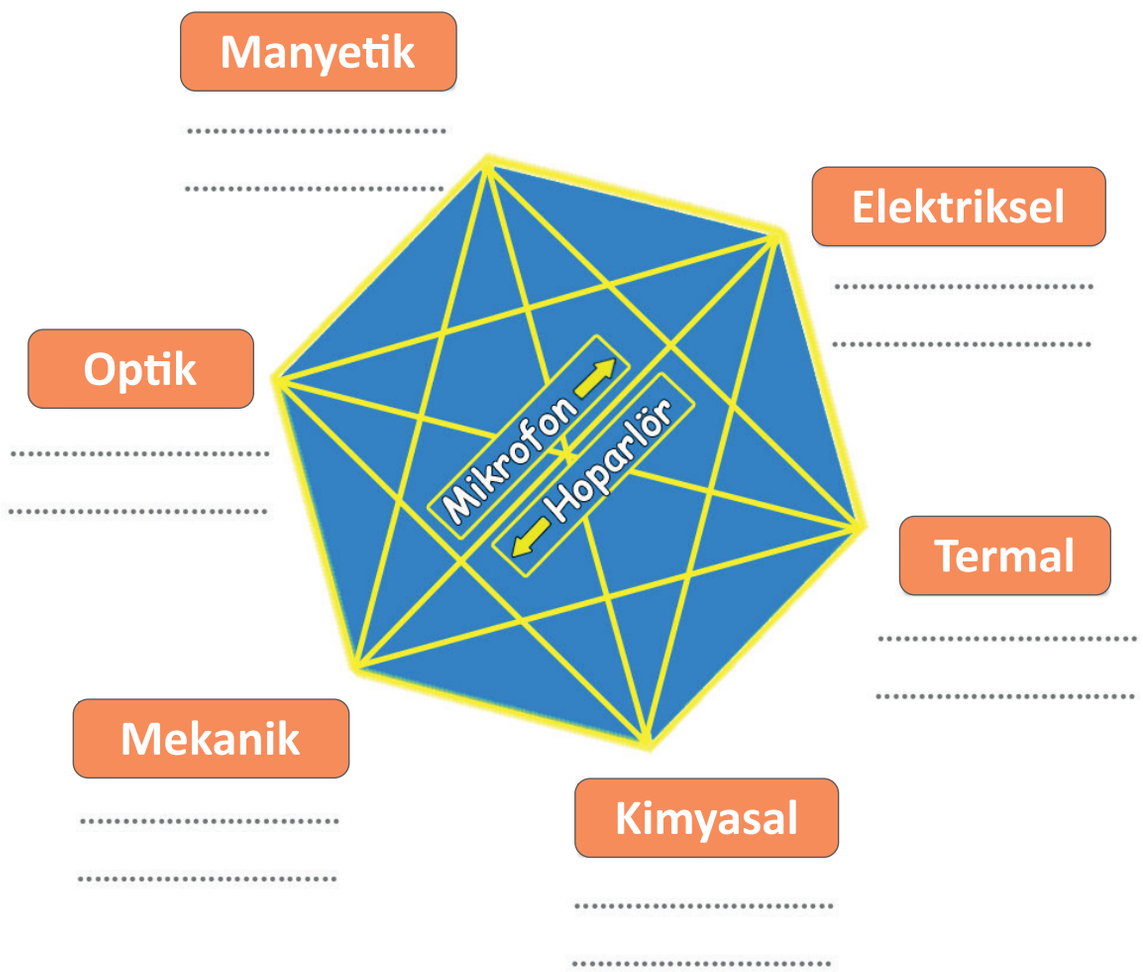
SENSÖRLERDE ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ



AMAÇ

Sensör ve trandüserlerin 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) inceleyiniz.
2. Uygulama sonuç tablosunun ilk satırını örnek alarak tabloyu doldurunuz.
3. Tablodan on iki adet sensör seçiniz. Sensörlerin dönüşümünü yaptığı enerji türleri arasındaki ilişki, Şekil 1.21'deki kenar ve köşe çizgileri üzerine isimlerini yazarak ok işareti ile gösteriniz.

Alınan Değerler, Sonuç

No.	Sensör	Ölçülen Büyüklük	Ölçülen Büyüklüğün 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 enerjisinin türünü tespit eder.			
Uygulama alanını belirler.			

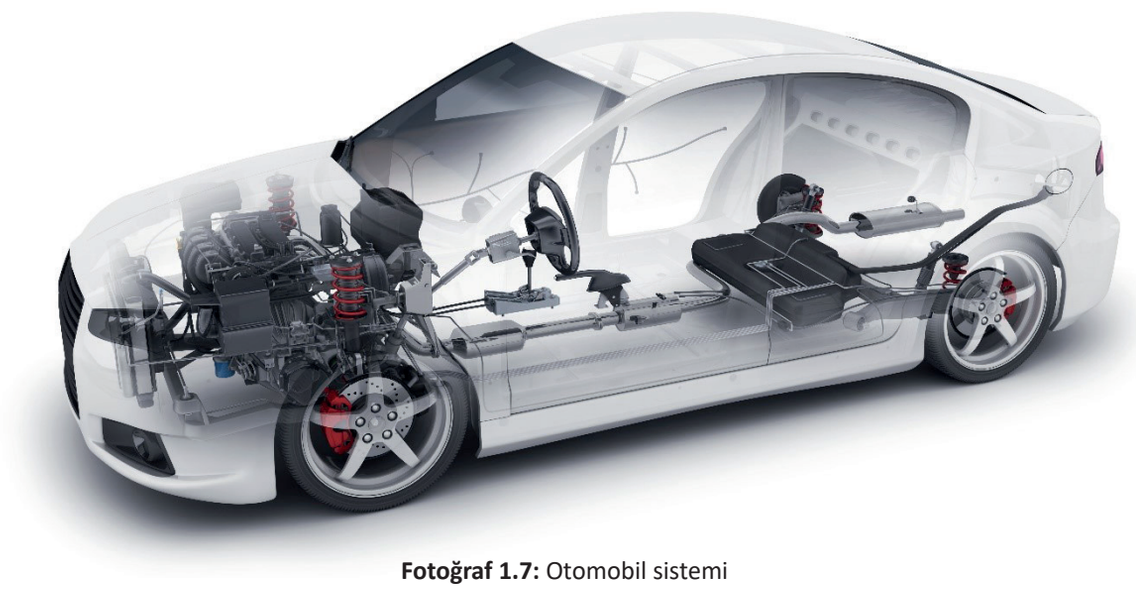
UYGULAMA 2

OTOMOBİLLERDE KULLANILAN SENSÖRLER

AMAÇ

Farklı araç gereçlerde kullanılan sensörleri tanımak.

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Resimler



Fotoğraf 1.7: Otomobil sistemi

İşlem Basamakları

1. Otomobillerde kullanılan sensörlerle ilgili kaynaklar belirleyiniz
2. Otomobillerde kullanılan sensörlerin görevi ve çalışma prensiplerini inceleyiniz.
3. Sensörlerin fiyat bilgisini araştırınız.
4. Oto servisinden ya da otomobiller hakkında yeterli bilgiye sahip kişilerden yardım alınız.
5. Araştırma sonuçlarına dair verileri, üçer adet olacak şekilde sonuç tablosuna yazınız.
6. Sonuç tablosunda oluşan verilere göre Fotoğraf 1.7'deki otomobil görseli üzerinde sensörlerin yerini ok işaretiyle göstererek ismini yazınız.

Araştırma

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 3

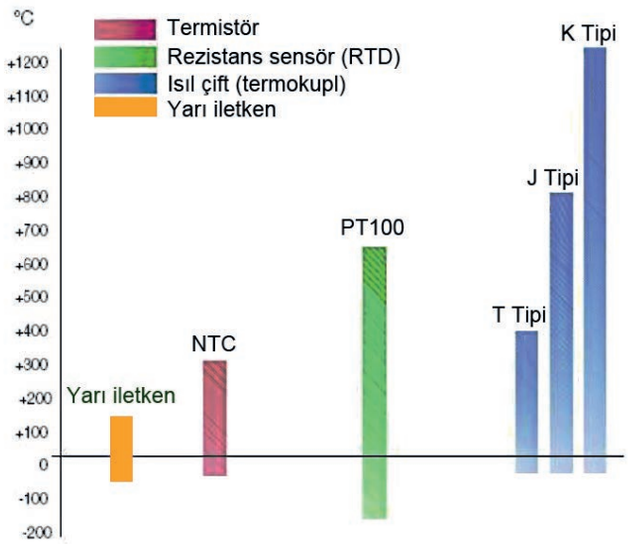
SICAKLIK ÖLÇÜMÜNDE SENSÖR SEÇİMİ



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 hususları gözden geçiriniz.
2. Sıcaklık ölçüm sensörleri [termistör, termokupl, RTD ve LM35 (yarı iletken) vb.] hakkında firma kataloglarından yararlanarak araştırma yapınız.
3. Kataloglarda bulunan Grafik 1.6 veya benzeri tabloları örnek alınız. Sıcaklık sensörlerinin ölçüm aralığı ve diğer sensör özelliklerini de belirleyip uygulamanın sonuç tablosuna kaydediniz.
4. Araştırma sonucu oluşturulan sonuç tablosuna göre aşağıdaki sorulara cevap veriniz.
   - **a)** Hastalıklar nedeniyle (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.

Araştırma

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 (4. İşlem basamağı)	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. Sizce bir kamera sistemi nasıl oluyor da insandaki görme duyusu ile aynı fonksiyonu gerçekleştirebiliyor?
2. Sensörler tarafından algılanan sinyallerin elektrik sinyaline dönüştürülmesinin sebepleri neler olabilir. Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Giriş sinyalinin dönüştürüldüğü temel elektriksel büyüklük türlerini ve bu türlerin örneklerini araştırarak sonuçlarını sınıfta paylaşınız.

1.2. SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Temel ya da türetilmiş büyüklükler; mekanik, termal, elektriksel, manyetik, ışınımsal 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.

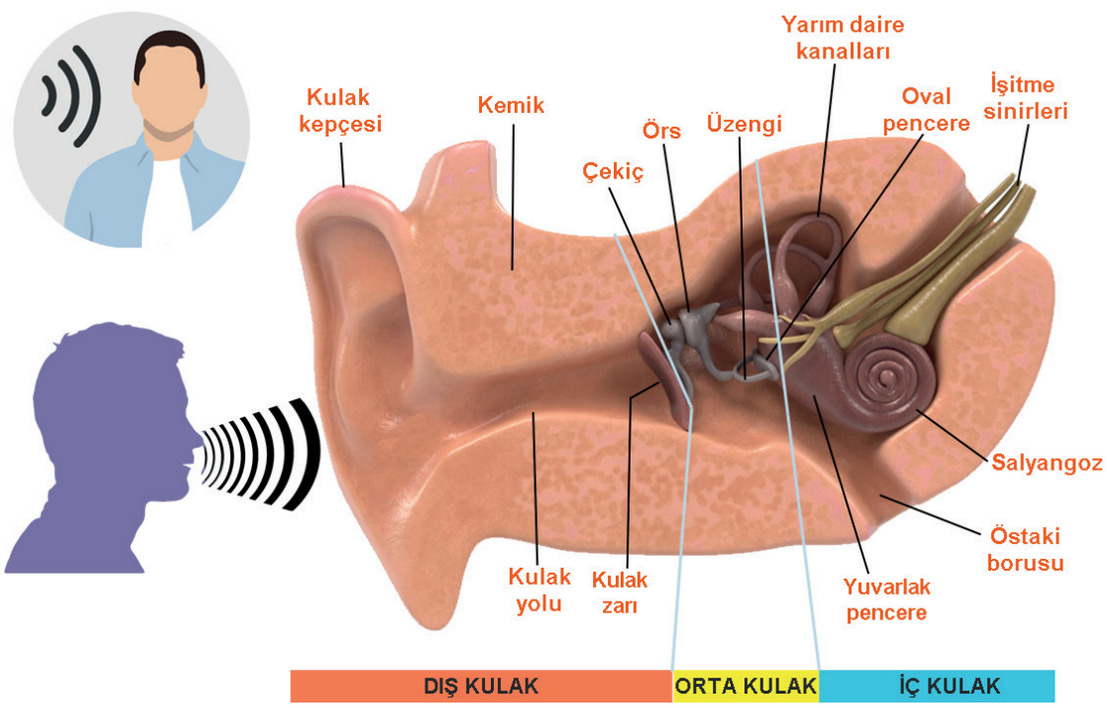
Sensörlerin çevrelediği dünyada birçok süreç başarılı şekilde çalışan sensörler tarafından ölçülüp tespit edilmektedir. Endüstriyel ve diğer uygulama alanlarında kullanılan sensörlerin, insan vücudundaki duyu organlarına benzeyen tarafları vardır.

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.

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).



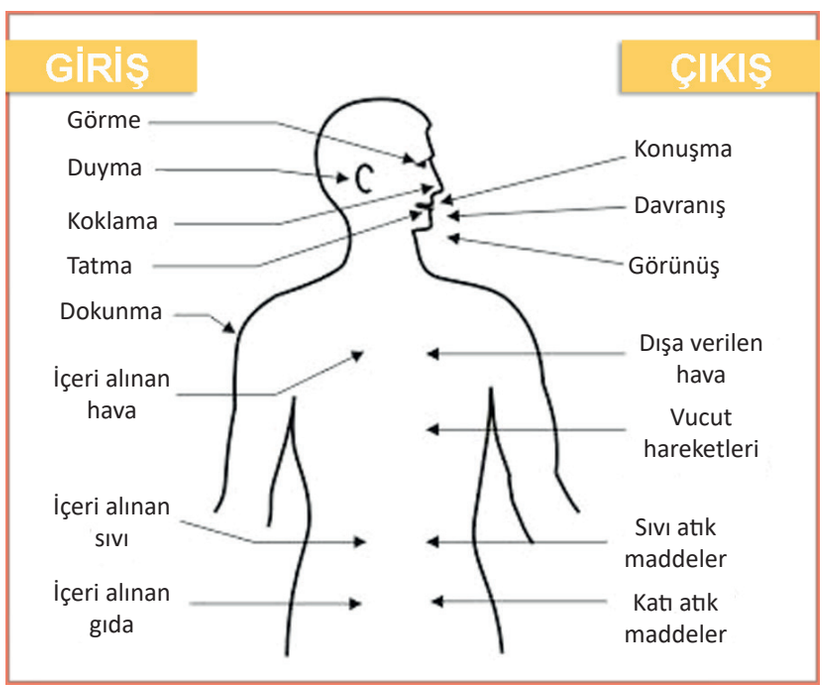
Şekil 1.22: Kulak iç yapısı

- 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 işlemden geçirerek farklı ses türleri arasındaki ayrımı gerçekleştirir (Şekil 1.22).

Araştırma

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

Vücuttaki 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. Mikrofona gelen hava basıncının şiddetine göre titreşen diyafram, ses basıncını elektrik sinyaline çevirir.



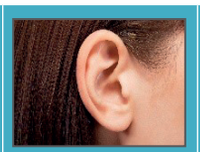
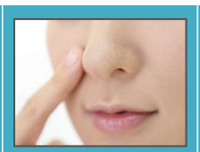
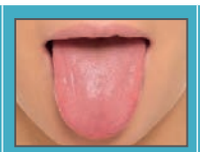
Şekil 1.23: İnsanın bir sistem olarak düşünülmesi durumunda giriş ve çıkış büyüklükleri

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

İnsan Duyuları ve Makine Duyumları

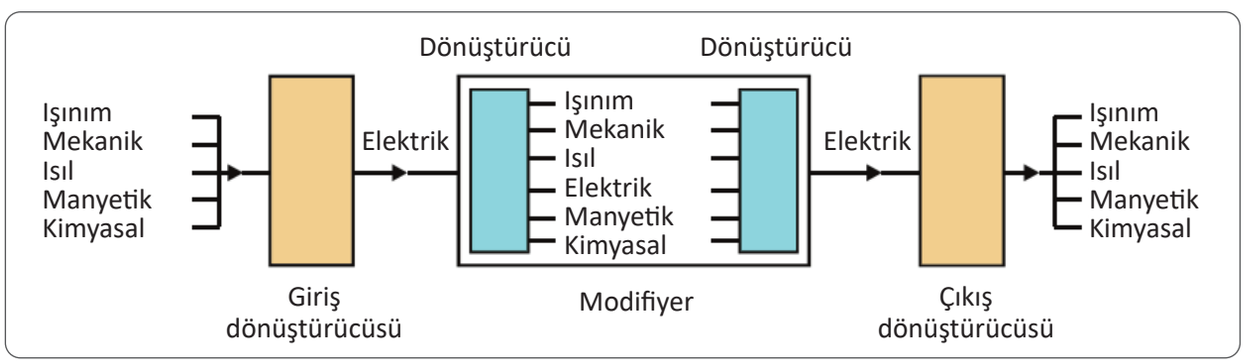
İnsan vücudunun sağlıklı bir şekilde hayatını sürdürebilmesi için duyu organları kritik bir öneme sahiptir. Makine ve kontrol sistemlerine bilgi sağlayan sensörler de vücuttaki duyu organlarına benzer. Makinelerde kullanılan sensörler ile beş duyu organı arasındaki benzerlik Tablo 1.7'de görülmektedir.

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

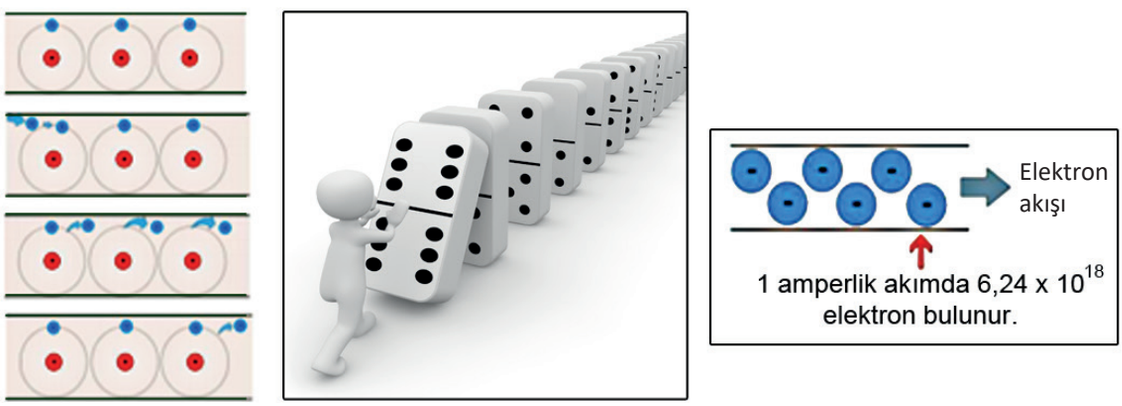
Basınç, sıcaklık, nem, ses, seviye, manyetik alan, ışık şiddeti gibi farklı enerji biçimlerindeki değişim elektriksel olarak ifade edilebilir. Dönüştürmenin elektriksel türü; etkiyen enerjinin ve etkilenen malzemenin kendine has özelliklerine bağlı olarak direnç, iletkenlik, kapasite, empedans, voltaj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

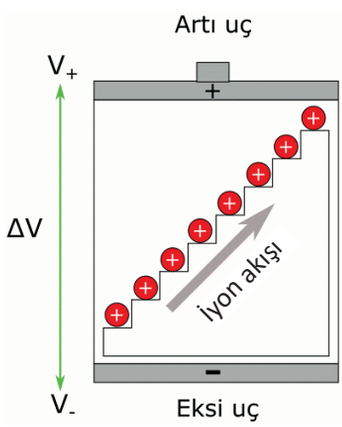
Gerilimle (Voltaj) İlgili Temel Kavramlar

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 fark nedeniyle oluşan enerjinin uzun süreli olduğu unutulmamalıdır.



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 **Ep** ya da **ΔV** simgesiyle gösterilir.



Şekil 1.25: Elektriksel potansiyel farkının oluşması

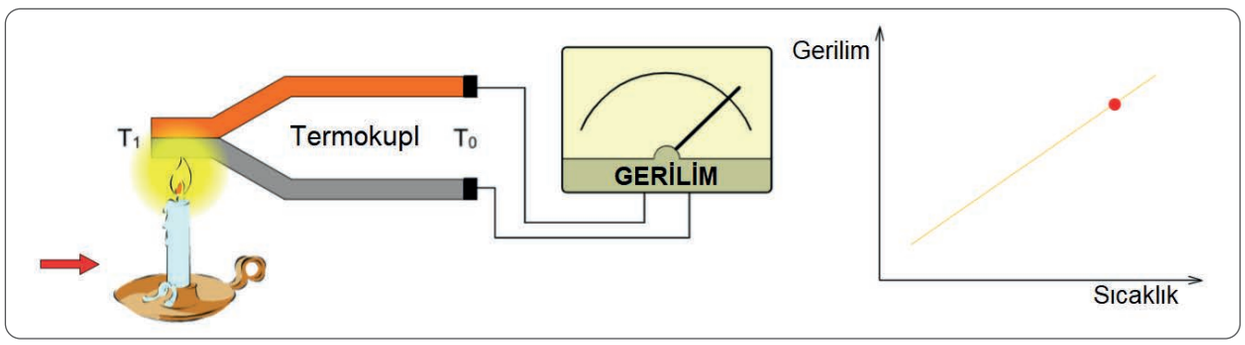
Bilgi Notu

- Bir iletken kesitinden 1 saniyede 6,24.10^{18} elektron (1C) geçiyorsa bu akımın şiddeti 1 amperdir.
- 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 volttur.

Isı Değişimine Bağlı Gerilim Elde Edilmesi (Seebeck Etkisi)

Aktif sıcaklık sensörü olarak kullanılan ve sıcaklığın gerilime dönüştürülmesini sağlayan ısıl çift (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 bu durum 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 °C ile +2500 °C arasında çalışabildiklerinden endüstride en çok tercih edilen ısı kontrol elemanıdır. Yüksek sıcaklıkların ölçülmesi ve endüstri tesislerindeki yüksek sıcaklıkta çalışan kazanların ısı kontrolünde kullanılır. 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.

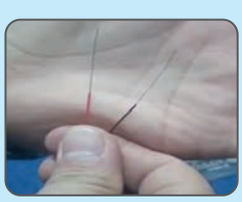
KENDİN YAP 1 — Termokupl Sensörünün (Isıl Çift) Yapılışı

Malzemeler

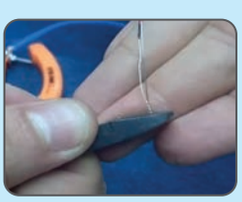
- Yankeski, kargaburnu, ölçü aleti
- Farklı cins iki iletken tel (kesit 0,75-1,5 mm², boy 15 cm, bakır ve demir)



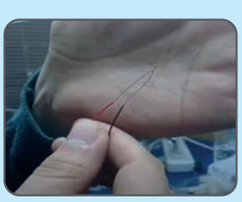
Fotoğraf 1.11: Ölçü aleti



Fotoğraf 1.8: 1. adım



Fotoğraf 1.9: 2. adım



Fotoğraf 1.10: 3. adım

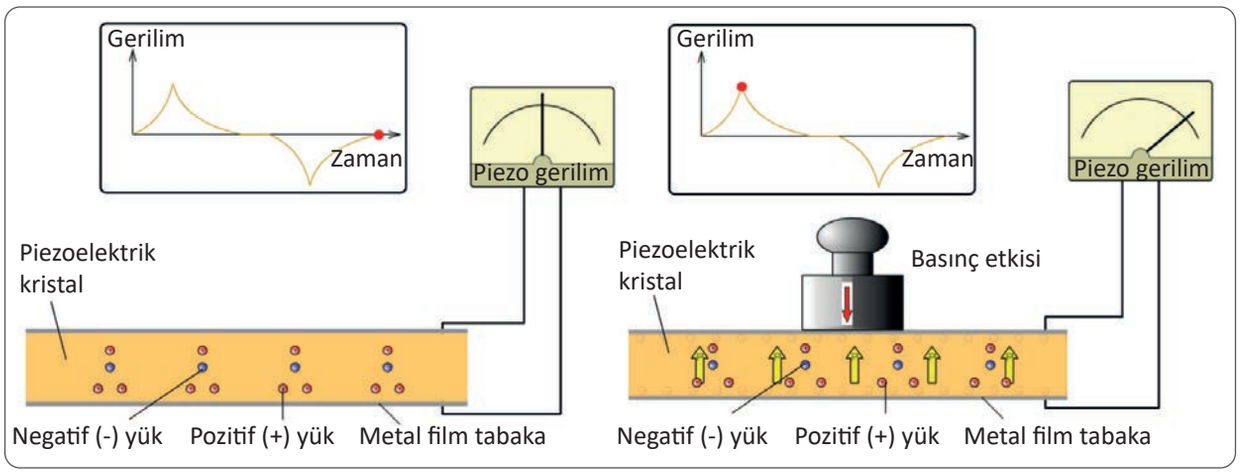
İşlem Basamakları

1. İletken teller baş kısımlarından 3 cm soyulur (Fotoğraf 1.8).
2. Kargaburun kullanılarak teller birbiri üzerine bükülür (Fotoğraf 1.9).
3. Bükülen tel kısımları yankeskiyle 4 mm kalacak şekilde kesilir. İmkan varsa ark kaynağı yapılır (Fotoğraf 1.10).
4. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim ölçülür.
5. Havya ile termokupl büküm uçları ısıtılır.
6. mV kademesinde termokupl uçlarındaki gerilim tekrar ölçülür.

Not: Fotoğraf 1.11'de verilen ölçü aletinde, ölçülen değer gibi sıcaklıkla orantılı olarak mV değişimi gözlenmelidir.

Mekanik Etkilere Bağlı Olarak Gerilim Elde Edilmesi (Piezoelektrik)

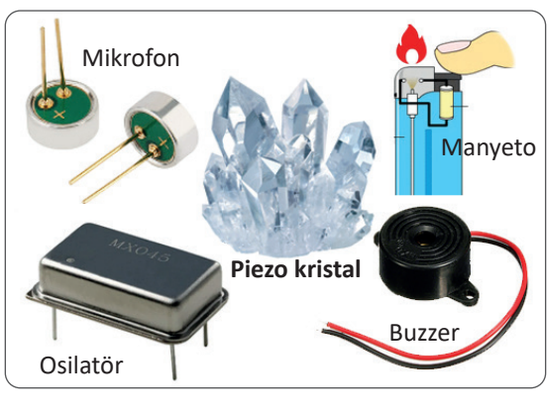
Piezoelektrik etki, basınç ile elektrik üretimidir. Zıt işaretli ve birbirlerine belirli bir mesafede bulunan eşit iki nokta yüke (dipol yük) ve/veya yüklere mekanik gerinim veya gerilim uygulandığında, pozitif ve negatif yükler kutuplaşır (polarize olmak). Mekanik gerinim şiddetiyle orantılı olarak kutuplaşan ve ayrışan 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

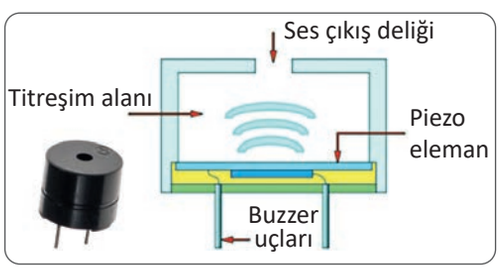
Gerinim (strain); yük altındaki bir malzemenin yük uygulanmadan önceki durumuna göre şeklinin ne kadar değiştiğini gösterir. Gerilim (ya da gerilme (stress)) ise cisim üzerinde birim alana etki eden kuvvet miktarıdır. Cisim gerilime bağlı olarak biçimsizleşir yani şekli ve hacmi değişir. Biçimsizleşme elastiki, plastiki ya da her iki şekilde de gerçekleşebilir.

Elastiki olarak şekil değiştiren bir cisim, gerilme kalktığında ilk hâline 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 ilk haline gelemeden kırılır. Bir piezoelektirik 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

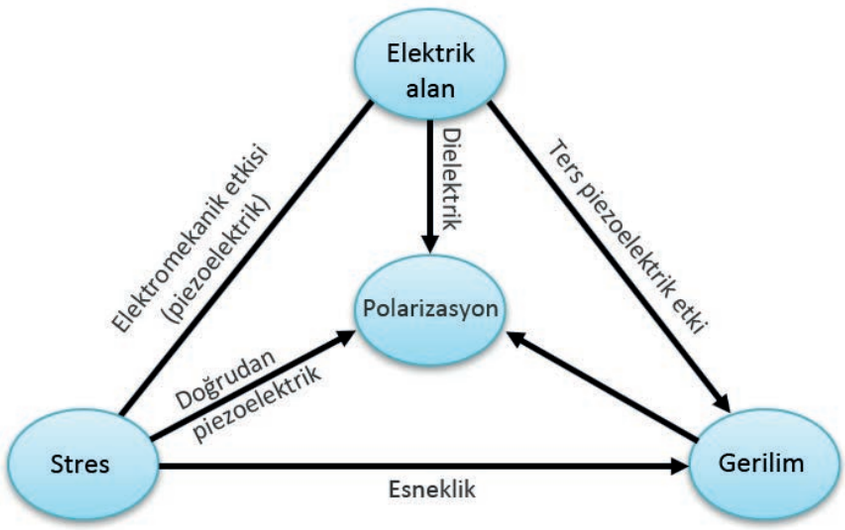
Piezoelektriklik; kurşun-zirkonyum-titanyum (PZT), baryum titanat ($BaTiO_3$) gibi seramik ve kuartz (SiO_2), turmalin gibi bazı kristal yalıtkan malzemelerden oluşur.



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 uygulandığı zaman, piezo kristali titreşmeye başlar. Kapalı hazne içinde titreşim nedeniyle 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 mekaniki 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.

Araştırma

Dijital devrelerde ritmik sinyaller (osilasyon) nasıl oluşur? Bu sinyallerin oluşmasında piezo kristallerinin etkisi var mıdır?

KENDİN YAP 2

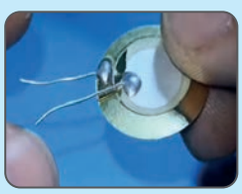
Piezo Kristal ile Piezo Gerilim Üretimi

Malzemeler

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

Düşünün

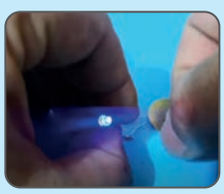
- Piezo buzzer uçlarına LED yerine 3-20 Vp-p AC gerilim bağlanırsa ne olur?
- Piezo kristaller titreşim ölçümü amacıyla kullanılabilir mi?



Fotoğraf 1.12: 1. adım



Fotoğraf 1.13: 2. adım



Fotoğraf 1.14: 3. adım

İşlem Basamakları

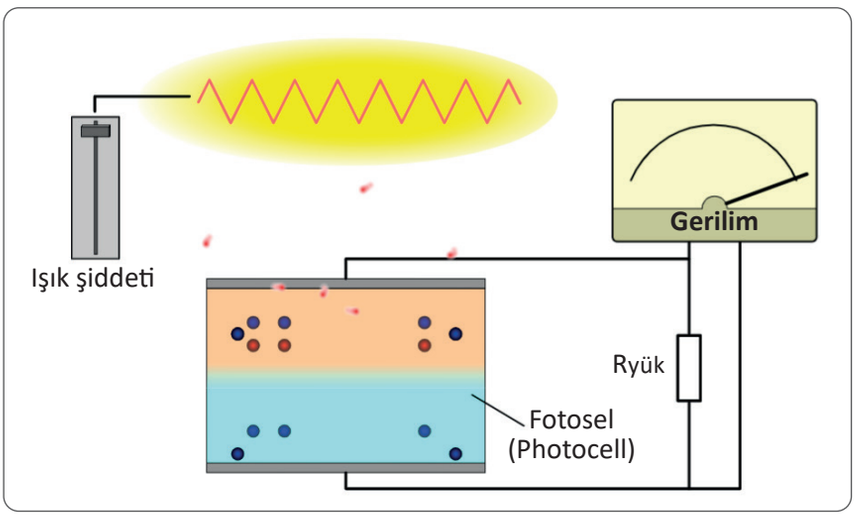
1. Ölçü aleti mV kademesine alınır.
2. Ölçü aletinin prob uçları buzzer uçlarına değdirilir (Fotoğraf 1.12).
3. Piezo buzzer parmaklar arasında sıkıştırılır ve bunun sonucunda mV mertebesinde gerilim üretildiği gözlenir (Fotoğraf 1.13).
4. Piezo buzzer uçlarına LED lehimlenir.
5. Piezo buzzer parmaklar arasında sıkıştırılıp bırakılarak LED'in yanıp yanmadığı gözlenir (Fotoğraf 1.14).

Not: Basınca bağlı olarak mV mertebesinde gerilim üretilmelidir.

Işıma Etkisine Bağlı Olarak Gerilim Elde Edilmesi (Foto Voltaik)

Güneşin elektromanyetik radyasyon enerjisi fotonlar tarafından taşınır ve iletilir. 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 iletkende 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 eklemin 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 1.15: Foto voltaik etkiyle güneş pillerinden enerji üretilmesi

PV hücrenin verdiği elektriğin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir (Fotoğraf 1.15). 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

Güneş Pili Yapılabilir mi?

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.

Araştırma

Yaptığınız güneş pilinin veriminin artırılması için neler yapılabilir? Araştırınız.



Fotoğraf 1.16: 1. adım



Fotoğraf 1.17: 2. adım

1. Ayna ya da CD'nin parlak kısmına silikon yapıştırıcı sürülür (Fotoğraf 1.16). Siyah poşet aynanın üzerine yapıştırılır. Poşetin fazla kısımları arkaya katlanır (Fotoğraf 1.17).

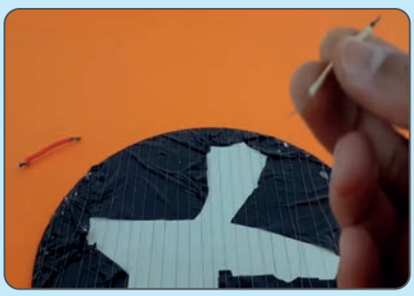


Fotoğraf 1.18: 3. adım



Fotoğraf 1.19: 4. adım

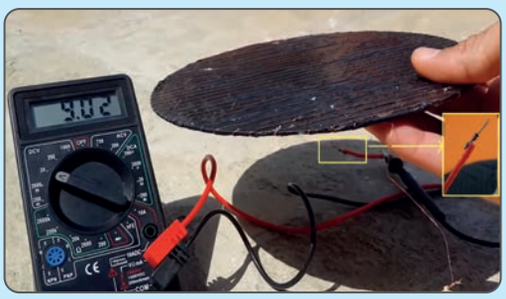
2. Arkaya katlanan poşetler kabartılmadan yapıştırılır (Fotoğraf 1.18). Bobin teli ucu arkada olacak şekilde ve aynanın bütün çevresinden dolaşacak şekilde sarılır ve yapıştırılır (Fotoğraf 1.19).



Fotoğraf 1.20: 5. adım

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

4. Telin birinin ucuna ayrıca zener diyot lehimlenir (Fotoğraf 1.20).



Fotoğraf 1.21: 6. adım

5. Ölçü aletinin prop uçları, DC volt kademesinde tel uçlarına değdirilir. Aydınlık bir ortamda gerilim ölçülür (Fotoğraf 1.21).

Bilgi Notu

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



Fotoğraf 1.22: Güneş paneli

1.2.2.2. Kapasitans Değişimine Göre Çıkış Sinyalinin Oluşması

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

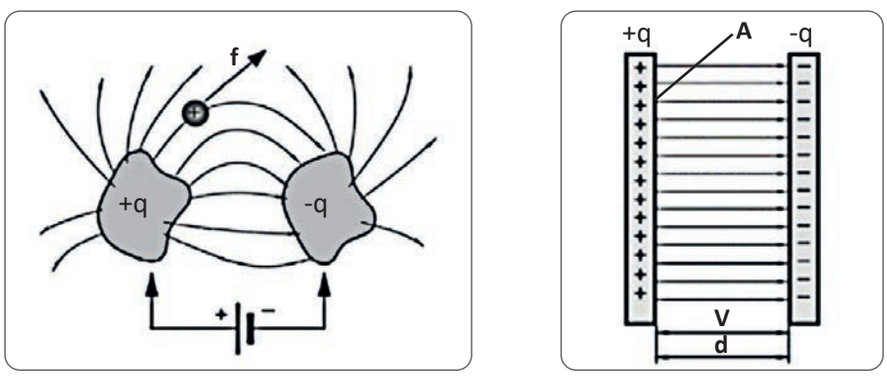
Kapasitans ile İlgili Temel Kavramlar

Kondansatör: Bir yalıtkan malzemenin iki metal tabaka arasına yerleştirilmesiyle oluşturulan ve potansiyel enerjiyi depolamakta kullanılan aygıta **kondansatör** denir. 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).

$$C=q/V$$

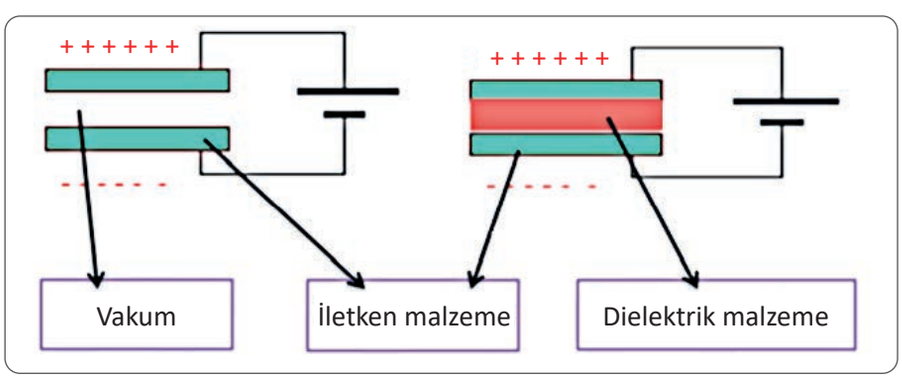
Siga (C); kondansatör plakalarının boyutlarına, bu plakalar arasındaki mesafenin uzaklığına ve iki plaka arasındaki yalıtkan malzemenin özelliğine (dielektrik katsayısı) bağlıdır (Şekil 1.32: b).

$$C=k.A/d$$



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.

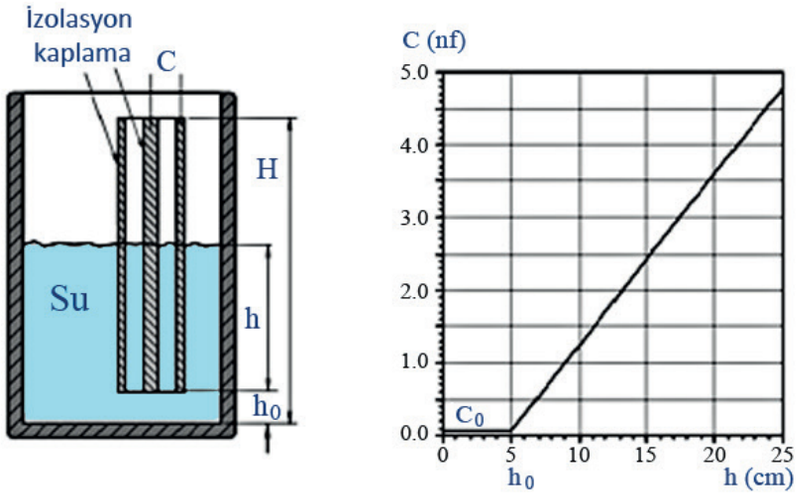


Şekil 1.33: İki dielektrik malzeme arasındaki elektrik yükü ve voltaja bağlı kapasitans

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.

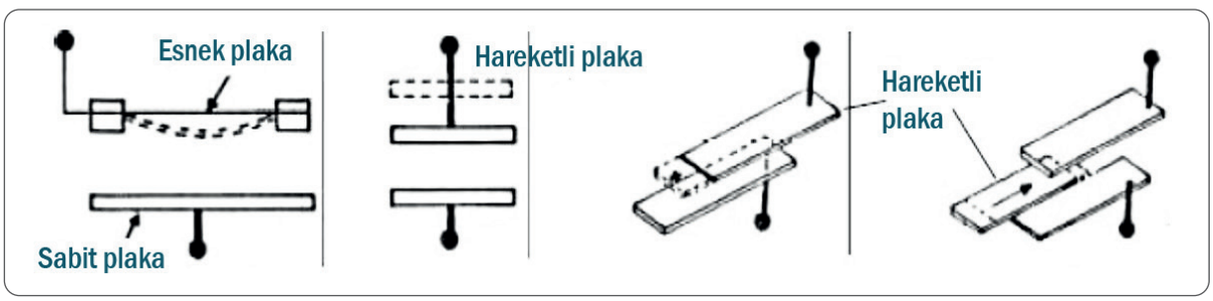
Mekanik Etkilere Bağlı Olarak Kapasite Elde Edilmesi

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).



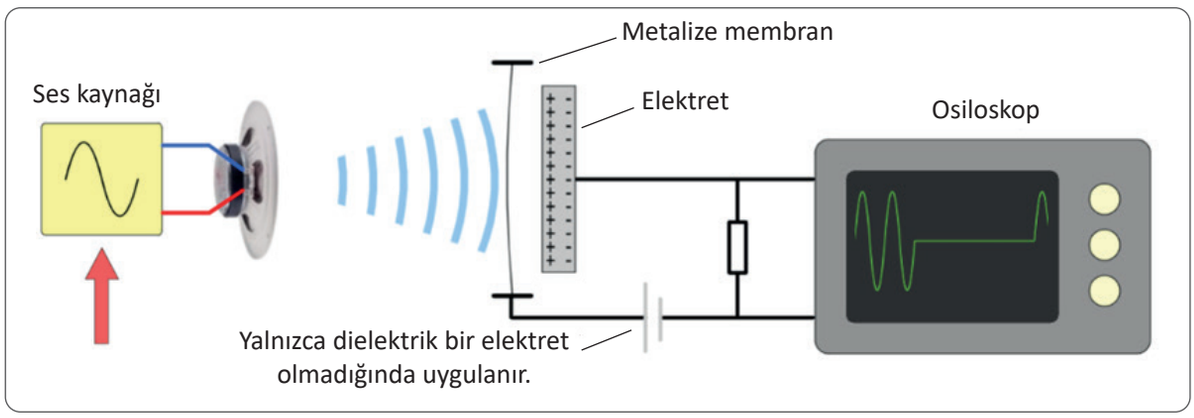
Şekil 1.35: Kapasitif basınç ölçme sensörü

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).

Araştırma

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



Şekil 1.36: Ses dalgalarının kapasitif etki ile voltaj üretmesi

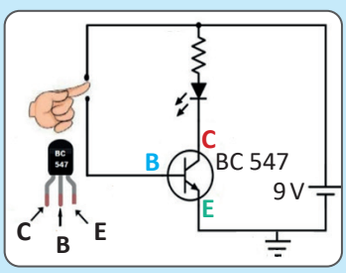
KENDİN YAP 4 — Dokunma (Touch) Sensörü

Malzemeler

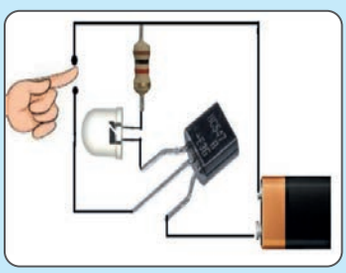
- 1 KΩ direnç, LED diyot, BC547 (2N 2222) transistör, ölçü aleti, iletken tel, delikli pertinaks
- Lehim teli, havya, lehim pastası (elemanlar birbirine pertinaks üzerinden birbirine lehimlenmek istenirse)

Düşünün

Bu uygulamada transistörün tetiklenmesini sağlayan etki nedir?



Şekil 1.37

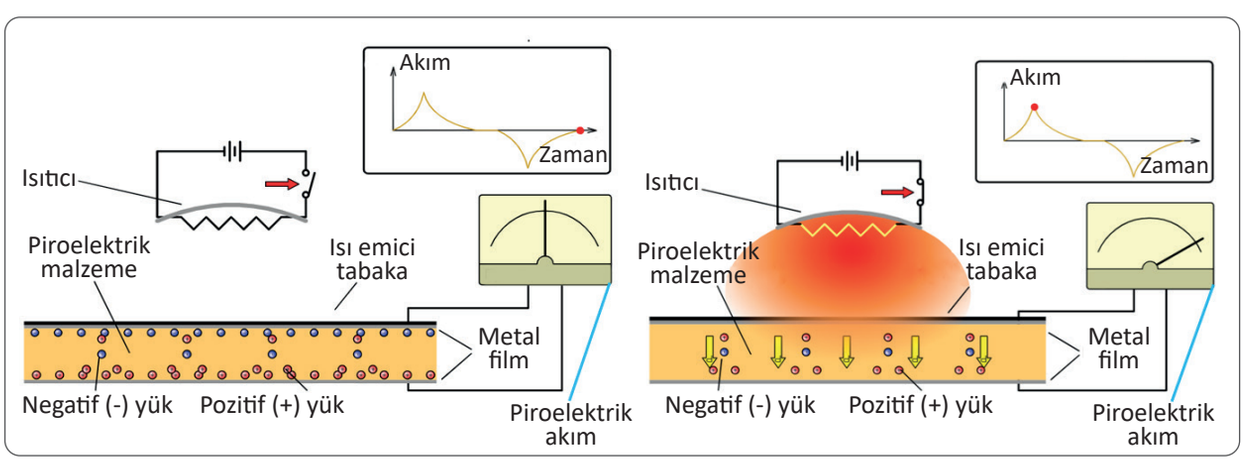


Şekil 1.38

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 pertinaks üzerinde kurulması hâlinde iş güvenliği önlemleri alınarak bacaklar 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 ($LiTaO_3$) 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.

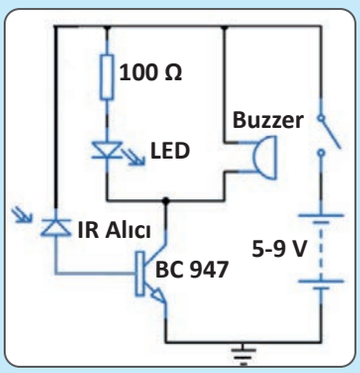
Sıcaklık değiştiğinde, kutuplu yüzlerden birinde aşırı yük belirir ve harici devrede bir akım akar. İlk dalgalanmanın ardından akım, zamanla üssel olarak yok olur ve sonunda başka bir sıcaklık değişikliği gelene kadar sıfıra düşer. Bir piroelektrik kristal boyunca oluşan elektrik alanı; piroelektrik 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 seköründe 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.

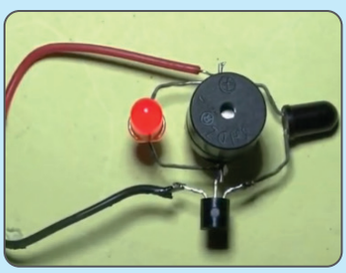
KENDİN YAP 5 — Ateş ve Kızılötesi (IR) Algılama

Malzemeler

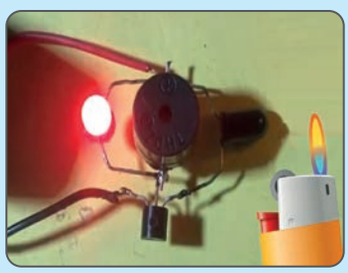
- IR diyot, buzzer, 100 Ω direnç, BC947 transistör, LED diyot, IR kumanda
- Havya, lehim teli



Şekil 1.40: Devre şeması



Fotoğraf 1.23: 1. adım



Fotoğraf 1.24: 2. adım

İşlem Basamakları

1. Şekil 1.40'taki 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 1.23).
4. Devre 5-9 V arası bir gerilim kaynağıyla beslenir.
6. Uzaktan çakmak yakarak ya da IR kumanda kullanarak LED'in ve buzerrin birlikte çalışıp çalışmadığı gözlenir (Fotoğraf 1.24).

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 yönlere 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.

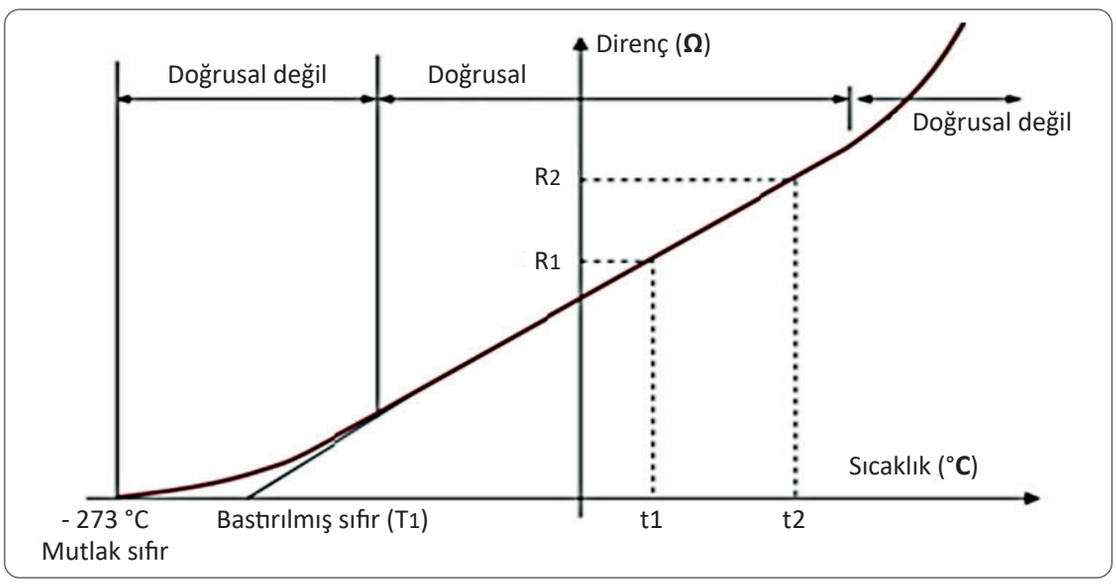
$$R = \frac{\rho . l}{S}$$

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 °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 yaklaşınca ve sıcaklık 100 °C değerini aşınca bozulur. Eğrinin doğrusal bölümü boyunca sıcaklık değişimleri kolayca hesaplanabilir.

$$R2 = R1 + (1+\alpha\,(t2 - t1)$$

Bu formülde; t1 °C olarak düşük sıcaklık, t2 °C olarak yüksek sıcaklık, R1 ve R2 Ω olarak t2 ve t1 sıcaklıklarındaki direnç değerleri, α °C olarak t1 sıcaklığındaki sıcaklık bağımlılık katsayısıdır.

Grafik 1.7'de görülen T_1 değeri °C olarak bastırılmış mutlak sıfır sıcaklığıdır.



Grafik 1.7: Sıcaklık ile metal direncin değişimi

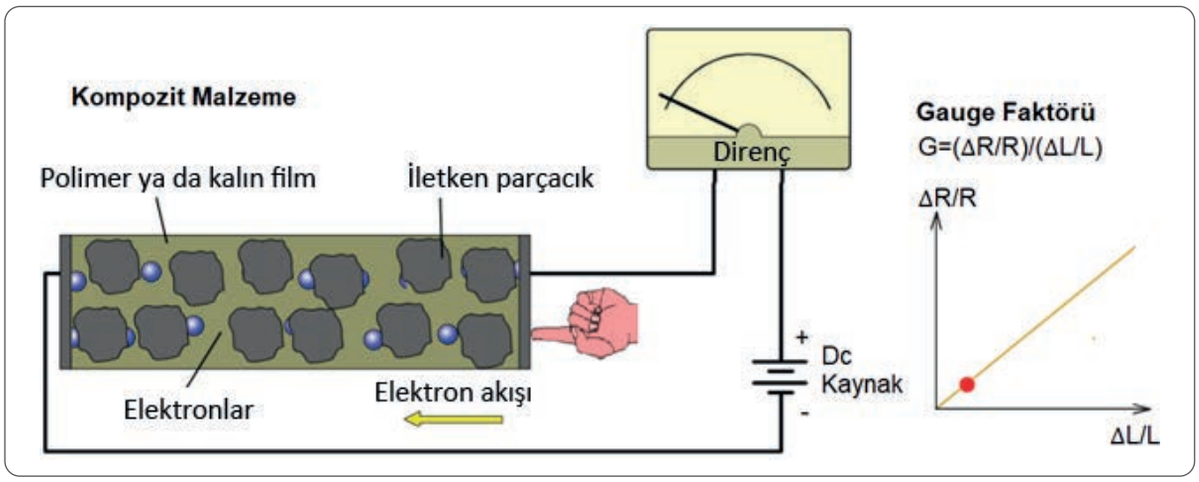
Bilgi Notu

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 gösterdiği söylenebilir.

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-ΔL kadar azalırken direnç ise R+ΔR kadar artmaktadır. G gauge (geyç) faktörü, gerinime bağlı direnç değişiminin bir ölçüsüdür. Dirençteki bu değişim, genellikle Wheatstone (vitston) köprüsüyle ölçülmektedir.



Şekil 1.41: Kompozit malzemede yüke bağlı olarak piezodirenç oluşumu

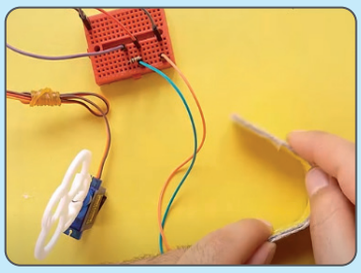
Diğer taraftan, piezodirenç özelliği gösteren malzemeler silikon ve metal tabakalardan da imal edilmektedir. Piezodirenç (piezorezistif) özellik; kuvvet sensörleri, basınç sensörleri, gerilme sensörleri, mikrofonlar, ivmeölçerler, sıcaklık sensörleri ve kimyasal sensörler gibi mikro-elektro-mekanik sistemler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

KENDİN YAP 6 — Esneklik (Flex) Sensörü

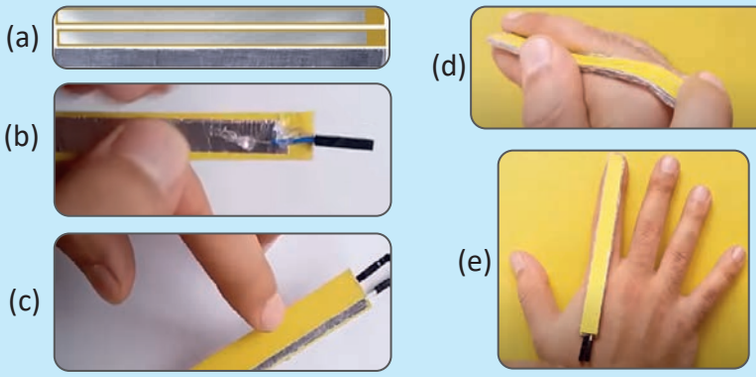
Malzemeler

- Kâğıt, 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. Açı ve konum kontrolü yapılabilir.



Fotoğraf 1.26: Esnek (flex) sensör



Fotoğraf 1.25: 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 kâğıt 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 kâğıt 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)

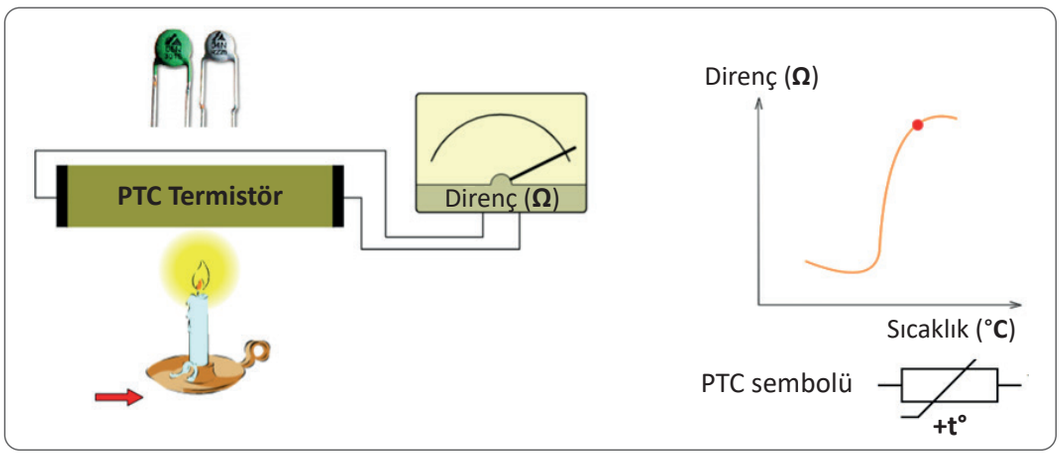
Sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen direnç değişimi ölçülerek sıcaklık algılaması yapılabilir. Birçok maddenin elektriksel direnci sıcaklıkla değişmektedir. Sıcaklığa karşı hassas olan maddeler kullanılarak sıcaklık kontrolü ve sıcaklık ölçümü yapılır. Bu etkiyi, **termistör** ve **RTD** olarak iki grupta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

Termistör

Seramik işleme teknolojisi ile imal edilen sıcaklığa duyarlı dirençlere **termistör** denir. 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 algılayabilir, ayrıca hızlıdır. RTD'lerden 100 ve termo elemanlardan 1000 kat daha hassastır. Yarı iletken seramiklerden (metal oksitkerden) yapılır. Termistörlerde sıcaklıkla direnç değişimi doğrusal değildir.

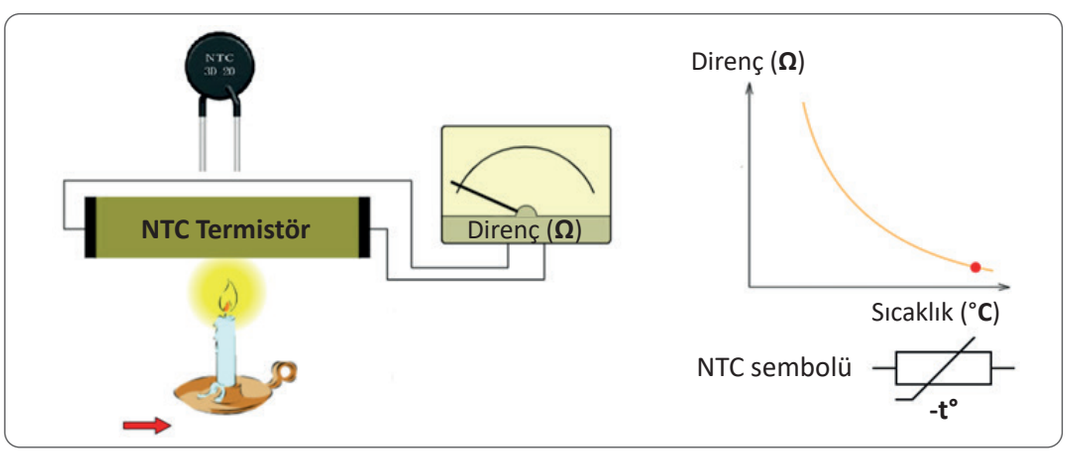
PTC (Positive Temperature Coefficient of Resistance): Pozitif sıcaklık katsayılı termistörlerdir. Bulunduğu ortamın veya temas ettiği yüzeyin sıcaklığı arttıkça elektriksel direnci artan devre elemanıdır. Baryum, kurşun ve stronsiyum titanit bileşiklerinden imal edilir. Şekil 1.42'de ısıtılan PTC termistörde gerçekleşen ani direnç değişimi görülmektedir. PTC'ler -60 °C ile +150 °C arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. 0,1 °C'ye kadar duyarlılıkta algılama yapabilir.



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 °C arasındaki sıcaklıklarda kararlı bir şekilde çalışır. 0,1 °C'ye kadar duyarlılıkta algılama yapabilir.



Şekil 1.43: Negatif sıcak katsayılı termistör çalışma prensibi

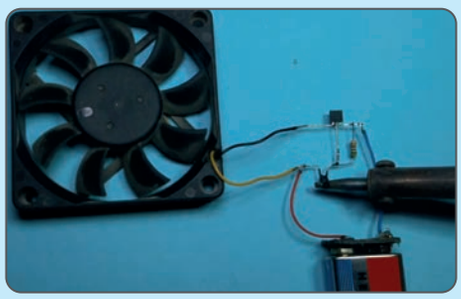
Isı değişimine karşı negatif direnç katsayısı gösteren manganez (Mn), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn) veya kobalt (Co) elementlerinin oksitlerinden imal edilen yarı iletken seramik malzemelerdir. Daha çok elektronik termometrelerde, araba radyatörlerinde, amplifikatörlerin çıkış güç katlarında ve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

KENDİN YAP 7 — Termistör (Isı Sensörü) ile Fan Kontrolü

Malzemeler

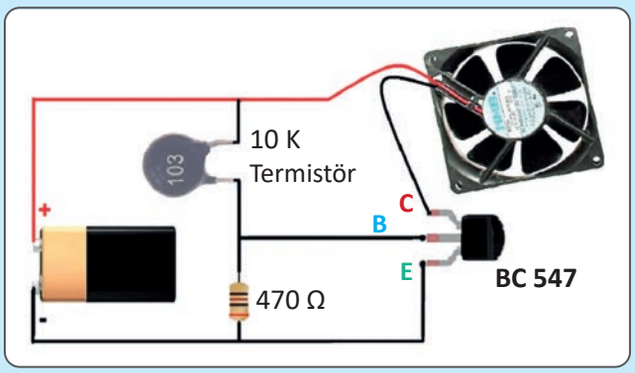
- Termistör, fan ya da buzzer
- Transistör (BC547), direnç (470 ohm)
- Pil (9 V), iletken tel
- Havya ve lehim

» Termistör havya ile ısıtıldığında fanın çalıştığı gözlemlenir.



Fotoğraf 1.27: Devrenin çalıştırılması

Devre Şeması



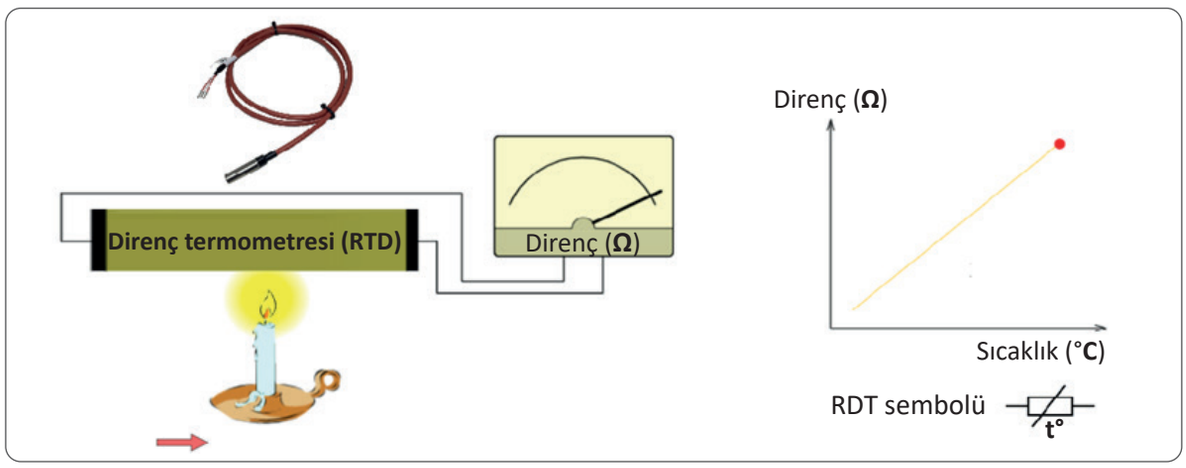
Şekil 1.44: Devre şeması

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.

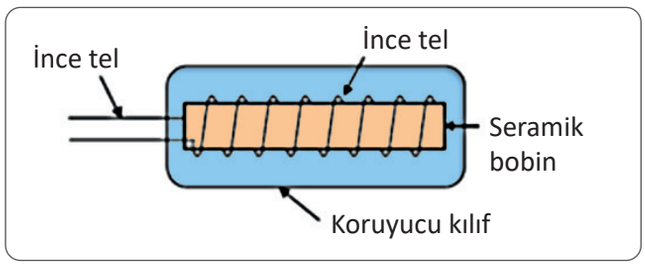
Direnç Termometresi (RTD- Resistiv Temperature Dedector)

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 sarımlı 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).



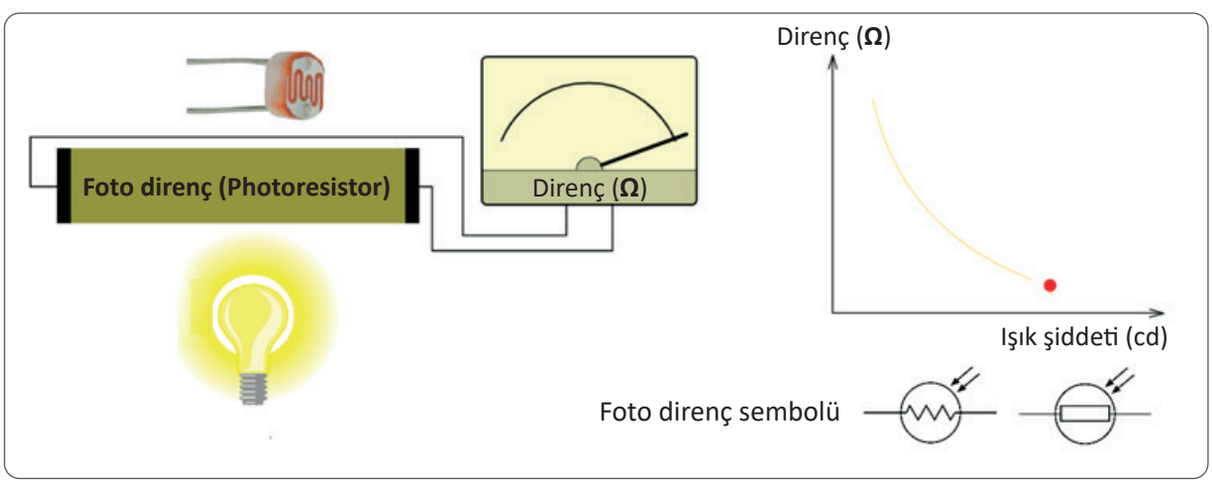
Şekil 1.46: Elektrik direnç termometresinin yapısı

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 (photorezistor); morötesi, gama ya da görünür ışık gibi elektromanyatik ışınımların 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 hassasiyetleri gereği 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.

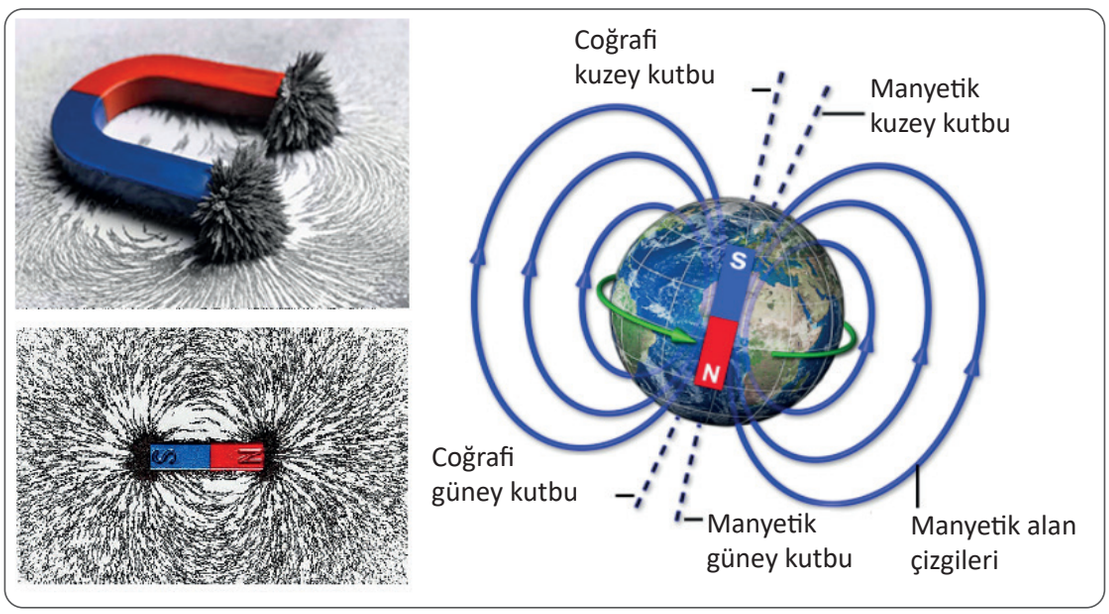
Foto dirençler, ışık şiddetinin artmasına bağlı olarak dirençleri azalan yarı iletken malzemelerden yapılır. Polikristalin filmler (örneğin, kurşun tuzları ve InSb) ve tek kristaller (katkılı Ge ve Si gibi) fotoiletken malzemeler olarak kullanılır. Bu elemanların yapısında "kadmiyum sülfür" (CdS) yarı iletken madde olarak kullanılmaktadır. Kadmiyum sülfür, yalıtkan bir taban üzerine yerleştirilmiş olup içerisinde iki taraftan daldırılmış birbirlerine değmeyen iletken teller bulunmaktadır. Birçok kamerada kullanılan CdS hücresi kadmiyum 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 elektrikle yakın ilişkisi nedeniyle bu etkinin ayrıca incelenmesi uygun görülmüştür.

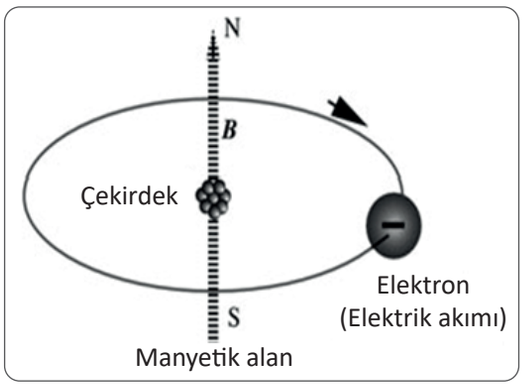
Manyetizma ile İlgili Temel Kavramlar

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 ekseni 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).

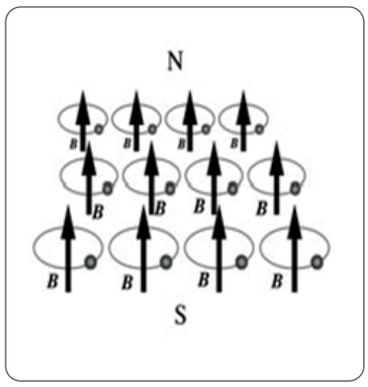


Şekil 1.48: Manyetik kuvvet çizgilerinin oluşumu

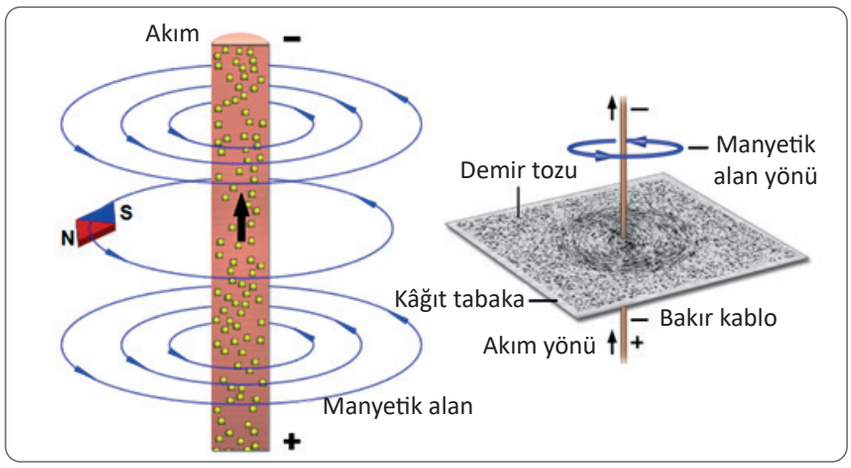
Manyetik alan meydana gelme sürecinin basitleştirilmiş bir modeli Şekil 1.49: a)'da gösterilmektedir. Bir elektron, atom çekirdeği etrafında girdap şeklinde sürekli olarak dönerek bir elektrik alanı oluşturur. Başka bir deyişle; dönen bir elektron, atomik boyutlarda kalıcı bir mıknatıs oluşturur. Bu 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 oluşturamaz. İçinden akım geçen iletken bir telin etrafında manyetik bir 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

Notlar

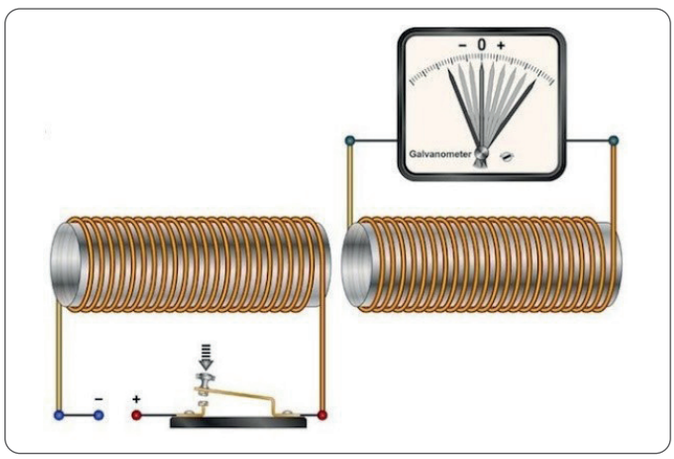
Faraday Kanunu: Bir elektrik yükü bir manyetik alan boyunca hareket ettirilirse bu yüke bir saptırma kuvveti etki eder. Saptırılmış elektrik yükleri bir elektrik alanı oluşturur, bu da iletken bir malzemede voltaj farkına yol açar ve elektrik akımı üretir. Selenoid ve toroidler manyetik alan üretmek 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 saptırma kuvveti etki eder. Manyetik alanla etkileşimi sonucunda hareket eden bir elektrik yükünün saptırılabildiğinin keşfi, elektromanyetik teorinin temelidir. Manyetik alan değiştikçe iletken bir telde elektrik akımı indüklenir (Şekil 1.51).

İndüksiyon işlemi, endüstride temassız ısıtma işlemlerinde kullanılır. Oluşan manyetik alanın 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

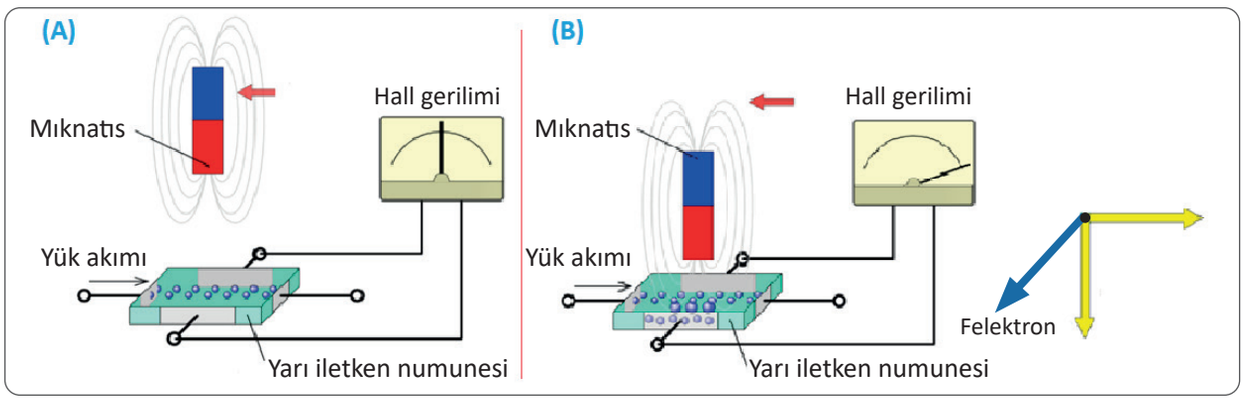
İletken telde endüklenen voltaj, manyetik alanın (B) genliği veya devrenin (A) alanı değiştirilerek üretilebileceği anlamına gelir. İndüklenen voltajın miktarı aşağıdaki unsurlara bağlıdır:

- 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/seyrek sarılması, 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

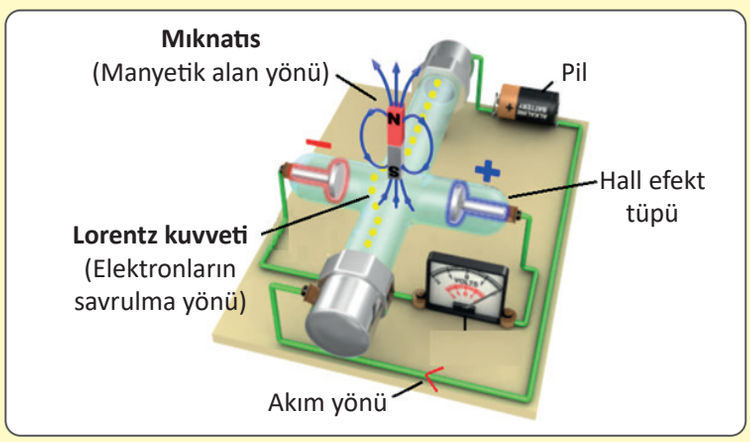
Manyetik alan sonucu levha üzerinden kenarlara doğru sapan yükler, Lorentz kuvvetinin etkisiyle hareket etmektedir. Kenarlara sapan yükler hareket ettikçe yarı iletken malzemenin iki tarafı arasında yük taşıyıcılarının (kaynaktan gelen) birikmesiyle bir potansiyel fark oluşur. Yük farkı nedeniyle oluşan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

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

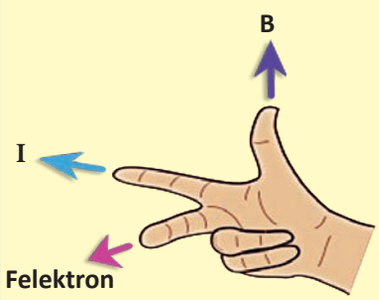
Hall voltajı (V_H); levhadan geçen akım (I), mıknatısın oluşturduğu manyetik alan şiddeti (B), levhanın kalınlığı (d) ve R_H Hall sabitine bağlıdır.

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 iletkende, elektronlardaki iletim yoğunluğu nedeniyle Hall etkisi çok küçüktür. Sürüklenme hızı (yüklü 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 doğrusallığı 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 olmadığında kapalı (açık devre durumu) olacak şekilde tasarlanmıştır. Yalnızca yeterli güç ve polariteye sahip bir manyetik alana maruz kaldıklarında açık (kapalı devre durumu) olur.

Otomotiv endüstrisindeki Hall efekt sensörü uygulamalarının örnekleri şunları içerir:

- Hava yastığı kontrolü için koltuk ve emniyet kemeri konumunu algılama
- Bujilerde ateşleme açısının ayarlanması 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 kâğıt 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

Bilgi Notu

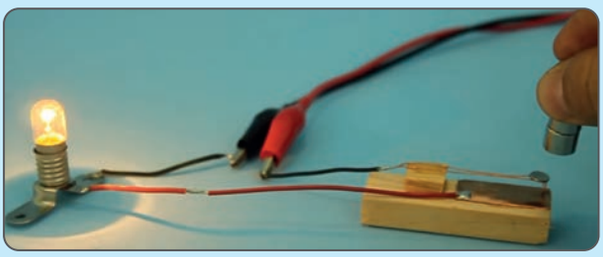
Akıllı telefonlar genellikle bir pusula olarak bilinen manyetometre ile donatılmıştır. Böylelikle harita uygulamalarında yön tespiti yapılabilir.

KENDİN YAP 8

Manyetik Sensör Yapımı (Reed Sensör)

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), duy ve lamba
- Havya ve lehim teli
- İletken tel



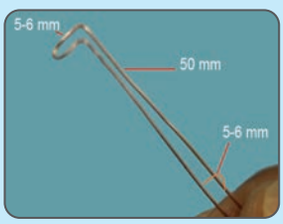
Fotoğraf 1.28: Devrenin çalıştırılması

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



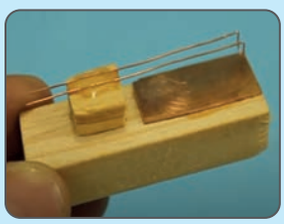
Fotoğraf 1.29: 1. adım

Yukarıda gösterildiği gibi bakır plaka büyük tahta bloğu üzerine yapıştırılır.



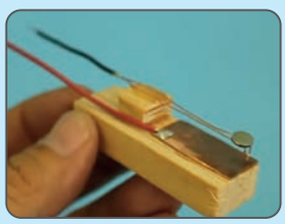
Fotoğraf 1.30: 2. adım

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 1.31: 3. adım

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

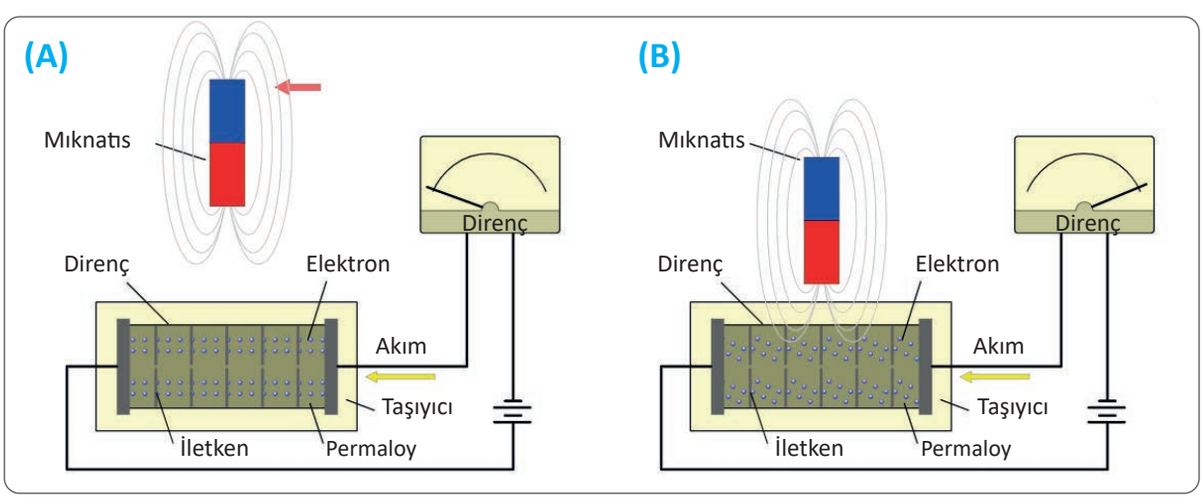


Fotoğraf 1.32: 4. adım

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 kusurlar nedeniyle metal içinde tam verimle hareket edemez. Elektronların hareketi sırasında saçılma noktalarındaki elektronlar, hareket doğrultularını ve yönlerini değiştirir. 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).

$$\%MR = \frac{\rho(H) - \rho(O)}{\rho(O)} x100$$

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

MR; manyetik alan şiddeti, malzemeden 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 güç 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 çağının 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 1

HALL ETKİLİ SENSÖR YAPIMI



AMAÇ

Hall etkisine (Hall effect) göre çalışan sensör yapmak.

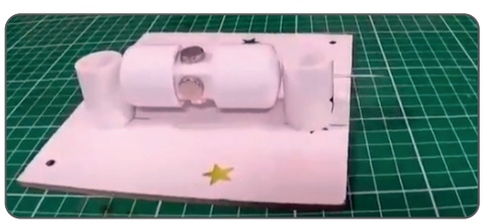
Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Fotoğraflar



Fotoğraf 1.33: 1. adım



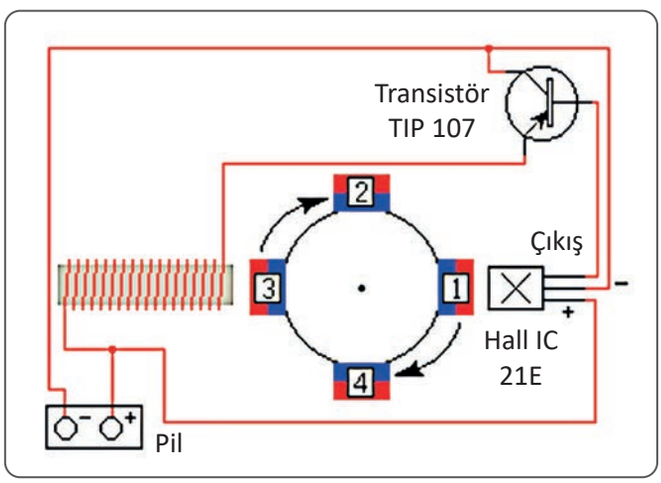
Fotoğraf 1.34: 2. adım



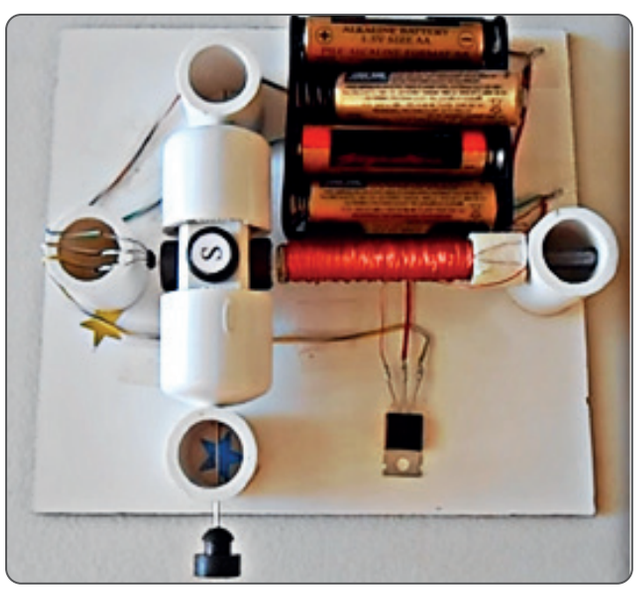
Fotoğraf 1.35: 3. adım



Fotoğraf 1.36: 4. adım



Şekil 1.56: Devre şeması



Fotoğraf 1.37: Kurulumun son hâli

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve 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 etrafını kazıyarak mıknatısların yerleştirileceği şekilde dört düzlem oluşturunuz.
2. T şekline getirilen iğne ve mantar iğne, içeriden dışarıya doğru kapama başlıklarının içine iğnelenip uçları tamamen dışarı çıkartınız (Fotoğraf 1.33 ve Fotoğraf 1.34).
3. Silindir tahta parçasını PVC boru içine koyarak kapama başlıklarını iki taraftan kapatınız.
4. Üzerinde düzlem oluşturulmuş PVC borunun yüzeylerine dört adet mıknatıs yapıştırınız. Mıknatısların çıkmaması için kapama başlıklarını yapıştırınız. Şaft, PVC borularla tahta zemine yataklayınız (Fotoğraf 1.35 ve Fotoğraf 1.36).
5. Çiviye bobin sararak mıknatıslara değmeyecek şekilde tahta zemine yapıştırınız (Fotoğraf 1.36).
6. Ölçü aleti direnç kademesine alarak bobinin sağlamlığını kontrol ediniz.
7. Elektrik bağlantılarını Şekil 1.56'daki gibi bağlayarak Fotoğraf 1.37'deki hale getiriniz.
8. Enerji vererek Hall etkili sensörün çalışmasını sağlayınız.

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 2

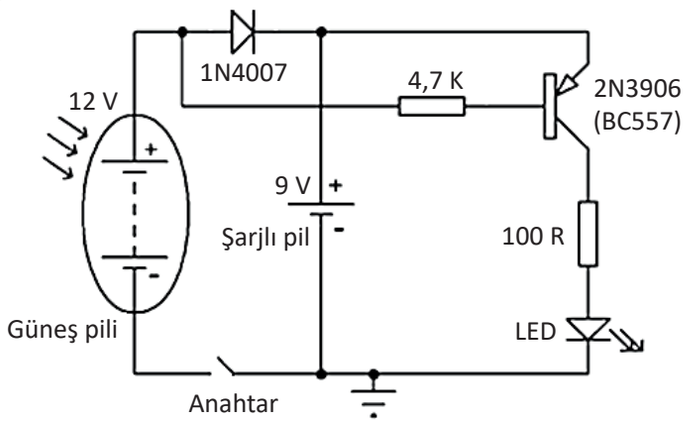
GÜNEŞ PİLLİ BAHÇE AYDINLATMA VE ŞARJ SENSÖR YAPIMI



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 kontrolünü yapınız.
2. Şekil 1.57'deki devreyi board üzerine kurunuz.
3. Güneş pili olarak "Kendin Yap 3" kısmında yapılan güneş pilini takınız. Pil çalışmaz ise başka bir güneş pili takınız.
4. Şarjlı pilin dolu olup olmadığı kontrol ediniz.
5. Anahtarı kapatınız.
6. LED'in yanıp yanmadığını kontrol ediniz.
7. Anahtarı açınız.

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve Avadanlık

Adı	Özelliği	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.			

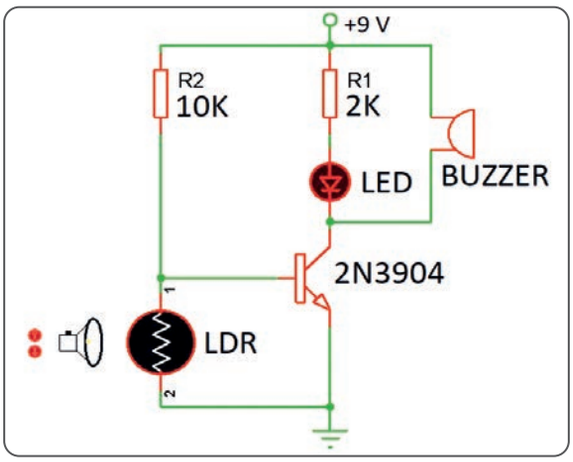
UYGULAMA 3

OPTİK SENSÖR YAPIMI

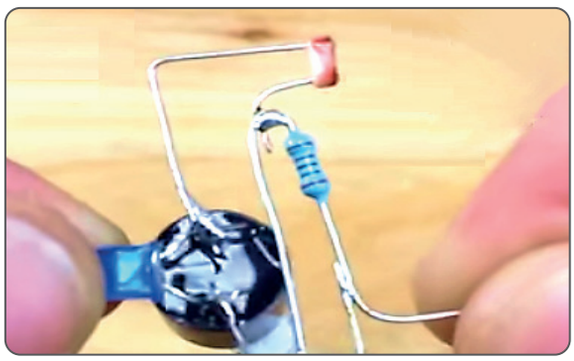
AMAÇ

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

Uygulamaya Ait Şema, Bağlantı Şekli, Resimler



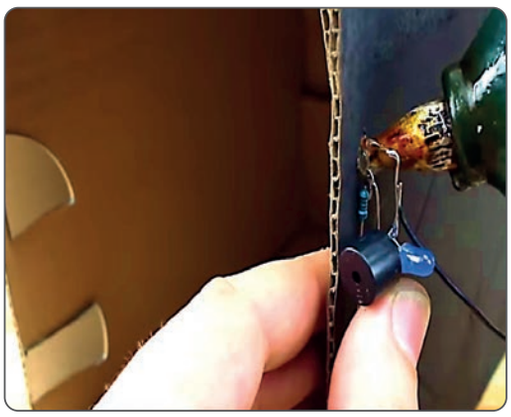
Şekil 1.58: Devre şeması



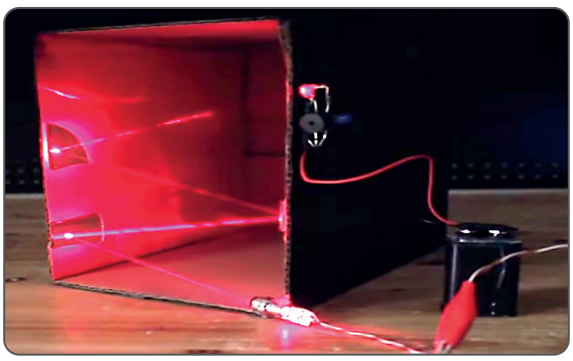
Fotoğraf 1.38: 1. adım



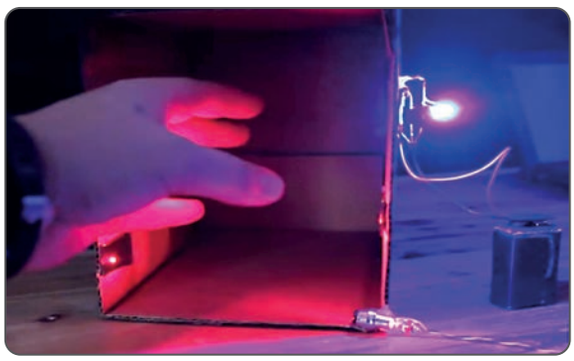
Fotoğraf 1.39: 2. adım



Fotoğraf 1.40: 3. adım



Fotoğraf 1.41: 4. adım



Fotoğraf 1.42: 5. adım

Kullanılacak Araç Gereç, Makine ve 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 ederek, iş güvenliği kurallarına dikkat ederek devreyi kurunuz ve elemanların ayaklarını birbirine lehimleyiniz (Fotoğraf 1.38).
2. Lazer diyot 15° civarında açı yapacak şekilde karton kutunun köşesine sıcak silikon kullanarak sabitleyiniz (Fotoğraf 1.39).
3. Ayna parçalarını karton kutunun içinde uygun yerlere, Fotoğraf 1.41'deki yansıma açılarına dikkat ederek sıcak silikonla yapıştırınız (Fotoğraf 1.40).
4. Alıcı devresi (Fotoğraf 1.38) LDR kutu içerisinde olacak ve lazer diyottan yansıyan ışığı alacak şekilde yerleştiriniz (Fotoğraf 1.40).
5. Alıcı devresi 9 V pil ile lazer diyodu ise ayrıca besleme gerilimiyle besleyiniz (Fotoğraf 1.41).
6. Lazer diyottan yansıyan ışığın LDR tarafından alınacak şekilde olması için son kontrolleri yapınız (Fotoğraf 1.41).
7. Elinizi kutu içerisine koyunuz (Fotoğraf 1.42).
8. LED ışığının yanması ve ikaz sesinin duyulması gerekir (Fotoğraf 1.42).

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 boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

15. (...) Polarizasyon, sensör ölçümü ile ilgili bir kavramdır.
16. (...) Mikrofonlar ses sinyallerini elektrik sinyallerine çevirir.
17. (...) Faraday etkisi, manyetik-manyetik olarak iki enerji türünün birleşimiyle oluşur.
18. (...) Aktif sensörler gerilim üreten sensörlerdir.
19. (...) Işınım enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümü sonucunda fotovoltaik etki oluşur. Güneş pilleri bu etkiye örnek uygulamalardır.
20. (...) Termakupl pasif sensördür.
21. (...) NTC aktif bir sensördür.
22. (...) Yinelenebilirlik (repeatability), ortam şartlarını değiştirmeden bir değişken değerinin ölçümünde sensörden alınan çeşitli sonuçların birbirine yakınlığı olarak tanımlanır.
23. (...) Bir aletin giriş değerindeki yüzdelik sapma miktarını belirten ölçme kavramı doğruluktur.
24. (...) Sensör girişindeki en küçük bir değişim, sensör çıkışında algılanabilecek büyüklükte bir değişim oluşturuyorsa sensörün duyarlığı düşüktür.
25. (...) 4 – 20 mA'lik analog çıkışlı akım sensörlerinde, 4 mA sensörün çalışıp çalışmadığını göstermektedir.
26. (...) E tipi sensörler haberleşme özelliği kazandırılmış en ileri sensörlerdir
27. (...) Yanlış sensör seçimi ekonomik kayıplara ve tehlikeli sonuçlara sebep olur.

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) Sinyal dönüştürücü-Gösterge-Algılayıcı
B) Algılayıcı-Sinyal dönüştürücü-Gösterim elemanı
C) Sinyal dönüştürücü-Algılayıcı-Gösterim elemanı
D) Gösterim elemanı-Algılayıcı-Sinyal dönüştürücü
E) Algılayıcı-Gösterim elemanı-Sinyal dönüştürücü

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

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

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) Transmiter

5. Aşağıdakilerden hangisi sensörlerle ilgili doğru bir ifadedir?

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

6. Asagidakilerden hangisi sensörlerden alınan bilgileri başka enerjilere dönüştürür?

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

7. Aşağıdakilerden hangisi temel büyüklüktür?

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

8. Aşağıdakilerden hangisi SI birim sisteminde yer almaz?

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

9. Aşağıdakilerden hangisi türetilmiş SI birim sistemlerinden biridir?

A) Candela B) Kelvin C) Kg D) Metre 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-Işıma

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) Algılanacak nesne B) Fiyat C) Duyarlılık
D) Kararlılık E) Marka

13. Aşağıdakilerden hangisi elektriksel büyüklük değildir?

A) Farad B) Henry C) Kelvin D) Ohm 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 _____ çalışmasıdır.
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, _____ teorinin 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 _____ kurallar geçerlidir.

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

15. (...) Kristal mikrofonlar piezoelektrik olayından yaralanılarak yapılır.
16. (...) Termakupl (ısıl çift), Seebeck (ısı ile gerilim üretme) prensibine göre çalışır.
17. (...) RTD (direnç termometresi) telin direnç değerinin sıcaklıkla değişmesini algılayan sensördür.
18. (...) Fotodiyot, üzerine düşen ışıkla orantılı voltaj üretemez; LDR ise üretir.
19. (...) Direnç termometreleri nikel, platinyum ve bakır kullanılarak yapılır.
20. (...) LED'de akım oluştuğunda enerji açığa çıkar, fotodiyota ışık düştüğünde ise akım oluşur.
21. (...) Strain gagelerde kullanılan direnç yapısına Weston köprüsü denir.
22. (...) Metaller gibi çoğu iletkende, elektronlardaki iletim yoğunluğundan dolayı Hall etkisi çok büyüktür.
23. (...) Yarı iletkenlerde akım yoğunluğu metallere göre çok küçükken Hall etkisi ise daha büyüktür.
24. (...) Metal tabakalar ve içindeki kristallerin ısıtılarak kutuplaşmanın oluşturulmasına piroelektrik etki denir.
25. (...) Basınç, yaklaşım ve pozisyon sensörleri kapasitif prensiple çalışan sensörlerdir.
26. (...) Mikrofonlar, ses dalgalarının bir diyaframı titreştirmesi esasına göre çalışır.
27. (...) Manyetik sensörler ısı ölçen sensörlerden biridir.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

SENSÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

4



Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

1. Duyu organlarıyla benzer özellik gösteren otomasyon birimi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Sensörler B) Takogenaratörler C) Motor D) Sinyal lambası E) Hoparlör

2. Otomasyon sisteminde kulağa benzeyen birim aşağıdakilerden hangisidir?

A) Hoparlör B) Mikrofon C) Foto diyot D) LDR E) Mikrodenetleyici

3. Aşağıdakilerden hangisi sıcaklık ile elektriksel direnci değişen elemanların genel adıdır?

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

4. Aşağıdaki etkilerden hangisi kuvvet, basınç ve gerilme sensörleri için yaygın bir dönüşüm mekanizması olarak kullanılmaktadır?

A) Hall B) Piezodirenç C) Piezoelektrik D) Piroelektrik E) Termistör

5. Aşağıdakilerden hangisi sıcaklık değişimine bağlı olarak gerilim üretip algılama yapar?

A) LDR B) NTC C) RTD D) PTC E) Termokupl

6. Isı ve ışık gibi etkilerle gerilim üreterek algılama yapan dönüşüm sistemi aşağıdakilerden hangisidir?

A) LDR B) Manyetodirenç C) Piezoelektrik D) Piroelektrik E) PTC

7. Aşağıda verilen bobinin hangi özelliği bobinin içindeki nüvenin hareketi ile değişir?

A) İndüktansı B) Kapasitansı C) Uzunluğu D) Kesiti E) İçinden geçen akım

8. Aşağıdakilerden hangisinin direnci ısı arttıkça azalır?

A) Akım B) Metal C) NTC D) PTC E) RTD

9. 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

10. Hall effect etkili sensörler aşağıdakilerden hangisine karşı duyarlıdır?

A) Kızılötesi ışık B) Nem C) Uzunluk D) Manyetik alan E) Ultrasonik ses

11. Aşağıdakilerden hangisi strain gagelerin özelliklerinden birisidir?

A) Bükülebilir B) Esneyebilir C) Genleşebilir D) Isınabilir E) Kırılabilir

12. Hangisi kapasitif sensörlerin yük depolama kapasiteleri ile ilgili değildir?

A) Uygulanan gerilim miktarı
B) Kondansatör plakalarının boyutları
C) Plakalar arasındaki mesafenin uzaklığı
D) Plakalar arasındaki yalıtkan malzeme cinsi
E) Plakalar arasındaki malzemenin manyetikliği

13. Alan etkili manyetik transdüserlerin çalıştığı gerilim aşağıdakilerden hangisidir?

A) AC B) DC C) Frekans D) Hibrit E) Periyot

14. Aşağıda verilenlerin hangisi yüksek sıcaklıkların tespitinde kullanılır?

A) NTC B) PTC C) RTD D) Termokupl E) Termostat

15. 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



2. ÖĞRENME BİRİMİ



KULLANIM ALANLARINA GÖRE SENSÖRLER

KONULAR

2.1. MEKANİK TERMAL VE ELEKTRİKSEL SENSÖRLER
2.2. MANYETİK IŞIMA VE KİMYASAL SENSÖRLER

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

Bu öğrenme biriminde;

- Mekanik, termal, elektriksel sensörlerin ve transdüserlerin özelliklerini ve kullanım alanlarını
- Manyetik, ışıma ve kimyasal sensörlerin özelliklerini ve kullanım alanlarını *öğreneceksiniz.*

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Sensörler hayatımızı nasıl kolaylaştırabilir?
2. Isı etkisi nasıl oluyor da farklı yöntemlerle ölçülebiliyor?
3. Kendi termal kameranızı nasıl yapabilirsiniz?

2.1. MEKANİK TERMAL VE ELEKTRİKSEL SENSÖRLER

Basınç, hız, ivme, akışkanlık, yoğunluk, ses şiddeti gibi kimi büyüklükler mekaniksel; sıcaklık, ısıl 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 çalışır (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 dışa doğru yönlenmişse **saf uzatıcı gerilme**, içe doğru yönlenmişse **saf sıkışma** olarak adlandırılır.

Gerinim

Düz bir cisim, çekme (tensile) yüküne maruz kaldığında cismin boyu uzar. Bu 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 yükle ve sıcaklıkla artar. Sürünme özellikle plastik gibi ergime sıcaklığı düşük malzemelerde söz konusudur ve bileşen kalıcı deformasyona uğrar.

Elastikiyet

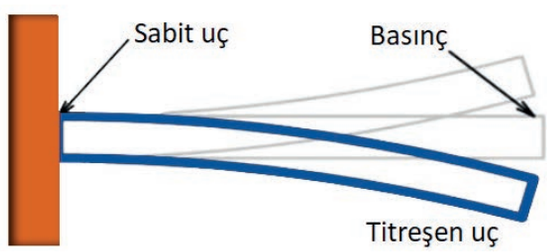
Elastikiyet, malzemenin bir özelliğidir ve malzemeden yük kaldırıldığında orijinal biçimini ve boyutlarını malzemeye tekrar kazandırır.

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.

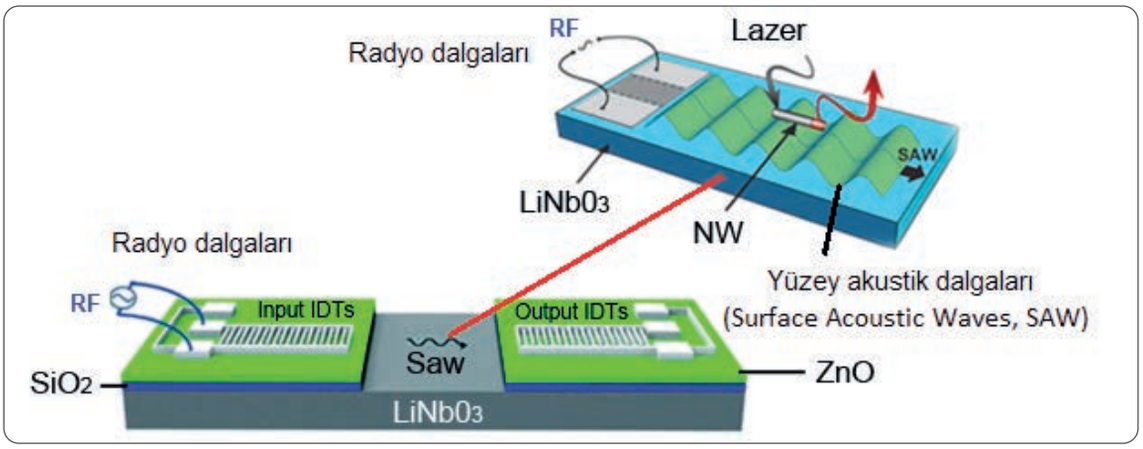


Araştırma

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

Yüzey Akustik Dalgaları

Yüzey akustik dalga dönüştürücülerinin [Surface Acoustic Waves (Sörfeys Akustik Vevs), 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.

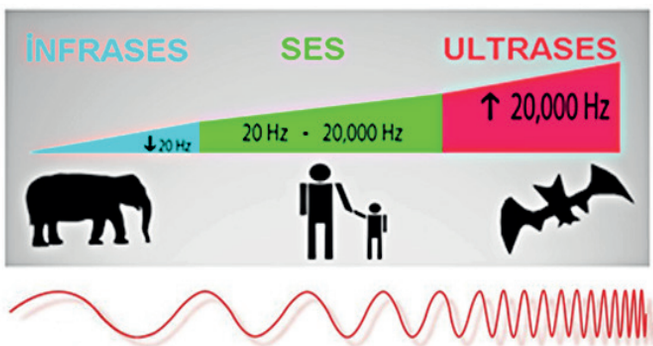


Şekil 2.2: Radyo dalgalarının yüzey akustik dalgalara dönüştürülmesi

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

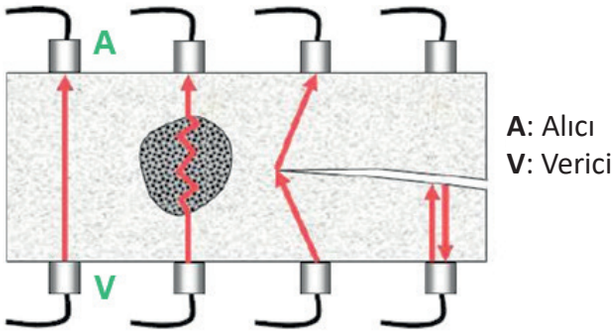
Bir cisime basınç uygulanıp kesildiğinde cisim molekülllerinin şekli bozulur. Moleküllerin denge konumuna gelmeye çalışmasıyla titreşim (salınım) hareketi oluşur. Belli frekanslarda oluşan bu titreşimler vasıtasıyla basınç kaynağından enerji taşınması olayına **ses** denir. Ses; uygun bir ortam içerisinde (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 oluşturabilir.

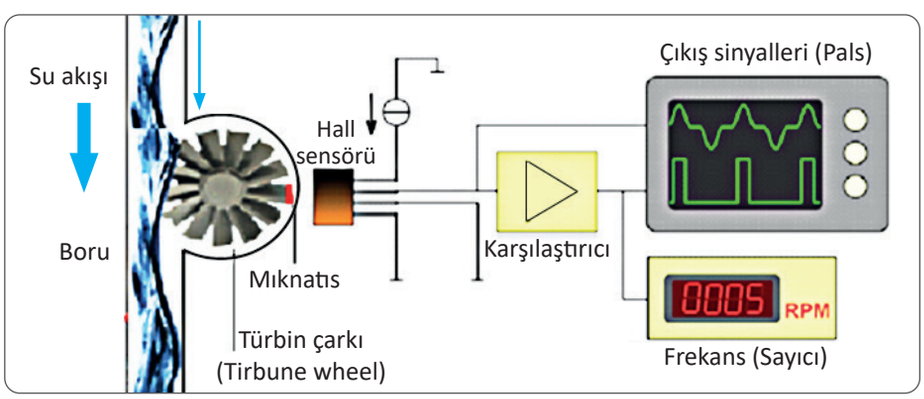
Mekaniksel etkilere bağlı olarak algılama yapan bazı sensör türleri aşağıda tanıtılmıştır.

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, CO_2, CH_4 ve su buharı) gibi maddelerin akışı ölçülebilir. Akış hızını, kütle veya hacmin yer değişim oranını ölçebilen çok sayıda algılayıcı vardır. Kütlesel 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.

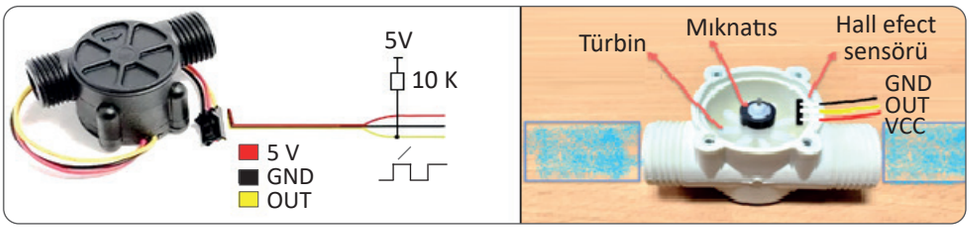
YF-S201 Su Akış Sensörünün Çalışma Prensibi

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

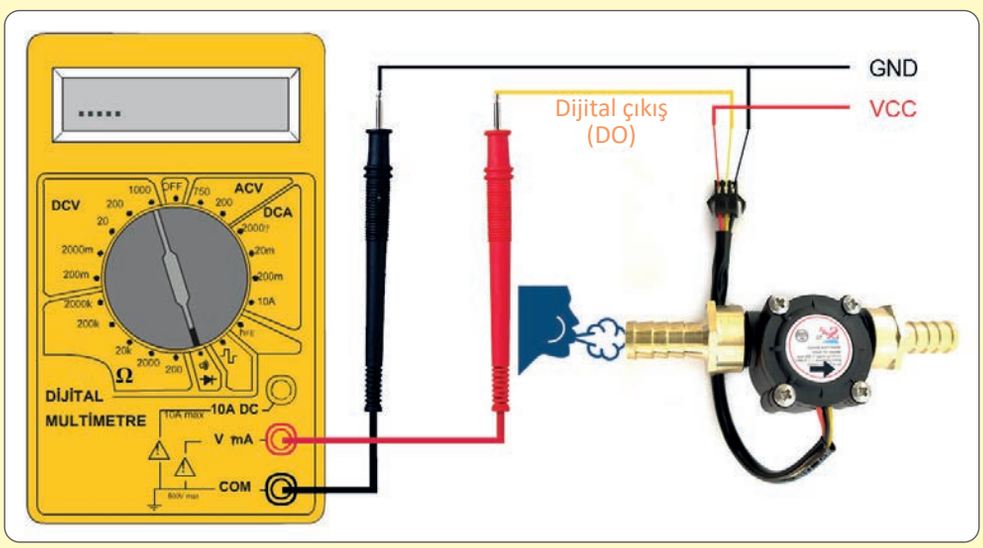


Şekil 2.6: YF-S201 su akış sensörünün bağlantı şeması

YF-S201 Su Akış Sensörünün Özellikleri

- Kolay kullanılırlık, sızdırmazlık
- Yüksek kaliteli manyetik sensör
- **Hata Aralığı (Extent of Error):** ±%5
- **Puls Karakteristiği:** F (Hz)=7Q (L/dak)
- **Pulse (Hz):** 7,5 x 2=15 (2 L'lik akış için)
- **Su Basıncı:** ≤1,75 Mpa **Debi:** 1-30 L/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:** ≤ 80 °C
- **Sıvı Sıcaklığı:** ≤120 °C

SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



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

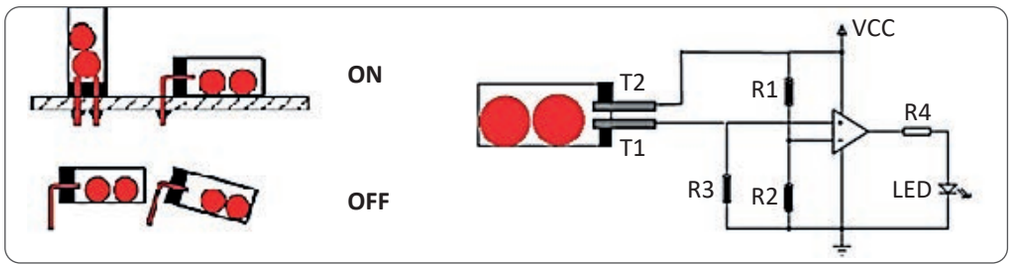
1. Sensörün VCC (kırmızı) ve GND (siyah) uçlarına çalışma gerilimi verilir.
2. Ölçü aleti DC 20 V volt kademesine ayarlanır.
3. Ölçü aletinin "+" ucu sensörün dijital çıkış yani DO (sarı) ucuna, "-" ucu ise GND pinine değdirilir.
4. Sensör üzerindeki ok yönü istikametinden akış borusunun içine doğru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

YF-S201 Su Akış Sensörünün Kullanıldığı Yerler

Su dağıtıcısı, kahve ve su otomatı, akış ölçüm cihazı, bitki sulaması, nefes kuvveti kontrolü ile ilgili cihazlarda su akış sensörleri kullanılabilir.

2.1.1.2. Eğim Sensörü

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

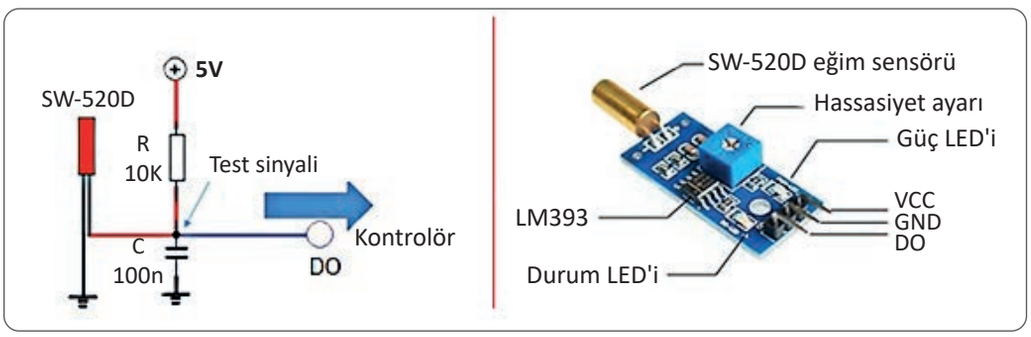


Şekil 2.8: SW520D eğim sensörü devresi

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, cıva 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 D0 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 sönük 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

- Kolay kullanılırlık, küçük, ucuz
- 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:** > ± 15°
- **Çalışma Eğimi:** 45° - 135°
- **Çalışma Akımı:** <5 mA
- **Çıkış:** Dijital (0/1)

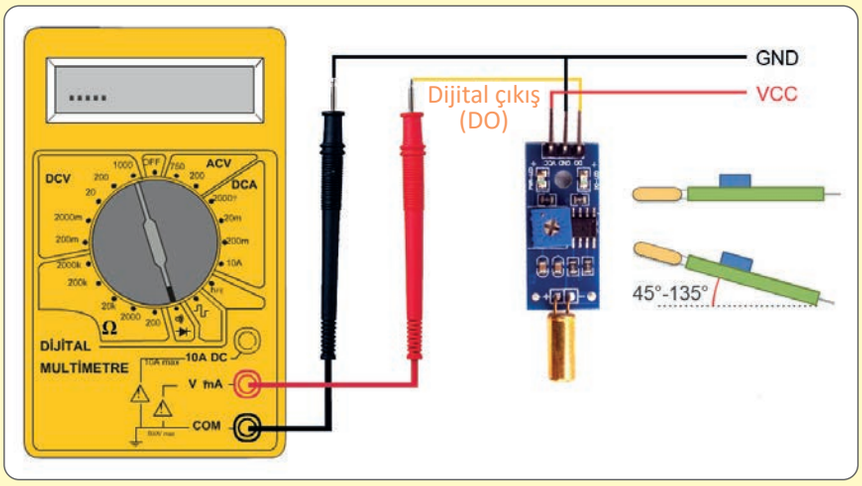
SW520D Eğim Sensörünün Kullanıldığı Yerler

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 kırılgandır. 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

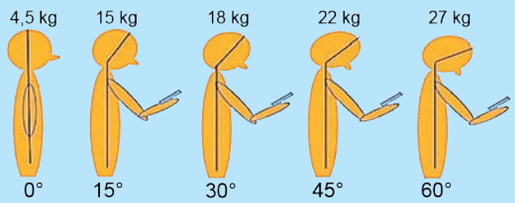


Şekil 2.10: SW520D eğim sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

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.

Düşünün

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



Şekil 2.11: Duruş açısı ve maruz kalınan ağırlık

Cep Boyun Hastalığı ve Hastalıktan Korunma

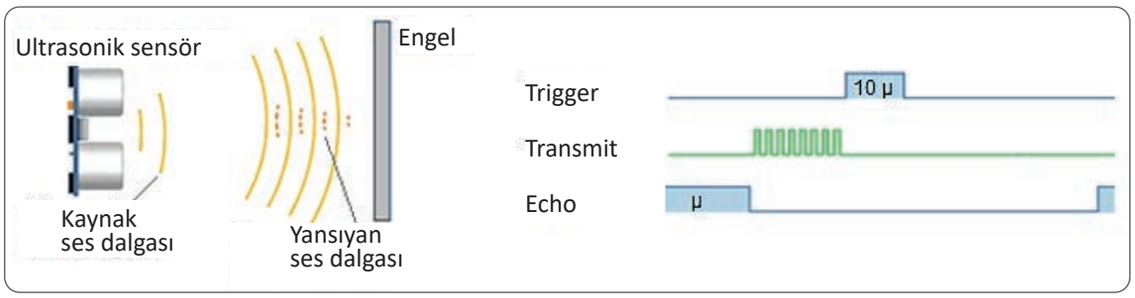
Öncelikle uzun süreli telefon, bilgisayar ve tablet kullanımından vazgeçilmelidir. Cep telefonu ve bilgisayar, baş ve kolları zorlamayacak şekilde göz hizasına gelecek şekilde kullanılmalıdır. Uzun süre aynı pozisyonda kalınmamalı, kullanılmayan eklem ve kaslar çalışmasına imkân verecek şekilde hareket ettirilmelidir.

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.

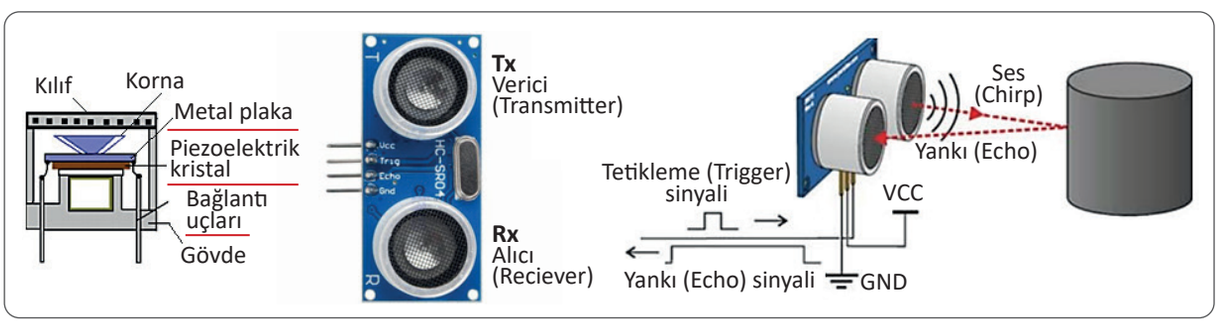
HC-SR04 Mesafe Sensörünün Çalışma Prensibi



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 duyamayacağı 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. Dalganın çıkış yüzeyinden çıkmasıyla giriş yüzeyine ulaşması arasında geçen süre "Yol = Hız x 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 ve 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 kâğıt, cam, şişe gibi her türlü ürünün mesafe tespiti gibi birçok uygulamada kullanılır. Günlük hayatta ise araç park etmede, otomatik kapılarda, ev ve iş yerlerinin 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 aralığı 0,5 m²den büyük ve ses dalgalarının çarptığı yüzeyler pürüzsüz olmalıdır. Aksi durumda ölçüm sonuçları değişebilir.
- Algılama alanında birden fazla nesne olursa parazite sebep olabilir. Sensör yakın olan nesneyi algılar.

Bilgi Notu

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: Balık sürülerinin tespiti

2.1.2. Termal (Isı) Etkisine Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

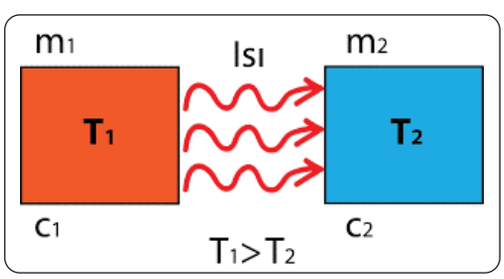
Sıcaklık, ısı akışı gibi değişkenler ölçülebilir. Sıcaklığa bağlı olarak malzemelerin ısıl direnç, ısıl genleşme gibi özellikleri değişim gösterir. Küçük miktarlarda gerçekleşen bu değişimlerin oluşturduğu gerilimler ölçülerek malzeme ve ortamın sıcaklığı hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Cisimlerin 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 malzeme bu enerjiyi etrafına iletir. Titreşen her atom, kendini çevreleyen uzaya elektromanyetik ışınım yayan mikroskobik bir radyo vericisi gibi davranır. Atomik hareketin güçlü olması, sıcaklık ve elektromanyetik ışınımı 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 (ısıl enerji) cisme iletilir ve cismin içinde depolanır. Cismin depolayabileceği ısı miktarı, bir su deposunun depolayabileceği su miktarı gibi hacmi ya da kütlesi kadardır. Depolanan ısı miktarı, malzemenin cinsi ve kütle miktarına göre değişir (Q=m.c). Burada c bir sabit olup malzemenin ısıl özelliklerini karakterize eder, öz ısı olarak adlandırılır (Şekil 2.15). Öz ısı malzemeyi tanımlarken ısıl kapasite ise bu malzemeden yapılan cismi tanımlar.

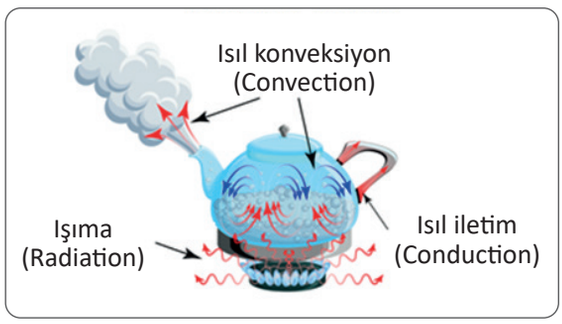


Şekil 2.15: Cisimlerin ısıl özelliklerine göre ısı depolaması

Isı İletimi: Isıl enerji; bir cisimden diğerine iletim, konveksiyon (taşınım) ve ışınım olarak üç yolla iletilir. Doğal olarak ısı veren veya alan cisimlerden biri, bir ısıl 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 (Taşınım): 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 serbest bırakılır. Bu durum tekrar eder (demlik içindeki suyun ısınması) (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: Isı iletim yolları

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

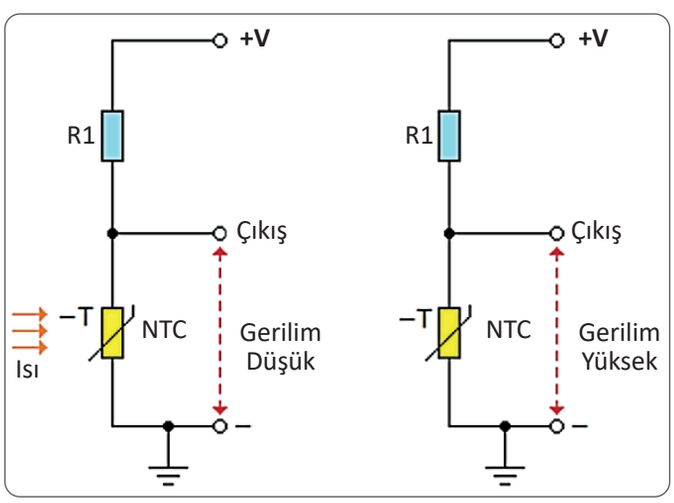
2.1.2.1. NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörü

NTC, sıcaklık ölçümü amacıyla kullanılan bir sensördür.

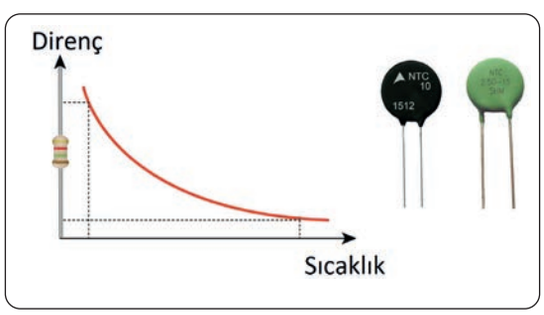
NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörünün Çalışma Prensibi

25 °C oda sıcaklığında direnci 10 KΩ olan NTC türü bir termistörün (ısıl direnç) 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 değerinde; NTC üzerinde ısı yokken NTC direnci yüksektir. Bu nedenle NTC üzerine düşen analog çıkış gerilimi; ısı yokken yüksek, ısı varken 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

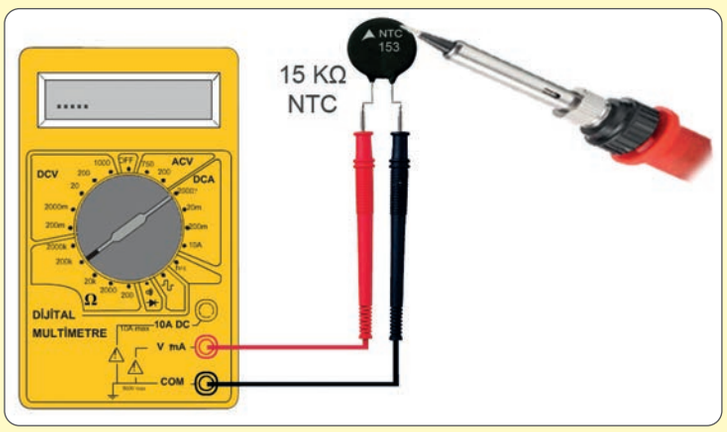
NTC Sıcaklık Ölçüm Sensörünün Kullanıldığı Yerler

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 direnç değeri azalır ve belli bir noktada sabitlenir.

SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



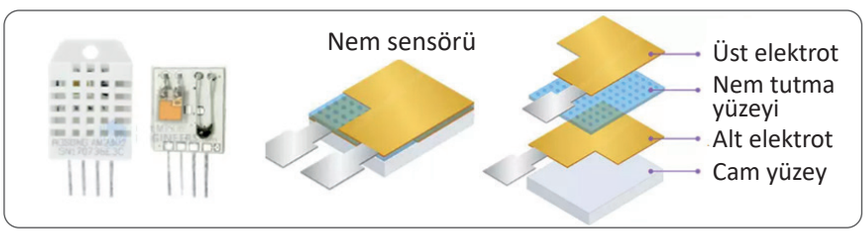
Şekil 2.18: NTC sıcaklık ölçüm sensörünün sağlamlık testi ve çalışması

1. NTC direnç değeri göz önüne alınarak avometre uygun direnç kademesine alınır.
2. NTC değeri oda sıcaklığında ölçülür.
3. İş güvenliği önlemleri alınarak NTC'nin havya veya benzeri araçlarla 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.

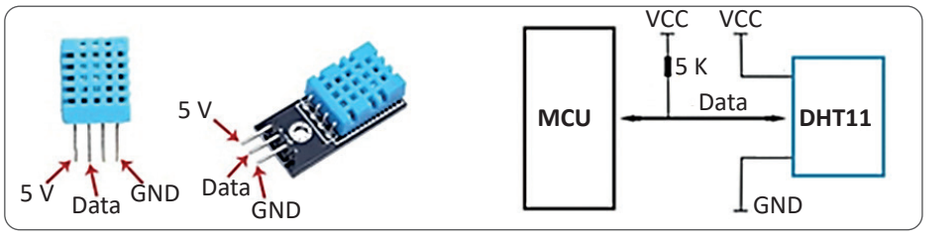
DHT11 Sıcaklık ve Nem Sensörünün Çalışma Prensibi



Şekil 2.19: DHT11'in iç yapısı

DHT11; doğrudan dijital bilgi üreten, içinde 8 bit mikrodenetleyici bulunan, kompleks ileri seviye bir sensördür. Ortamın sıcaklığını ve nemini ölçmek amacıyla kullanılır. DHT11 kasasının 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 arttırır. 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

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 Rh25 °C: %20 - %90 Rh 50 °C: %20 - %80 Rh
- **Tepkime Süresi:** 6 - 15 arası
- **Çalışma Voltajı:** 3-5,5 V
- **Çalışma Akımı:** 0,5-2,5 mA

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 çiğ koşullarında kullanılmamalıdır.
- DHT11 ürünü güvenlik veya acil durdurma cihazlarında kullanılmaz.
- Sensör kablo uzunluğu, 5 V beslemede 20 m'yi, 3,3 V'ta ise 1 m'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 celcius, farhenayt, kelvin gibi ısı birimleriyle ve ortamdaki nemi (humidity), yüzde (%) şeklinde ölçmek için kullanılır.

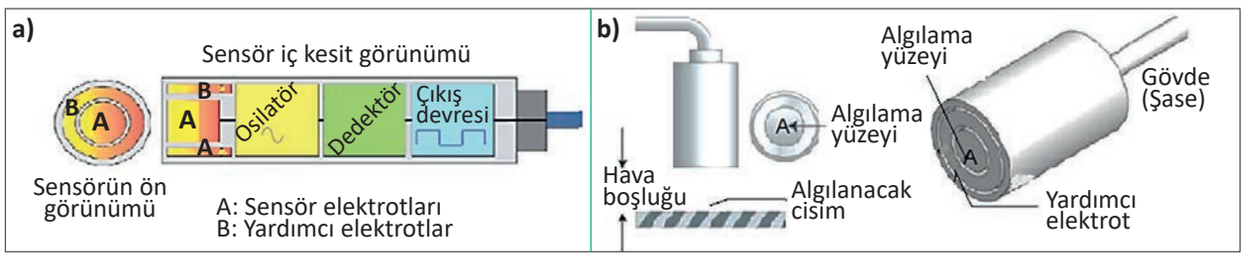
2.1.3. Elektriki Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

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 Prensibi



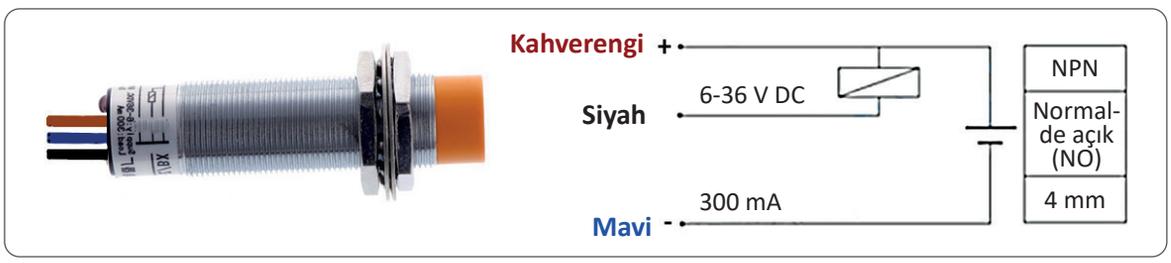
Şekil 2.21: a, b) Kapasitif PNP Proximity (yakınlık) sensörünün yapısı ve blok şeması

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 mikrodenetleyici 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

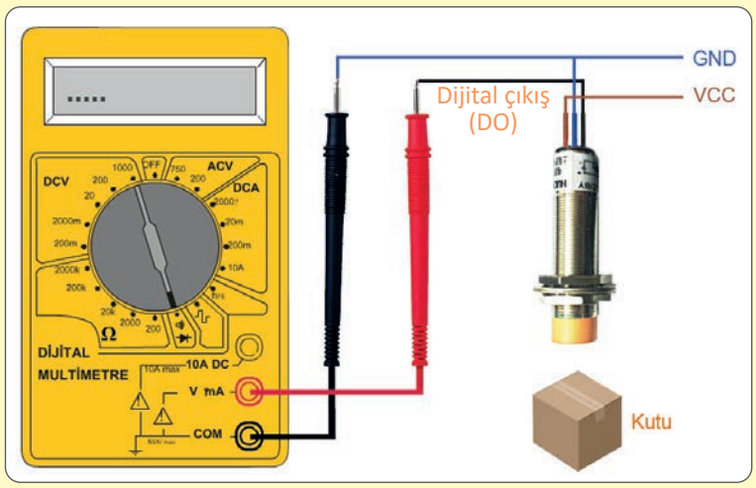
Kapasitif PNP Yakınlık Sensörünün Özellikleri

- **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 g
- **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

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. Sensörün önüne metal bir cisim getirildiğinde, sensör çıkış vermelidir.
5. Sensör algılama mesafesinde nesne varken ölçü aletinde ikaz sesinin olması beklenir.

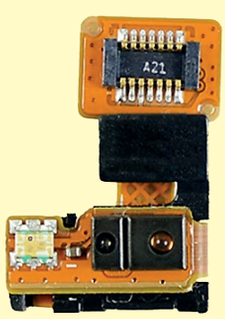
Uyarı

- 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.

Bilgi Notu

Yakınlık sensörü akıllı telefonların bünyesinde bulunan bir sensördür. Yakınlık sensörü, konuşma esnasında telefon ekranının kapanmasını; kulaktan uzaklaştırıldığında ise telefon ekranının açılmasını sağlamaktadır (Fotoğraf 2.1).

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

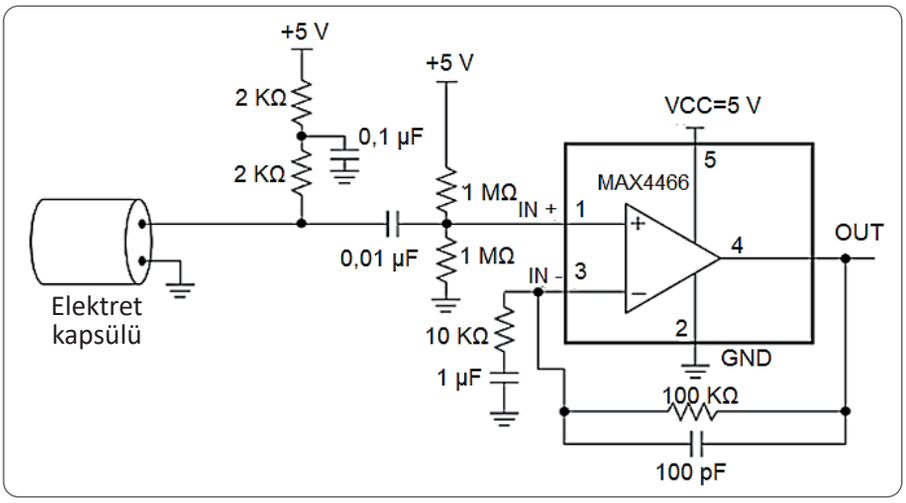


Fotoğraf 2.1 Yakınlık sensörü

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

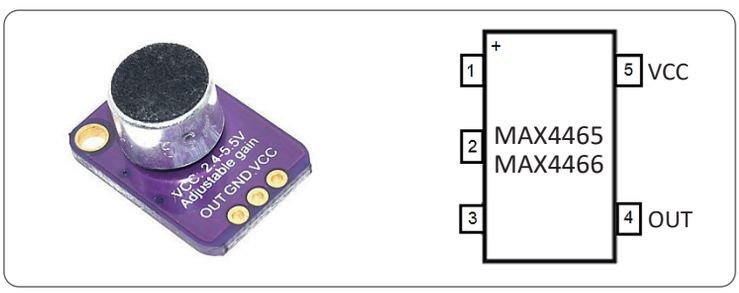


Şekil 2.24: MAX4466 elekret modülü devre şeması

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, Şekil 2.24'te olduğu gibi MAX4466 opamp yükselteciyle 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 imkânı
- 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 µA
- **Bant Genişliği Kazancı:** 600 kHz
- **Frekans Aralığı:** 20 Hz -20 kHz
- **Boyut:** 20,8 mm x 13,8 mm x 7,5 mm

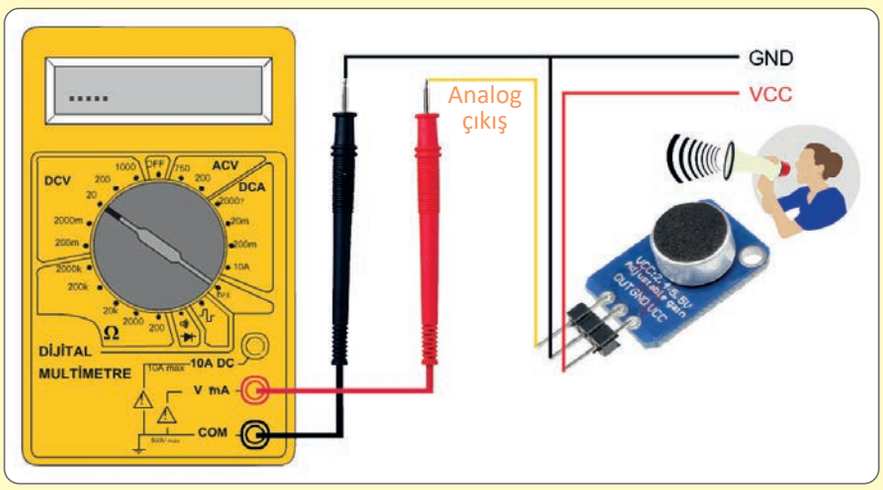
MAX4466 Elektret Mikrofon Sensörünün Kullanıldığı Yerler

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).
- Kullanılan ses ekipmanı AC bağlantılı ses gerektiriyorsa cihazın çıkış pini ile girişi arasına 100 uF'lik 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 değdirilir (Sessiz ortamda OUT pininden VCC / 2 kadar gerilim ölçülmelidir).
4. Mikrofona karşı konuşulur.
5. Mikrofon sağlamsa OUT ucundan değişken bir gerilim elde edilmesi beklenir.

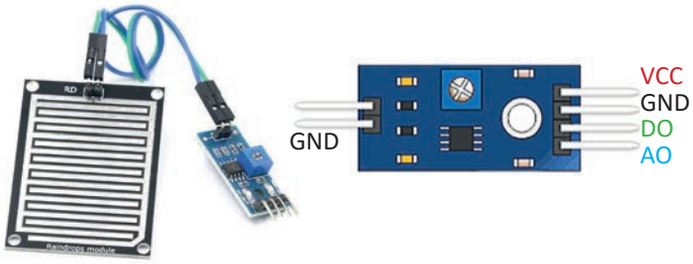
2.1.3.3. Yağmur Sensörü

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 biribirine paralel bağlanmış nikel kaplı plakaların direnç oluşturması esasına bağlıdır. Sensör kuru ortamda fazla, ıslak ortamda ise daha az direnç gösterir. Yağmur damlaları sensörün üzerine düştüğünde aralarında boşluk bulunan plakalar yağmur nedeniyle iletkenlik özelliği kazanır. Yağmur ya da nemin şiddetine bağlı olarak iletkenlik miktarı artar, direnç ise azalır. Yağış miktarı artınca plakanın direnci ve A0 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 (A0) pini, iletken hatların su ile teması sonucu 0 ile 1024 arasında bir değer alır.

Şekil 2.27: Yağmur sensörünün görüntü ve bağlantı şeması

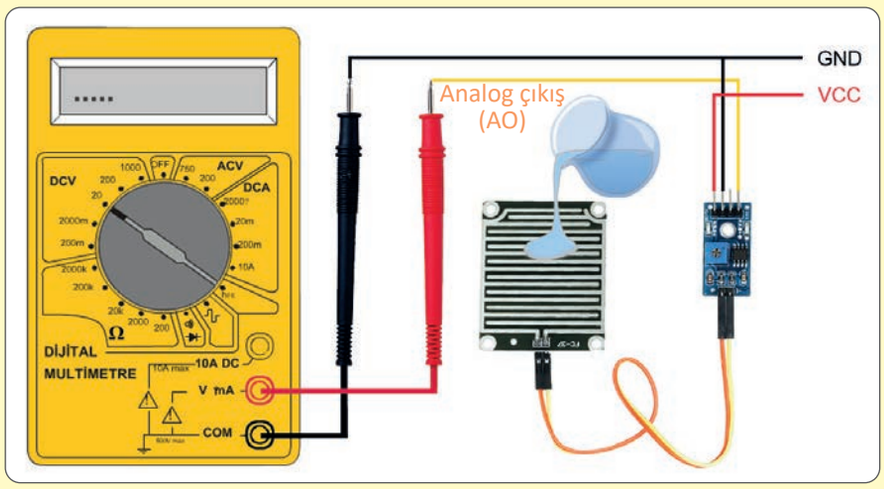
Yağmur Sensörünün Özellikleri

- 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, A0)
- 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 saptırıcıların çalışmasını sağlayarak anten besleme kanallarını yağmur damlacıklarından korur ve bu sayede iletişim akışının devamlılığını sağlar. 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 toprağa verilir. VCC ucuna ise 2,4 - 5 V arası çalışma gerilimi bağlanır.
3. Ölçü aleti DC volt kademesine alınıp artı (+) ucu sensör A0 ucuna, eksi (-) ucu ise GND pinine değdirilir.
4. A0 ucundaki gerilim ölçülür.
5. Sensör prob ucu yavaş yavaş suya batırılır ve her seferinde A0 ucundaki gerilim ölçülür.
6. Eğer A0 ucundaki gerilim su seviyesiyle orantılı olarak değişiyorsa sensör sağlamdır.

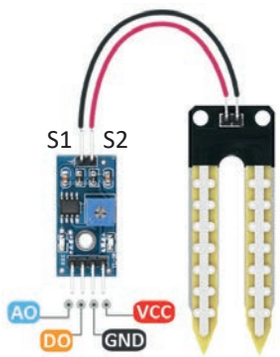
2.1.3.4. Toprak Nem Sensörü

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

Toprak Nem Sensörünün Çalışma Prensibi

HL-69 higrometre nem sensörü; yükselteç, karşılaştırma devresi (LM393 komperatör) 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 giriş, 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 A0 ise aralık değerlerinde kullanılabilir (Şekil 2.29).

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 komperatörü
- **Küçük PCB Boyutu:** 3 cm x 1,6 cm
- **Pinler:** VCC, GND (besleme), D0 ve A0 (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.

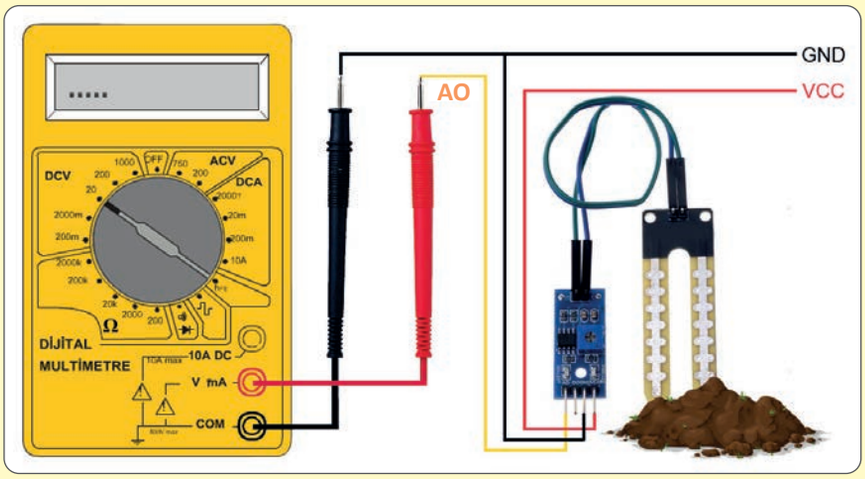
Uyarı

- 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.

Düşünün

Toprak sensörünü kullanarak ne gibi cihazlar yapabilirsiniz? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

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 A0, "-" ucu ise GND pinine değdirilir. A0 ucundaki gerilim ölçülür.
5. Toprağa yavaş yavaş su dökülür ve her seferinde A0 ucundaki gerilim ölçülür.
6. Eğer A0 ucundaki gerilim, topraktaki ıslaklık ile orantılı olarak değişiyorsa sensör sağlamdır.

Notlar

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Bir motorun hızı sensör kullanılarak bulunabilir mi? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Birbirine karışmış gazların türü ve miktarı sensörlerle tespit edilebilir mi?

2.2. MANYETİK IŞIMA VE KİMYASAL SENSÖRLER

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

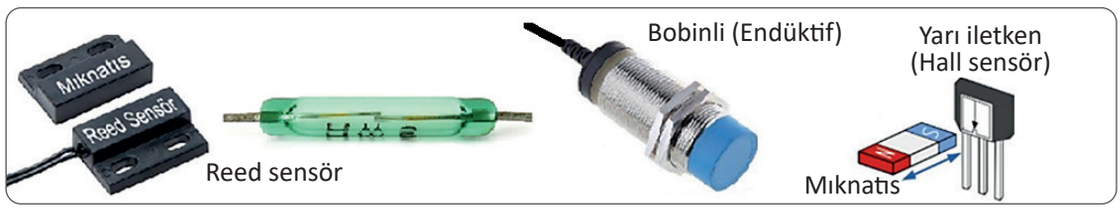
2.2.1. Manyetik Etkiye Bağlı Olarak Çalışan Sensörler

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 algılanamadığı durumlarda; cisim sayımları, pals üretimi ve emniyet sistemlerinde kullanılır.
- **Çeşitleri ve Yapıları:** Hall etkili sensörler, manyetik alana duyarlı elemanlardan üretilir; yarı iletken malzemelerden imal edilir. Endüktif ve kapasitip sensörlerde ise bobin kullanılır.

Manyetik sensör çeşitleri dört gruba ayrılır (Şekil 2.31):

1. Bobinli (endüktif) manyetik sensörler (proximity ınductive 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 (bk. sayfa 69).

Hall Etkisi: Bir iletkende akım **x yönünde** geçer ve manyetik alan **z yönünde** uygulandığında **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: Piezoelektrik 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 süper iletkenlikten normal duruma değişir.

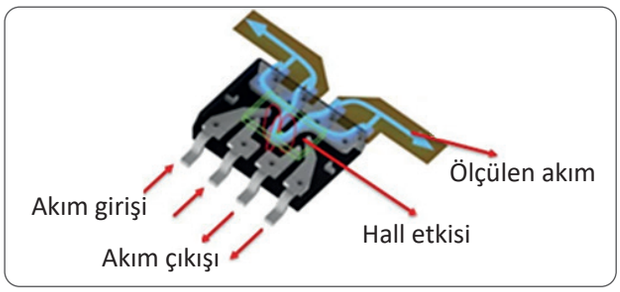
Foto Manyeto Elektrik Etki: Bu etki uygulanan manyetik alan ve ışınım enerji akısının ikisine birden dik bir elektrik alanının üretilmesidir.

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

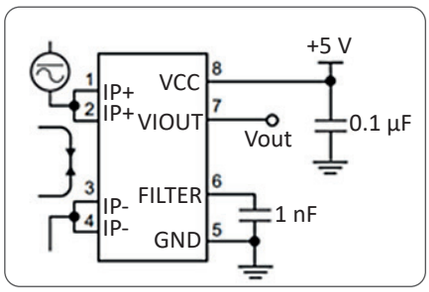
2.2.1.1. ACS712 Akım Sensörü

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

ACS712 Akım Sensörünün Çalışma Prensibi



Şekil 2.32: a) ACS712 akım sensörü iç yapısı

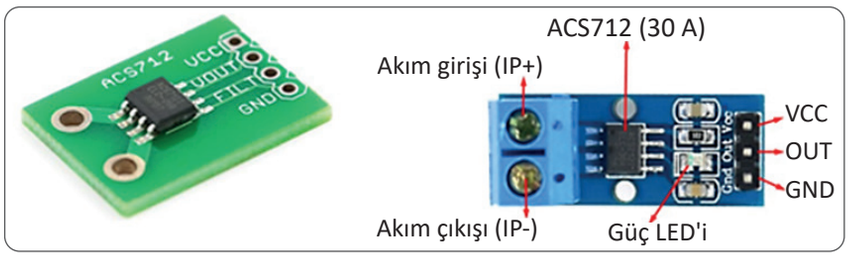


b) ACS712 akım sensörü şeması

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 iletkenden bir miktar akım akar ve Hall sensörü tarafından algılanarak bir manyetik alan üretilir (Şekil 2.32). 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'lik 185 mV, 20A'lik 100 mV, 30A'lik ise 66 mV gerilim üretir.

ACS712 Akım Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



Şekil 2.33: ACS712 akım sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

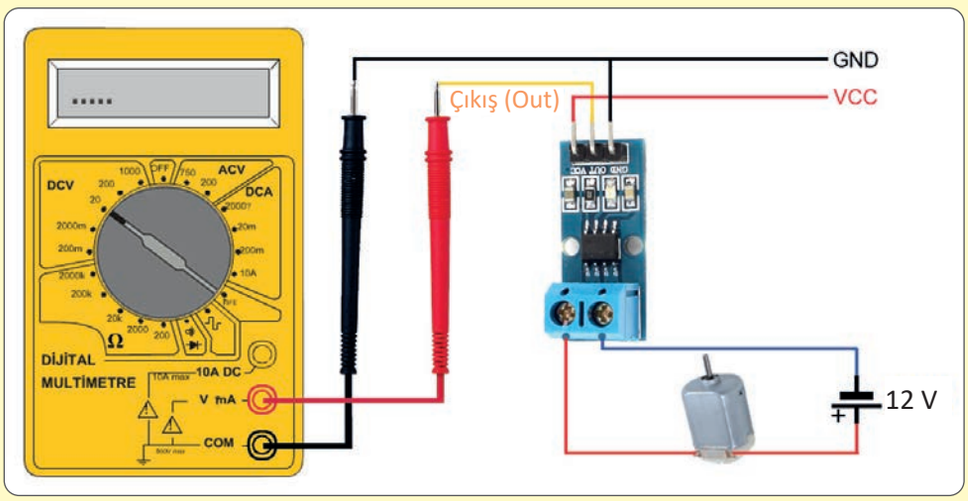
ACS712 Akım Sensörünün Özellikleri

- AC ve DC, iki yönde akım ölçümü
- Çok stabil çıkış ofset voltajı
- AC veya DC akımlarla orantılı çıkış gerilimi
- Hall efect (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 ayarlama
- **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 °C - +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 kolaylığı nedeniyle Arduino ve diğer program geliştirme platformları ile de uyumludur.

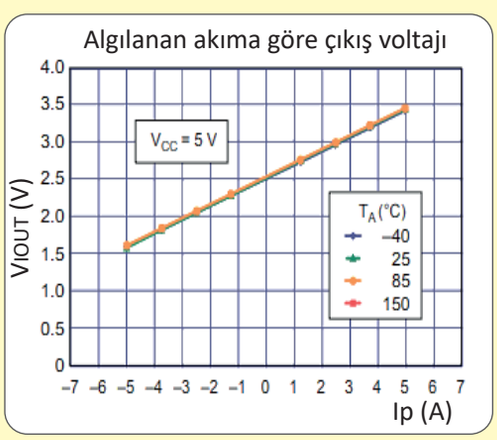
SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



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'lik ACS712 sensör modülü, her 1A'lik 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 (Grafik 2.1).

İş Sağlığı ve Güvenliği

Elektrikle çalışırken dikkatli olunmalıdır. Cihazlar topraklanmalıdır.

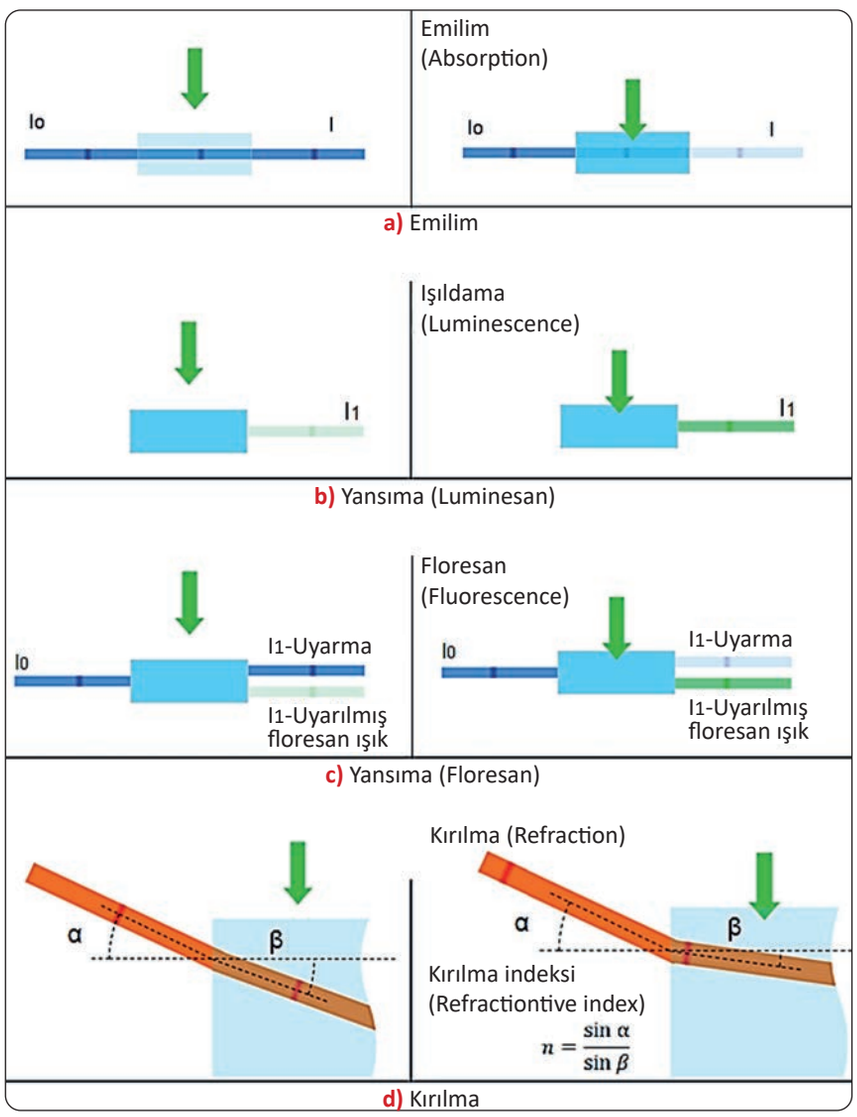
Uyarı

- AC gerilimde hassas ölçüm yapmak için ACS712 sensörü, katalogda (datasheet) belirtilen kondansatör değerleriyle filtre edilmelidir. Bu şekilde 80 kHz'lik bant genişliği elde edilebilir.
- 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 değişmeleri elektriksel işaretlere dönüştürerek direnç ya da voltaj oluşturur. 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 geçirir ve kısmen emer (Şekil 2.35: a).

b. Yansıma (Luminesan): Malzemeye çarpan fotonların radyasyon yaymasıdır. Yüksek enerji düzeyine aktive edilen elektronun temel düzeye geri dönerken yaydığı radyasyon, görünen ışık bölgesinde olduğunda bu olaya **luminesan olayı** denir (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).

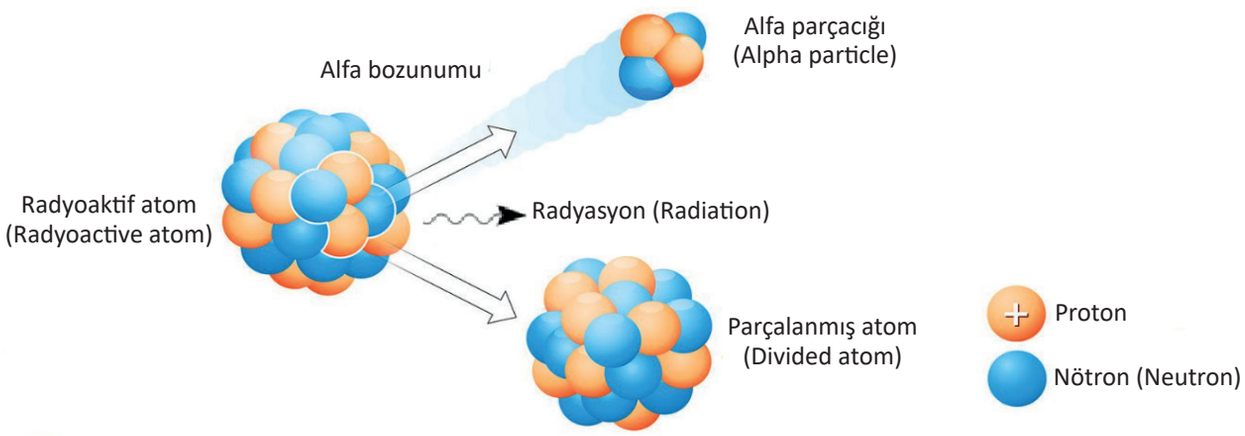
d. Kırılma: Saydam bir cisim üzerine gelen dalganın bir kısmı yansır, bir kısmı da kırılarak ilerler (Şekil 2.35: d).

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 duyarsız olduklarından çoğu duyarlı uygulamalarda çok kullanışlıdır.

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 ışınıma maruz kaldığında aşağıdaki etkiler gözlenir:

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

Dember Etkisi: Bir yarı iletken lokal olarak aydınlatıldığında elektron ve boşlukların (+ yük) farklı yayılma katsayıları nedeniyle aydınlatılmış ve aydınlatılmamış kısımları arasında bir gerilim üretilir.

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

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

Fotoelektrik Etkisi: Işığın bir maddeyi aydınlatmasına bağlı olarak eksi (-) ve artı (+) yüklerin üretilmesidir.

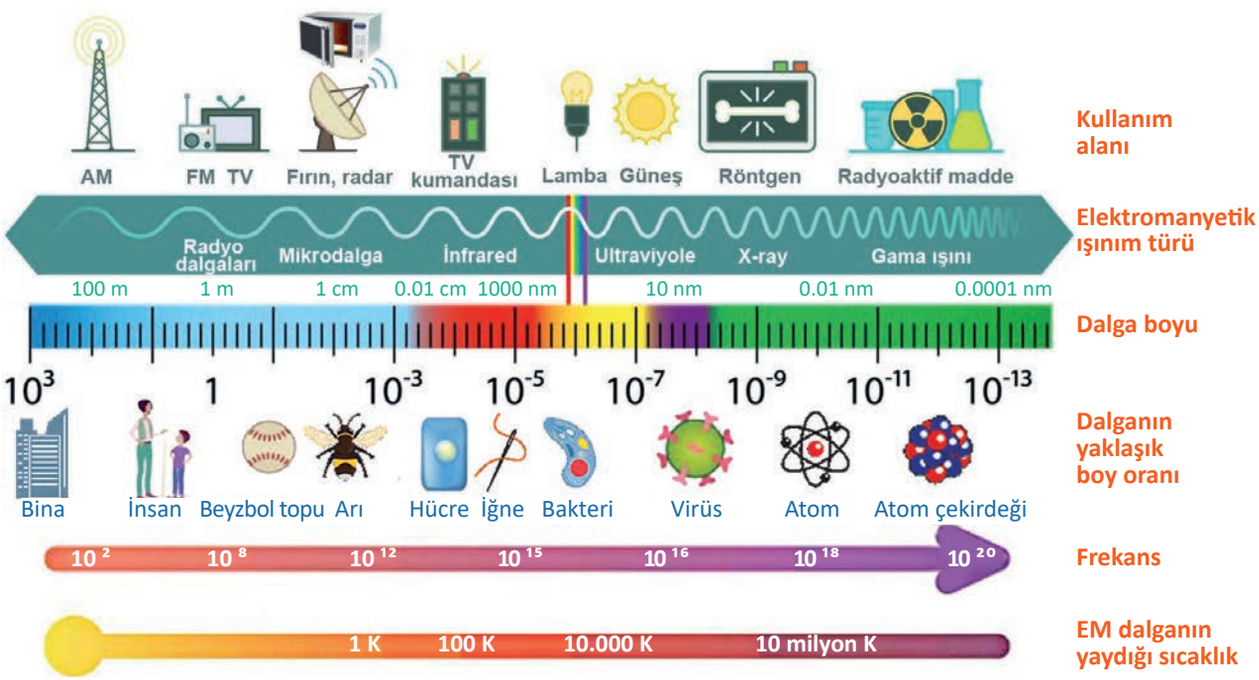
Fotodielektrik Etkisi: Bazı malzemelerin dielektrik sabiti, ışınımla değişir ve özelliklerini kaybeder.

Fotokapasitif Etkisi: Metal, yalıtkan ve yarı iletken bir kapasitörün kapasitansı ışınım 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 dalgalarla (ışık) karşılaşılmaktadır (Şekil 2.37).

Gözle görülen kırmızı ve mor arasındaki görünür ışık, 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 ısıl tepki ile sonuçlandığından ışık sensörleri, kuantum ve ısıl olarak adlandırılan iki ana gruba ayrılır. Kuantum dedektörleri, morötesinden orta kızılötesi tayf aralığında çalışırken; ısıl algılayıcılar, orta ve uzak kızılötesi tayf aralığında çalışır. Isıl 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 ve 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.

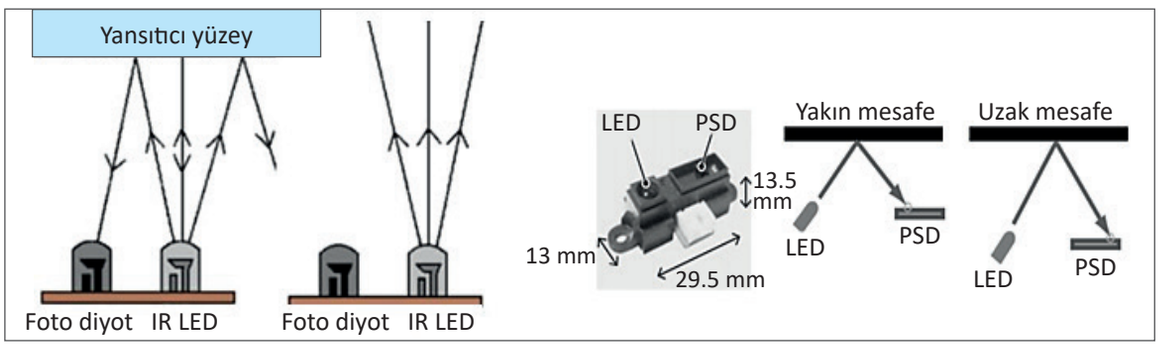
İş Sağlığı ve Güvenliği

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

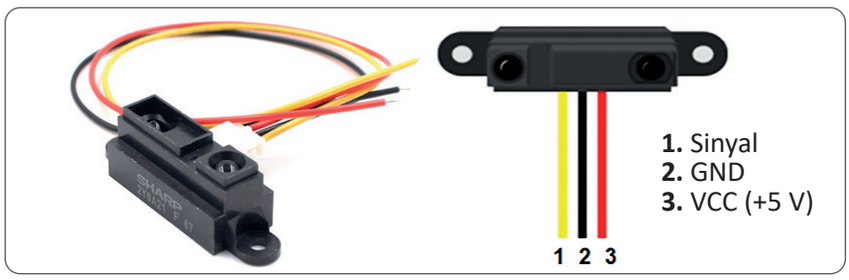


Şekil 2.38: Sharp kızılötesi (IR) sensörü çalışma prensibi

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 kâğıt 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 algılayabilir.

Sharp IR Mesafe Ölçüm Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması



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

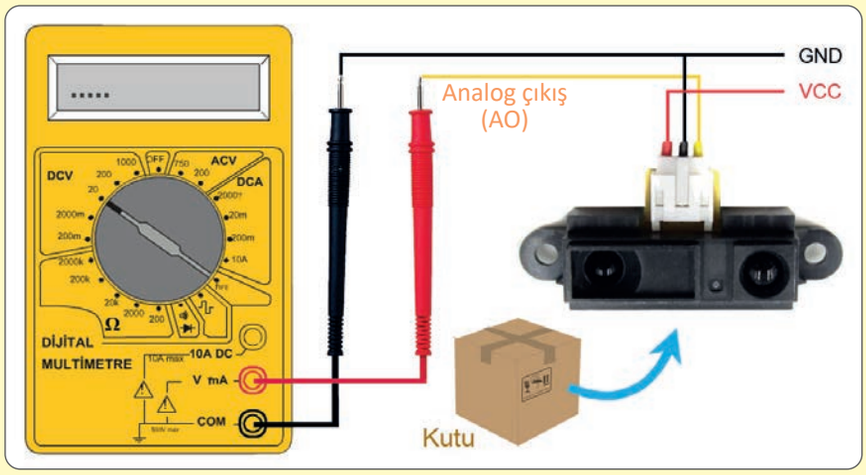
Sharp IR Mesafe Ölçüm Sensörünün Özellikleri

- **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 (80 cm):** 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

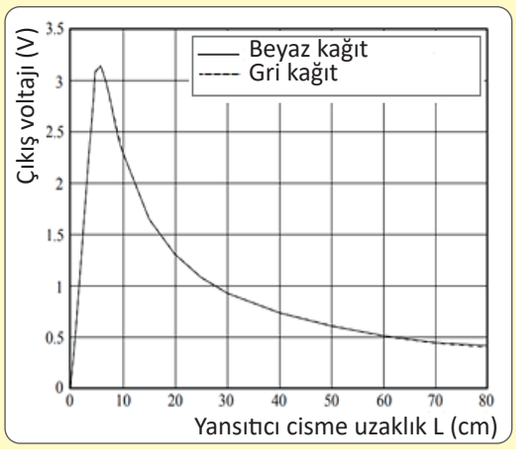
Endüstriyel sistemlerin süreç ve kalite kontrolünde, bilimsel çalışmalarda, robotik uygulamalarda, araçlarda güvenlik mesafesinin korunması gibi uygulamalarda kullanılır.

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 ediliyorsa 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 ve yaklaşık doğrusal bir ilişki vardır (Grafik 2.2).

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

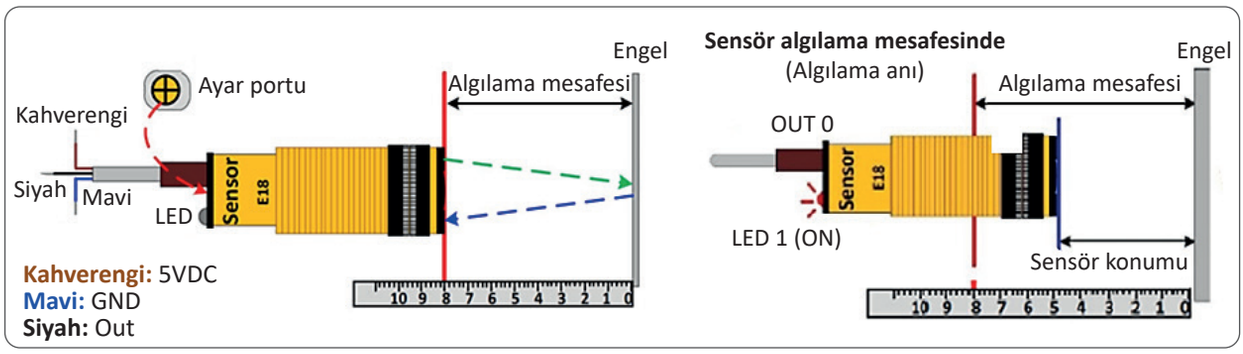
Uyarı

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 kondansatörün bağlanması, 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

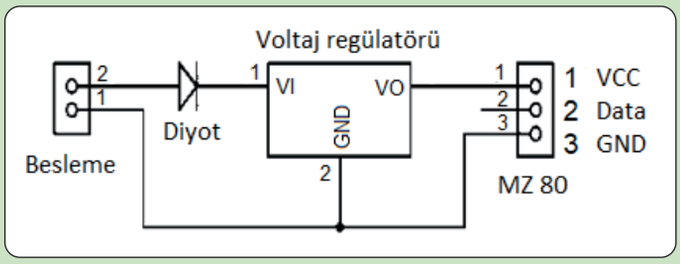
Kızılötesi (IR) Cisim Algılama Sensörünün Özellikleri

- **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.

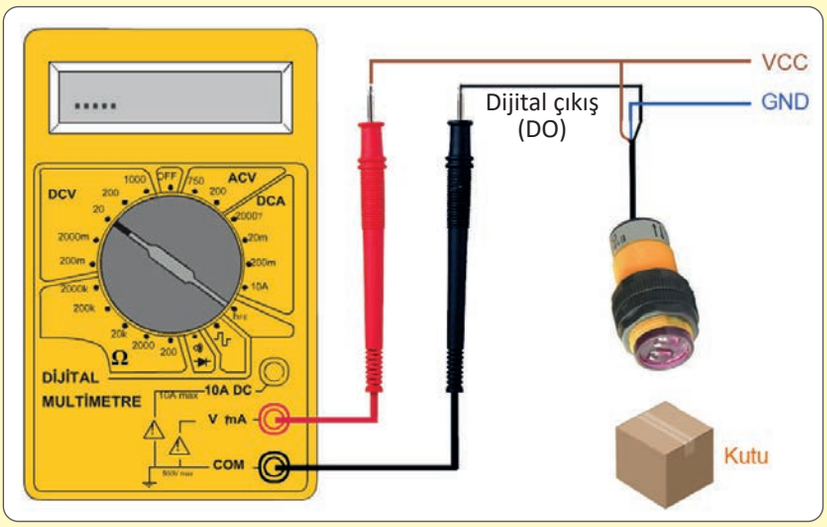
Uyarı



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'dan büyük bir DC gerilim beslemesi sensörü bozabilir.
- 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 ya da diyot kademesine alınır.
- Ölçü aletinin "-" ucu sensörün sinyal (siyah) ucuna, "+" ucu ise VCC 5 V pinine değdirilir.

Sağlamlık kontrolü, ölçü aletinin volt kademesinde yapılabilir.

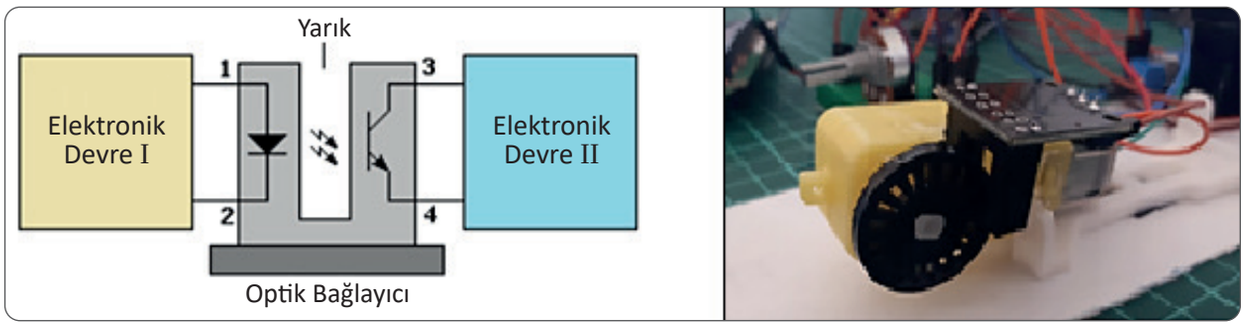
- Düşük volt kademesinde; ölçü aletinin "-" ucu sensörün sinyal (siyah) ucuna, "+" ucu ise VCC 5 V pinine değdirilir.

» 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.

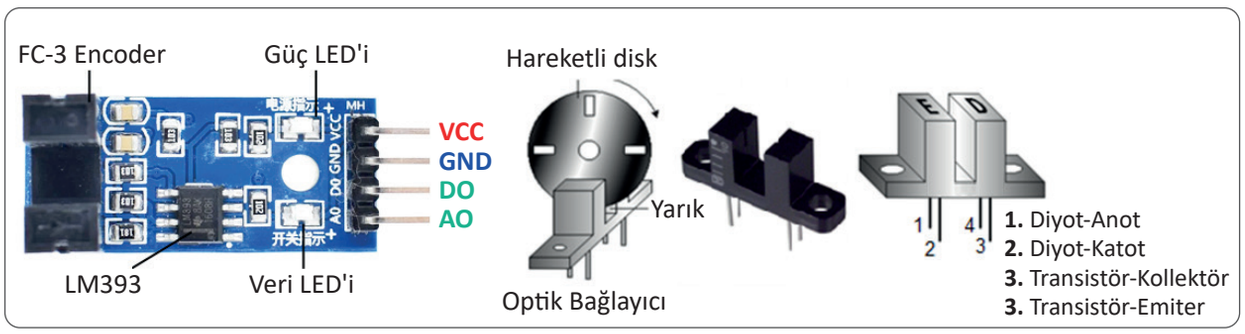
Kızılötesi (IR) Hız Sensör Modülünün Çalışma Prensibi



Şekil 2.45: Kızılötesi (IR) oluklu optik hız ölçüm sensörünün 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 alışverişi, aradaki yarıktan gerçekleştirilir. Bu darbeler DO pini tarafından okunur. Dönen dişli ya da delikli çember engel olabilir. Örneğin diskte 20 delik varsa sensör 20 kez delik görür ve motor bir tur atmış olur. Kontrolör tarafından bir turun kaç saniyede atıldığı hesaplanarak motorun 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

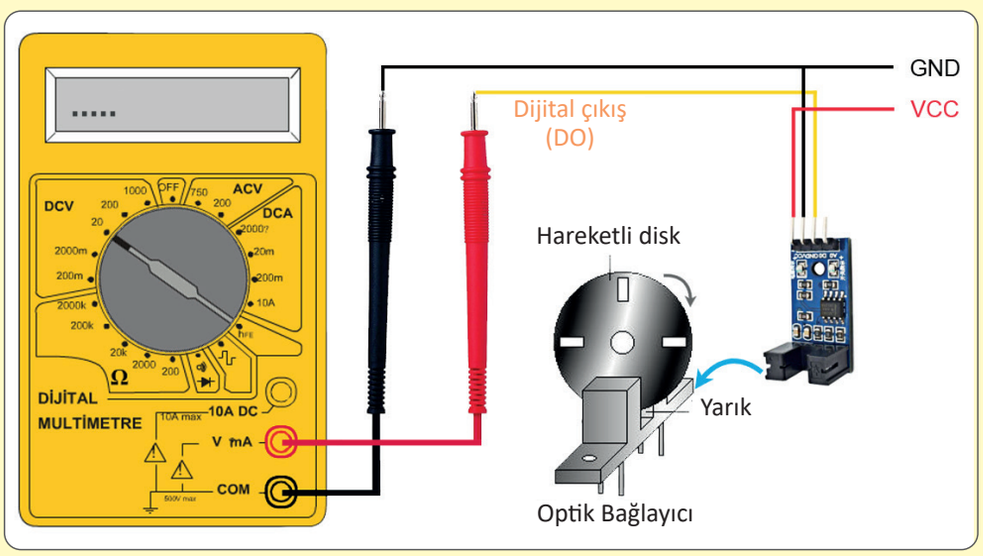
Kızılötesi (IR) Hız Sensör Modülünün Kullanıldığı Yerler

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 kondansatör 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 D0 ile GND pini arasına metalize (veya seramik) bir polyester 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.

Sağlamlık kontrolü, ölçü aleti kullanılarak da yapılır.

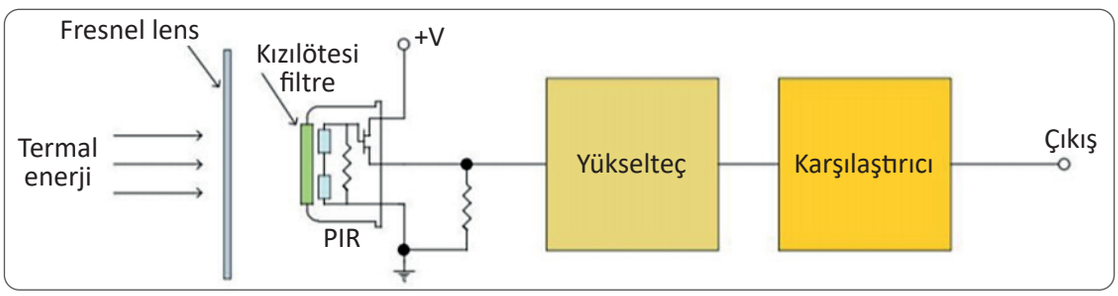
1. Ölçü aletinin "+" ucu sensör DO dijital çıkış sinyal ucuna, "-" ucu ise GND pinine değdirilir.
2. DC volt kademesinde cisim yokken 5 V gerilim görülmelidir.
3. Analog uçtan sağlamlık kontrolü için ölçü aleti gerilim kademesine alınarak aynı işlemler tekrarlanır (Cisim yani engel yokken AO ucunda bir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

2.2.2.4. HC-SR501 Ayarlanabilir IR Hareket Algılama Sensörü

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

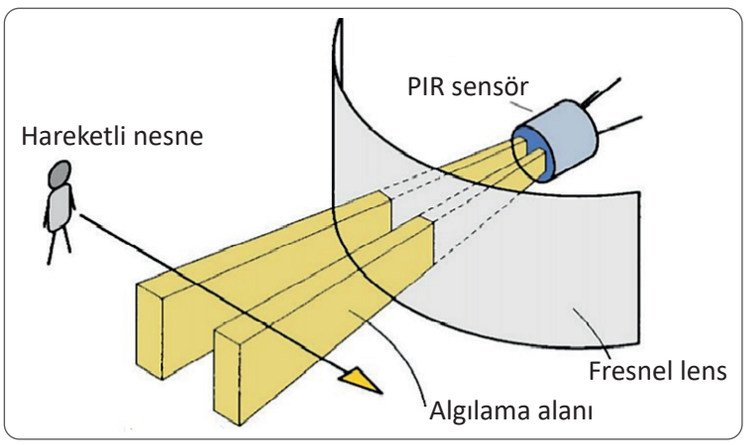
HC-SR502 Haraket Algılama Sensörünün Çalışma Prensibi

PIR Sensörleri; pasif kızılötesi sensör (passive ınfrared 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).

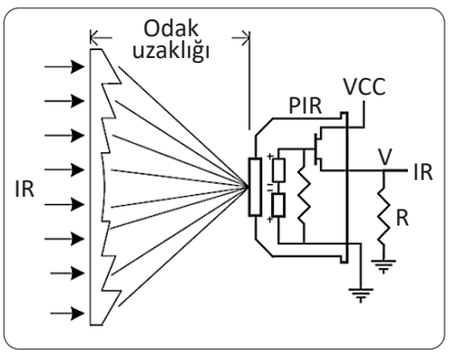


Şekil 2.48: PIR sensörü blok şeması

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



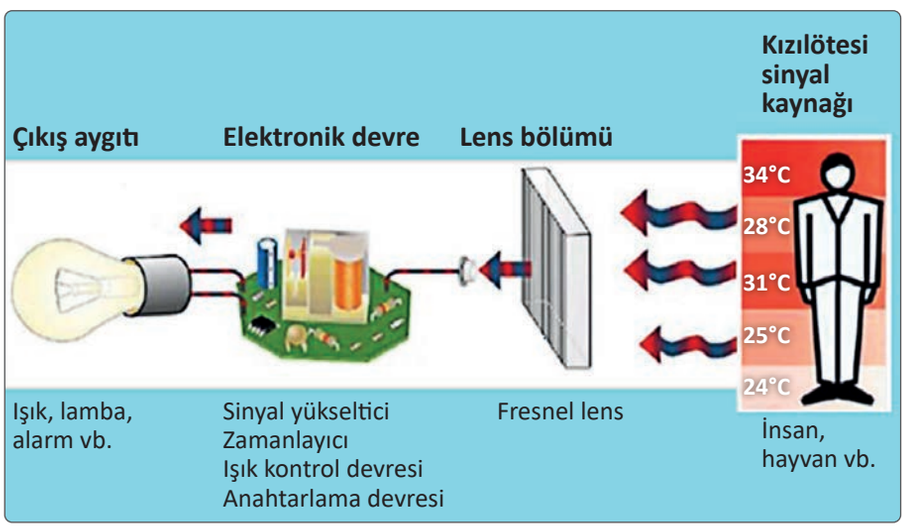
Şekil 2.51: HC-SR502 haraket algılama sensörünün görüntü ve pin bağlantı şeması

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 (isteğe bağlı)
- **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

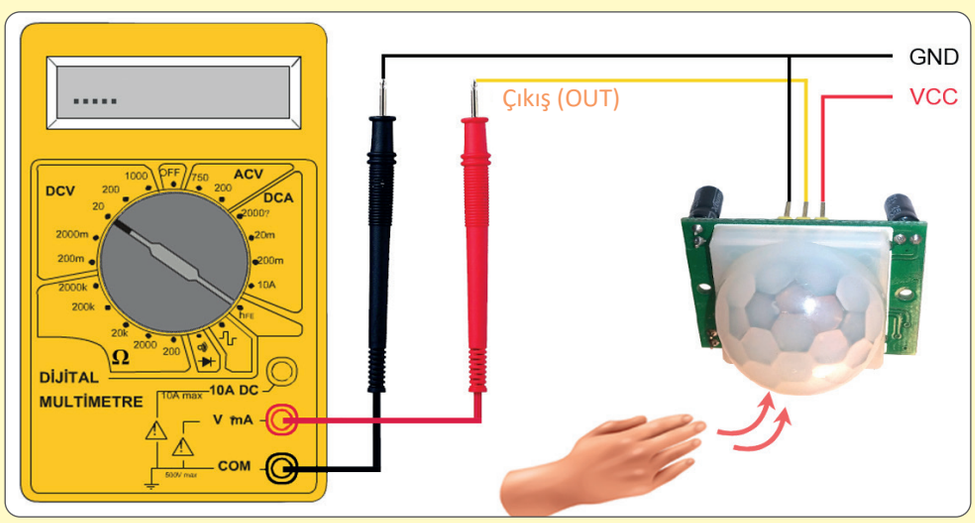
Uyarı

- 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 30-32 °C'ye çıktığında algılama mesafesi biraz kısalır. Performans için sıcaklık telafisi kullanılabilir.

Bilgi Notu

PIR sensörleri kızılötesi ışınımın emisyonunu değil, ısınmayı tespit eder. 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 haraket 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.

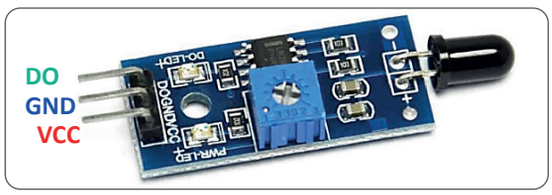
Ateş Algılayıcı Sensörün Çalışma Prensibi

Alev sensörü modülü; bir entegre devrede bir fotodiyot (IR alıcı), direnç, kapasitör, potansiyometre ve LM393 karşılaştırıcıdan oluşur. Yangın alevi az miktarda kızılötesi ışık yayar, bu ışık sensör modülündeki fotodiyot (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 ile 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

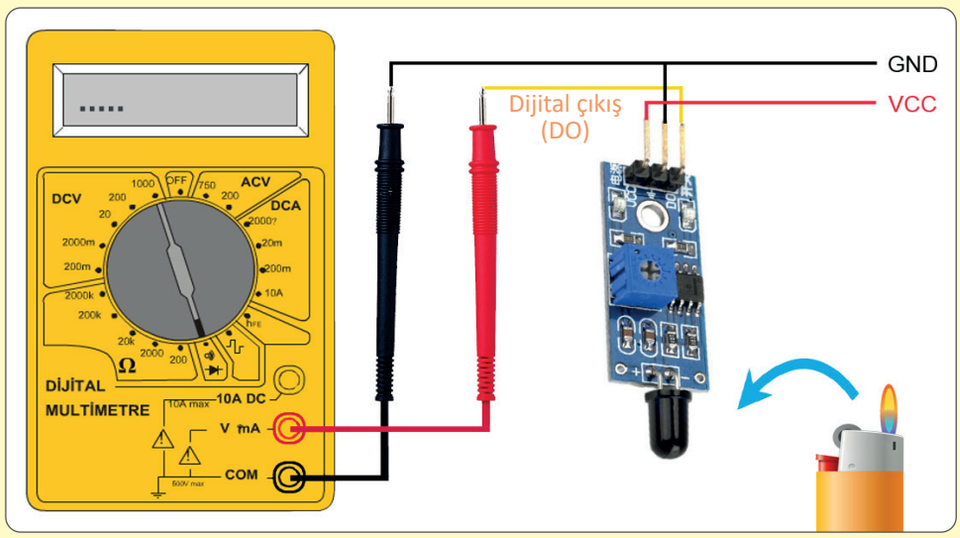
Ateş Algılayıcı Sensörün Özellikleri

- **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 **D0**: 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 değdirilir.
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 için de aynı işlemler tekrarlanabilir. DO pinin çıkışında, alev uzakta iken 3,3 V gerilim ölçülmelidir.

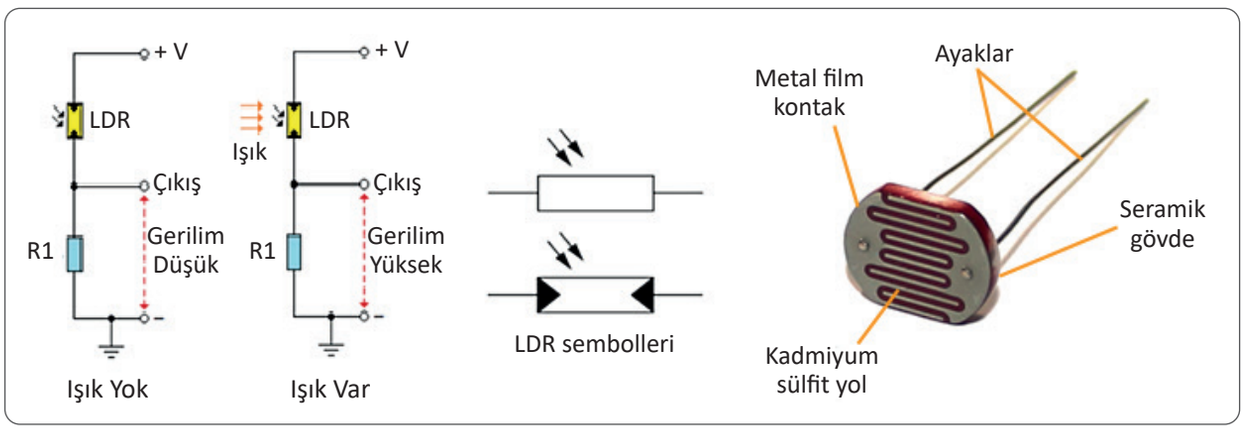
Uyarı

- 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), LDR'nin üzerine ışık uygulanırsa LDR 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'nin üzerinde ışık yokken direnci yüksek, R1 direnci üzerine düşen gerilim miktarı ise düşük olur ve çıkışta **low** (düşük) gerilim oluşur. LDR devresinin çıkış sinyali mikrodenetleyicilerin analog girişine tatbik edilebilir, transistör vb. tetiklenebilir (Şekil 2.56).

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

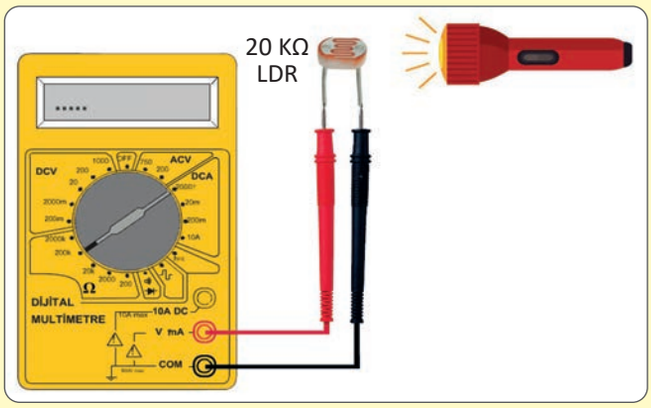
LDR Sensörünün Özellikleri

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

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

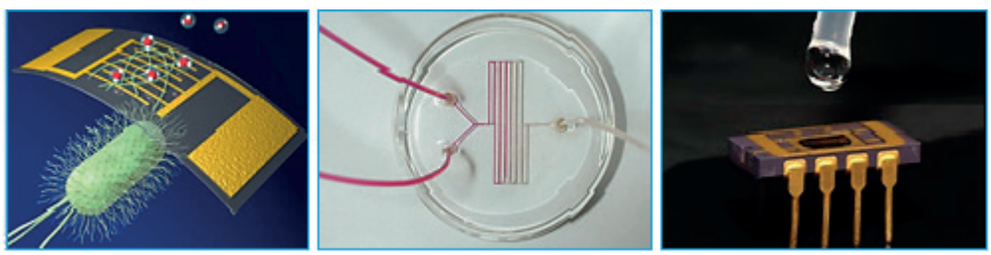
1. LDR'nin direnç değeri göz önüne alınarak ölçü aleti uygun direnç kademesine alınır.
2. Ölçüm işlemleri LDR'ye el değdirilmeden karanlık ve aydınlık ortamda ayrı ayrı yapılır.
3. LDR direncinin ışıkta değişip değişmediği gözlenir.
4. Karanlık ortamda yüksek direnç, aydınlık ortamda ise düşük direnç 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, ısıl çift, iyon seçici elektrot ve silikon gibi malzemelerle yapılır. Silikon düzlem teknolojisi de seri ve ucuz üretimi sağlayarak kimyasal sensörlerin seri imalatında kullanılır.

Sıcaklık ve basınç, maddenin katı, sıvı ve gaz hâlini belirler. 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 ışınlı 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.

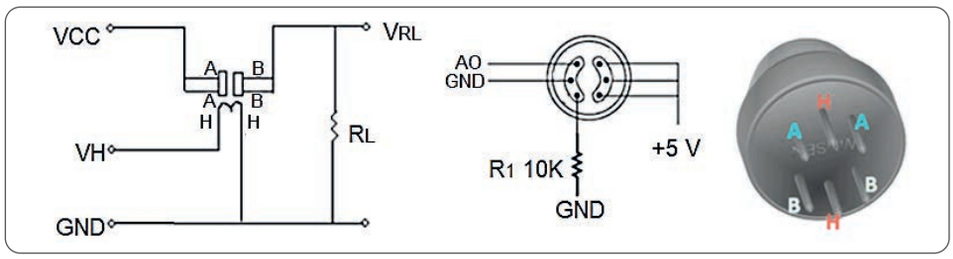
Volta Etkisi: Benzer olmayan iki metal birbiri ile temas etiğinde kontak potansiyeli oluşur.
Galvano Elektrik Etkisi: Farklı iletken malzemelerden yapılan iki levha bir elektrolite daldırıldığı zaman levhalar arasında malzemeye bağlı bir gerilim ölçülebilir.
Kimyasal Dielektrik Etkisi: Bir malzeme bir 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, kondüktometrik 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 Prensibi

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 SnO_2'dir. Yüksek ve düşük sıcaklık döngüsü yöntemiyle algılama yapar ve düşük sıcaklıkta (1,5 V ısıtıldığında) karbonmonoksiti (CO) algılar.



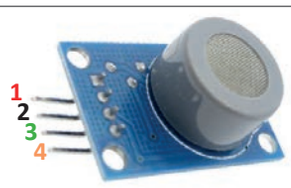
Şekil 2.59: MQ-7 (A2B4X) sensörünün iç yapısı

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 kısmıdır (Şekil 2.59). H pinleri 5 V ile beslenip sensörün yeterince ısınmasını, böylece tam ve doğru olarak ölçmesini sağlar. 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 gösterebilir. Başlangıç değeri olarak 10 kΩ'luk bir direnç kullanılabilir.

Karbonmonoksit (CO) Sensörünün Görüntü ve Pin Bağlantı Şeması

Pin No	Pin İsmi
1	VCC (+5 V)
2	GND
3	DO
4	AO



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

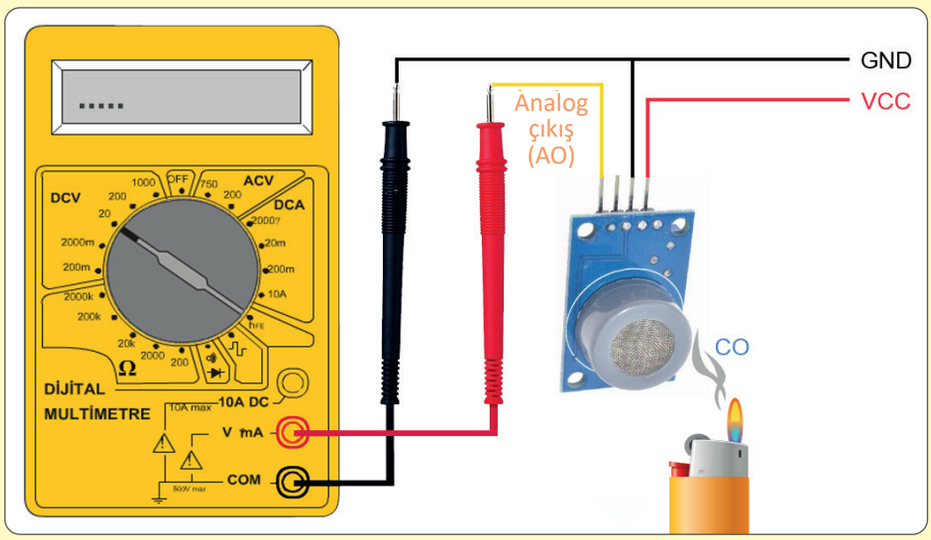
Karbonmonoksit (CO) Sensörünün Özellikleri

- Pot ayarlanabilir hassasiyet
- Karbonmonoksite 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
- Soketli problarla test için tak/çıkar kolaylığı

Karbonmonoksit (CO) Sensörünün Kullanıldığı Yerler

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

SAĞLAMLIK TESTİ VE ÇALIŞMASI



Şekil 2.61: Karbonmonoksit (CO) sensörünün sağlamlık 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 kolanya dökülerek tekrar çıkış gerilimi ölçülür.
6. Salınan CO gazıyla orantılı olarak gerilim oluşup oluşmadığı gözlenmelidir.

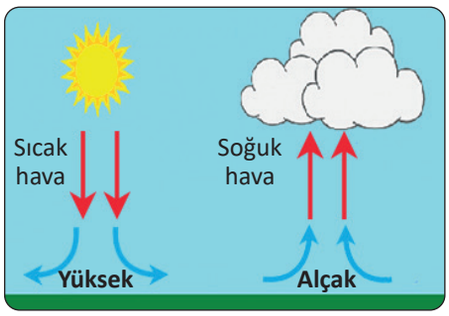
Uyarı

- 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 KΩ (5 KΩ ile 47 KΩ) 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

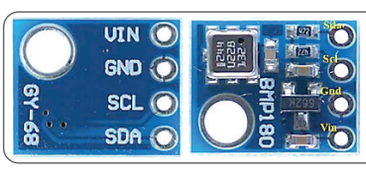


Şekil 2.62: Sıcak ve soğuk havada basınç

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. Yükseğe doğru çıkıldıkça hava miktarı ve basınç azalır. Ayrıca sıcaklığa bağlı olarak da havanın yoğunluğu ve kütlesi nedeniyle 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.

°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. Örnekleme 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
- Mikrodenetleyeci 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, Rp = 2,2 kΩ - 10 kΩ'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 kullanır.

2. Üzerine uygulanan basınca bağlı olarak çalışan kristal yapılı 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 boş bırakılan alanlara cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

15. (...) DHT1 sensörünün bacak isimleri VCC 5 V, data, Nc (not connected) ve GND'dir.

16. (...) HC-SR04 ultrasonik sensörün mesafe aralığı 2 cm – 6 m'dir.

17. (...) HC-SR04 ultrasonik sensörde sesin gönderildiği pin trig pinidir.

18. (...) HC-SR04 uzaklık sensörü üzerinde VCC, data, echo, GND olmak üzere dört pin bulunmaktadır.

19. (...) Eğim sensörleri açıyı ve sarsılmayı algılar.

20. (...) Isıl enerji, bir cisimden diğerine iletim, taşınım ve ışınım yoluyla iletilir.

21. (...) DHT11 sensörlerinin sağlamlık kontrolü multimetre ile yapılabilir.

22. (...) Kapasitif PNP proximity (yakınlık), ölçüm sensörü PNP çıkış verir.

23. (...) MAX4466 elektret modülünün yapısı, elektret kapsül ve arkasında bulunan 741 yükselteç devresinden oluşur.

24. (...) Yağmur damlaları sensörün üzerine düştüğünde aralarında boşluk bulunan plakalar yağmur nedeniyle iletkenlik özelliği kazanır.

25. (...) 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.

26. (...) Eğim sensörü analog çıkış verir.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

MEKANİK 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) Kondansatör B) Multimetre C) Optokuplör
D) Termistör E) Transistör

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

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

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

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

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) Ses E) Voltaj

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

A) Sonar - İnfrasonik - Ultrasonik - Hipersonik
B) İnfrasonik - Ultrasonik - Hipersonik
C) Ultrasonik - Hipersonik - Sonar - İnfrasonik
D) Hipersonik - Ultrasonik - Sonik - İnfrasonik
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 mikrofon sensörü
E) Kapasitif yakınlık proximity sensörü

12. 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 DEĞERLENDİRME

MANYETİK IŞIMA VE KİMYASAL SENSÖRLER



3

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerleri uygun sözcüklerle tamamlayınız.

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

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

14. (...) ACS712 akım sensörünün OUT ucundaki gerilim offset değeri 250 V'tur.
15. (...) Optik sensörlerin yapısını; ışık kaynağı, fotodedektör ve mercek, ayna veya fiber optik gibi ışık yönlendirme aygıtları oluşturur.
16. (...) Kızılötesi yakınlık sensör modülü, bir kızılötesi ışık yayan diyot (LED) ve konuma duyarlı bir cihazdan (PSD) oluşur.
17. (...) Kızılötesi (IR) sensörü, bir verici ve alıcı içerir.
18. (...) IR kızılötesi oluklu optik hız ölçüm sensörü; FC-03 kodlayıcı ve LM393 voltaj karşılaştırıcı entegresinden oluşur.
19. (...) Yangın alevinin az miktarda yaydığı kızılötesi ışık, sensör modülündeki foto diyot (IR) tarafından algılar.
20. (...) PIR sensörleri, görüş alanlarındaki insan ve sıcakkanlı canlıların yaydıkları IR ışıklarını algılayabilen hareket sensörlerdir.
21. (...) ACS712 sensörü Hall etkisiyle çalışır.
22. (...) Optik transdüser grubuna giren foto dirençlere LDR denir.
23. (...) Kızılötesi (IR) sensör, cismi ve cismin mesafesini algılar.
24. (...) BMP180 analog bir sensördür.
25. (...) PIR sensörü yaklaşık 3-8 m arası aktif haldedir.
26. (...) IR yakınlık (mesafe) ölçüm sensörünün ölçüm aralığı 10 cm ile 80 cm arasındadır.
27. (...) Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren elemanlara foto diyot denir.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

MANYETİK IŞIMA VE KİMYASAL SENSÖRLER



4

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve sorulara uygun cevapları veriniz.

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

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

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

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

3. İnfrared sensörler mesafeyi nasıl algılar?

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 (nm) aşağıdakilerden hangisidir?

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

5. Etiket okuyan sensör tipi aşağıdakilerden hangisidir?

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

6. Aşağıdakilerin hangisi IR sensörün özelliklerinden biridir?

A) Ortam ışığından etkilenir.
B) Yüksek güç harcarlar.
C) Parazitlere karşı korumalıdır.
D) Data transferine süreli izin verir.
E) Kızılötesi sinyal alındığında lojik 0 üretir.

7. Aşağıdakilerden hangisi LDR'lerin kullanıldığı alanlardan biri <u>değildir</u>?

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

8. Aşağıdakilerden hangisi dijital fotoğraf makinelerinde kullanılan sensör sınıfındandır?

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

9. 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

10. Sharp IR sensörleri aşağıdaki büyüklüklerden hangisini ölçer?

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

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

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

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

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

13. Aşağıdakilerden hangisi konum belirleyen sensördür?

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

KAYNAKÇA

- Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Alanı Çerçeve Öğretim Programı, 2020
- TDK Güncel Türkçe Sözlük
- TDK Yazım Kılavuzu

GENEL AĞ VE GÖRSEL KAYNAKÇASI



Görsel kaynakça sayfasına ulaşmak için yandaki kodu tarayın ya da aşağıdaki linke erişim sağlayın.

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1475

CEVAP ANAHTARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ: SENSÖRLERİN YAPI ÖZELLİKLERİ

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 1

1.	Motor	15.	Y
2.	Hata	16.	D
3.	kalori/Joule	17.	D
4.	aktüatör	18.	D
5.	sensör	19.	D
6.	kararlılık	20.	Y
7.	pasif	21.	Y
8.	transdüser	22.	D
9.	duyarlılık	23.	D
10.	çözünürlük	24.	Y
11.	nm(nanometre)	25.	D
12.	Sensör v4.0	26.	D
13.	gaz sensörleri	27.	D
14.	algılayıcı seçiminde		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 2

1.	B
2.	A
3.	B
4.	C
5.	D
6.	E
7.	E
8.	E
9.	E
10.	B
11.	C
12.	A
13.	C

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 3

1.	çok düşük ısılarda	15.	D
2.	-200 - +2500	16.	D
3.	termistör	17.	D
4.	PTC	18.	Y
5.	PTC	19.	D
6.	-300 - +50	20.	D
7.	direnç	21.	D
8.	manyetodirenç (MR)	22.	Y
9.	elektromanyetik	23.	D
10.	piezodirenç	24.	D
11.	piezoelektrik	25.	D
12.	yüksek ısıda	26.	D
13.	elektrik	27.	Y
14.	optik		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 4

1.	A
2.	B
3.	D
4.	B
5.	E
6.	D
7.	A
8.	C
9.	C
10.	D
11.	B
12.	E
13.	B
14.	D
15.	E

2. ÖĞRENME BİRİMİ: KULLANIM ALANLARINA GÖRE SENSÖRLER

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 1

1.	20 - 500 kHz	15.	D
2.	piezo	16.	Y
3.	ultrasonik	17.	D
4.	0-50 °C	18.	Y
5.	15 KΩ	19.	D
6.	direnç	20.	D
7.	üç (3)	21.	Y
8.	dijital çıkış	22.	D
9.	eğim	23.	Y
10.	dijital/analog çıkış	24.	D
11.	higrometre	25.	D
12.	dijital/analog çıkış	26.	Y
13.	kırk (40)		
14.	dijital çıkış		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 2

1.	E
2.	E
3.	D
4.	B
5.	D
6.	E
7.	B
8.	D
9.	D
10.	E
11.	C
12.	D

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 3

1.	Optik	14.	Y
2.	pirometre	15.	D
3.	LDR	16.	D
4.	1 V/ 4,8 V	17.	D
5.	uzaktan kumandalarda	18.	D
		19.	D
6.	IR oluklu optik hız sensör modülü	20.	D
		21.	D
7.	400-700 nm	22.	D
8.	analog ve dijital	23.	Y
9.	yüksek (high 1)	24.	Y
10.	185	25.	Y
11.	azalmakta	26.	D
12.	BMP180	27.	Y
13.	10 / 10.000		

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 4

1.	D
2.	E
3.	C
4.	A
5.	D
6.	C
7.	E
8.	B
9.	A
10.	D
11.	B
12.	D
13.	E

Notlar