

ROBOT TEKNOLOJISI

Ege Üniversitesi Ege MYO
Mekatronik Programı

BÖLÜM 4

Robot Algılayıcıları

Algılama Nedir

- Robotun çevresi hakkında bilgi toplamak için kullandığı elemanlara robot algılayıcıları denir.
- Sensör :
- Elektrik / mekanik / kimyasal aygıtlardır
- Tüm sensörler enerjiyi bir türden diğer türe değiştiren elemanlardır.

İnsanın Algılayıcıları

- Görme: Gözler (optics, light)
- Duyma: Kulaklar (acoustics, sound)
- Dokunma: Deri (mechanics, heat)
- Koku: Burun (vapor-phase chemistry)
- Tat: Dil (liquid-phase chemistry)

Genişletilmiş Ölçütler

- RGB spectrumun dışında görme
 - Infrared kamera, gece görüşü
- Actif görme
 - Radar ve optik (laser) ile uzaklık ölçümü.
- 20 Hz – 20 kHz aralığında duyma
 - Ultrasonik mesafe ölçümü
- Koku ve tat ile ileri düzey kimyasal analiz.
- Radyasyon: α , β , γ -ışınları.

Elektronik Dönüşüm

- Termistor: Sıcaklığı dirençe dönüştürür
- Fotocurrent: Işık şiddetini akıma dönüştürür
- Pyroelectric: termal radyasyonu gerilime dönüştürür
- Nem: Nemi kapasiteye dönüştürür
- Length (LVDT: Linear variable differential transformers) : konumu endüktansa dönüştürür.
- Mikrofon: ses basıncını endüktansa veya kapasiteye dönüştürür.

Sensor Birleştirme ve Tamamlama

- İnsan: bir duyu organı $\Leftrightarrow$ bir duyu?
 - Denge: Kulaklar
 - Dokunma: dil
 - Sıcaklık: deri
- Robot:
 - Sensör birleştirme(fusion):
 - Birden fazla sensörden okunan bilgi birleştirilerek sonuç elde edilebilir.
 - Sensor Tamamlama (Integration):
 - Bir işi yapmak için birden fazla kaynaktan bilgi alıp iş yapma

Sensor Fusion

- Tek bir sensörden alınan bilgi her zaman yeterli değildir.
 - Gerçek sensörler gürültülü çıkış verirler
 - Doğrulukları kısıtlıdır.
 - Güvenirlikleri düşüktür veya bozulabilirler
 - Görüş açısı yeterli olmayabilir.
 - Mükemmel sensör seçildiğinde fiyat çok yüksek olabilir. Ucuz birkaç çeşit sensörü birlikte kullanmak daha iyi olabilir.

Kullanım Öncesi

- Temizle
- Gürültü yüksek ise filtrele
- Kalibre et

Sensörlerin sınıflandırılması

- İç algı (Proprioception)
 - *Robotun içinde yer alan değişkenleri ölçer*
örnek batarya gerilimi, tekerin konumu, eklem açısı gibi.
- Dış algı (Exteroceptive)
 - Çevreyi algılama.
- Aktif ↔ Pasif
 - Algılama yapmak için çevreye enerji yayan,
örnek radar, sonar
 - Algılama yapmak için çevreden enerji çeken
örnek kamera
- Temaslı ↔ Temassız
- Görsel ↔ Görsel olmayan
 - Görsel temelli algılama, görüntü işleme, video kamera

Dokunmatik (Touch) Sensörler

- Kedi bıyığı, tampon gibi
 - Mekanik olarak dokunarak
 - Anahtarı aç/kapa yapar.
 - Elemanın direnci değişir.
 - Elemanın kapasitesi değişir.
 - Yayın sıkışıklığı artar
 -

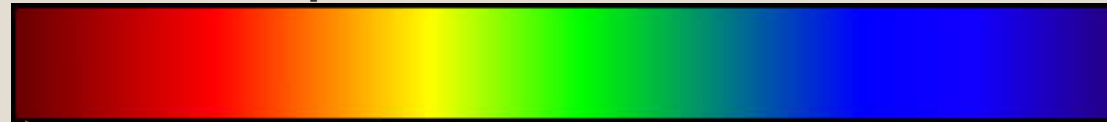
Ses Temelli Sensörler

- SONAR: Ses ile yön bulma ve mesafe ölçümü (**S**ound **N**avigation **a**nd **R**anging)
 - Nesneden yansıyan ses dalgasının yansıma süresi nesnelin uzaklığı hakkında bilgi verir.
 - Ses dalgasının frekansındaki değişim ise bağlı olarak ölçülür (Doppler effect)
 - Yarasalar ve yunuslar da sonar dalgalarını kullanırlar.
 - Robotlar mesafe ölçmede sonar sistemleri kullanırlar.

EM Spektrum temelli Sensörler

Elektromanyetik Spektrum

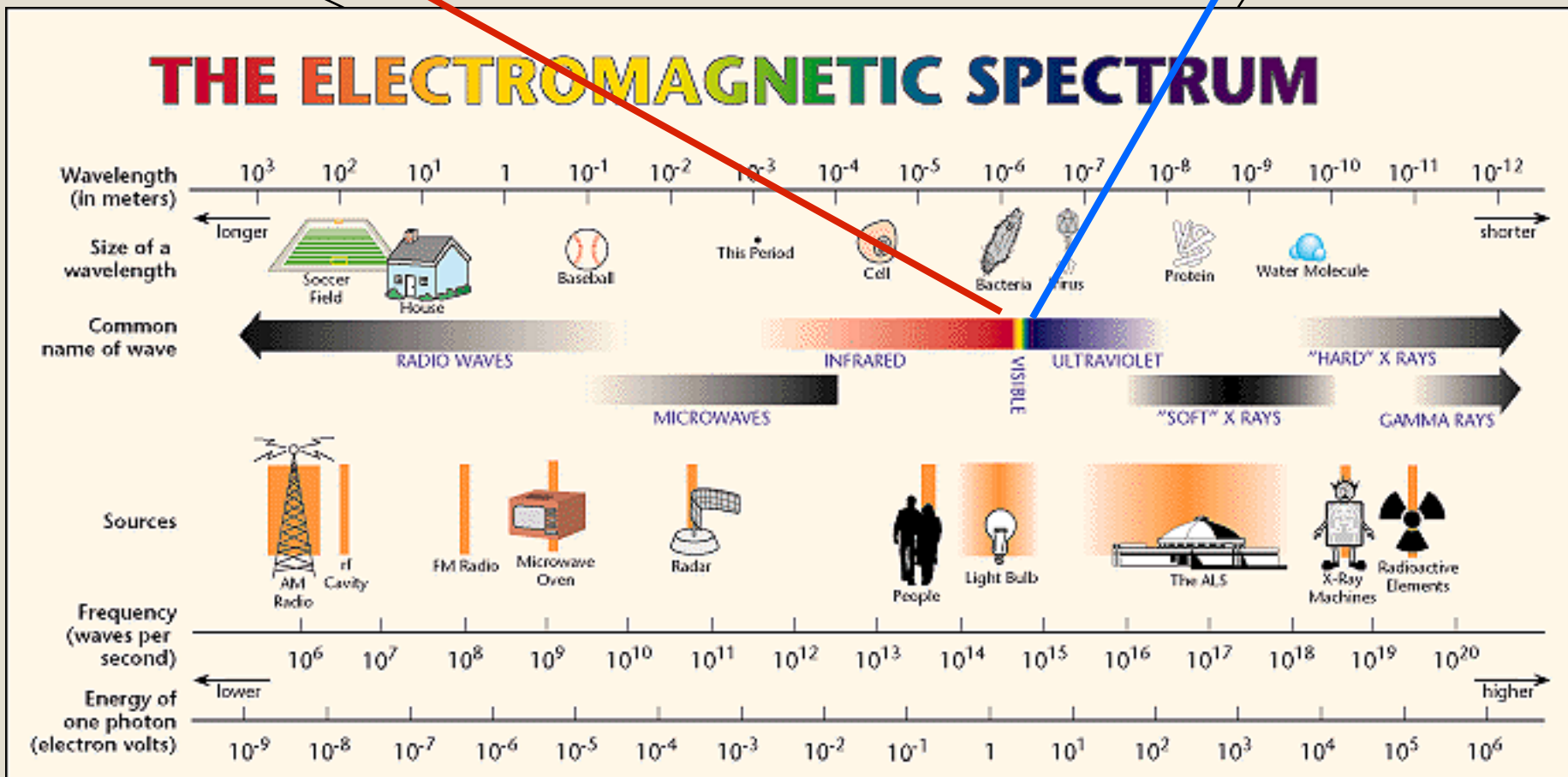
Görünebilir Spektrum



700 nm

400 nm

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



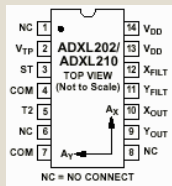
EM Spectrum Temelli Sensörler

- Radyo ve Mikrodalga
 - RADAR: **R**adio **D**etection **a**nd **R**anging
 - Microwave radar: Buluttan etkilenmez
- Eşevreli Işık (Coherent light)
 - Tüm fotonlar aynı fazdadır ve aynı dalga boyuna sahiptir
 - LASER: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation
 - LASER RADAR: LADAR – Doğru ölçüm için gerekli

EM Spectrum Temelli Sensörler

- Görünür ışık duyarlı sensörler
 - Göz, kamera, fotosel gibi.
 - Çalışma prensibi
 - CCD - charge coupled devices
 - photoelectric effect
- IR duyarlı sensörler
 - Yerel yaklaşım algılama
 - Infrared LED (ucuz, aktif algılama yapar)
 - Çözünürlüğü düşük – genelde nesnenin olup olmadığını algılar, mesafe ölçümü için uygun değildir, kısa mesafelerde kullanılabilir.
 - Cismin yaydığı ısı etkisini algılayarak görüntü oluşturur.
 - İnsanı veya canlı hayvanları algılayan sensörler
 - Gece görüş kameraları

Robotlarda Kullanılan Sensörler



Accelerometer



Gyro



Pendulum Resistive
Tilt Sensors



Piezo Bend Sensor



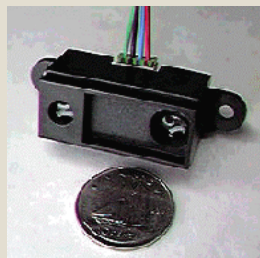
Metal Detector



Gas Sensor



Gieger-Muller
Radiation Sensor



Digital Infrared Ranging



CDS Cell
Resistive Light Sensor



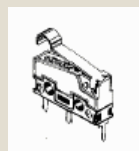
Resistive Bend Sensors



UV Detector



Pyroelectric Detector



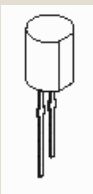
Limit Switch



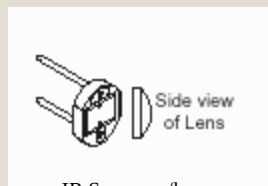
Mechanical Tilt Sensors



Touch Switch



IR Pin
Diode



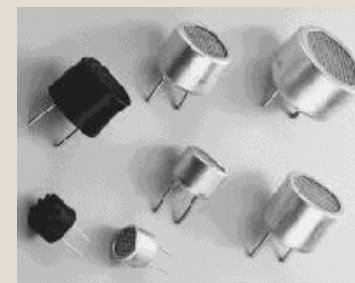
IR Sensor w/lens



Thyristor



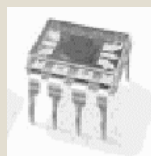
Magnetic Sensor



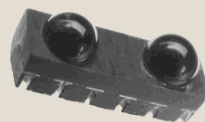
Piezo Ultrasonic Transducers



IR Reflection
Sensor



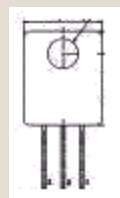
IR Amplifier Sensor



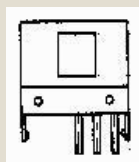
IRDA Transceiver



Magnetic Reed Switch



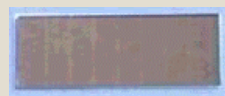
Lite-On IR
Remote Receiver



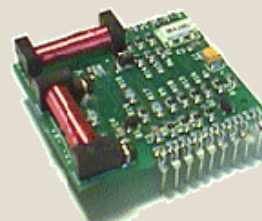
Radio Shack
Remote Receiver



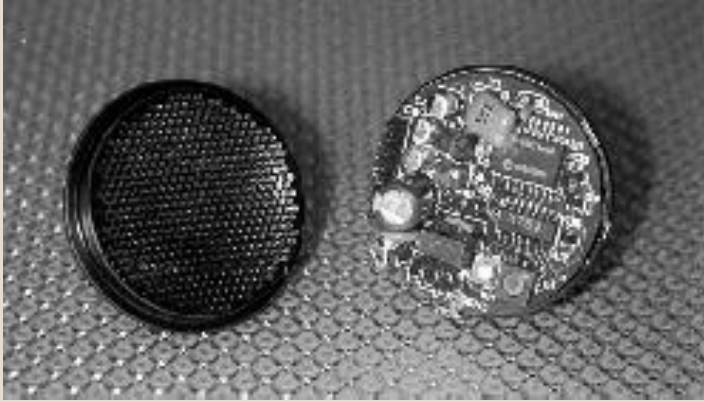
IR Modulator
Receiver



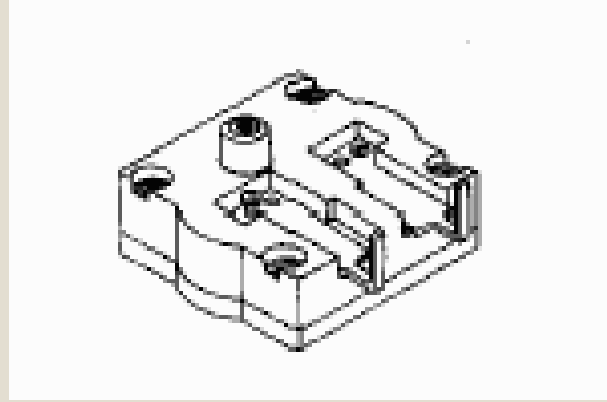
Solar Cell



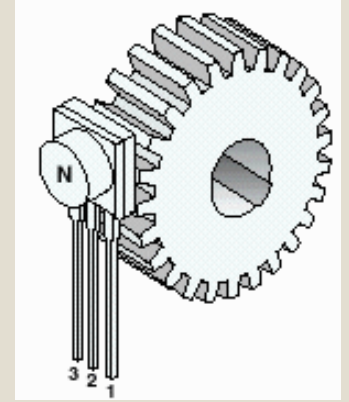
Compass



Minyatür Polaroid Sensör



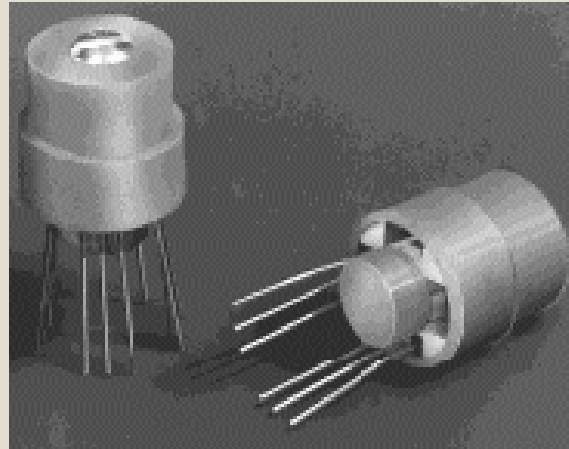
Basınç Anahtarı



Hall Effect
Sensör



Polaroid Sensör Board



Pusula (Compass)

Sensors Used in Robot

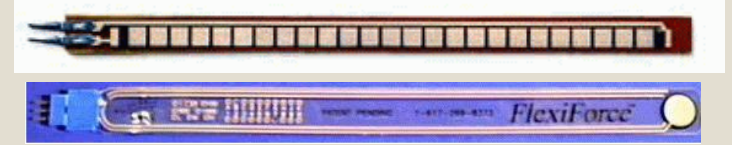
- Resistive sensors
 - bend sensors, potentiometer, resistive photocells, ...
- Tactile sensors
 - contact switch, bumpers...
- Infrared sensors
 - Reflective, proximity, distance sensors...
- Ultrasonic Distance Sensor
- Inertial Sensors (measure the second derivatives of position)
 - Accelerometer, Gyroscopes,
- Orientation Sensors
 - Compass, Inclinator
- Laser range sensors
- Vision, GPS, ...

Direnç Sensörler

Dirençsel sensörleri

Eğilme Sensörü

- Direnç = 10k to 35k
- Şerit büküldüğünde, direnci artar



Direnç eğilme sönsörü

Potansiyometre

- Kayma veya dönme hareketi yapan sistemlerde konum belirleme sensörü olarak kullanılabilir. Bir turdan fazla atan sistemlerde hızlı dönen yada kayan sistemlerde tercih edilmez.



Potansiyometre

Işık sensörü (Photocell)

- Işığın yönünü ve büyüklüğünü çok iyi belirleyebilir.
- Direnç değişimi doğrusal değildir.
- Işık değişimine yavaş yanıt verir.

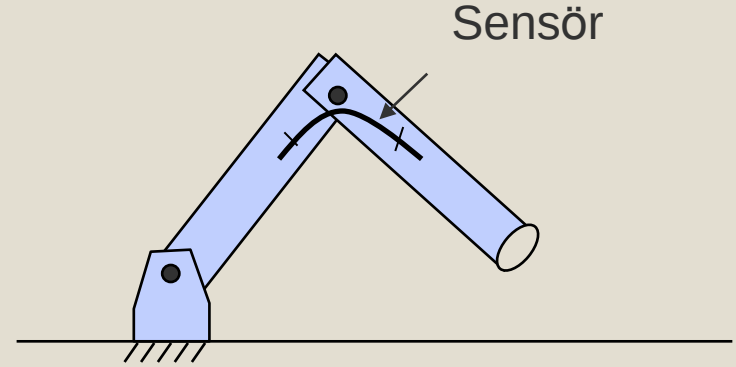


Fotosel

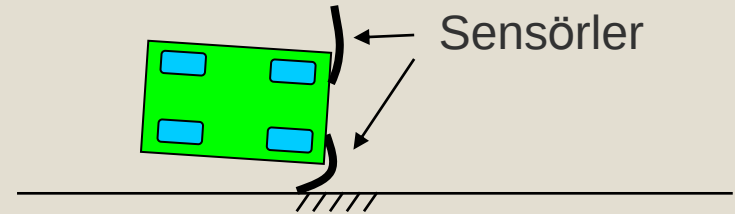
Işık fazla ise direnci küçük

Uygulamalar

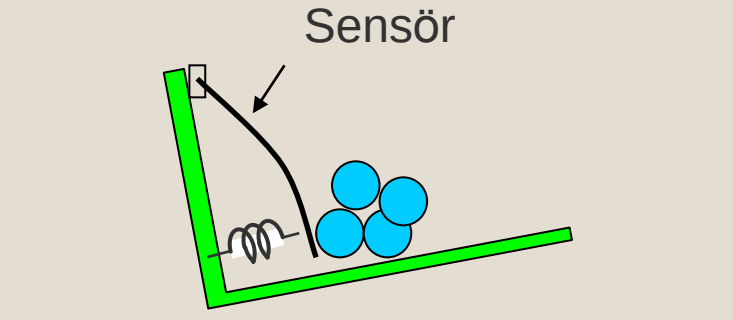
- Eklem açısını ölçme



- Duvar izleme veya engel belirleme



- Ağırlık algılama

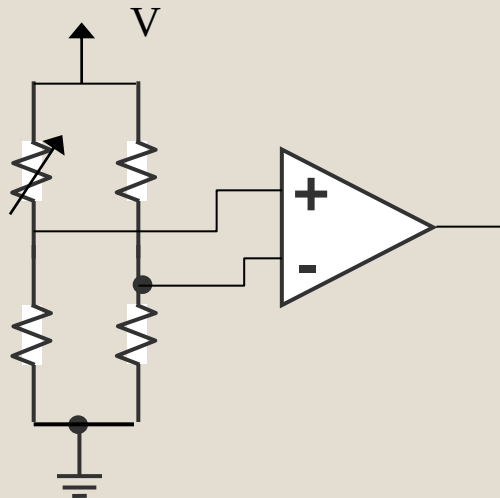
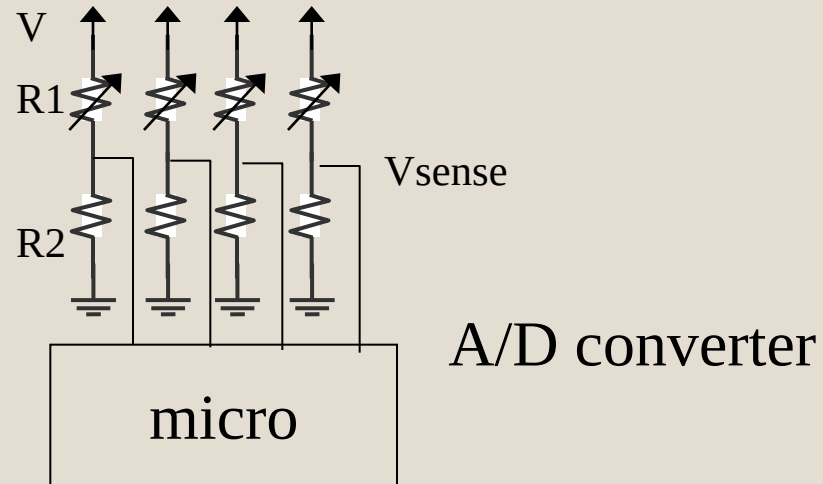


Inputs for Resistive Sensors

Voltage divider:

You have two resistors, one is fixed and the other varies, as well as a constant voltage

$$V_{sense} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$



Binary
Threshold

Digital I/O

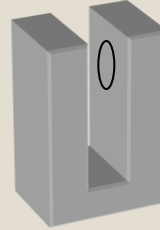
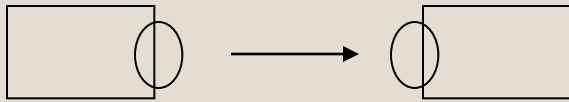
Comparator:

If voltage at + is greater than at -,
digital high out

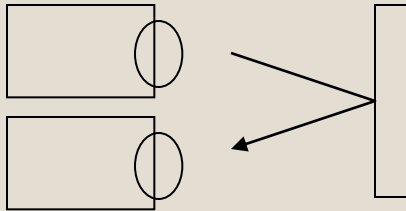
Infrared Sensors

- Intensity based infrared
 - Reflective sensors
 - Easy to implement
 - susceptible to ambient light
- Modulated Infrared
 - Proximity sensors
 - Requires modulated IR signal
 - Insensitive to ambient light
- Infrared Ranging
 - Distance sensors
 - Short range distance measurement
 - Impervious to ambient light, color and reflectivity of object

Intensity Based Infrared

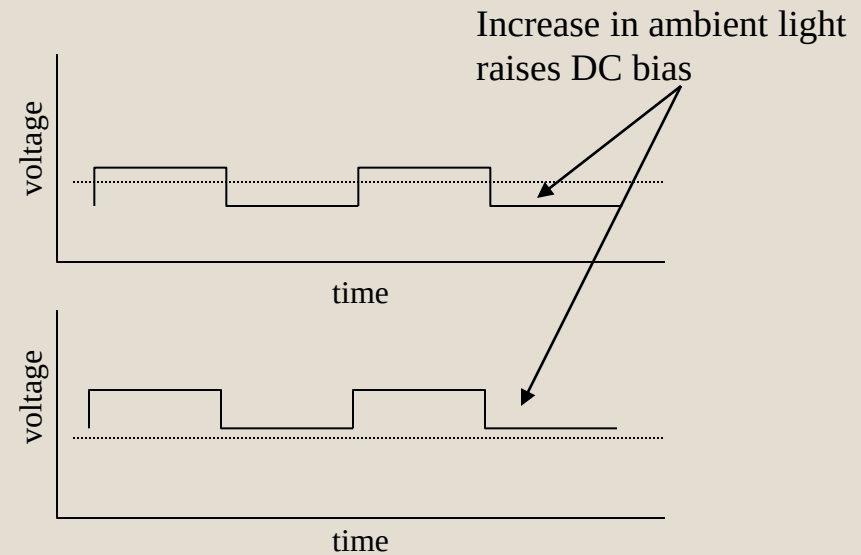


Break-Beam sensor



Reflective Sensor

- Easy to implement (few components)
- Works very well in controlled environments
- Sensitive to ambient light



IR Reflective Sensors

- Reflective Sensor:

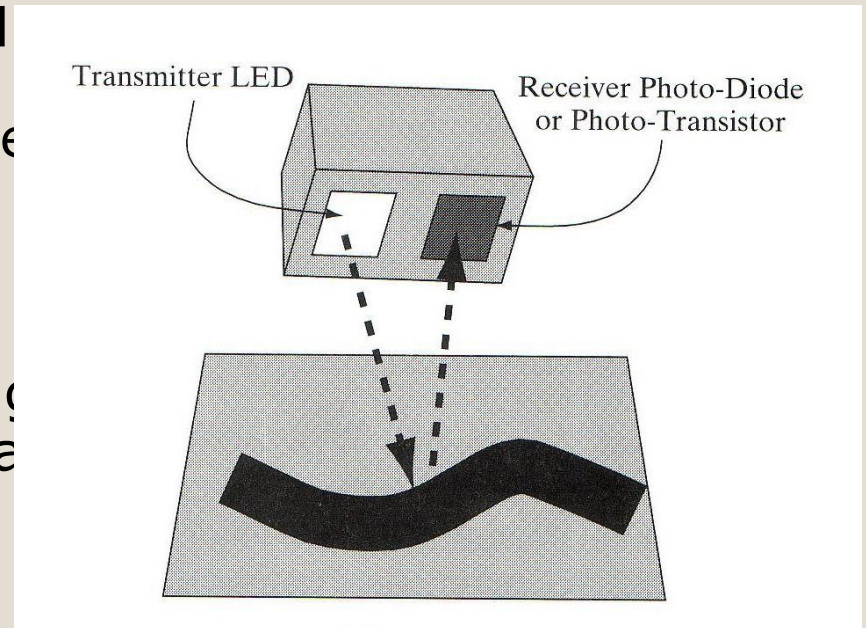
- Emitter IR LED + detector photodiode/phototransistor
- Phototransistor: the more light reaching the phototransistor, the more current passes through it
- A beam of light is reflected back to the detector
- Light usually in infrared spectrum

- Applications:

- Object detection,
- Line following, Wall tracking
- Optical encoder (Break-Beam)

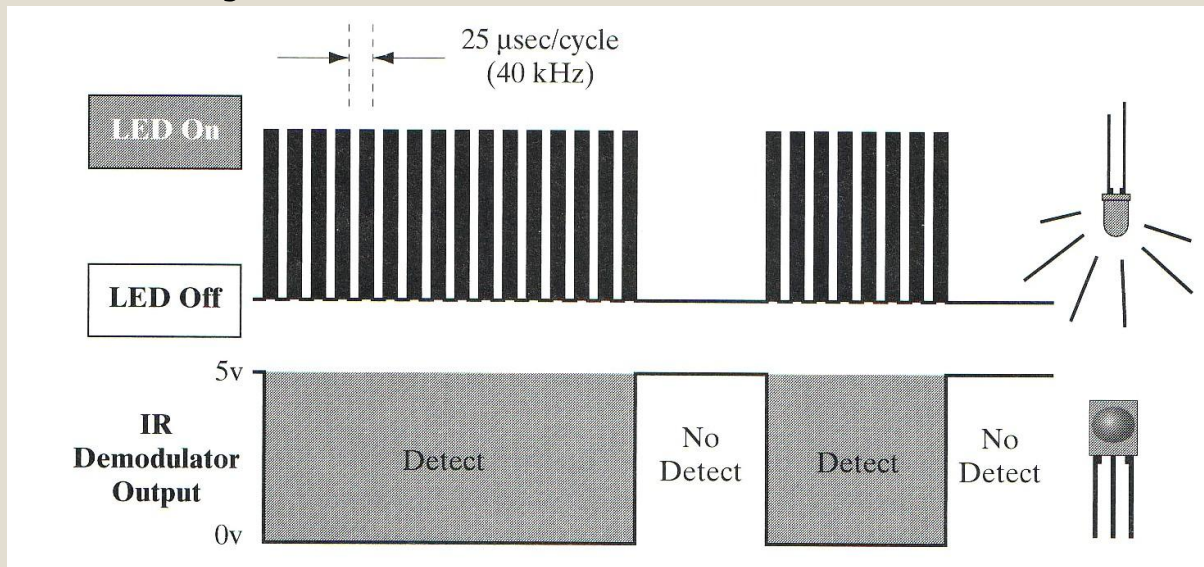
- Drawbacks:

- Susceptible to ambient lighting
 - Provide sheath to insulate the device from outside lighting
- Susceptible to reflectivity of objects
- Susceptible to the distance between sensor and the object



Modulated Infrared

- Modulation and Demodulation
 - Flashing a light source at a particular frequency
 - Demodulator is tuned to the specific frequency of light flashes. (32kHz~45kHz)
 - Flashes of light can be detected even if they are very weak
 - Less susceptible to ambient lighting and reflectivity of objects



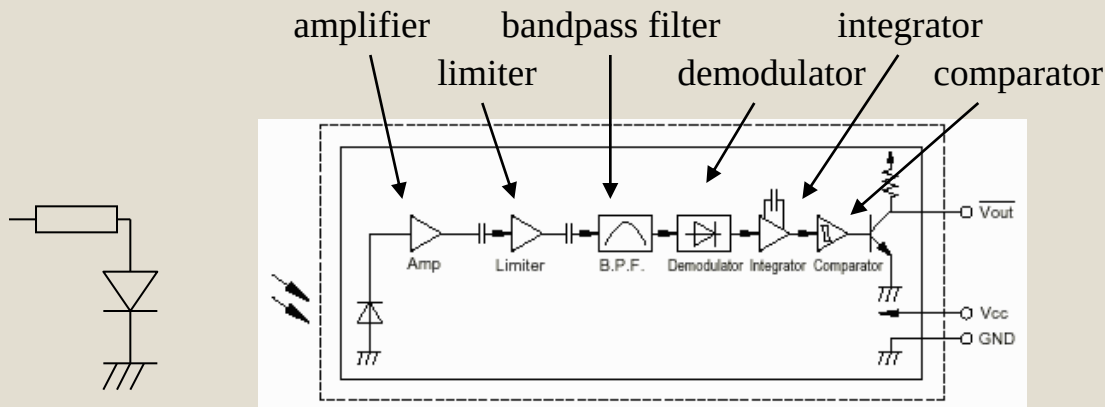
proximity sensors

Negative true logic:

Detect = 0v

No detect = 5v

IR Proximity Sensors



- Proximity Sensors:
 - Requires a modulated IR LED, a detector module with built-in modulation decoder
 - Current through the IR LED should be limited: adding a series resistor in LED driver circuit
 - Detection range: varies with different objects (shiny white card vs. dull black object)
 - Insensitive to ambient light
- Applications:
 - Rough distance measurement
 - Obstacle avoidance
 - Wall following, line following

IR Distance Sensors

- Basic principle of operation:
 - IR emitter + focusing lens + position-sensitive detector

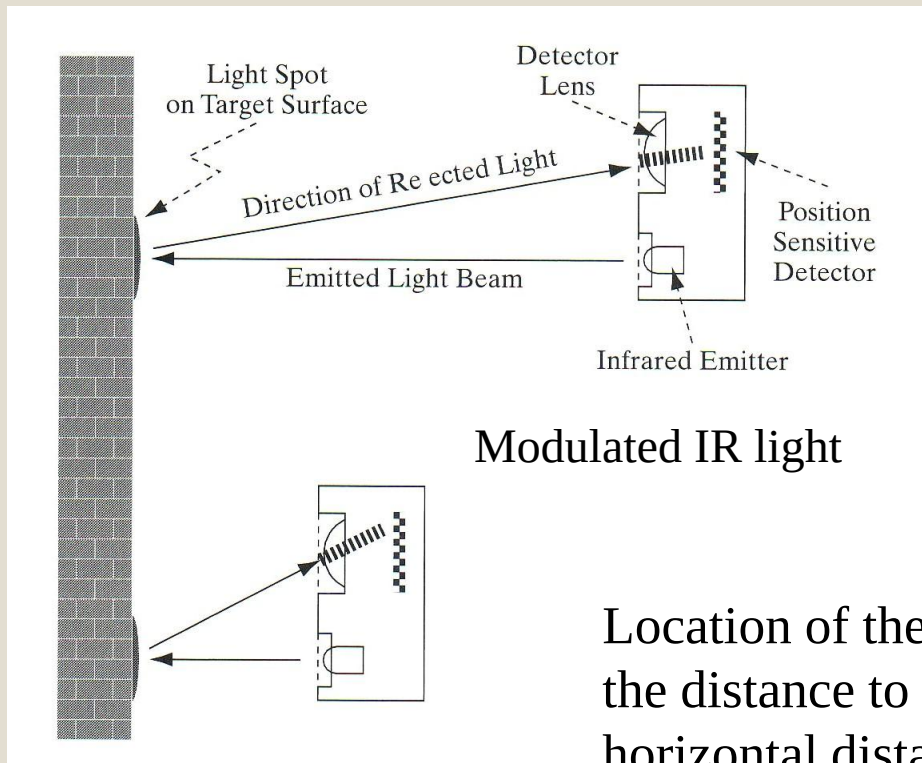
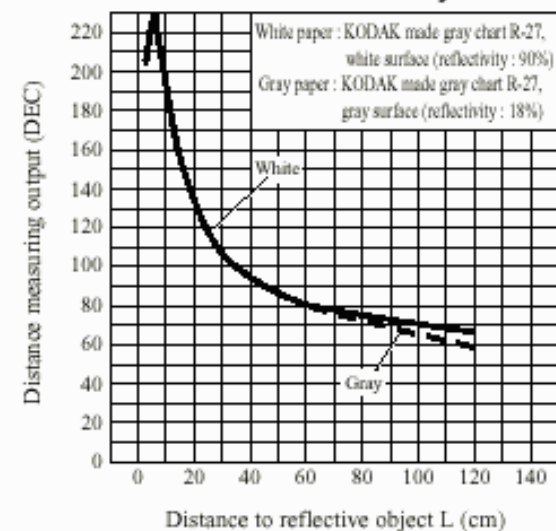


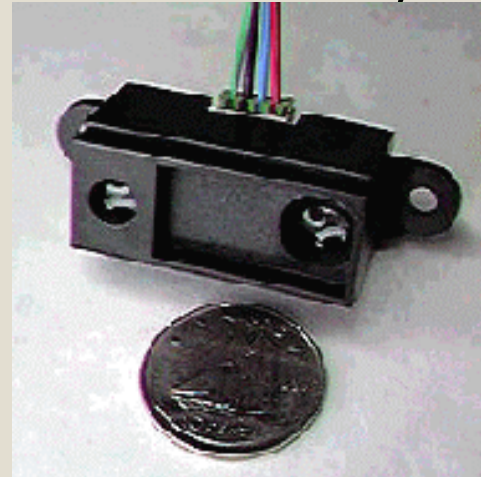
Fig. 1 Distance Measuring Output vs. Distance to Reflective Object



Location of the spot on the detector corresponds to the distance to the target surface, Optics to convert horizontal distance to vertical distance

IR Distance Sensors

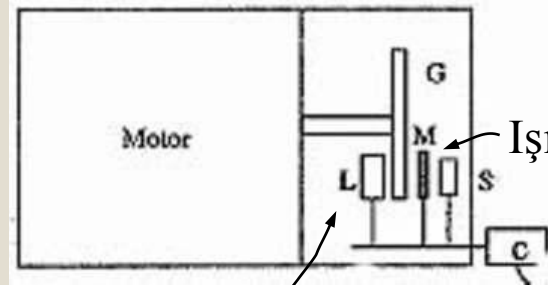
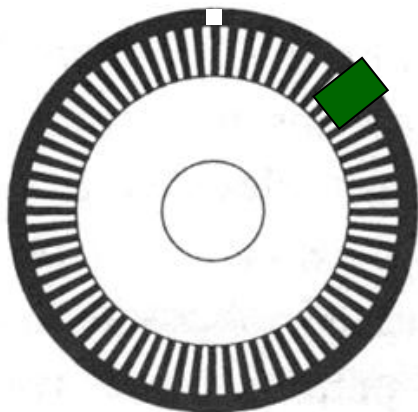
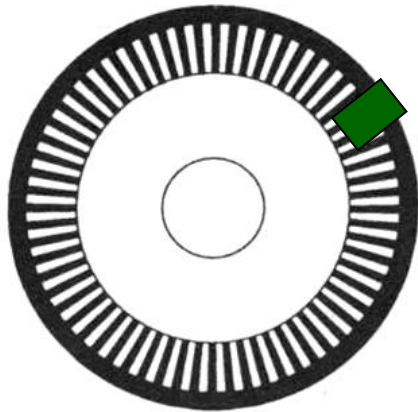
- Sharp GP2D02 IR Ranger
 - Distance range: 10cm (4") ~ 80cm (30").
 - Moderately reliable for distance measurement
 - Immune to ambient light
 - Impervious to color and reflectivity of object
 - Applications: distance measurement, wall following, ...



Motor Encoder

Arttırmalı Optik Enkoder

- Bağıl Pozisyon

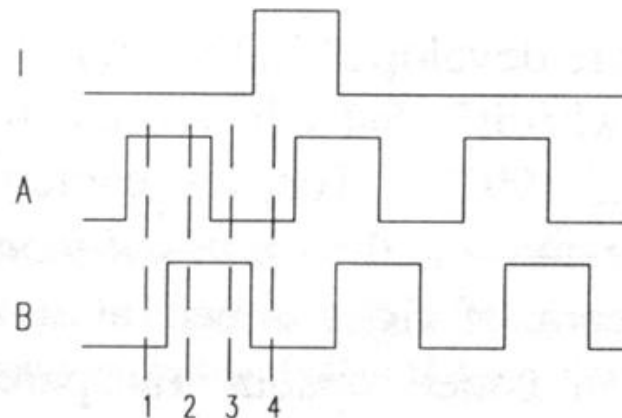


Işık kaynağı
ve algılayıcı

Işık algılayıcı

Kod çözücü
devre

- Kalibrasyon ?
- Yön ?
- Çözünürlük ?



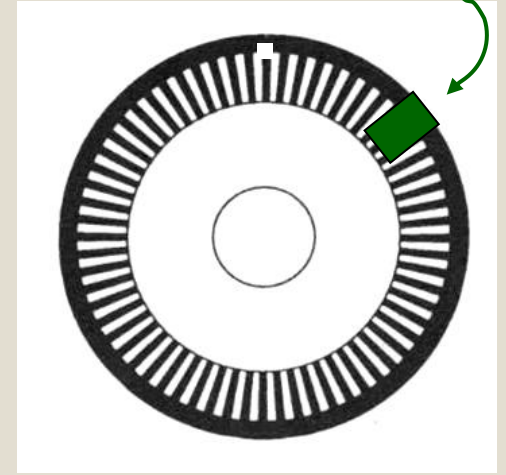
State	Ch A	Ch B
S1	High	Low
S2	High	High
S3	Low	High
S4	Low	Low

Arttırmalı Optik Enkoder

soru 1:

Disk üzerinde 100 yarık var ise
algılanabilecek en düşük açı değişimi
ne olur?

light emitter/detector

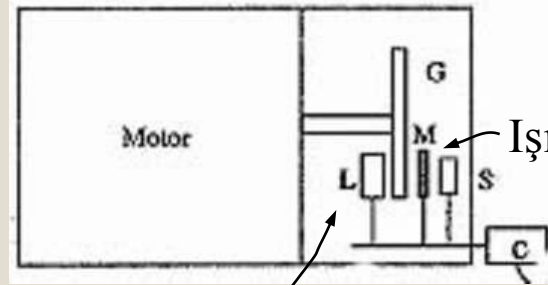
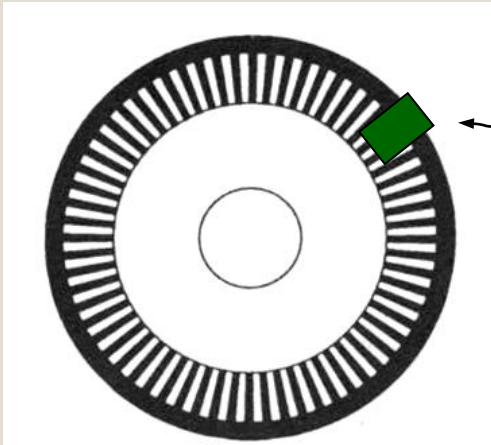


Soru 2:

Motor dönüş yönünü nasıl belirlerdiniz? rotation?

Arttırmalı Optik Enkoder

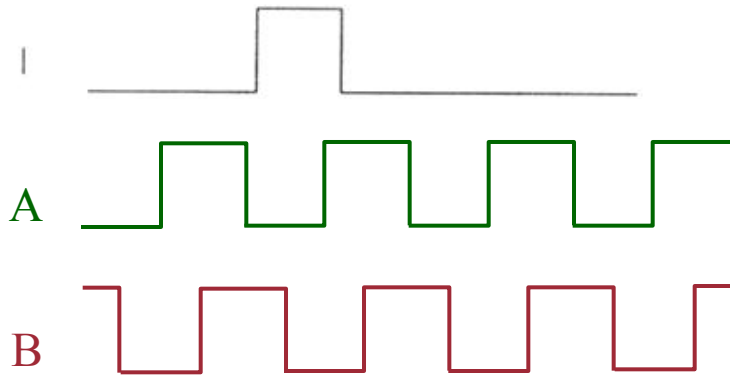
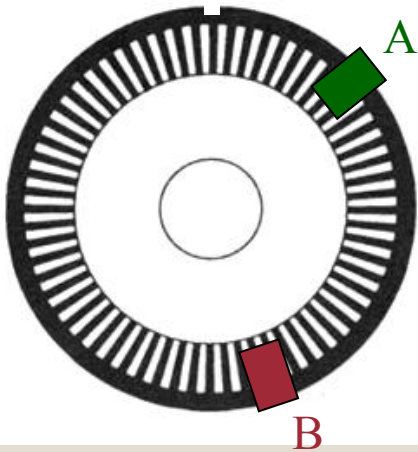
- Bağıl pozisyon



Işık kaynağı
ve algılayıcı

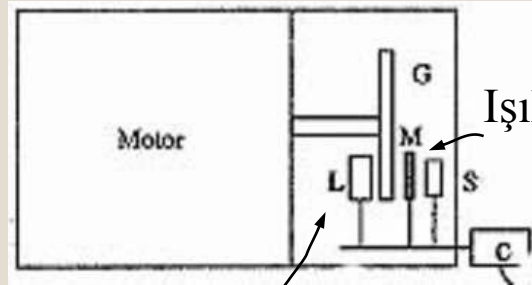
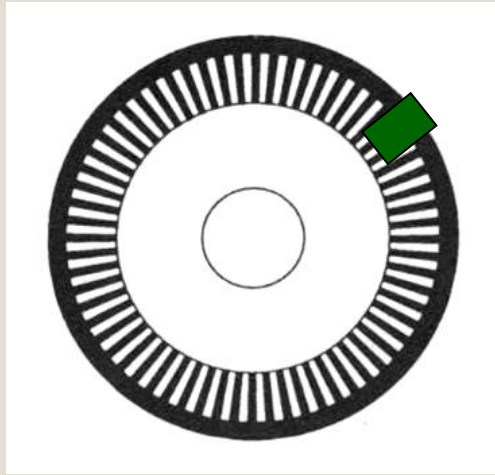
Işık algılayıcı

Kod çözücü
devre



A leads B

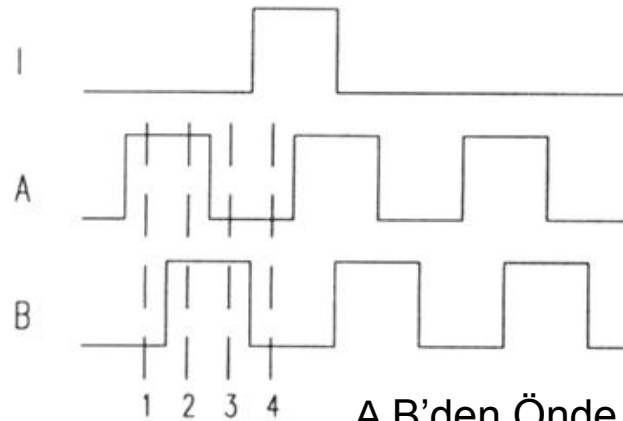
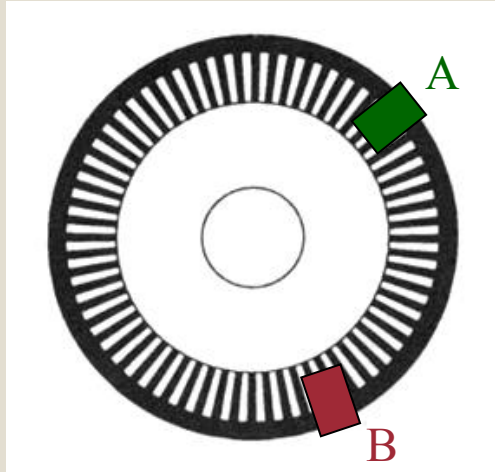
Arttırmalı Optik Enkoder



Işık kaynağı
ve algılayıcı

Işık algılayıcı

Kod çözücü
devre

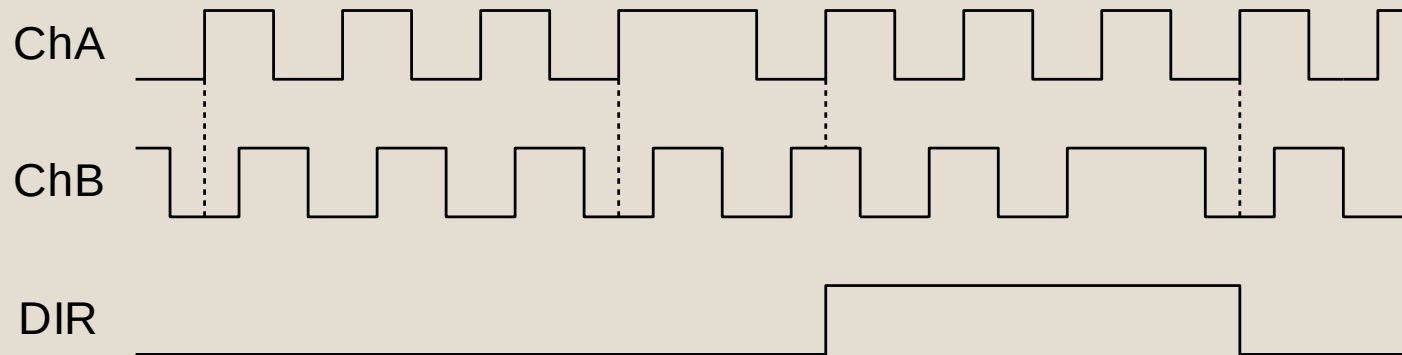
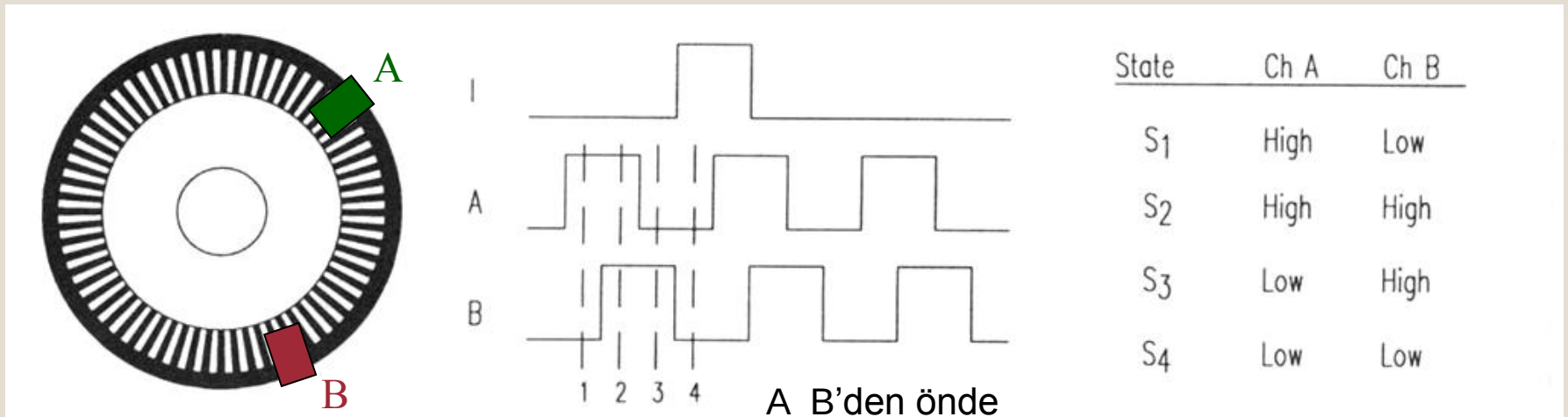


A B'den Önde

State	Ch A	Ch B
S1	High	Low
S2	High	High
S3	Low	High
S4	Low	Low

Arttırmalı Optik Enkoder

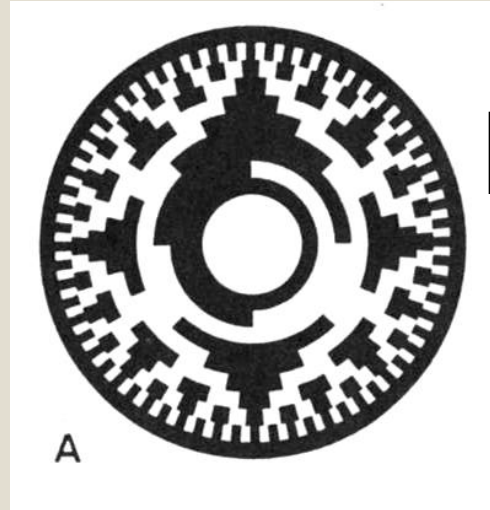
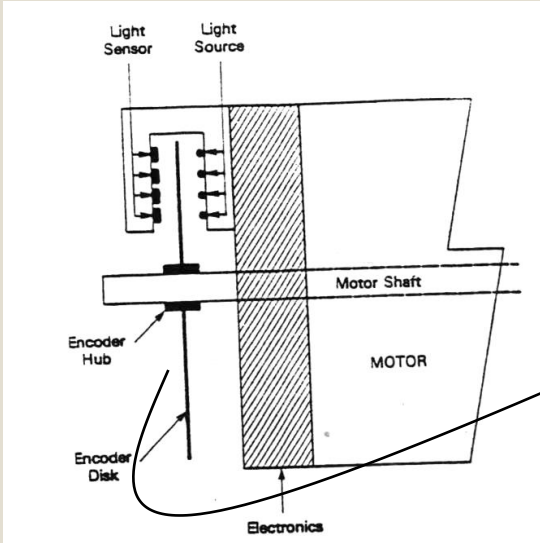
(Incremental optical Encoder)



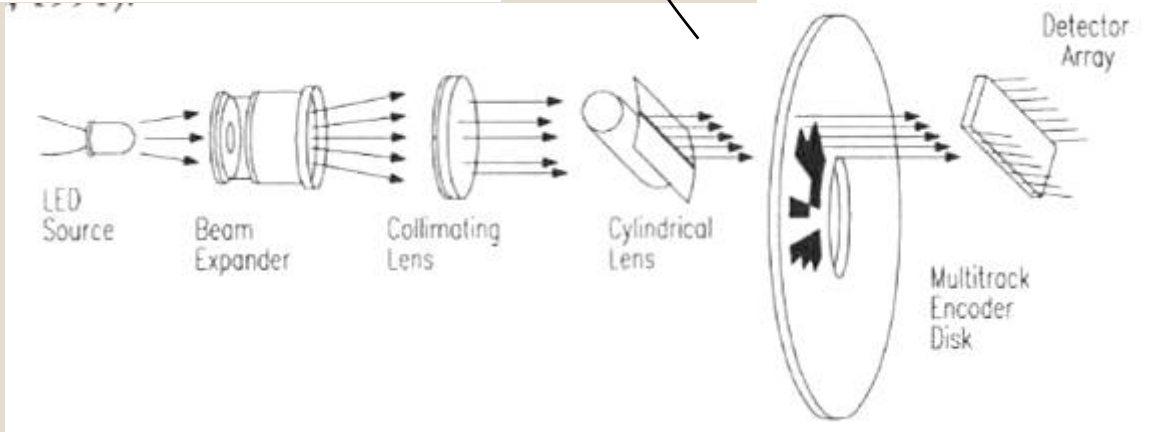
Enkoder vuruları ve motor yönü belirleme

Bağıl Optik Enkoder

- Referans noktasının kaybolmasının istenmediği durumlarda kullanılır.
- Gray kodu: Sadece bir bit değişir.
- Paralel okuma yapıldığı için fazla hat gerektirir



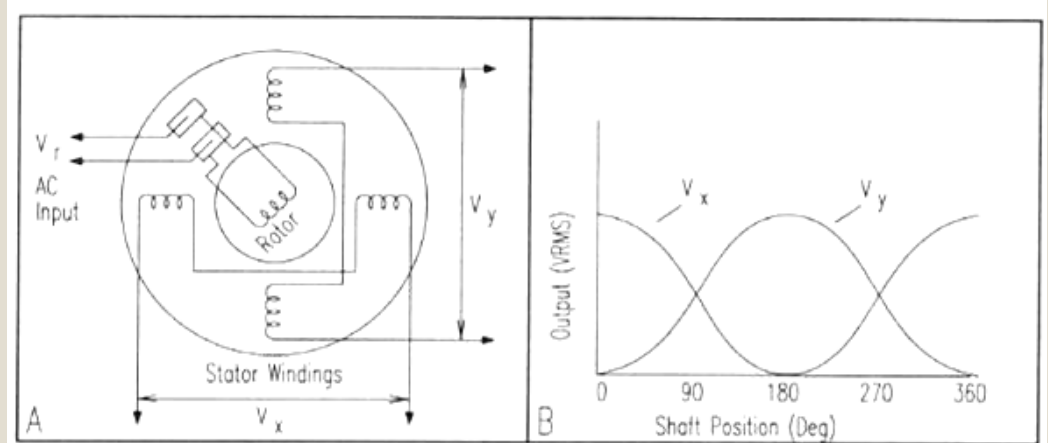
İkilik	Gray Kodu
000	000
001	001
010	011
011	010
100	110
101	111
110	101
111	100



Diğer Odometri Sensörleri

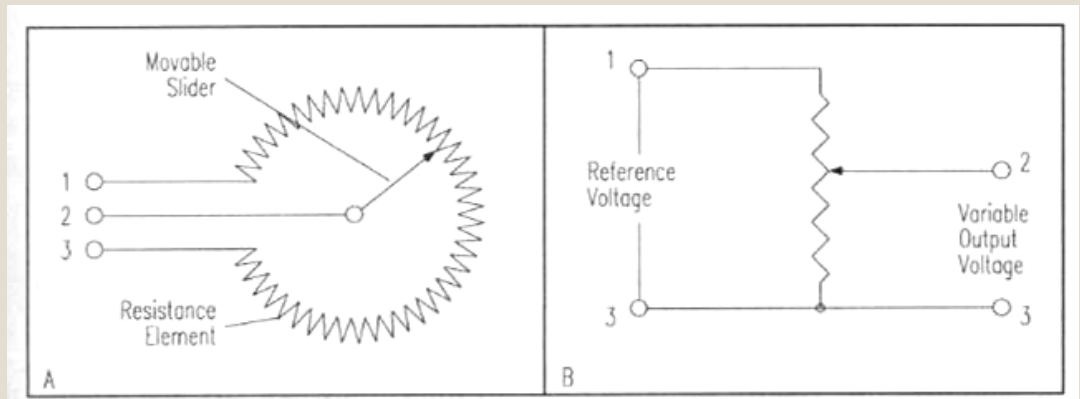
• Resolver

İki adet 90 derece aralıklarla statör sargısı vardır. Çıkış gerilimi rotorun pozisyonuna bağlı olarak sinüs veya kosinüs eğrisidir.



•Potansiyometre

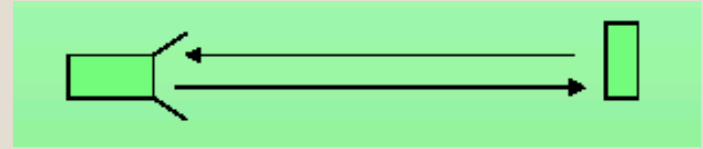
= direnç değişimi



Mesafe Ölçme

(Ultrasonik, Laser)

Mesafe Ölçme



- Dalganın gidip dönme süresi ölçülür
- Ölçümde ultrasonik, RF, veya ışık dalgası üreten kaynaklar kullanılır.
 - $D = v * t$
 - D = Gidip Dönme süresi (mesafe).
 - v = Dalganın yayılma süresi
 - t = Süre
- Ses = 0.3 m/msaniye
- RF/Işık = 0.3 m/ns

Ultrasonik Sensör

- Çalışma Şekli:

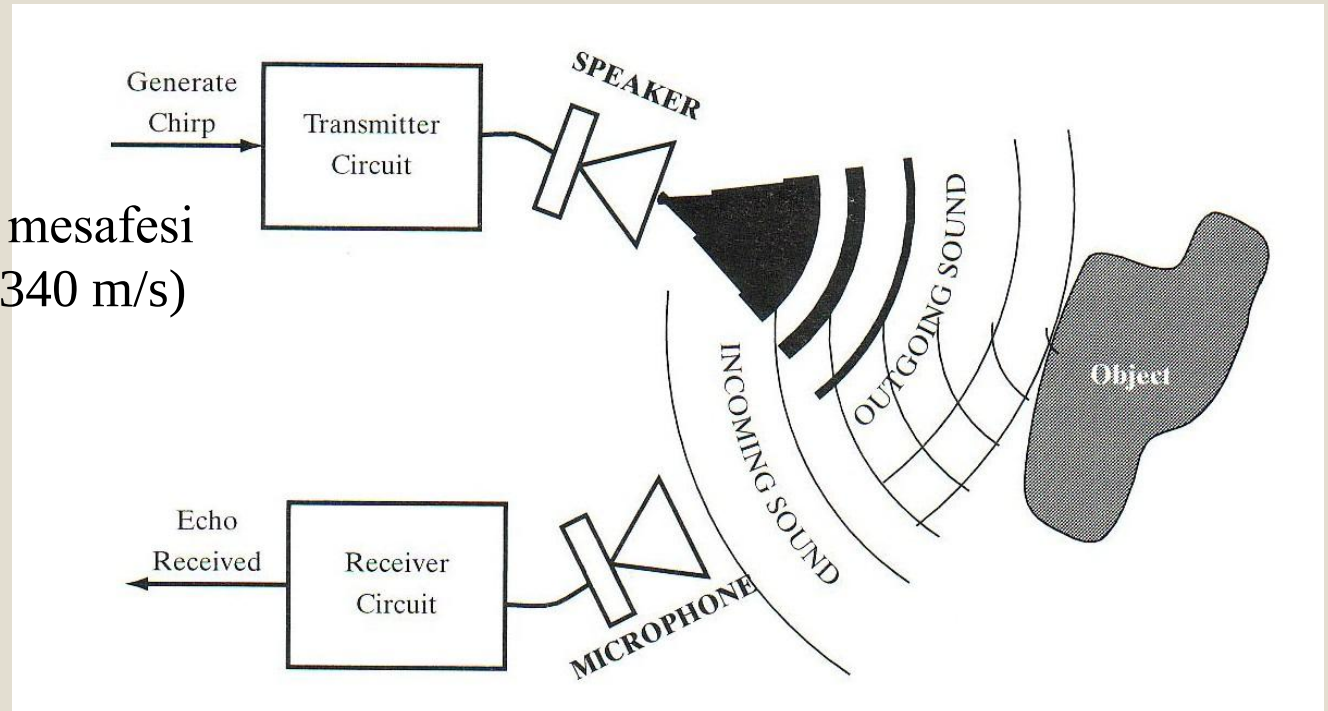
- Ses üstü (50kHz) dalga paketi gönderilir, (insan kulağının duyduğu ses: 20Hz to 20kHz)
- Nesneye çarpıp dönen ses üstü dalga paketinin dönüş süresi belirlenir.

- $D = v * t$

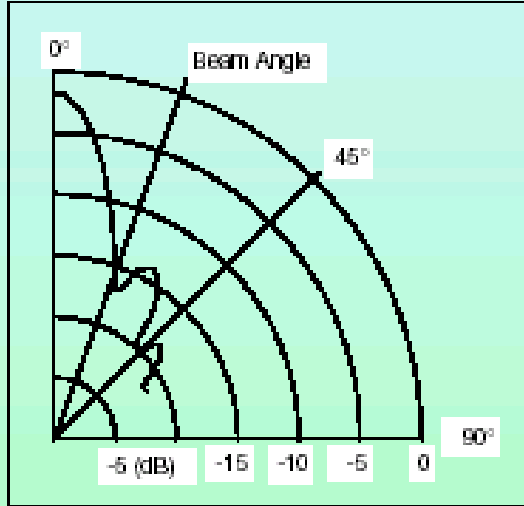
D = Gidip-dönme mesafesi

v = Yayılma hızı (340 m/s)

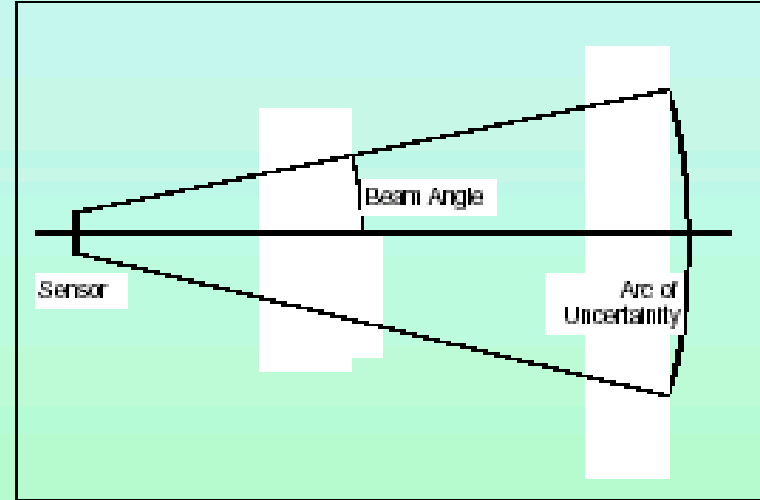
t = süre



Ultrasonik Sensör



Sensor Specification



Sensor Model, angle = 15 degrees

- Doğruluğu yüksektir fakat görüş açısı dardır 30 derece.
- Birkaç santimetre ile 30 m aralığında kullanmak mümkündür.
- Yayılma süresi düşüktür. Ses üstü işaret 30 metre için 200 ms geçer (30x2 metre 340 m/s)

Polaroid Ultrasonik Sensör

- Otomatik kamera fokusu için paloroid tarafından geliştirilmiş bir alıcı vericidir.
- Çalışma aralığı: 6 inc ile 35 feet'tir



Transducer özellikleri:

- transmitter + receiver @ 50 KHz
- Residual vibrations or ringing may be interpreted as the echo signal
- Blanking signal to block any return signals for the first 2.38ms after transmission

Elektronik devresi

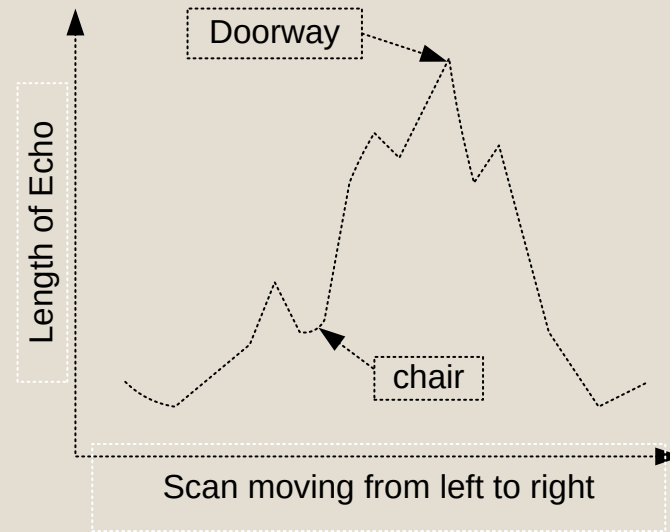
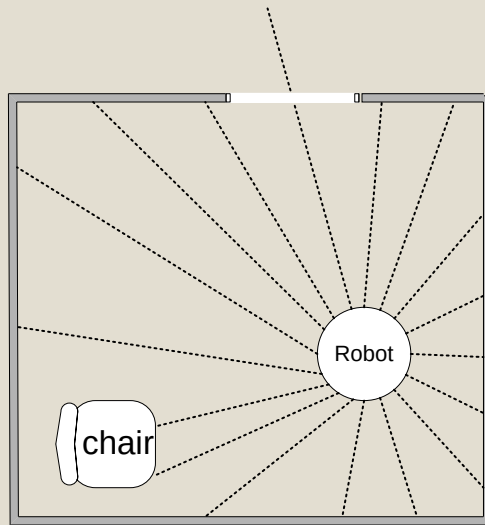


Ultrasonik transducer

<http://www.acroname.com/robotics/info/articles/sonar/sonar.html>

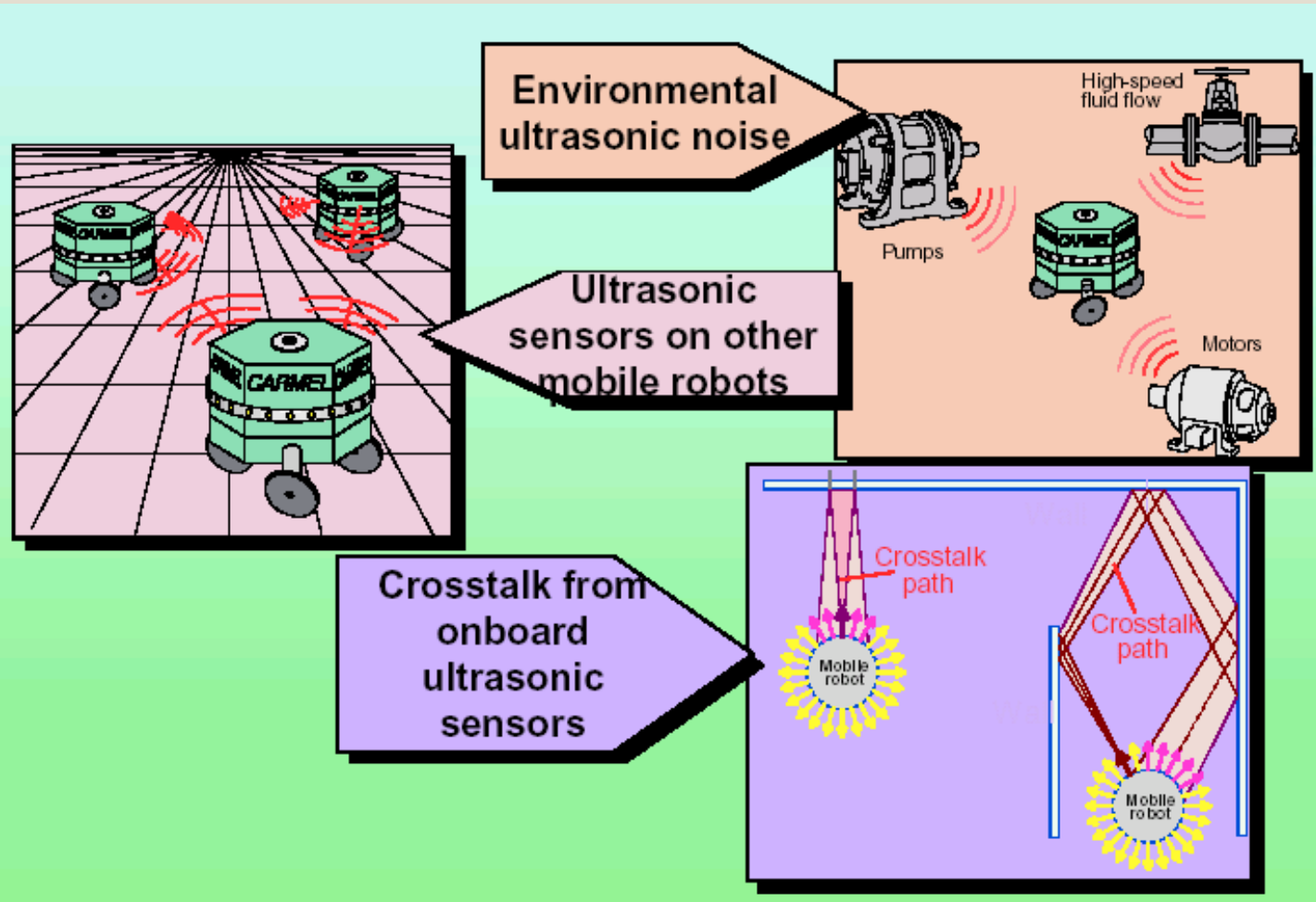
Ultrasonik Sensörler

- Uygulamalar:
 - Mesafe ölçümü
 - Konum belirleme



Tarama açısı 15°

Gürültü



Laser Ranger Finder

- Çalışma aralığı 2-500 metre
- Çözünürlük : 10 mm
- Görüş açısı: 100 - 180 derece
- Açısal çözünürlük: 0.25 degrees
- Tarama süresi: 13 - 40 ms.
- Toz ve sise karşı duyarsızdır.



<http://www.sick.de/de/products/categories/safety/>

Inertial Sensors

- **Gyroscopes**

- Measure the rate of rotation independent of the coordinate frame
- Common applications:
 - Heading sensors, Full Inertial Navigation systems (INS)

- **Accelerometers**

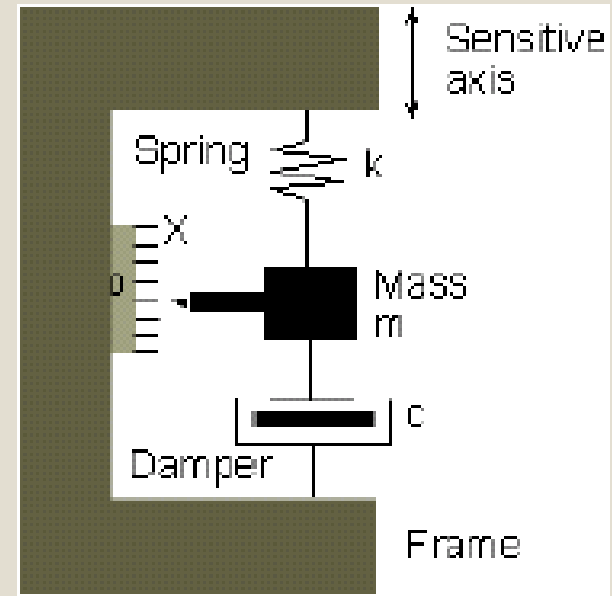
- Measure accelerations with respect to an inertial frame
- Common applications:
 - Tilt sensor in static applications, Vibration Analysis, Full INS Systems

Accelerometer

Accelerometrenin ana parçaları

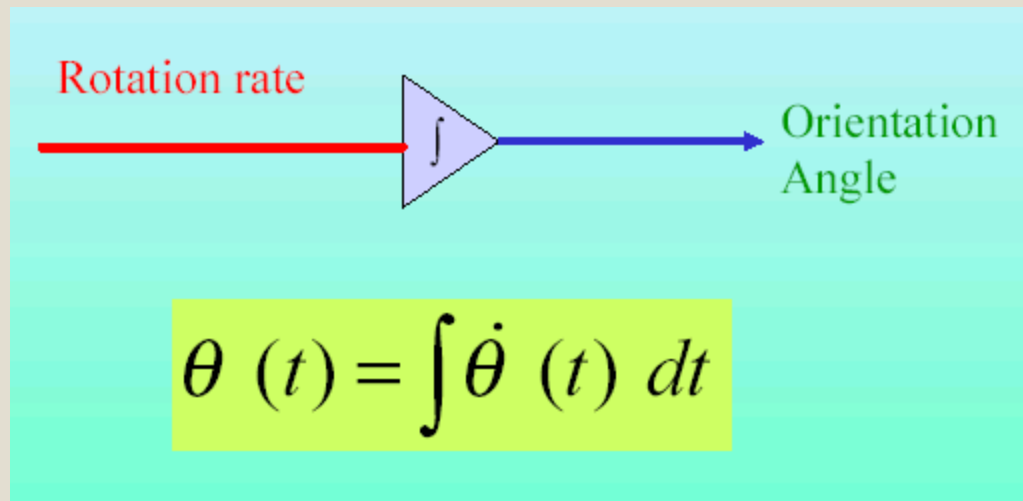
- Kütle
- Suspension mechanism
- Sensing element

$$F = m \frac{d^2x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx$$



Gyroscopes

- Açısal hız hakkında bilgi verir.

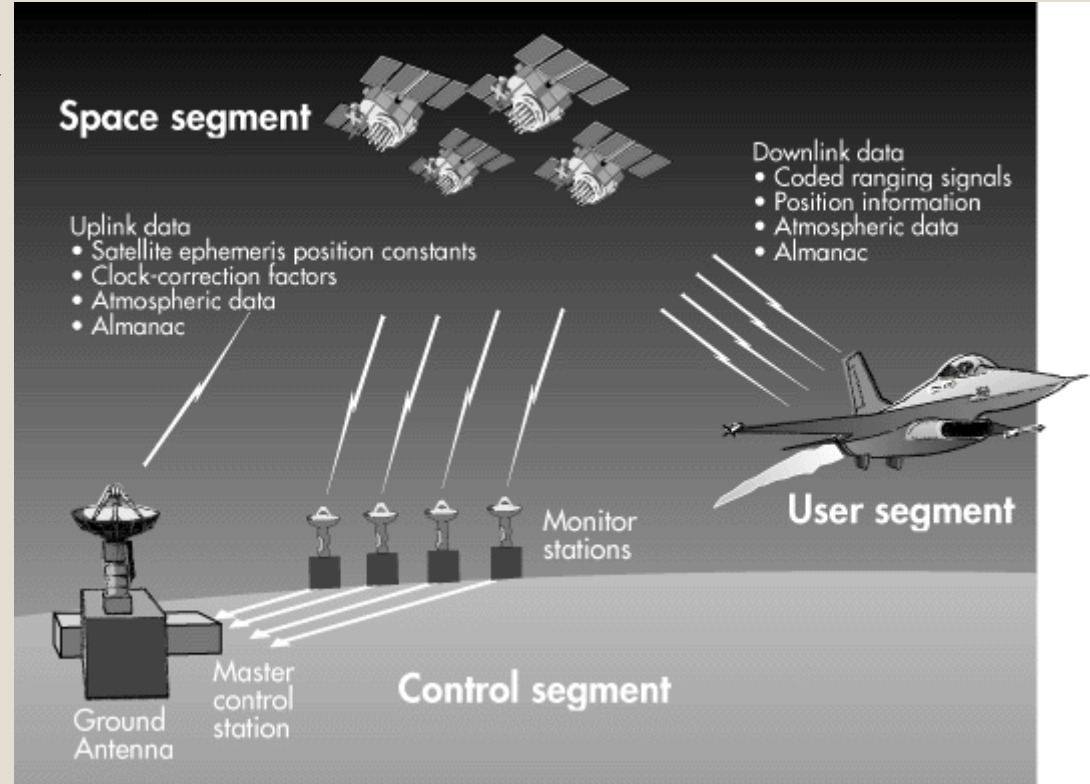


Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System, GPS)

24 uydu

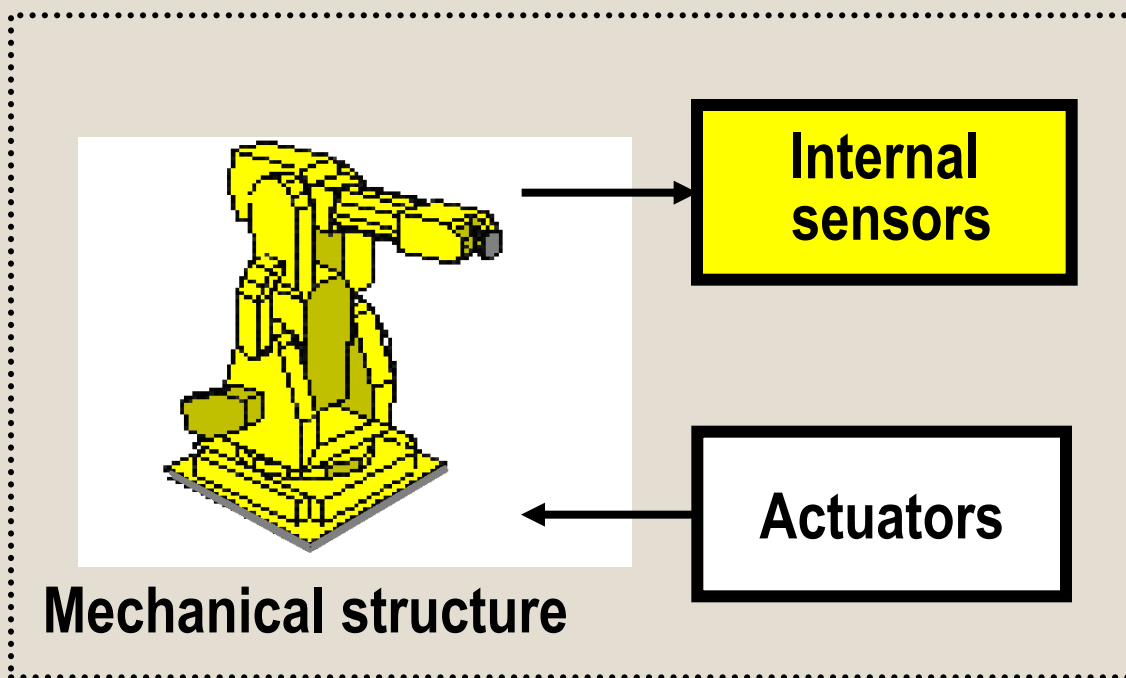
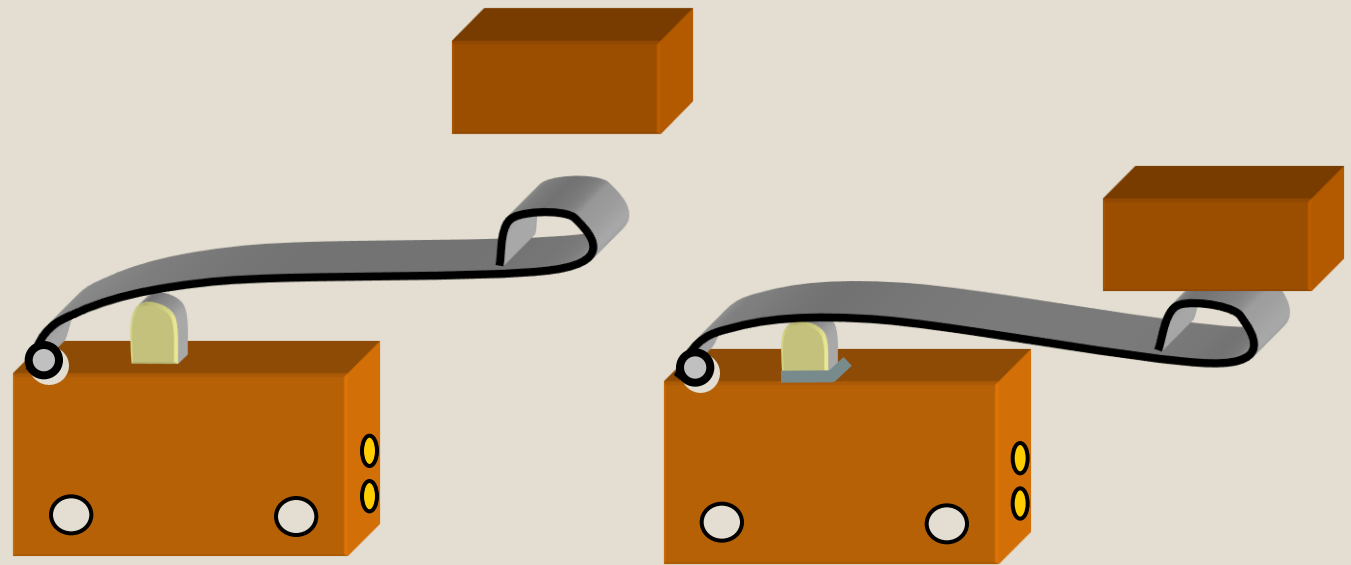
İşaretlerin geliş sürelerinden dünyadaki konum enlem, boylam ve yükseklik olarak belirleniyor. (latitude, longitude, altitude)

Space Segment



<http://www.cnde.iastate.edu/staff/swormley/gps/gps.html>

Mechanical:



Detectors

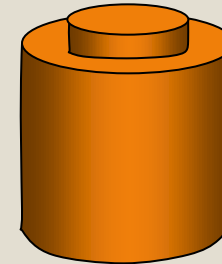
Position sensors

NO (normally open)



NC (normally close)





Electromagnetic:

Detection from the variations of the oscillation conditions of an $\mathcal{L} - C$ sensor circuit

