



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

Ders: *Veri Toplama ve İşleme Yöntemleri Ders-2*



## ALGILAYICI (SENSÖR)

Bir odanın sıcaklığı, bir ışık kaynağının yoğunluğu veya bir nesneye uygulanan kuvvet gibi bir fiziksel büyüklük ölçümü, bir sensörle başlar.

Bir algılayıcı, ayrıca bir dönüştürücü olarak adlandırılır, fiziksel bir büyüklüğü ölçülebilir bir elektrik sinyaline dönüştürür.

Sensör türüne bağlı olarak, elektrik çıkışı bir voltaj, akım, direnç veya zamanla değişen başka bir elektriksel öznelik olabilir.

Örneğin sensör çıkışları:

- 0-5 V
- 4-20 mA
- On-Off

Şeklinde olabilir.



## ALGILAYICI (SENSÖR)

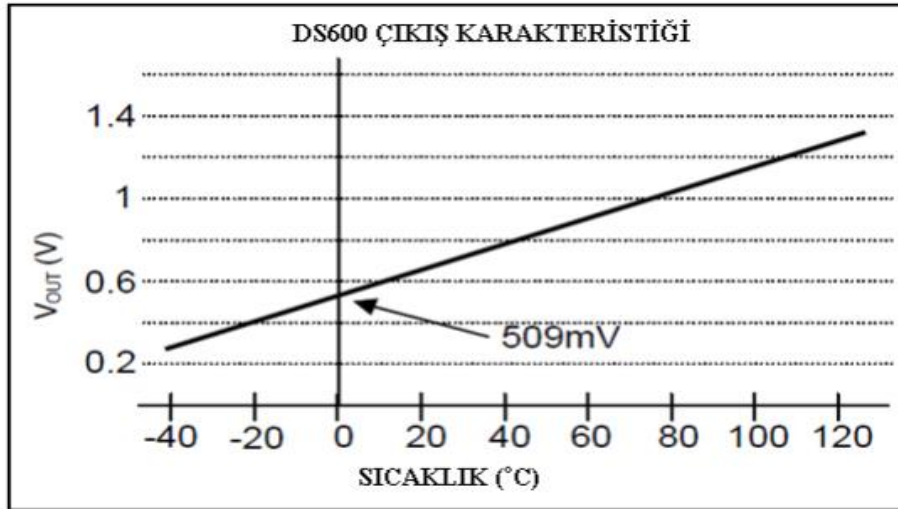
### ALGILANABİLECEK BÜYÜKLÜK ÇEŞİTLERİ

- Nem
- Sıcaklık
- Işık
- Basınç
- Manyetik Alan
- İvme
- Koku
- Gaz
- Renk
- Gürültü seviyesi
- Konum
- Hız
- Rüzgar
- Akustik algılayıcılar
- Yer değişimi ve boyut algılayıcıları



## ALGILAYICI (SENSÖR)

- Analog gerilim veya akım çıkışına sahip algılayıcıların çıkış seviyeleri çevreden aldıkları fiziksel bilgi ile doğrudan ilişkilidir.
- Çıkış seviyeleri grafiksel gösterim, dönüşüm fonksiyonu ve doğrusal olmayanlar için veri tablosu olarak ilişkilendirilebilir





## ALGILAYICI (SENSÖR)

Örnek bir veri tablosu

FR	DivAddVal/ MulVal	FR	DivAddVal/ MulVal	FR	DivAddVal/ MulVal	FR	DivAddVal/ MulVal
1.000	0/1	1.250	1/4	1.500	1/2	1.750	3/4
1.067	1/15	1.267	4/15	1.533	8/15	1.769	10/13
1.071	1/14	1.273	3/11	1.538	7/13	1.778	7/9
1.077	1/13	1.286	2/7	1.545	6/11	1.786	11/14
1.083	1/12	1.300	3/10	1.556	5/9	1.800	4/5
1.091	1/11	1.308	4/13	1.571	4/7	1.818	9/11
1.100	1/10	1.333	1/3	1.583	7/12	1.833	5/6
1.111	1/9	1.357	5/14	1.600	3/5	1.846	11/13
1.125	1/8	1.364	4/11	1.615	8/13	1.857	6/7
1.133	2/15	1.375	3/8	1.625	5/8	1.867	13/15
1.143	1/7	1.385	5/13	1.636	7/11	1.875	7/8
1.154	2/13	1.400	2/5	1.643	9/14	1.889	8/9
1.167	1/6	1.417	5/12	1.667	2/3	1.900	9/10
1.182	2/11	1.429	3/7	1.692	9/13	1.909	10/11
1.200	1/5	1.444	4/9	1.700	7/10	1.917	11/12
1.214	3/14	1.455	5/11	1.714	5/7	1.923	12/13
1.222	2/9	1.462	6/13	1.727	8/11	1.929	13/14
1.231	3/13	1.467	7/15	1.733	11/15	1.933	14/15

Örnek bir dönüşüm fonksiyonu

Transfer response equation of the nonlinear pressure sensor

$$i = i_{\text{nom}}(p) + e_1(p) = \underbrace{g_i p_{S_{\text{nom}}} + i_{0_{S_{\text{nom}}}}}_{\text{nominal equation}} + \underbrace{g(p - p_{e_{\text{max}}})^2 + e_{i_{\text{max}}}}_{\text{error equation}} \quad [\text{mA}]$$



## ALGILAYICI (SENSÖR)

Algılayıcı seçiminde kullanılan ölçütler aşağıdaki şekilde sıralanabilir

- Duyarlılık
- Doğrusallık
- Sınırlar
- Yanıt süresi
- Doğruluk
- Tekrarlanabilirlik
- Ayırıcılık
- Çıkışın tipi



## ALGILAYICI (SENSÖR)

### Duyarlılık

Duyarlılık, algılayıcı ya da dönüştürücünün ölçülecek büyüklüğün değişimine ne oranda tepki ya da çıkış verdiğiyle alakalı bir parametredir. Duyarlılık şu şekilde ifade edilebilir. Genellikle, ölçme işleminin hassas olması istenir. Ama ekonomik sınırlar ve ihtiyaçlar göz önüne alındığında hassas bir algılayıcı kullanmak her zaman olası değildir. Bu nedenle algılayıcı seçiminde öncelikle ihtiyaç duyulan duyarlılığın belirlenmesi gerekir.

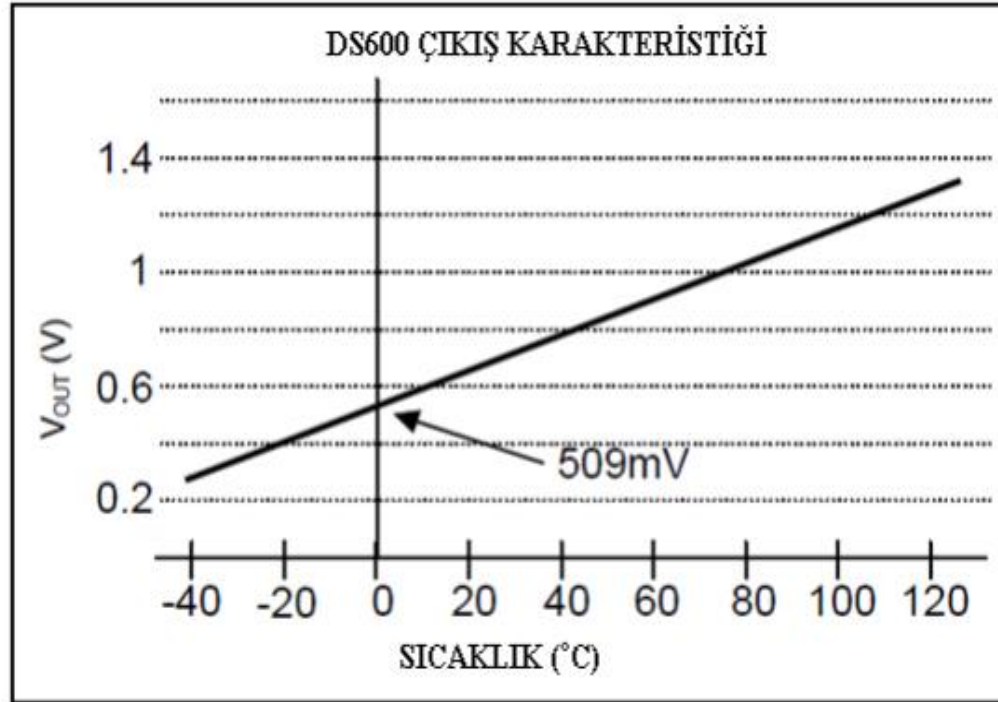
### Doğrusallık

Algılayıcı seçiminde dikkat edilecek diğer bir nokta ise **doğrusallıktır**. Doğrusal bir işaretin ölçüm sistemi tarafından algılanması ve yorumlanması doğrusal olmayan bir işarete göre her zaman daha kolaydır. Doğrusal olmayan bir işaret söz konusu olduğunda bir doğrusallaştırma işlemine ya da doğrusal olmayan işaretlerle hesaplama yapabilecek bir denetçiye ihtiyaç duyulur.



## ALGILAYICI (SENSÖR)

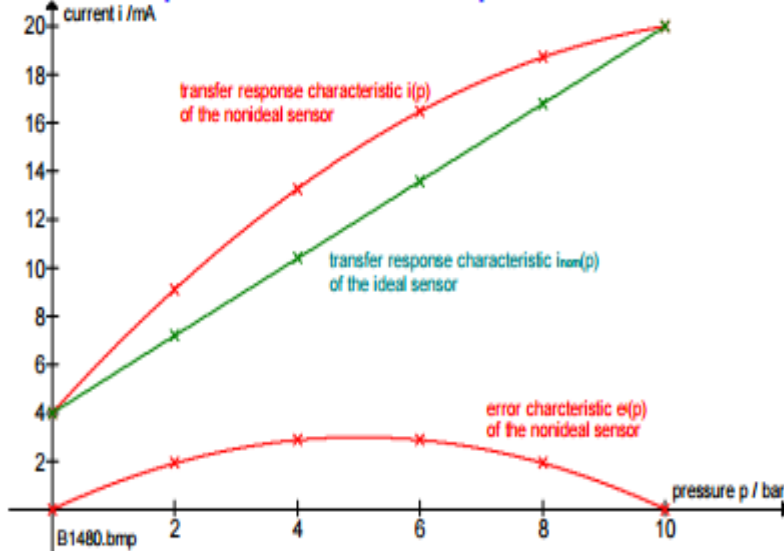
### Lineer sensör transfer fonksiyonu





## Lineer olmayan sensör transfer fonksiyonu

Transfer response line of the sensor process



Bu altı nokta yaklaşık olarak doğrusal olmayan sensörün transfer cevap fonksiyonu  $i = f(p)$  'dir. Gerekirse ara değerler uygun bir enterpolasyon algoritması ile tahmin edilebilir.

Transfer response equation of the nonlinear pressure sensor

$$i = i_{nom}(p) + e_i(p) = \underbrace{g_{i,p_{S_{nom}}} p + i_{0_{S_{nom}}}}_{\text{nominal equation}} + \underbrace{g(p - p_{i_{e_{max}}})^2 + e_{i_{max}}}_{\text{error equation}} \quad [\text{mA}]$$



## ALGILAYICI (SENSÖR)

### Sınırlar

Algılayıcı ve dönüştürücülerin **giriş ve çıkış sınırlarının** bilinmesi bize ölçüm yapılabilecek aralığı verir. Bu nedenle algılayıcı seçiminde giriş sınırlarının ölçülecek büyüklüğün sınırlarıyla örtüşmemesi sağlanmalıdır.

### Yanıt süresi:

Algılayıcı ve dönüştürücülerin belirli gecikmeleri vardır. Giriş işaretinin birim değişimine çıkış tarafından verilen tepkinin gözlemlenebilmesi için geçen süre **yanıt süresi** olarak tanımlanabilir. Hızlı örnekleme yapılması ihtiyacı varsa tepki süreleri küçük algılayıcı ve dönüştürücüler kullanılmalıdır.



## ALGILAYICI (SENSÖR)

### Doğruluk

Doğruluk kavramı, doğrusallık, frekans cevabı, işaret gürültü oranı gibi birçok parametrenin toplam sonuçlarının etki ettiği ölçüm değeri ile gerçek değer arasındaki ilişkiyi ifade eder.

### Tekrarlanabilirlik

Zaman içinde, aynı algılayıcı ile aynı şartlar altında tekrarlanan ölçümlerin değerlerinin birbirine yakın sonuç vermesi istenir. Ancak algılayıcı ve dönüştürücülerin bazı özellikleri nedeniyle bu **tekrarlanabilirlik** özelliğinin bir sınırı vardır.

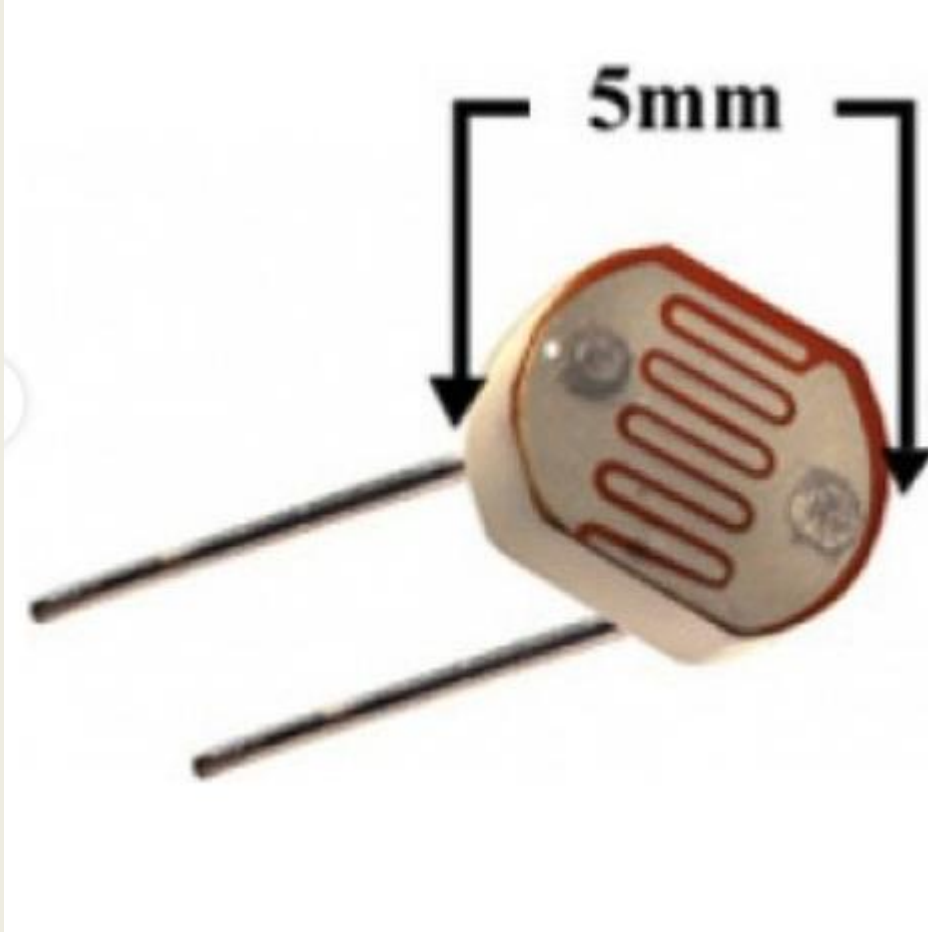
### Ayırıcılık ve Çıkış özellikleri

Endüstriyel ölçüm daha çok elektriksel işaretlerle ilgilendiği için, algılayıcı ya da dönüştürücünün çıkışı da elektriksel bir büyüklük olmalıdır. Ancak algılayıcı çıkışları her zaman elektriksel büyüklükler olmayabilir. Bu durumda algılayıcı çıkışına bağlanan bir dönüştürücü ile ölçülen büyüklüğü elektriksel bir işaret ya da parametreye çevirmek gerekir. Bu nedenle algılayıcı ve dönüştürücü seçiminde **çıkışların özelliği** dikkat edilmesi gereken bir konudur.



## ALGILAYICI (SENSÖR)

LDR foto direnç (Işık şiddeti algılayıcı)





## ALGILAYICI (SENSÖR)

### LDR foto direnç (Işık şiddeti algılayıcı)

Direnç değeri aydınlıkta azalan, karanlıkta ise artan elemana foto direnç denir. Tam aydınlıkta (üzerine güneş ışığı düşüyorken) direnç değeri 5-10 Ohm değerine kadar düşerken (nerdeyse tam iletken durumu) tam karanlıkta 200 MOhm gibi yüksek direnç gösterir. Bu özelliği sayesinde ışık değişimi ile kontrol etmek istenilen tüm devrelerde kullanılabilir. Özellikle gece lambaları ve sokak lambalarında kullanılmaktadır!

Kalsiyum sülfat ve kadmiyum selenid gibi bazı maddeler üzerlerine düşen ışık ile ters orantılı olarak direnç değişimi gösterir. Bu tür maddeler yalıtkan bir taban üzerine yerleştirilir ve içinde ince sarmallar halinde iletken bir tel geçirilir. (çoğunlukla olarak bakır. Bu iletkenin iki ucu dışarıya çıkartılarak elemanın ayakları oluşturulur. Son olarak elemanın yüzeyi saydam bir madde ile kaplanır böylece ışık geçirirken dayanımı artırılmış olur.



## ALGILAYICI (SENSÖR)

### LM 35 SICAKLIK ALGILAYICI

Sıcaklığın gözlenmesi ve kontrolü endüstri için (özellikle gıda sektöründe) çok önemlidir. Elektronik termometreler, termistörler ve hareketli sensör uçları ile zor ulaşılan bölgelerde kullanılmayabilir. Bunun yanında termistörler ucuz ve kolay kullanımı yanında ısı değişimin karşısında lineer değişimi sergilemediği için daha profesyonel uygulamalarda yanıltıcı olabilir. Bu tür uygulamalarda yarı iletken ısı sensörleri kullanılır.





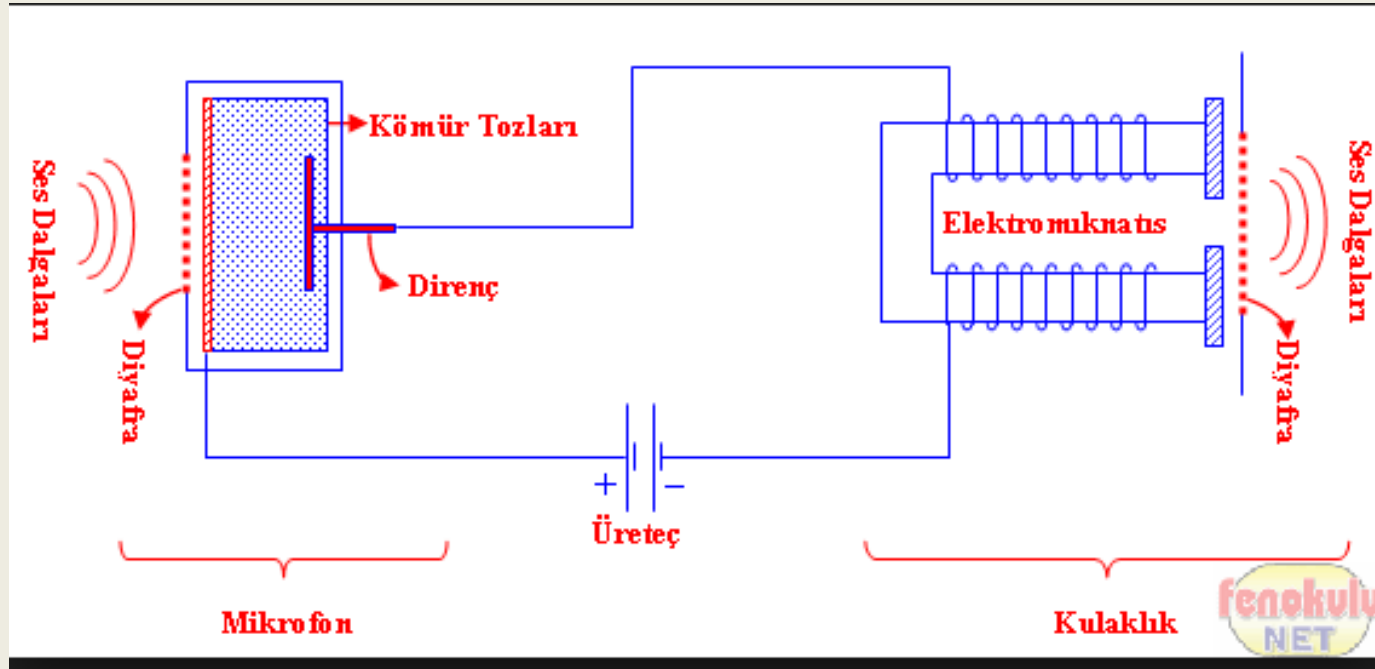
## ALGILAYICI (SENSÖR)

### LM 35 SICAKLIK ALGILAYICI

LM35 serisi sensörlerin çıkış gerilimleri sıcaklık ile orantılı olarak değişir. Ölçüm aralığı -55 ile 150 derece arasındadır. Her bir derece için çıkış voltajı 10 mV artar. Hassasiyeti yarım derece düzeyindedir. 4 ile 30 volt arasında çalışabilir.

## ALGILAYICI (SENSÖR)

### SES ALGILAYICI (MİKROFON)

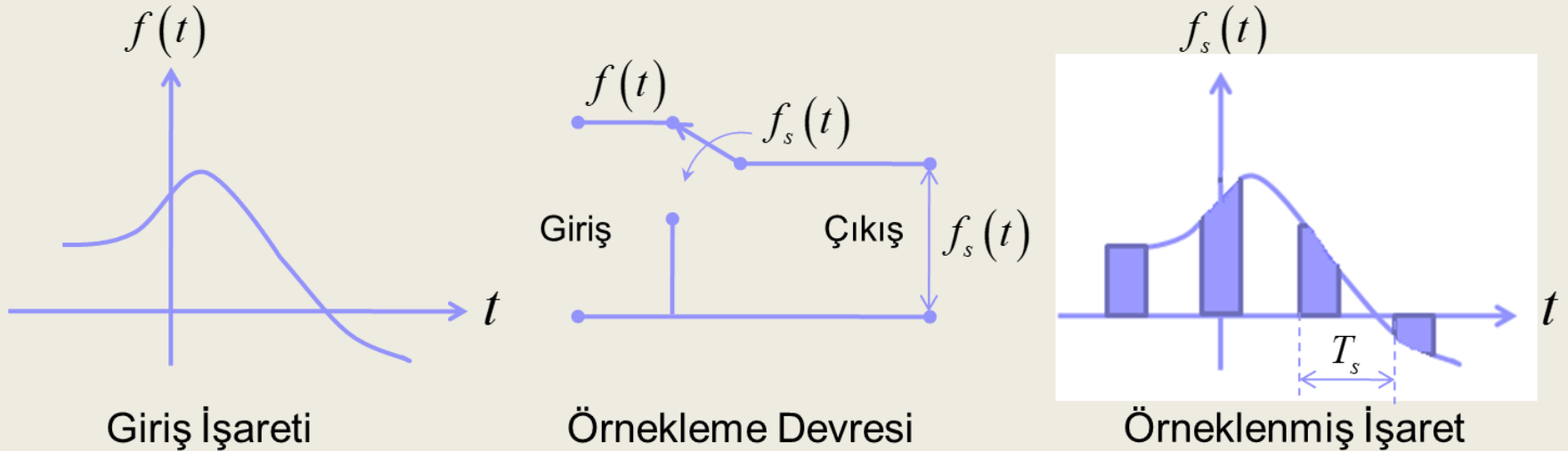


Karbon mikrofonlarda ses dalgasının çarpmasıyla sıkışan kömür tozlarının direncinin azalması sonucu elde edilen akım değişiklikleri kullanılır. Kapasitif, kristal mikrofon çeşitleri de vardır.



# Örnekleme Teoremi

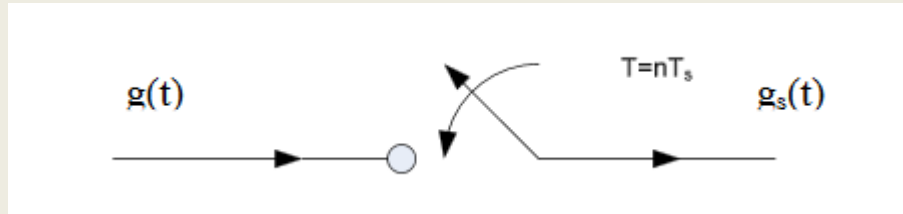
- Aşağıda örnekleme işlemi şematik olarak gösterilmektedir.





## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

Örnekleme, analog işaretlerden belirli zaman aralıklarında alınan örnek değerleri sayesinde ayrık-zamanlı bir işaretin elde edilmesini sağlamaktadır.

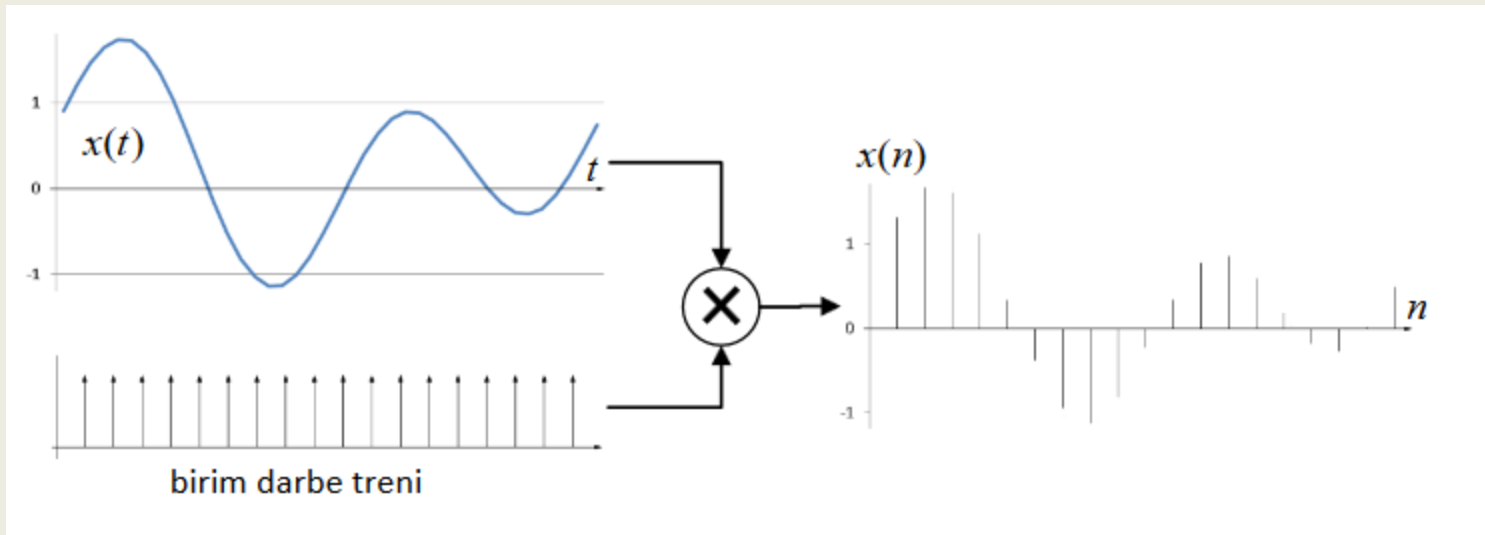


İdeal Örnekleme

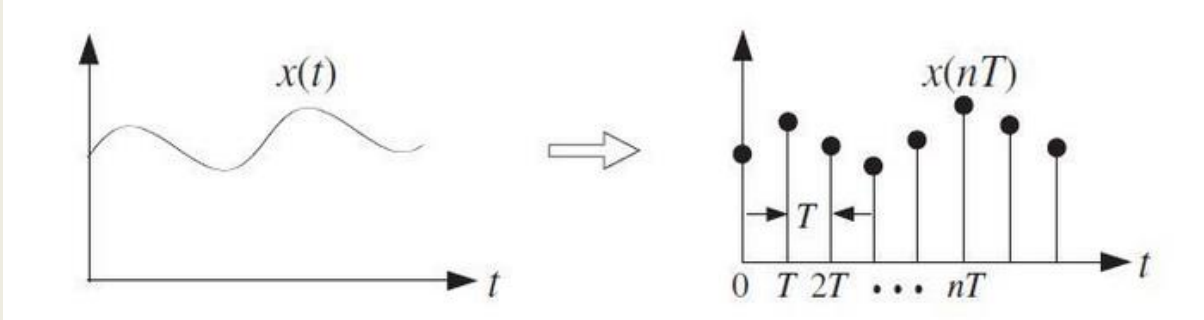
Herhangi bir  $g(t)$  işaretini ele alalım. Bu işaretten periyodik aralıklarla alınan ölçümlerle oluşturulan  $g_s(t)$  işaretine  $g(t)$ 'nin örneklenmiş, bu işleme de örnekleme işlemi adı verilir.



# ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ



## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ



- Grafikte de görüldüğü şekliyle bir analog sinyalin örneklenmesi belli zaman aralıklarıyla sinyalin değerlerinin ölçülmesi olayıdır.
- Sinyal  $t=nT$   $n=0,1,2,3...$  Zaman aralıklarıyla ayrıklaştırılmış ve ayrık bir sinyal elde edilmiştir.
- Ortaya çıkan bu ayrık zamanlı sinyalin orijinal olan analog sinyalle örtüştüğü görülmektedir yani bu noktaları birleştirdiğimiz zaman analog sinyalin aynısını elde edebilmekteyiz.
- Mutlaka kayıplar olacaktır ancak önemli olan bunun tolere edilebilir olmasıdır.



## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

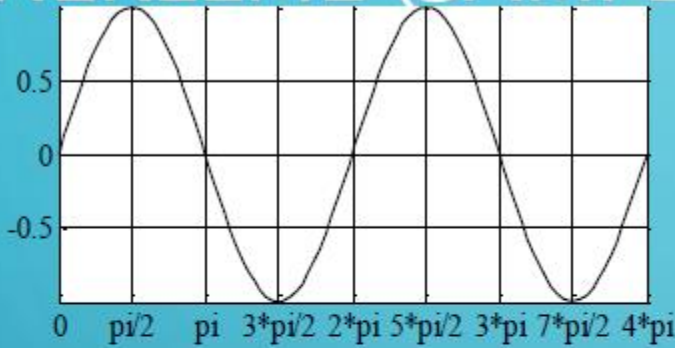
### KAYIPLAR

- Ayrıklaştırma işleminde hangi zaman aralığında örnekleme yapılırsa kayıplar en aza indirilebilir?
- Örnekleme aralıklarını ne kadar küçük alınırsa en fazla sayıda sinyal varyasyonları örneklenebilir. Bu sebeple örnekleme aralıkları çok daraltılabilir ancak bu sefer de işlenmesi gereken çok fazla sayıda örnek alınmış olur.

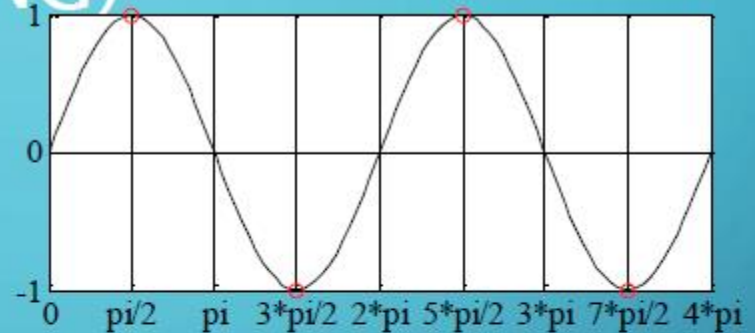


# ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

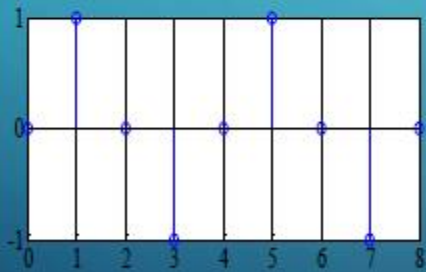
## ÖRNEKLEME (SAMPLİNG)



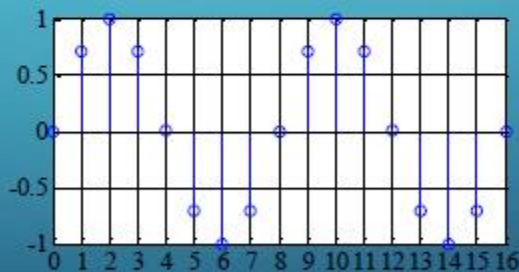
$$T_x = 2\pi \quad F_s = ?$$



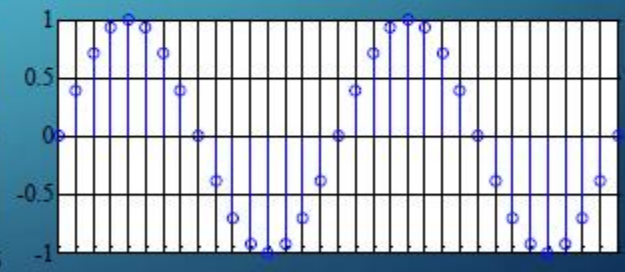
$$F_s \geq 2F_{\max} \Rightarrow F_s \geq \frac{2}{2\pi} = \frac{1}{\pi} \quad \text{Nyquist Frekansı}$$



$$F_s = \frac{2}{\pi}$$



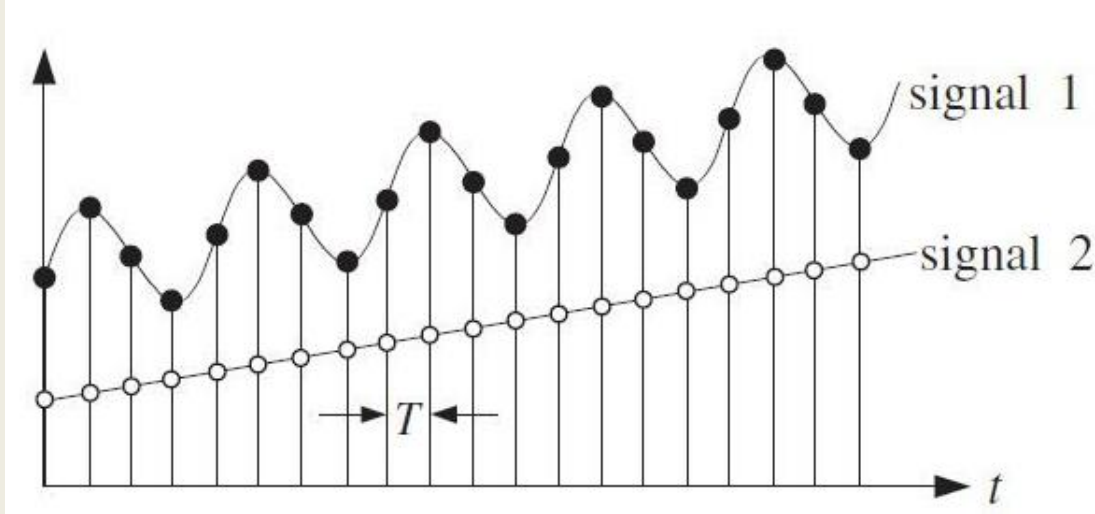
$$F_s = \frac{4}{\pi}$$



$$F_s = \frac{8}{\pi}$$



## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ



- Grafikteki birinci sinyal uygun zaman aralıklarıyla örneklenmiştir ve analog sinyalden herhangi bir kayıp görülmemektedir.
- İkinci sinyal ise oldukça gereksiz bir fazlalıkta örneklenmiştir çünkü sinyalde zamana bağlı olarak herhangi bir varyasyon (bilgi kaybına yol açacak kısa uzun dalgalanmalar vb) gözlenmemektedir.
- Bu durumda bu sinyalin örneklenme periyodu daha büyük alınabilir böylece gereksiz sinyal işlemeden kurtulmuş olunur.



## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

Bu noktada örnekleme periyodunun nasıl belirlenebilir?

- Sinyalin bant genişliği belirlenmeli, yani frekans spektrumu (tayfı) çıkartılıp maksimum frekans belirlenmelidir.
- Örnekleme frekansına  $f_s$  dersek,  $f_s \geq 2f_{max}$  eşitliği sağlanmalıdır. Buna göre;

Minimum örnekleme frekansı  $f_s=2f_{max}$  dır ve buna “Nyquist Değeri” denir. Herhangi bir  $f_s$  değerinde  $f_s/2$  ye karşılık gelen değere de” Nyquist Frekansı” denir. İsveçli bir elektronik mühendisi olan Harry Nyquist bu teoremi bilim dünyasına kazandırmıştır.





## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

Teorem temel olarak sınırlı bantlı bir  $f(t)$  analog işaretinin yeniden ve bozulmadan elde edilebilmesi için, örnekleme işleminin nasıl olması gerektiğini belirtmektedir.

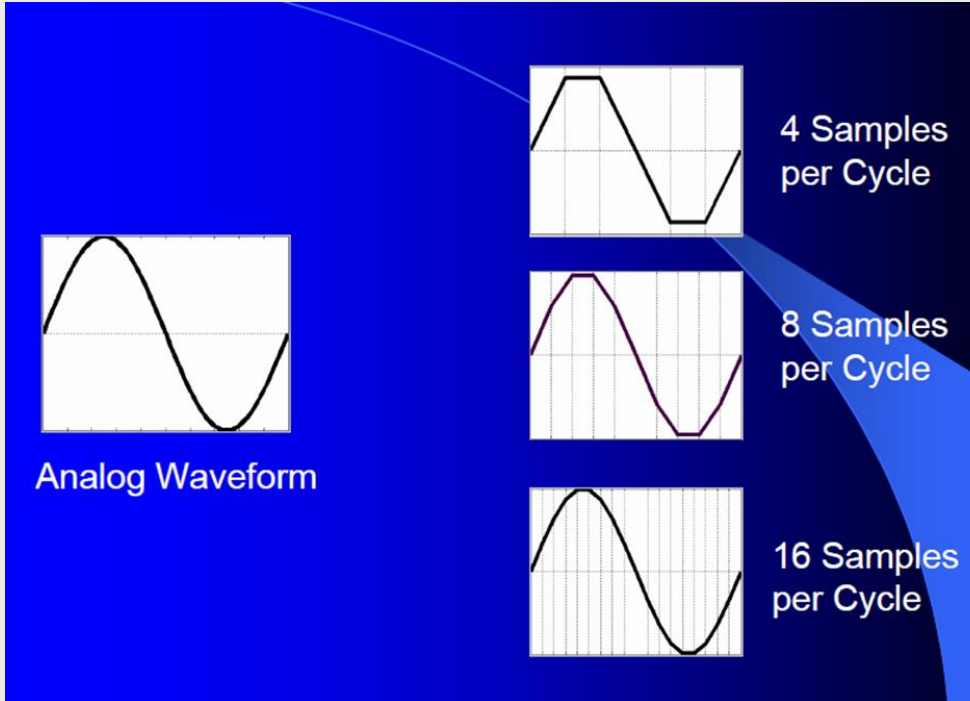
Yani;

"Bandgeniřliđi  $f_m$  olan bir işaret (sinyal)  $2f_m$  'den daha yüksek olan bir örnekleme hızı ile düzenli örneklenirse, işaret tam olarak yeniden üretilebilir. Eğer örnekleme aralıkları  $\frac{1}{2f_m}$  'den daha büyük ise işaret tam olarak temsil edilemez ve yeniden tam olarak oluşturulamaz."



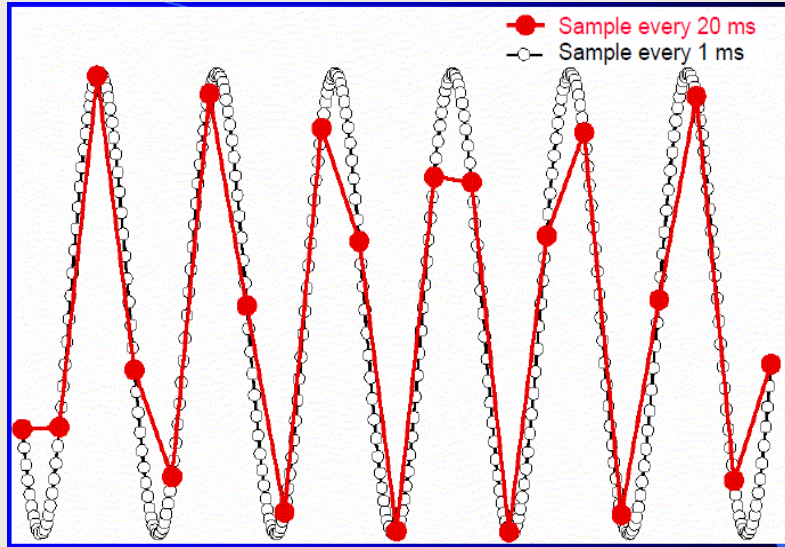
## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

Bir işareti doğru olarak örneklememiz için işaretin en hızlı bileşeninden en az 2 kat daha hızlı şekilde örnek almalıyız.

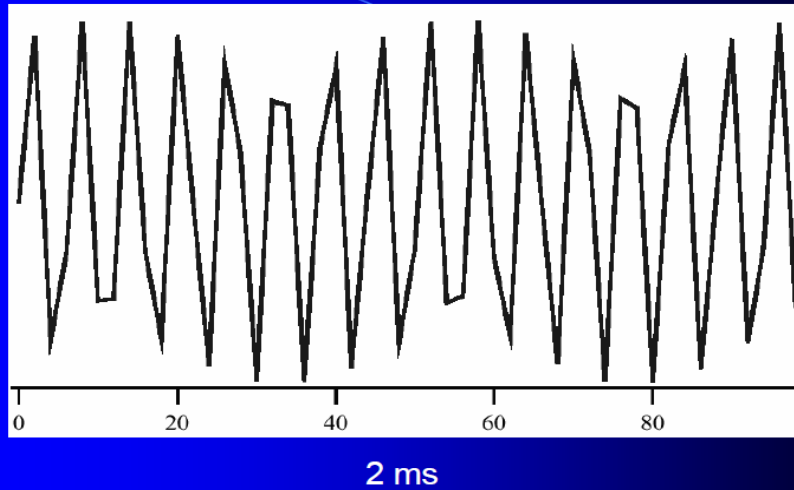




# ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

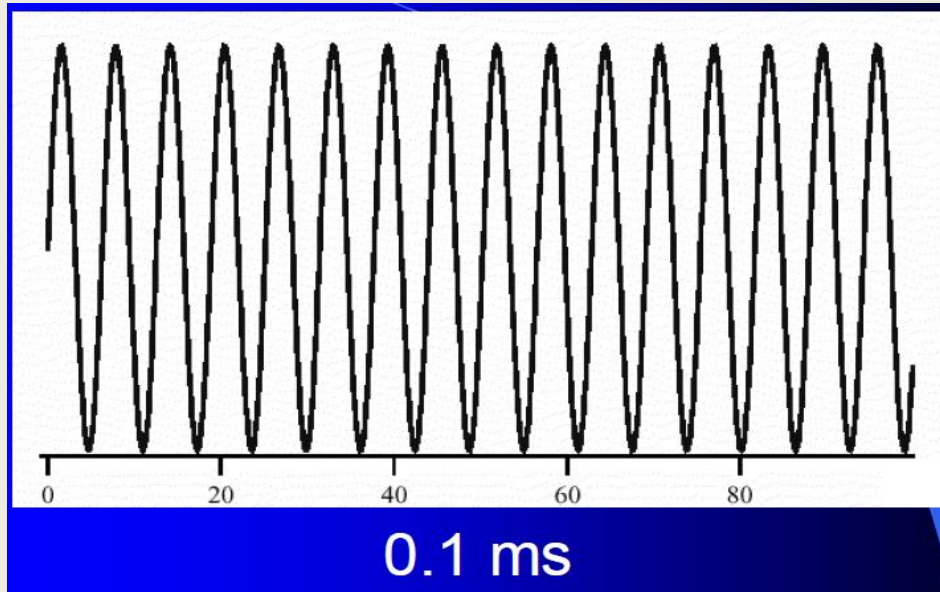
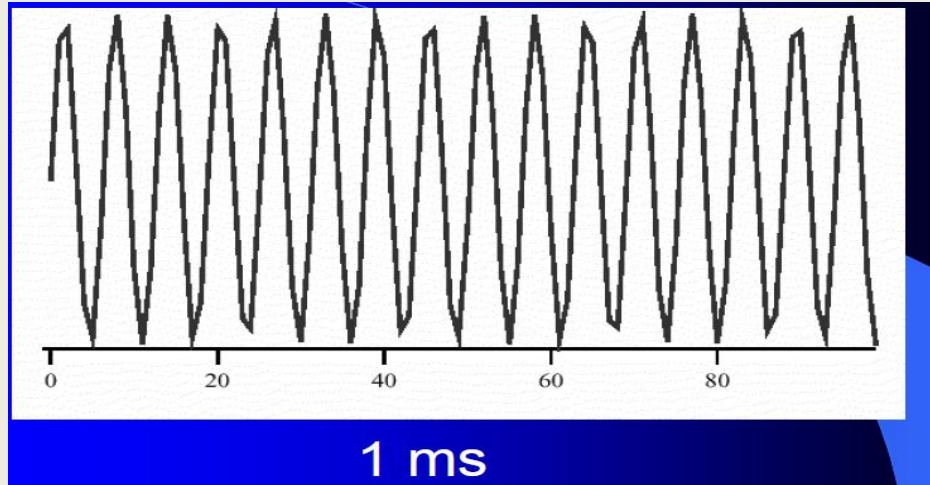


Sine wave of 160 Hz (6.25 ms between peaks)





## ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ





# ANALOG SİNYALLERİN ÖRNEKLENMESİ

## KAYNAKLAR

<http://yildiz.edu.tr/~kunal/telekomdsy/bolum2.pdf>