

# **SENSÖRLER İLE ARDUINO**

---

**VOLKAN KANAT**

# İÇİNDEKİLER

<b>BÖLÜM 1: SENSÖRLER</b>	<b>1</b>
Giriş	2
Sensör ve Transdüser Kavramı	2
Sensör Çeşitleri	3
Termik Sensör ve Transdüserler	4
Termistör	5
LM35	7
DHT22 Isı ve Nem Sensörü	7
Termokupl	8
Manyetik Sensör ve Transdüserler	9
REED - Temassız Algılayıcılar	10
İndüktif - Manyetik Temassız Algılayıcılar	10
Hall Temassız Algılayıcılar	11
Basınç Sensörleri	11
Kapasitif Basınç Sensörleri	11
Load Cell Sensörleri	12
Strain Gauge Sensörleri	12
Piezoelektrik Basınç Sensörleri	13
Optik Sensörler	13
Foto Direnç (LDR)	14
Led Diyot	15
Foto Pil (Işık Pili, Güneş Pili)	15
Optokuplar	16
Fototransistörler	17
Pir Sensörler	17

Ses Sensörleri (Ultrasonik)	18
Encoderler	18
Mikrofon	19
Dinamik (Bobinli - Manyetik) Mikrofonlar	20
Kapasitif (Kondansör) Mikrofonlar	20
Şeritli (Bantlı) Mikrofonlar	21
Kristal Mikrofonlar	21
Karbon Tozlu Mikrofonlar	22
Hoparlör	22
Dinamik (Hareketli Bobinli) Hoparlörler	23
Piezoelektrik (Kristal) Hoparlörler	23
Kablosuz Sensör Ağı Teknolojisi	24
Wireless Interface For Sensor And Actuators (Wisa)	25
Wireless Hart	25
ISA100	26
ZigBee	26
Sensör Karakteristikleri	27
Ölçüm Aralığı	27
Çözünürlük	27
Hassasiyet	28
Hata	28
Gürültü	29
Kuantalama	29
Neler Öğrendik?	29

<b>BÖLÜM 2: SICAKLIK VE NEM SENSÖRLERİ</b>	<b>31</b>
Giriş	32
Arduino ve Sıcaklık ve Nem Sensörleri	33
LM35 ile Sıcaklık Ölçme Uygulaması	33
DHT11 ile Sıcaklık ve Nem Ölçme Uygulaması	41
DHT22 ile Sıcaklık ve Nem Ölçme Uygulaması	44
DS18B20 ile Sıcaklık Ölçme Uygulaması	48
SHT15 ile Sıcaklık ve Nem Ölçme Uygulaması	51
Neler Öğrendik?	55
<b>BÖLÜM 3: MESAFE SENSÖRLERİ</b>	<b>57</b>
Giriş	58
Arduino ve Mesafe Sensörleri	59
HC-SR04 ile Mesafe Ölçme Uygulaması	59
Parallax Ping ile Mesafe Ölçme Uygulaması	71
Sharp GP2Y0A02YK0F ile Mesafe Ölçme Uygulaması	74
VCNL4000 ile Mesafe Ölçme Uygulaması	78
Neler Öğrendik?	81
<b>BÖLÜM 4: DUMAN VE GAZ SENSÖRLERİ</b>	<b>83</b>
Giriş	84
Arduino ve Duman & Gaz Sensörleri	85
MQ-4 ile Metan ve CNG Gazı Ölçme Uygulaması	85
MQ-6 ile LPG/İzobütan/Propan Gazı Ölçme Uygulaması	88
Oksijen Gazı Ölçme Uygulaması	92
MQ-3 ile Alkol Gazı Ölçme Uygulaması	95
MQ-7 ile Karbonmonoksit Gazı Ölçme Uygulaması	99
Neler Öğrendik?	102

**BÖLÜM 5: IŞIK VE RENK SENSÖRLERİ 103**

Giriş	104
Foto Direnç (LDR)	104
Foto Diyot	105
Led Diyot	105
Foto Pil (Işık Pili, Güneş Pili)	106
Optokuplör	106
Fototransistörler	107
PIR Sensörler	107
Arduino ile Işık ve Renk Sensörleri	108
DR ile Işık Ölçme Uygulaması	109
Temt6000 ile Işık Ölçme Uygulaması	112
ML8511 ile Işık Ölçme Uygulaması	115
Tsl2561 ile Işık Ölçme Uygulaması	118
Adj-d-S311 ile Renk Ölçme Uygulaması	124
Arduino Lılypad Işık Sensörü Uygulaması	131
Neler Öğrendik?	133

**BÖLÜM 6: ELEKTRİK VE MANYETİZMA SENSÖRLERİ 135**

Giriş	136
Reed/Temassız Algılayıcılar	136
İndüktif/Manyetik Temassız Algılayıcılar	137
Hall Temassız Algılayıcılar	137
Arduino ile Elektrik ve Manyetizma Sensörleri	138
ACS715 ile Akım Ölçme Uygulaması	138
INA169 ile Akım Ölçme Uygulaması	142
MAG3130 ile 3 Eksen Magnetometre Uygulaması	147
Neler Öğrendik?	152

<b>BÖLÜM 7: İVMEÖLÇERLER</b>	<b>153</b>
Giriş	154
Arduino ve İvmeölçerler	157
ADXL337 ile İvme Ölçme Uygulaması	157
MMA8452Q ile İvme Ölçme Uygulaması	162
MEMSIC 2125 ile İvme Ölçme Uygulaması	166
ADXL345 İle İvme Ölçme Uygulaması	171
Neler Öğrendik?	186
<b>EK1: STANDART ASCII TABLOSU</b>	<b>187</b>
Kaynaklar	192
Kısaltmalar	192
<b>EK2: KİTAPTA KULLANILAN KOMPONENTLERİN LİSTESİ VE İNDEKS</b>	<b>193</b>
Bölüm 1   Sensörler	194
Bölüm 2   Sıcaklık ve Nem Sensörleri	194
Bölüm 3   Mesafe Sensörleri	194
Bölüm 4   Duman ve Gaz Sensörleri	194
Bölüm 5   Işık ve Renk Sensörleri	195
Bölüm 6   Elektrik ve Manyetizma Sensörleri	195
Bölüm 7   İvmeölçerler	196
<b>İNDEKS</b>	<b>197</b>

# 1

## SENSÖRLER

### BU BÖLÜMDE

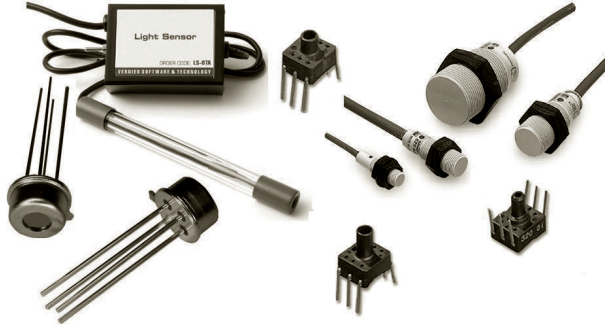
Giriş	2
Sensör ve Transdüser Kavramı	2
Sensör Çeşitleri	3
Termik Sensör ve Transdüserler	4
Manyetik Sensör ve Transdüserler	9
Basınç Sensörleri	11
Optik Sensörler	13
Ses Sensörleri (Ultrasonik)	18
Mikrofon	19
Hoparlör	22
Kablosuz Sensör Ağı Teknolojisi	24
Sensör Karakteristikleri	27
Neler Öğrendik?	29

Sensörler, kontrol sistemlerinin sıcaklık, nem, basınç gibi değerleri algılamasını sağlayan elemandır. İnsanların çevrelerinde olup bitenleri duyu organlarıyla algılamasına benzer biçimde çalışan sensörler hemen hemen her projede yer almakta. Arduino ile sensörleri kullanarak kolayca dış dünyadaki fiziksel değerleri algılayabilirsiniz.

Bu bölümde, sensör kavramına, sensör çeşitlerinin sınıflandırılmasına ve sensör seçiminde dikkat edilmesi gereken özelliklere değineceğiz.

## Giriş

Günümüzde fabrikalarda üretim, otomatik çalışan makinelerle yapılıyor. Bu makinelerin kontrolü ise elektronik ve bilgisayarlı sistemler tarafından gerçekleştiriliyor. Makinelerde oluşan mekaniksel ve fiziksel değişimleri bilgisayar sistemine aktarıp bilgisayar sisteminde işlenerek tekrar aynı makinenin ya da başka makinelerin kontrolünü sağlamak mümkün. İşte sensörler bu noktada devreye giriyor. Ortamda bulunan fiziksel bir değişikliği elektrik sinyallerine çevirecek elektronik sistemlere aktarmak için sensörleri kullanıyoruz. **Örneğin;** ortamdaki sıcaklığın, nemin ya da ışığın belirli bir değer aralığında tutulmasında sensörleri kullanıyoruz.



Sensörler sadece endüstriyel firmalarda kullanılan cihazlar değildir. Günlük yaşamımızda da bizi farklı ortamlarda gözetleyen gözler gibidir. Bizim programladığımız gibi işlerini aksatmadan yapan işçilerdir. **Örneğin;** ayarladığımız sıcaklığı algılayarak çalışan oda ısıtıcıları, televizyon kumandasından sürekli emir bekleyen televizyonun kumanda algılayıcısı, bizi gördüğünde otomatik açılan kapılar sensörlere en güzel örneklerdir.

## SENSÖR VE TRANSDUSER KAVRAMI

İnsanlar çevrelerindeki değişiklikleri duyu organları ile algılar ve buna bağlı olarak da hareket eder. Buna örnek verecek olursak üşüdüğümüzde ısıtıcıyı açarız veya ortam karanlık olduğunda ışığı açarız. Bu işleri bizim yerimize yapacak cihazlar olsa ne güzel olurdu diye hepimiz düşünmüşüzdür. Günlük hayatımızda ısı, ışık, basınç, ses gibi büyüklükler var olup bunların etkilerini duyu organlarımızla algılar, varlıklarından haberdar oluruz. Bu fiziksel büyüklükleri insanlar gibi algılayan ve bu algılama sonucunda gerekli ekipmanları devreye sokan ve çıkartan elemanlar sensörler ile transdüserlerdir. Fiziksel ortam



değişikliklerini (ısı, ışık, basınç, ses vb.) algılayan elemanlara **sensör**, algıladığı bilgiyi elektrik enerjisine çeviren elemanlara ise **transdüser** denir.

Sensörlerden alınan veriler elektrik sinyaline dönüştürüldükten sonra elektronik devreler tarafından yorumlanarak mekanik aletlere kumanda edilebilir. Bu sayede hem günlük hayatımızı hem de endüstriyel üretim süreçlerini çok daha kolaylaştırmış oluruz.



Piyasadaki sensörler tek bir yapı şeklinde bulunmuyor. İhtiyaca, kullanım alanına ve hassasiyete göre sensörlerin boyutları ve şekilleri değişebiliyor. Bundan dolayı ihtiyacımız olan sensörü firmaların kataloglarını detaylı bir şekilde inceleyerek seçiyoruz. Sensörlerin diğer elektronik malzemeler gibi standart bir yapıları ve şekilleri bulunmuyor.

## SENSÖR ÇEŞİTLERİ

Fiziksel ortamlardaki değişikliklerden dolayı mekanik bir makineyi veya elektronik bir devreyi çalıştırmamız gerektiğinde sensörler ve transdüserleri kullanıyoruz. Amacımıza uygun sensör ve transdüseri seçmek sonuca daha erken ulaşmamızı sağlayacaktır. Sensörleri genel olarak şu şekilde çeşitlendirebiliriz;

- » **Mekanik Sensörler:** Uzunluk, alan, kütleli akış, kuvvet, moment, basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalga boyu ve yoğunluğu gibi mekaniksel değişiklikleri algılayan sensör sınıfıdır.
- » **Termal Sensörler:** Sıcaklık, ısı akışı gibi termal değişiklikleri algılayan sensör sınıfıdır.
- » **Elektriksel Sensörler:** Voltaj, akım, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı gibi elektriksel değişiklikleri algılayan sensör sınıfıdır.
- » **Manyetik Sensörler:** Alan yoğunluğu, akım yoğunluğu, manyetik moment gibi manyetik değişiklikleri algılayan sensör sınıfıdır.
- » **Işıma Sensörleri:** Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma ve gönderme gibi değişiklikleri algılayan sensör sınıfıdır.

Bunun yanı sıra sensörleri **çıkış** büyüklüklerine göre sınıflandırabiliriz. Bazı sensörler çıkış olarak **analog** sinyal üretirken bazı sensörler de **dijital** sinyal üretir. Analog çıkış sinyali üreten sensörlere alternatif olan dijital sinyal çıkışlı sensörler, bilgisayarla doğrudan iletişim kurabilir. Bu iletişim sağlanırken bazı protokoller kullanılır. **RS232C**, **RS485**, **RS422A** kullanılan seri iletişim protokolleridir.

**NOT**

Sensörler ile bilgisayarlar arasında kurulan iletişimin anlaşılabilmesi için seri haberleşme protokolleri konusunda bilgi edinmeliyiz.

Sensörler aynı zamanda enerji ihtiyaçlarına göre de sınıflandırılabilir. Pasif sensörler, dışarıdan harici enerji almadan yani besleme gerilimine ihtiyaç duymadan fiziksel ya da kimyasal değerleri farklı bir büyüklüğe çeviriyor. Pasif algılayıcılara örnek olarak **Termocouple** (T/C) ya da anahtarı örnek gösterebiliriz.

Aktif sensörler ise çalışmalarını için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyuyor. Genelde zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılır. Aktif sensörlerde dikkat edilmesi gereken nokta giriş ve çıkışlardır. Bu sınıflandırmadaki sensörler dijital ya da analog elektriksel çıkış sinyali üretiyor. Analog çıkış sinyaline sahip olan sensörlerde çıkış büyüklüğü gerilim ya da akımdır. Gerilim çıkışı genellikle **0 - 5V** aralığında bulunuyor. Bazı durumlarda **0 - 20 mA** akım çevrimi kullanılabilir. Ancak endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma, kopma gibi durumlarda sistemin bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin sağlıklı yapılabilmesi için **4 - 20 mA** daha yaygın kullanılıyor. Çok eski aktif sensörler ise **10 - 50 mA** akım çıkışlarına sahip. Endüstride en yaygın kullanılan **4 - 20 mA** çevrim tipinin kullanımı bazı özel durumları gerektiriyor. **Bunlar;**

- » Sensörlerin yerleştirildiği uzak noktalarda elektrik besleme gerilimi olmamalı.
- » Sensörler, gerilim sinyalinin sınırlı olabileceği durumlarda tehlikeli uygulamalarda kullanılmı.
- » Sensörlere giden kablo sayısı iki ile sınırlandırılmalı.
- » Sensörler, elektriksel gürültüden etkilenmemesi amacıyla ölçüm sisteminden elektriksel olarak izole edilmeli.

## TERMİK SENSÖR VE TRANSDUSERLER

Ortamdaki ısı değişimini algılamamıza yarayan cihazlara ısı veya sıcaklık sensörleri denir. Bu bölümde sıklıkla kullanılan termik sensörleri inceleyeceğiz.

# 7

## İVMEÖLÇERLER

### BU BÖLÜMDE

Giriş	154
Arduino ve İvmeölçerler	157
Neler Öğrendik?	186

Günümüzde ivmeölçerler sanayide ve bilimsel çalışmalarda bir çok uygulamada kullanılıyor. Yüksek hassasiyete sahip ivmeölçerler füzelerde, uçaklarda, insansız hava araçlarında, gemilerde ve denizaltılarında navigasyon sistemlerinde kullanılan en önemli parçalardan biridir. Bunun yanı sıra, döner makinelerde titreşimi tespit edip, bu titreşimin hangi sınırlar içinde gerçekleştiğini gözler.

Bu bölümde, farklı özelliklere sahip ivmeölçerler ile Arduino uygulamaları gerçekleştirerek hangi ivmeölçerin uygulamamız için uygun olduğuna karar vereceğiz.

## Giriş

Fizikte, hızın zamana göre değişme miktarı veya hızın zamana göre türevine eşit olan niceliğe **ivme** denir. İvme vektörel bir nicelik olarak, cismin hem yönünün hem de hızının zamana göre değişimini veriyor. İvmenin birimi **SI** cinsinden **m / s<sup>2</sup>**'dir.

**SI Nedir?:** 1960'taki **Ağırlıklar ve Ölçümler genel konferansında** tanımlanan ve resmi statü verilen **Uluslar Arası Birim Sistemi**'dir. Bu sistem, bilimde ve teknolojiye kullanılmak üzere önerilmiştir. **SI Birim Sistemi**'nin genel kabulü, teknik iletişimi kolaylaştırmaya yöneliktir. **SI Birim Sistemi**, **MKS Birim Sistemi**yle doğrudan ilgili.

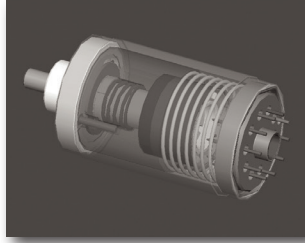
Aşağıdaki tabloda bazı **SI** türeme birimleri için özel isimler ve semboller gösterilmiştir.

Fiziksel Nicelik	SI Biriminin Adı	SI Birimi için Sembol	SI Biriminin Tanımı
Kuvvet	newton	<b>N</b>	kg m s <sup>-2</sup>
Basınç	pascal	<b>Pa</b>	N/m <sup>2</sup> = kg m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup>
Enerji	joule	<b>J</b>	N m = kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
Güç (fizik)	watt	<b>W</b>	J/s = kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup>
Elektrik yükü	coulomb	<b>C</b>	A · s
Elektriksel Potansiyel Farkı	volt	<b>V</b>	W/A = J/C = kg m <sup>2</sup> A <sup>-1</sup> s <sup>-3</sup>
Elektriksel Direnç	ohm	<b>Ω</b>	V/A = kg m <sup>2</sup> A <sup>-2</sup> s <sup>-3</sup>
İletkenlik (Elektrik)	siemens	<b>S</b>	Ω <sup>-1</sup> = kg <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> A <sup>2</sup> s <sup>3</sup>
Elektriksel Sığa	farad	<b>F</b>	C/V = A <sup>2</sup> s <sup>4</sup> kg <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup>
Manyetik Akı	weber	<b>Wb</b>	kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
İndüktans	henry	<b>H</b>	Wb/A = kg m <sup>2</sup> A <sup>-2</sup> s <sup>-2</sup>
Manyetik Akı Yoğunluğu	tesla	<b>T</b>	Wb/m <sup>2</sup> = kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
Işık akısı	lümen	<b>lm</b>	cd · sr
Aydınlanma şiddeti	lüks	<b>lx</b>	lm/m <sup>2</sup> = cd sr m <sup>-2</sup>
Frekans	hertz	<b>Hz</b>	s <sup>-1</sup> (saniyede salınım)
Radyoaktivite	bekkerel	<b>Bq</b>	s <sup>-1</sup> (saniyede bozunma)

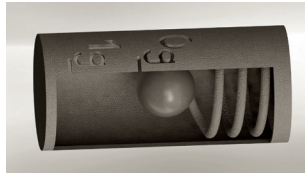
İvme, fizik kuralı olarak bilinen **a = F / m** ifadesi ile bulunuyor. Buradaki **F** ifadesi, hareket yönünde uygulanan kuvveti, **m** ise cismin sahip olduğu kütleyi ifade ediyor. Burada **F** ifadesi vektörel bir nicelik olup, **m** gibi skaler bir niceliğe bölündüğünde vektörel bir nicelik olan **a** ifadesi meydana geliyor.



**İvmeölçer** veya **akselerometre**, bir kütleyle uygulanan ivmeyi ölçen cihaz. Uygulanan ivmenin ölçümünde, koordinat ivmesi (*referans ivme*) bilinmesine gerek duyulmuyor. Bunun yerine ivmeölçer, içindeki test kütlelerine referans eksenindeki, kütleden kaynaklı olan uygulanan kuvvetlere bakıyor. **Örneğin**; dünya üzerinde deniz seviyesine yakın bir bölgede düz bir yüzey üzerinde ivmeölçerin gösterdiği değer **9.81 m / s<sup>2</sup>** olurken, serbest düşen bir cisim üzerinde veya boş uzayda göstereceği değer **0 m / s<sup>2</sup>** oluyor.



İvmeölçer bir kütlelerin sahip olduğu ivme değerini ölçerken, içerisinde bulunan konumlandırılmış kütlelerin, değişken konumundan faydalanarak sonuç elde ediyor. Yani bu kütlelerin dik konumunu referans kabul ederek, oluşan değişiklikleri bu referans noktalarıyla kıyaslayarak bulabiliyor.



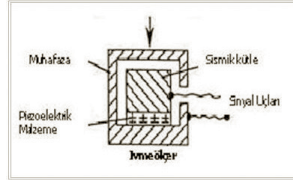
Görüldüğü gibi, kütle ivme kılavuzunun içerisinde yatay olarak konumlandırılmış. Başlangıç noktası **0 gram** olarak belirlenmiş olup, kıyaslamaları **0 grama** göre yapıyor. Bu kılavuz dikey olarak konumlandırıldığında ise, kütlelerin konumu **1 grama** geliyor. Çünkü içerisindeki kütle yatay olarak **9.81 m / s<sup>2</sup>** değerine eşit bir ivmeyle hareket ettirilseydi, **1 gram** noktasına gelecek şekilde kütle konumlandırılmış olacaktı. Burada dikey olarak kütleyle etki eden yer çekimi etkisiyle, yatayda görülen etki dikeyde de geçerli oluyor.



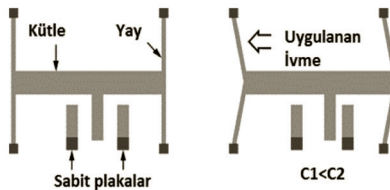
Burada ele aldığımız ivmeölçerler, bu eksenlerin birleşmesiyle hareketi kontrol ediyor. Bilindiği gibi, bu sensörler tek yönlü ölçüm yapabiliyor. Bu nedenle, 3 adet sensör birleşerek 3 boyutta hareketi kontrol edebiliyor. Bu 3 eksen ise **x**, **y** ve **z** olarak isimlendirilirse, bu şekilde gösterimle koordinat sistemi oluşmuş oluyor. Böylece sistem oluşacak ivme değişikliklerini her yönde kontrol edebilecektir.

İvmeölçerler, sanayide ve bilimsel çalışmalarda bir çok uygulama alanında kullanılıyor. Yüksek hassasiyete sahip ivmeölçerler füzelerde, uçaklarda, insansız hava araçlarında, gemilerde ve denizaltılarda navigasyon sistemlerinde kullanılan en önemli parçalarda biri. Bunun yanı sıra, döner makinelerde titreşimi tespit edip, bu titreşimin hangi sınırlar içinde gerçekleştiğini gözlüyor. Günümüzde tablet bilgisayarlar ve dijital kameralarda titreşim engelleyici sistemlerin devreye girmesinde, görüntü netleştirmede ve kullanıcı duyarlı sistemlerin etkinleşmesinde kullanılıyor.

İvmeölçerler farklı yöntemlerle çalışıyor. Bunların en yaygın olarak kullanılanları **piezoelektrik** ve **kapasitif** ivmeölçerlerdir. Piezoelektrik ivmeölçerler, içerisindeki mikroskobik kristaller maruz kaldıkları stres sonucunda orantılı olarak gerilim üretiyor. Üretilen bu gerilimin değeri, önceden tanımlanmış olan gerilim değeri ile kıyaslanıyor ve ivmenin etkisi bulunmuş oluyor.

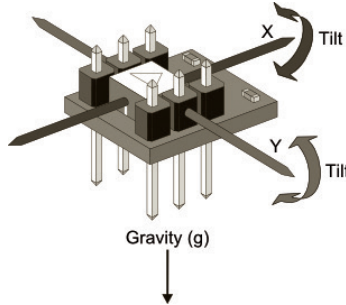


Diğer bir çeşit ivmeölçer ise **kapasitif** ivmeölçerlerdir. Birbirine yakın iki paralel levha arasında kapasitif etki oluşuyor ve kapasitans değeri ortaya çıkıyor. Bu tip ivmeölçerlerde kapasitif iletim prensibi kullanılıyor. Bir ivme uygulandığı takdirde sabit elektrot ve hareketli elektrot arasındaki mesafe değişiyor. Bu sayede kapasite değerinin de değişmesi gerçekleşiyor. Sonuç olarak ivme ile ilintili bir çıkış değeri elde ediliyor.



İvme sensörleri **analog** ve **sayısal çıkışlı** olmak üzere ikiye ayrılıyor. Analog ivme sensörleri, ivmenin değişmesine göre sürekli gerilim değeri veriyor. Sayısal ivme sensörleri ise; uygulama alanına göre, modüle edilmiş çıkış değerleri veriyor. İvme sensörleri seçilirken göz önünde bulundurulması gereken özellikler şunlardır:

- » **Eksen Sayısı:** Bilindiği gibi ivme sensörlerinin hareketi kontrol edebilmesi için birden fazla eksene sahip olması gerekiyor. Piyasada çok eksenli birçok ivmeölçer mevcut. Ancak en yoğun olarak 2 ve 3 eksenli ivmeölçerler kullanılıyor.
- » **Hassasiyet:** Ölçümün önemine göre hassasiyeti düşük veya yüksek ivme sensörleri tercih edilebiliyor. Hassasiyeti yüksek olan ivme sensörleri ivmedeki küçük bir değişimde dahi çok büyük tepkiler verebiliyor.
- » **Bant Genişliği:** Yavaş hareket eden bir sistemde ivme değişimlerini algılayabilmek için bant genişliğinin 50 Hz, yüksek hızda ise 100 Hz olması gerekiyor.
- » **Empedans:** Uygulanan sistemin çıkış elemanının empedansının, uygulanan ivmeölçerle uygun olması gerekiyor.



## ARDUINO VE İVMEÖLÇERLER

Buraya kadar ivmeölçerler ile temel olarak tanışmış olduk. Artık Arduino ile beraber projeler yapmaya hazırız. İlk olarak kolay bir örnek üzerinden Arduino ile ivmeölçer kullanımını görelim. Bu örnekte **ADXL337** ivmeölçeri ile ivme ölçümünü gözlemleyeceğiz. Tabii buradaki veri okuma mekanizması farklı ivmeölçerlerden veri almak için de rahatlıkla kullanılabilir.

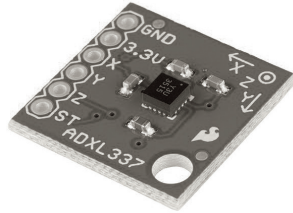
### ADXL337 İLE İVME ÖLÇME UYGULAMASI

ADXL337, Sparkfun Electronics firmasının ürettiği 3 eksene sahip bir ivmeölçer. Bu analog ivmeölçerler uzun alanlarda rahatlıkla kullanılabilir. ADXL337 oldukça düşük gürültü ve güç tüketimine sahip (sadece 300 uA). Kartın üzerinde regülatör bulunmadığı için güç kaynağının değeri 1.8 ile 3.6 V DC arasında

olmalı. ADXL337 ivmeölçerini satın aldığınızda komponentleri tam olarak monte edilmiş halde geliyor. Ayrıca harici bileşenlerle yüklü olarak test edilmiş bir şekilde geliyor. İçerisinde bulunan 0.1 uF kondansatörlerle bütün eksenleri 50 Hz bant aralığına ayarlanmıştır.

#### Özellikler:

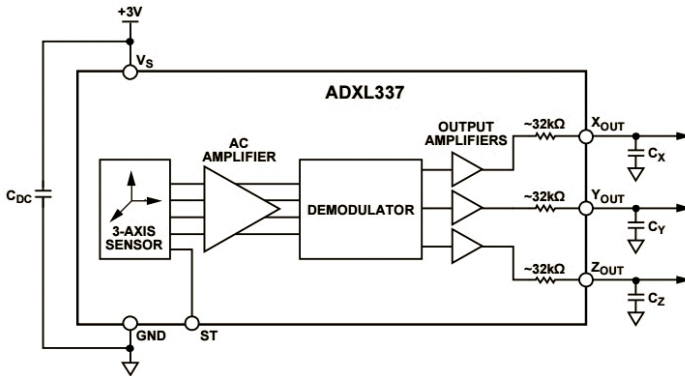
- » **Çalışma Gerilimi:** 1.8 V - 3.6 V DC,
- » **Tipik Akımı:** 300 uA,
- » **Menzil:** 3g + / - ,
- » 3 eksenli algılama,
- » Eksen başına tek bir kapasitör ile bant genişliğini ayarlama.



Sparkfun Electronics firması, **ADXL337** ivmeölçerini tanıtan bir video hazırlamış, izlemenizi tavsiye ederim.

<https://www.youtube.com/watch?v=rjWXtpbgLkg>

**ADXL337** sensörünün daha iyi anlaşılması için aşağıda blok diyagramını paylaşmıştım.





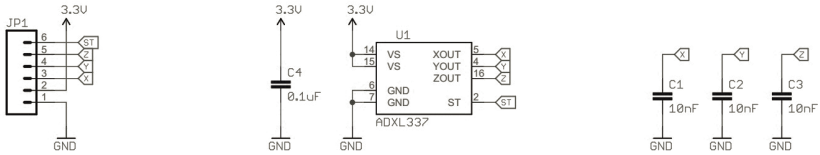
ADXL337 ile ilgili ayrıntılı bilgileri ve veri sayfalarını (*datasheet*) aşağıdaki adreste bulabilirsiniz:

<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Accelerometers/ADXL337.pdf>

ADXL337 ivmeölçerinin pinlerinin açıklaması aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Pin Label	Pin Function	Input/Output	Notes
3.3V	Power Supply	Input	Can be between 1.8 - 3.6V.
X	X axis acceleration	Output	Analog output whose voltage correlates to acceleration measured on the X axis
Y	Y axis acceleration	Output	Analog output whose voltage correlates to acceleration measured on the Y axis
Z	Z axis acceleration	Output	Analog output whose voltage correlates to acceleration measured on the Z axis
ST	Self Test	Input	Used to verify sensor functionality
GND	Ground	Input	0V, common voltage to share with microcontroller circuit

ADXL337 ivmeölçeri ile uygulama gerçekleştirmeden önce şematik dosyasını incelemek de fayda var.



ADXL337 ivmeölçerinin Eagle dosyalarını aşağıdaki adreste bulabilirsiniz:

<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Accelerometers/ADXL337%20Breakout-v10.zip>

Şimdi uygulamamızı gerçekleştiriyoruz. Bunun için kullanılan Arduino kodları aşağıda:

### Arduino Kodu

/\*

ADXL337 ile İvme Ölçme Uygulaması  
ADXL337 3 Eksen İvmeölçer ile  
İvme ölçümü

İvmeölçerin her bir eksenini için okuma gerçekleştiriyoruz.  
X eksenini için Analog 0 pininden,  
Y eksenini için Analog 1 pininden,  
Z eksenini için Analog 2 pininden okuma gerçekleştiriyoruz.

\*/

```
// Bu iki değişkenin doğruluğundan emin oluyoruz.
//ADXL337 için bu değer 3 (±3g) 'dir.
int scale = 3;

// Arduino Uno gibi 5V çıkış veren bir mikrodenetleyici kullanacaksak bu kod
satırını eklememiz gerekiyor.
boolean micro_is_5V = true;

void setup()
{
    // Seri haberleşmeyi başlatıyoruz. Seri haberleşme hızımız 115200 bps'dir.
    Serial.begin(115200);
}

// İvmeölçer verilerimizi her bir eksen için okuyoruz.
void loop()
{
    // X, Y ve Z ekseninin bilgilerini A0, A1 ve A2 pininden okuyoruz.
    int rawX = analogRead(A0);
    int rawY = analogRead(A1);
    int rawZ = analogRead(A2);

    // Her eksen için ölçülen değerleri Analog Dijital Dönüştürme işleminden geçiriyoruz.
    float scaledX, scaledY, scaledZ;

    // 5V için...
    if (micro_is_5V)
    {
        scaledX = mapf(rawX, 0, 675, -scale, scale); // 3.3/5 * 1023 =~ 675
        scaledY = mapf(rawY, 0, 675, -scale, scale);
        scaledZ = mapf(rawZ, 0, 675, -scale, scale);
    }

    // 3.3 V için...
    else
    {
        scaledX = mapf(rawX, 0, 1023, -scale, scale);
        scaledY = mapf(rawY, 0, 1023, -scale, scale);
        scaledZ = mapf(rawZ, 0, 1023, -scale, scale);
    }

    // X,Y,Z ekseninden okuduğumuz bilgileri Arduino Serial Monitor ekranında gözlemleyebiliyoruz.
    Serial.print("X: "); Serial.println(rawX);
    Serial.print("Y: "); Serial.println(rawY);
```