

Okan Üniversitesi MYO

MUTK116

HAVA ARACI ELEKTRONİK ALETLERİ VE DİJİTAL TEKNİKLER

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 4

# MUTK108

## Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

- **Web Sayfası:** [okanuni.eren.xyz](http://okanuni.eren.xyz)
- **Ders Notları:** Sunum Dosyaları + Önerilen Kaynaklar
- **İletişim:** E-Posta >>> [eren.kayaoglu@okan.edu.tr](mailto:eren.kayaoglu@okan.edu.tr)

MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

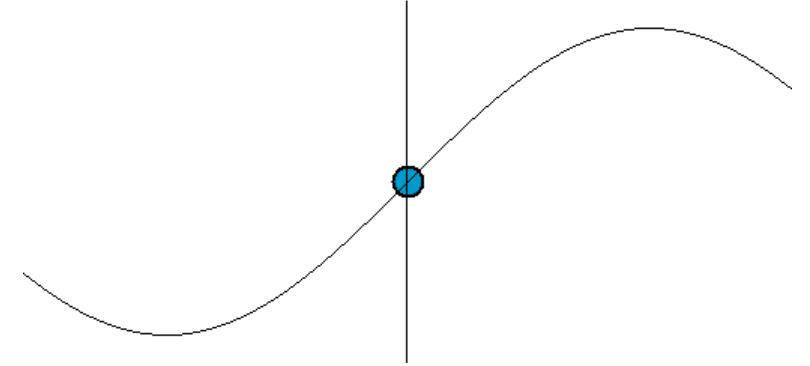
# MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

## TEMEL KAVRAMLAR

**Dalga / Sinyal**  
**Transdüserler**  
**Analog – Dijital Nedir?**

## TEMEL KAVRAMLAR: Dalga Nedir?

- **Dalga**, bir fizik terimi olarak uzayda ve maddede yayılan ve enerjinin taşınmasına yol açan titreşime denir.
- **Titreşim** bir denge noktası etrafındaki salınımdır. Bu salınımlar bir sarkacın hareketi gibi **periyodik** olabileceği gibi çakıllı bir yoldaki tekerleğin hareketi gibi **rastgele** de olabilir.



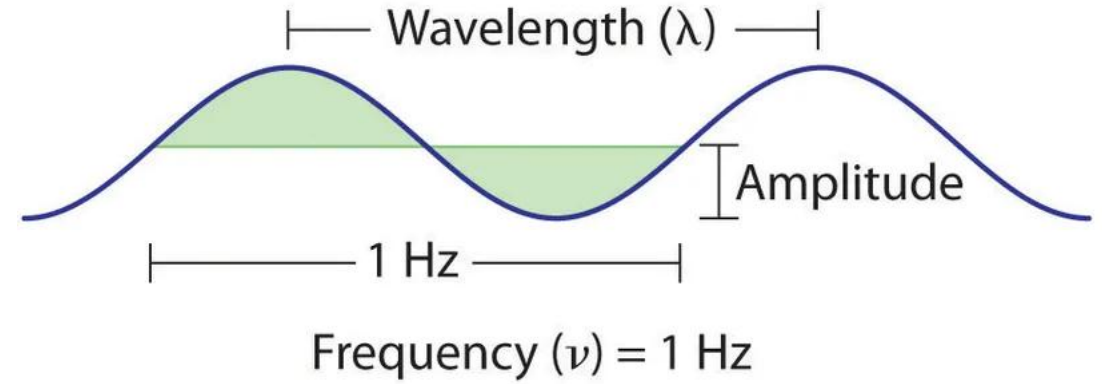
# Dalgalar (Waves)

- *Dalga, bir fizik terimi olarak uzayda ve maddede yayılan ve enerjinin taşınmasına yol açan titreşime (salınıma) denir. Dalga hareketi, orta parçaların yer değişimi sıklıkla olmadan, yani çok az ya da hiç kütle taşınımı olmadan, enerjiyi bir yerden başka bir yere taşır. Dalgalar sabit konumlarda oluşan titreşimlerden oluşurlar ve zamanla nasıl ilerlediğini gösteren bir dalga denklemi ile tanımlanırlar. Bu denklemin matematiksel tanımı dalga çeşidine göre farklılık gösterir.*
- *İki çeşit dalga vardır:*
  - **Mekanik dalgalar** bir ortam aracılığıyla yayılırlar ve deforme edilirler. Deformasyon ile kendini tersine çevirerek eski halindeki güçleri geri getirir. Mesela, ses dalgaları çarpışan hava molekülleri yolu ile yayılır. Hava molekülleri çarpıştığında, moleküller birbirleri boyunca sıçrarlar. Bu, moleküllerin dalganın yönünde yol almasını devam ettirir.
  - Dalgaların ikinci çeşidi **elektromanyetik dalgalar**dır. Elektromanyetik dalgalar bir ortama ihtiyaç duymazlar. Bunun yerine yüklü parçacıklar tarafından, elektrik ve manyetik alanların periyodik titreşimlerinden meydana gelirler ve böylece boşlukta ilerlerler. **Dalga boyu** değiştikçe radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi ışınlar, görünür ışınlar, morötesi ışınlar, gama ışınları ve x ışınları gibi farklı isimler alır ve değişik özellikler gösterirler.

# TEMEL KAVRAMLAR: Dalga

- İki çeşit dalga vardır:
  - **Mekanik dalgalar** bir ortam (madde) aracılığıyla yayılırlar. Mesela, ses dalgaları çarpışan hava molekülleri yolu ile yayılır. Hava molekülleri çarpıştığında, moleküller birbirleri boyunca sıçrarlar.
  - **Elektromanyetik dalgalar** bir ortama ihtiyaç duymazlar. Bunun yerine yüklü parçacıklar tarafından, elektrik ve manyetik alanların periyodik titreşimlerinden meydana gelirler ve böylece boşlukta ilerlerler. Radyo dalgalarının, mikrodalgaların, kızılötesi ışınların, görünür ışınların, morötesi ışınların, gama ışınlarının ve x ışınlarının *dalga boyları farklıdır*.

# Dalgaların Özellikleri



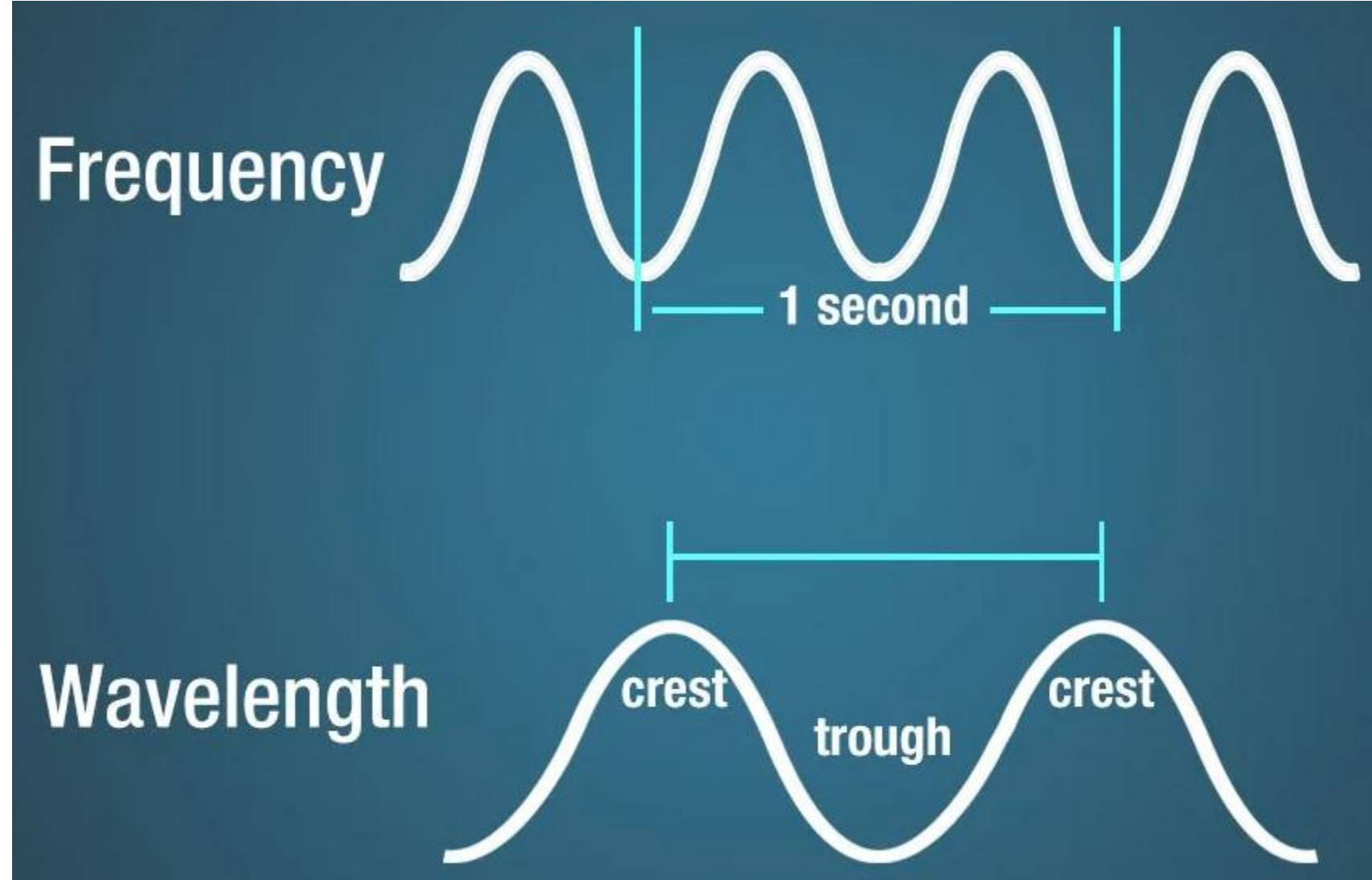
## Dalga Boyu Ne İşe Yarar?

- Ses dalgalarında dalga boyu iki **sıkışma noktası** ya da iki **seyreklik noktası** arasındaki mesafedir; dolayısıyla metre, nanometre gibi uzunluk birimleri kullanılır ve  $\lambda$  (lambda) ile gösterilir.
- Elektromanyetik dalgalarda dalga boyunu genellikle iki tepe ya da iki çukur arasındaki mesafe olarak tanımlarız (çünkü bu noktaları tanımlamak kolaydır).

# Dalgalar (Waves)

- Frekans – Dalgaboyu ilişkisi
- Belirli bir 'v' yayılma hızı için:  $v = f \cdot \lambda$

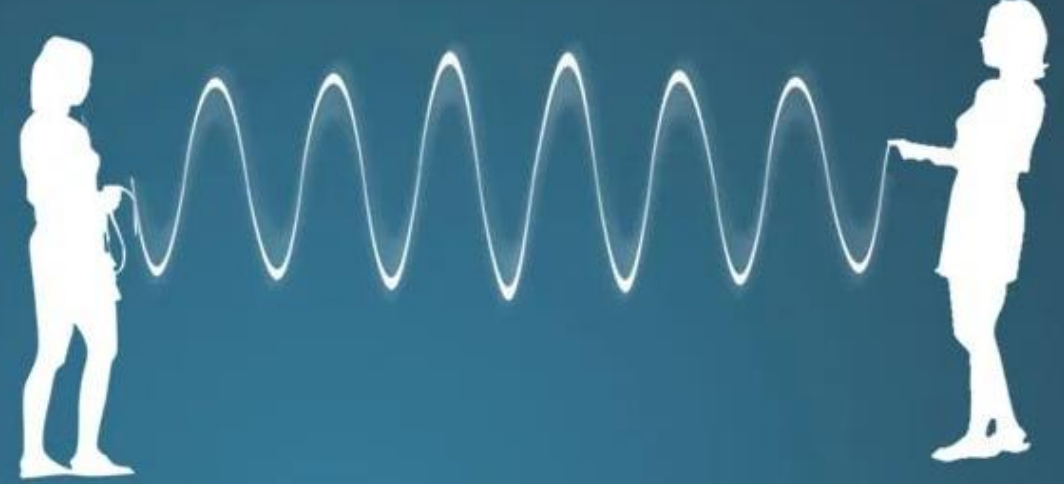
Speed = Frequency  $\times$  Wavelength



# Dalgalar (Waves)

- Elektromanyetik bir dalga, enerjisi açısından da tanımlanabilir.
- Spektrumda uzun dalga boylarından kısa dalga boylarına doğru, dalga boyu kısaldıkça enerji artar.
- Uçları yukarı ve aşağı çekilen bir atlama ipi düşünülüğünde, ipin daha fazla dalgaya sahip olması için daha fazla enerji gerekir.

**More Energy**

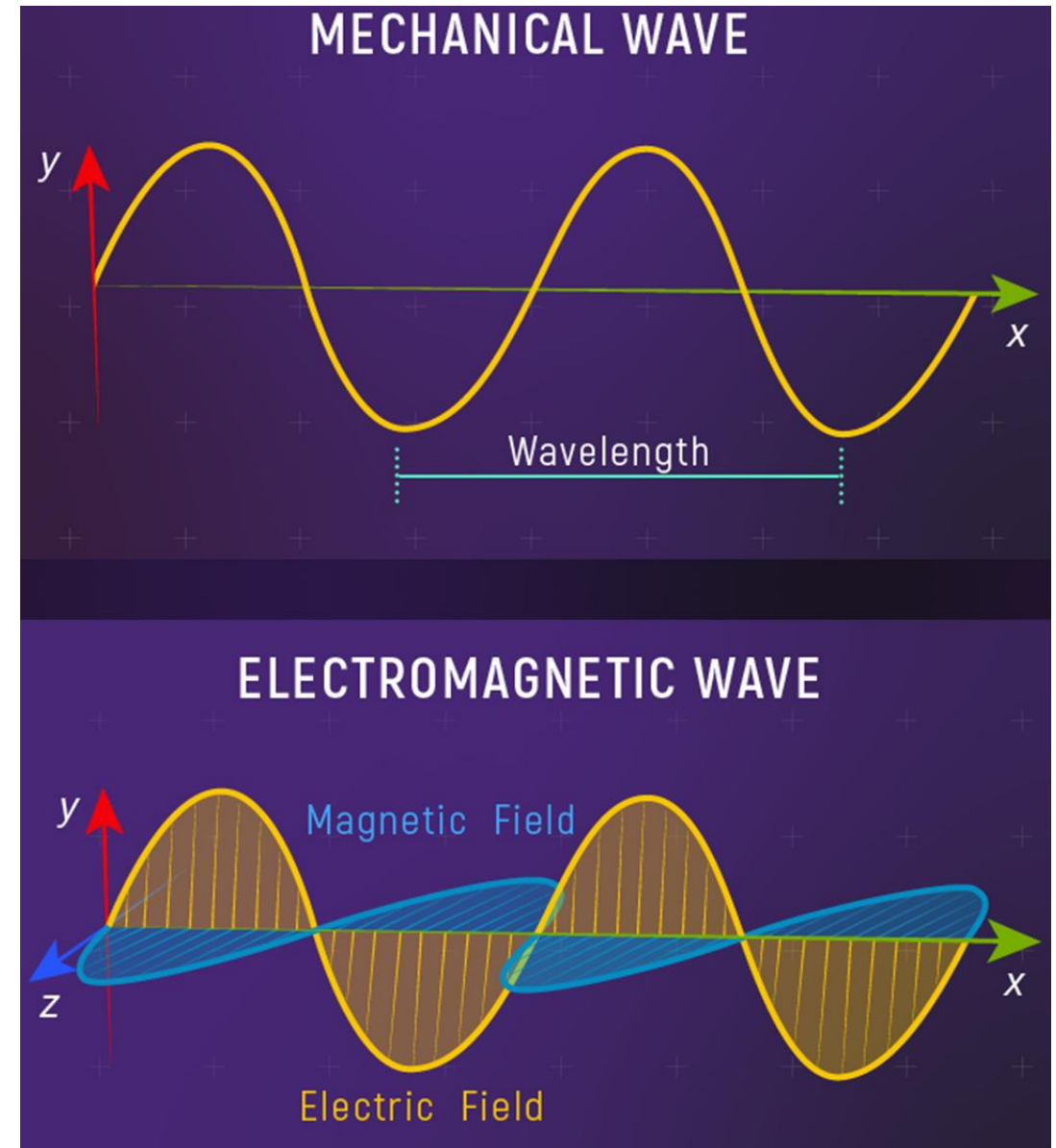
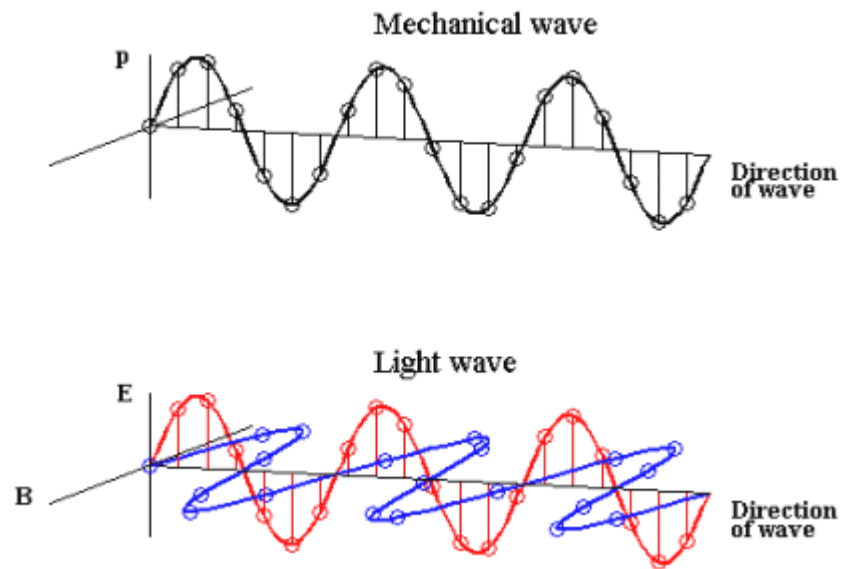


**Less Energy**



# Dalgalar (*Waves*)

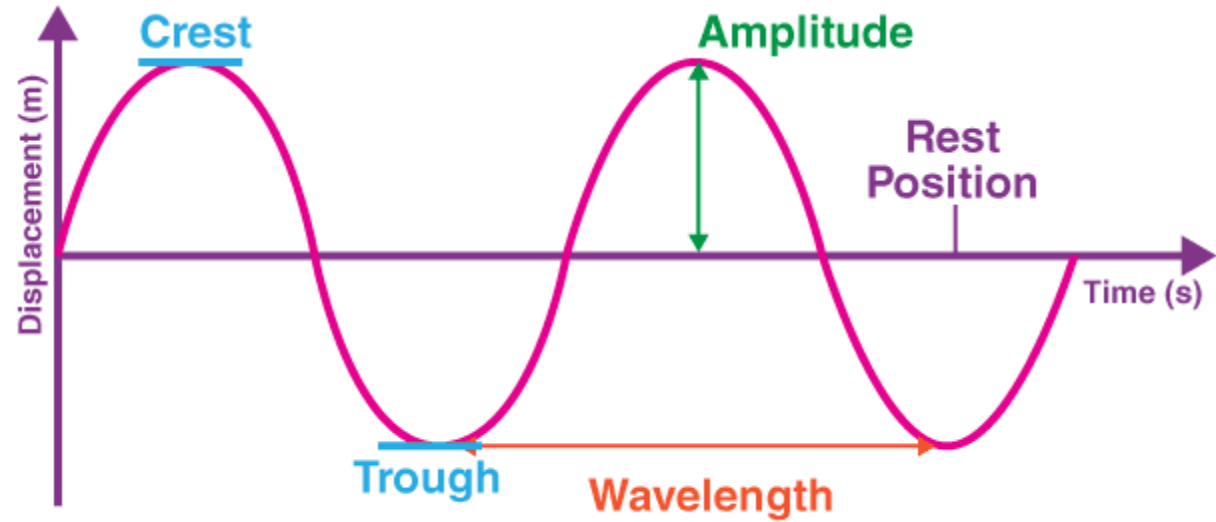
- Mekanik Dalga
- Elektromanyetik Dalga



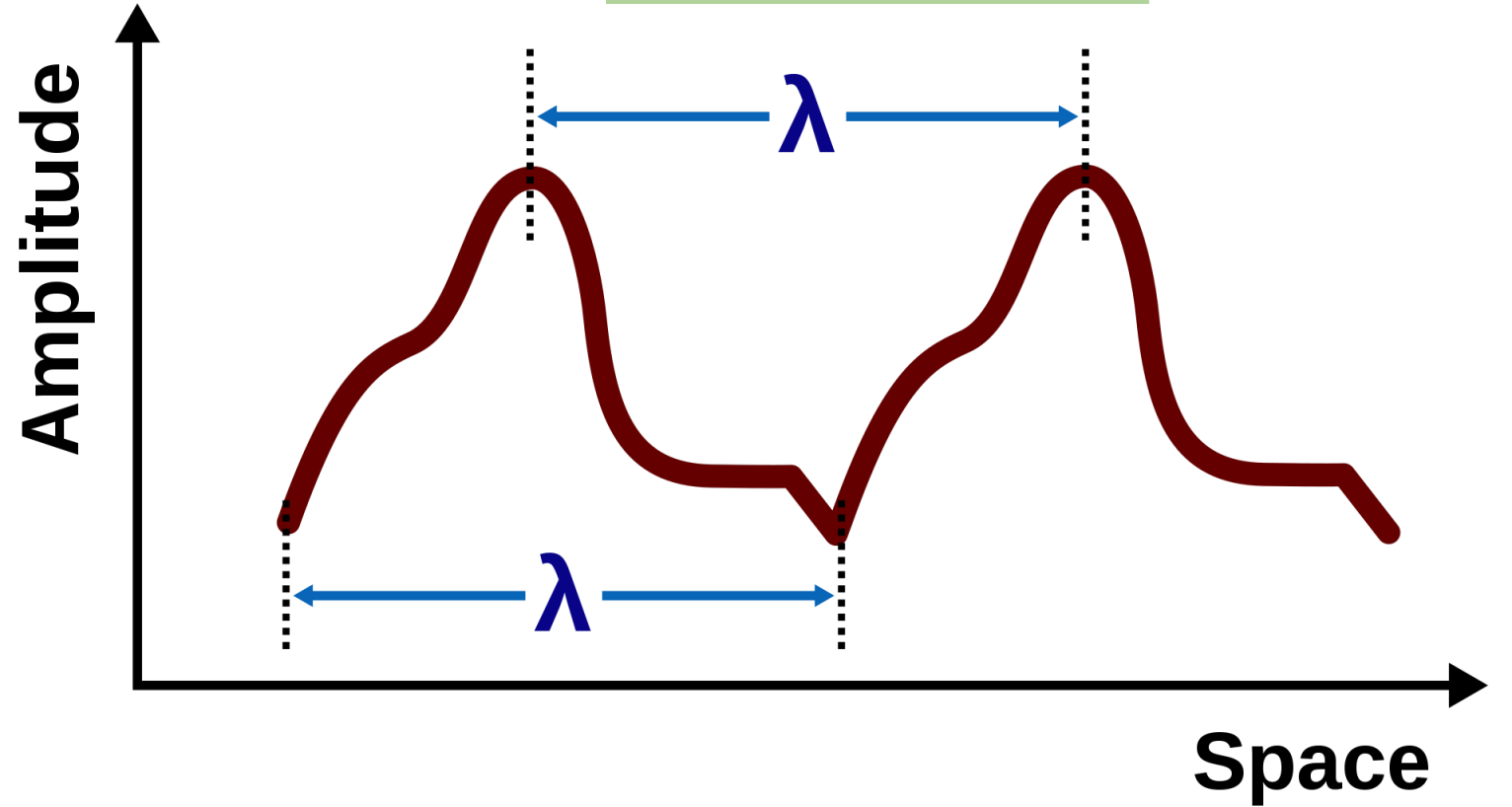
# Dalgalar (*Waves*)

*Bir dalgayı tanımlayan büyüklükler:*

- *Amplitude:* **Genlik**
- *Wavelength:* **Dalga Boyu**
- *Crest:* Tepe
- *Trough:* Çukur
- *Displacement:* Deplasman / yer değiştirme



## Dalga Boyu



- Dalga boyu,  $\lambda$ , tekrarlayan herhangi iki nokta arasında ölçülebilir.

*( $\lambda$ : wave length, amplitude: genlik)*

# TEMEL KAVRAMLAR: Dalga / Frekans / Yayılma Hızı

**Frekans (f):** Bir parçacığın saniyedeki titreşim sayısı olup birimi (Hz)'dir.  $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$

**Dalga boyu ( $\lambda$ ):** Aynı titreşim fazında bulunan iki komşu parçacık arasındaki mesafe olup birimi (m)'dir.

**Periyot (T):** Bir titreşimin tamamlanması için geçen süre olup frekansın tersine eşittir.

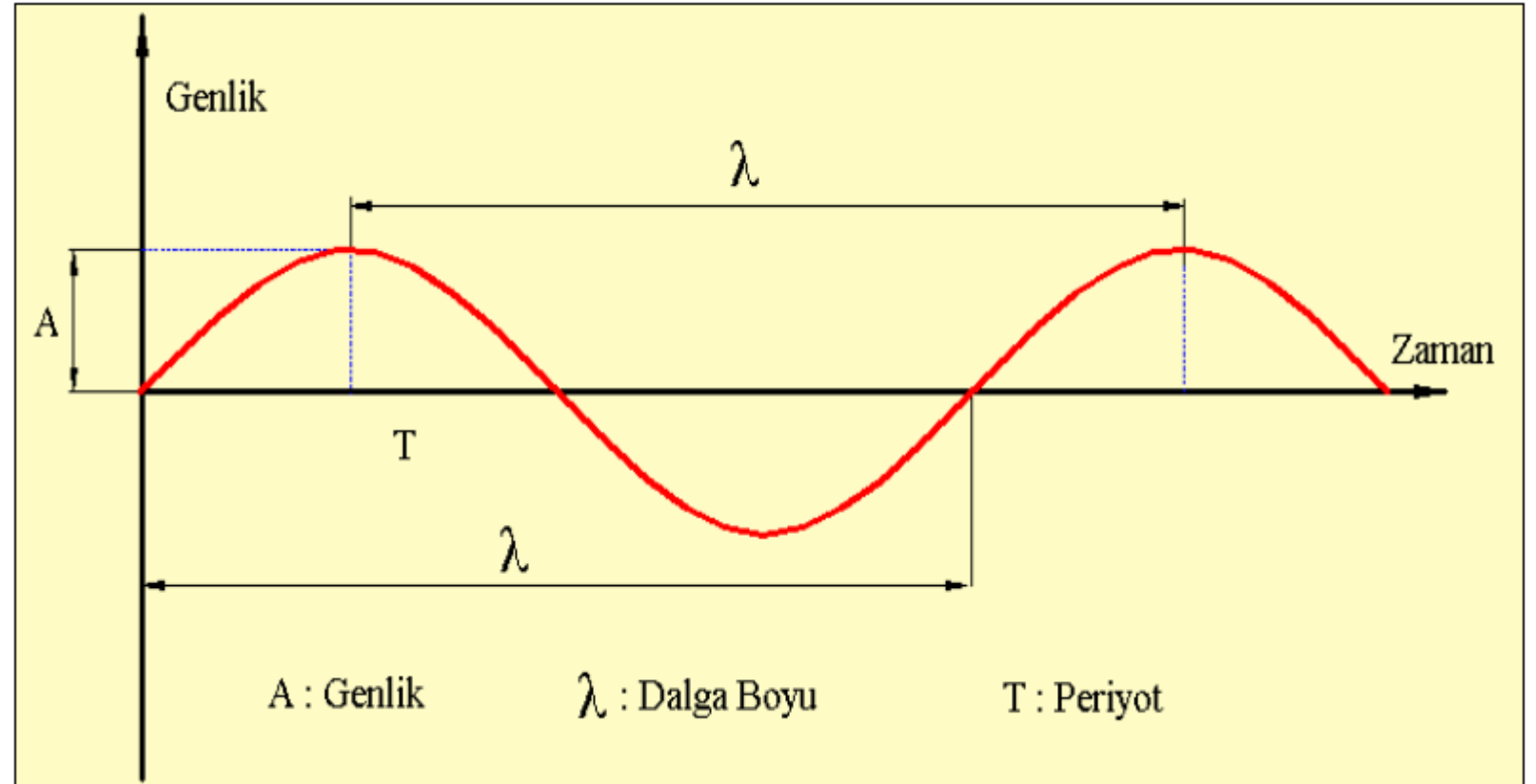
$$T = 1 / f \text{ (sn)}$$

**Yayılma hızı (C):** Belli bir dalga fazının birim zamanda aldığı yol miktarı olup dalga boyu ile frekansın çarpımına eşittir. Buna faz hızı da denir.

$$C = \lambda \times f \text{ (m/sn)}$$

# Dalganın Temel Özellikleri

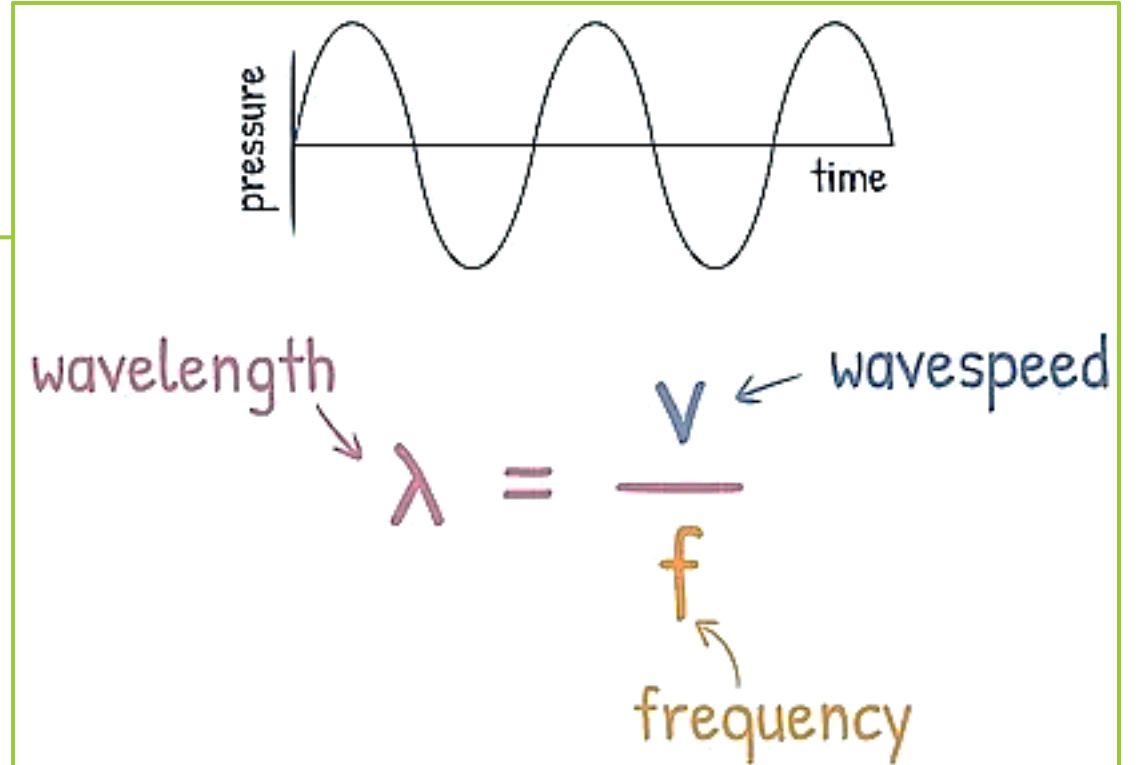
- Genlik (A)
- Dalga Boyu ( $\lambda$ )
- Periyot (T)



## TEMEL KAVRAMLAR: Dalga / Frekans / Yayılma Hızı

- Yayılma Hızı: Dalganın türüne göre Ses Hızı veya Işık Hızı
  - **Hız = Frekans × Dalga Boyu**

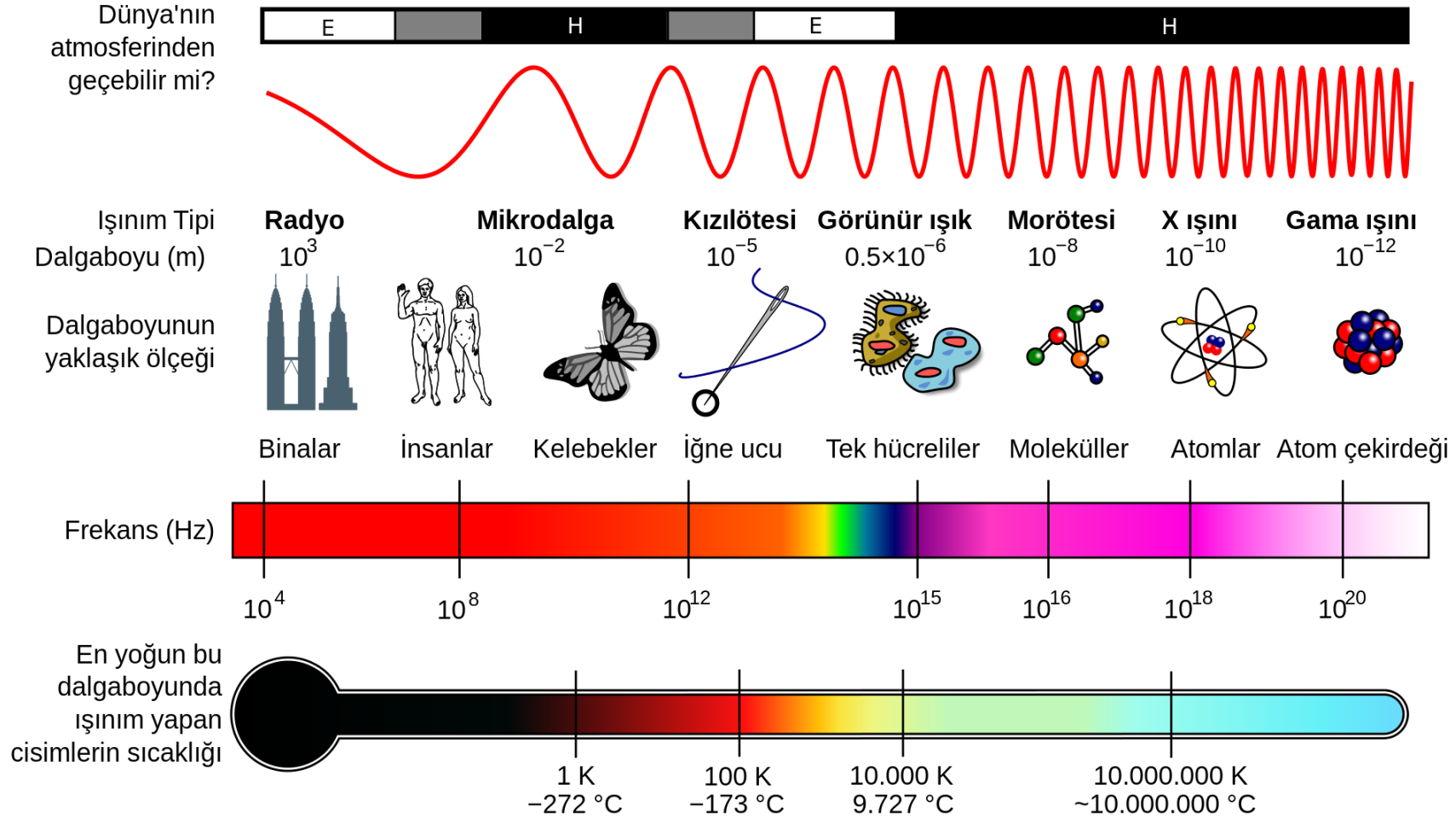
$$v = f \cdot \lambda$$



- Elektromanyetik dalgalarda yayılma hızı  $v = 'C'$  ışık hızı sabitine eşittir.

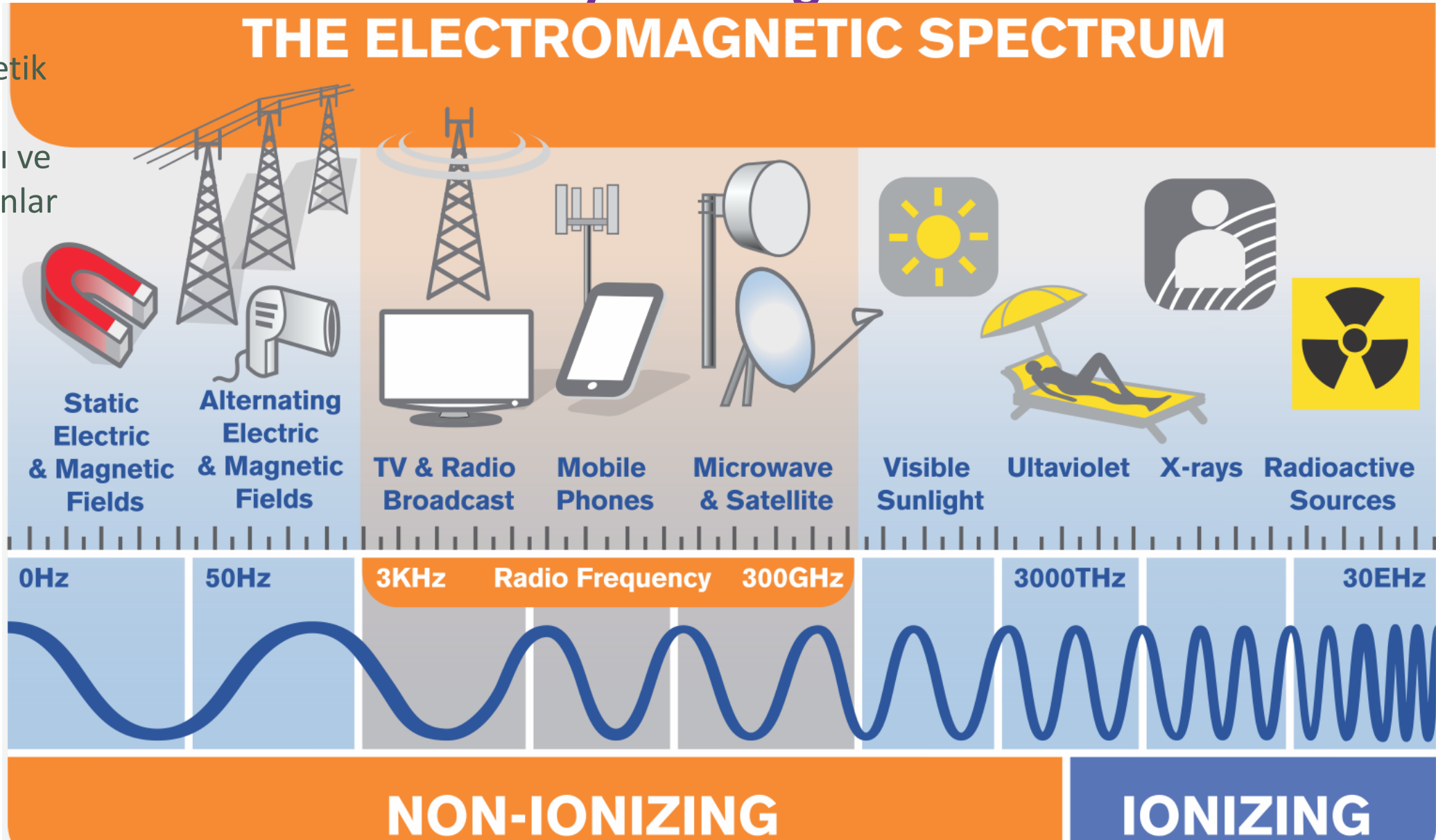
# TEMEL KAVRAMLAR: Elektromanyetik Dalgalar

- Elektromanyetik Tayf / Frekans – Dalga Boyu ilişkisi



# TEMEL KAVRAMLAR: Elektromanyetik Dalgalar

Elektromanyetik  
Spektrum /  
Elektrik Akımı ve  
Manyetik Alanlar



# TEMEL KAVRAMLAR: Elektromanyetik Dalgalar

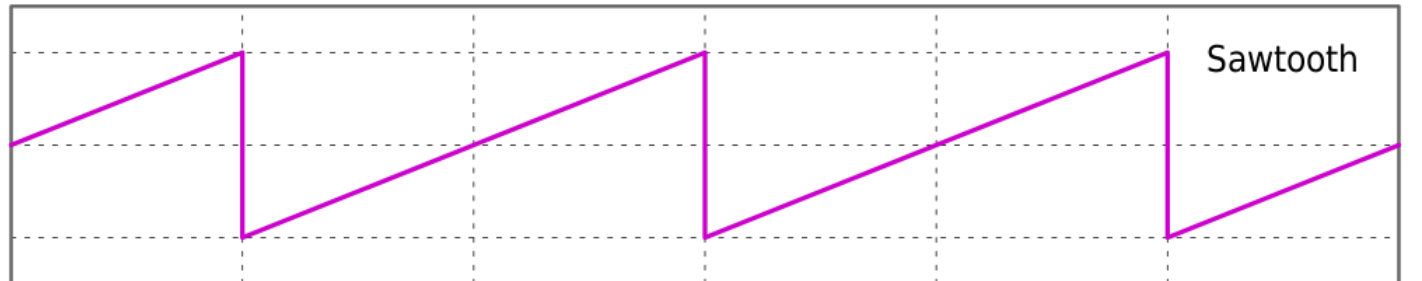
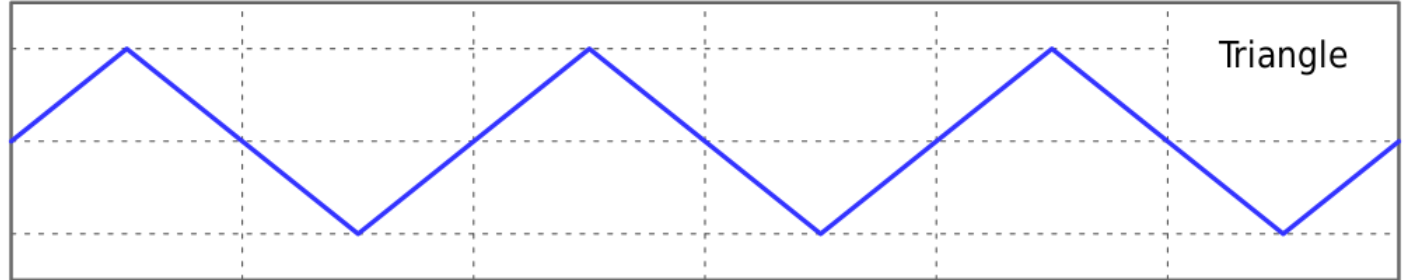
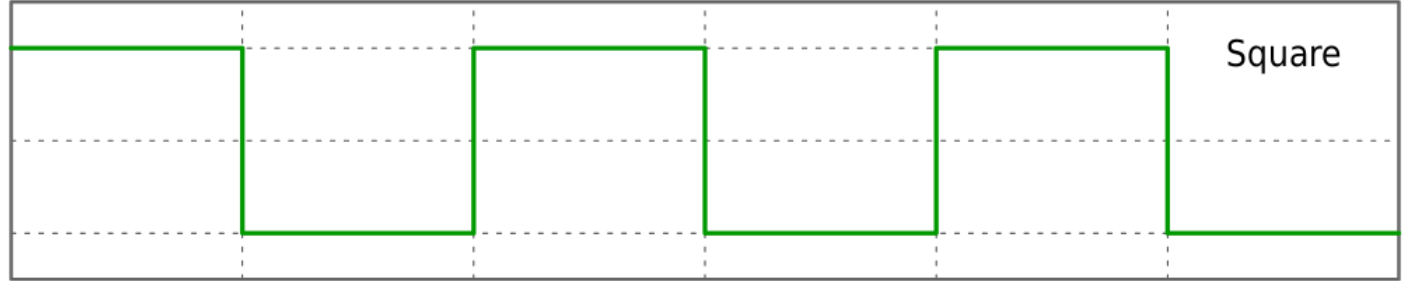
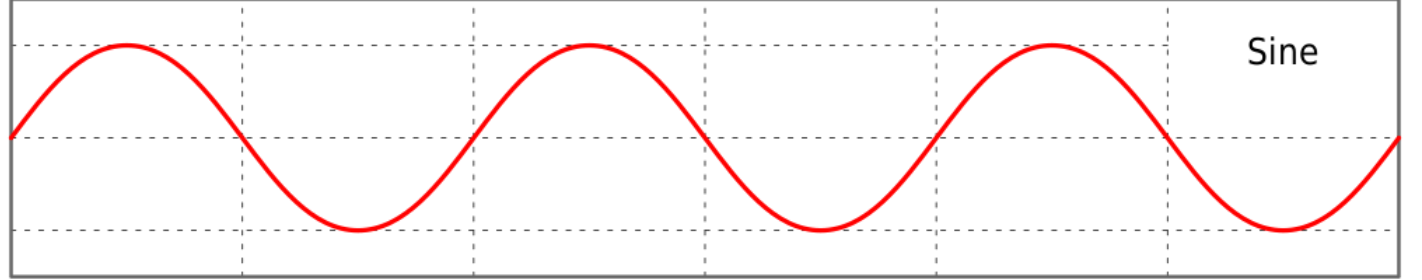
Elektromanyetik Tayf / Frekans – Dalga Boyu ilişkisi

- Bu bantların her birindeki elektromanyetik dalgaların farklı özellikleri vardır, örneğin nasıl üretildikleri, maddeyle nasıl etkileşime girdikleri ve pratik uygulamaları gibi.
- Elektromanyetik spektrumun bantları arasında kesin olarak tanımlanmış sınırlar yoktur. Elektromanyetik dalgalar genellikle fiziksel özelliklerle tanımlanır - frekans, dalga boyu ve elektrik-manyetik alanlar arasındaki bağlantı. Yaygın elektrik bunların hepsini sergiler. Yine de elektrik, elektronik, elektrik yükü, akım vb. gibi terimler genellikle belirsiz olabilir.
- Elektromanyetik enerji dalgalar halinde hareket eder ve çok uzun dalgalardan çok kısa dalgalara kadar geniş bir spektrumu kapsar, ancak bazı kaynaklar elektriği göz ardı eder çünkü elektriğin genellikle serbest uzayda yayıldığı düşünülmez. Bu kısıtlamanın tam olarak doğru olmadığı düşünülebilir.

Kaynak: <https://www.quora.com/Is-electricity-an-electromagnetic-wave>

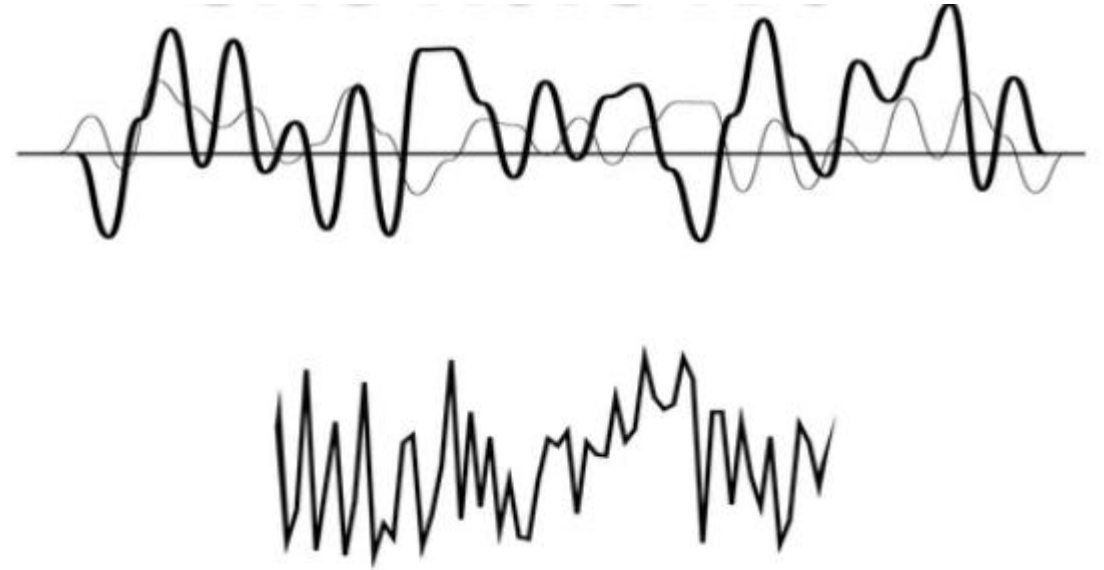
# Dalga Şekilleri

- Sinüs eğrisi
- Kare
- Üçgen
- Testere dişi

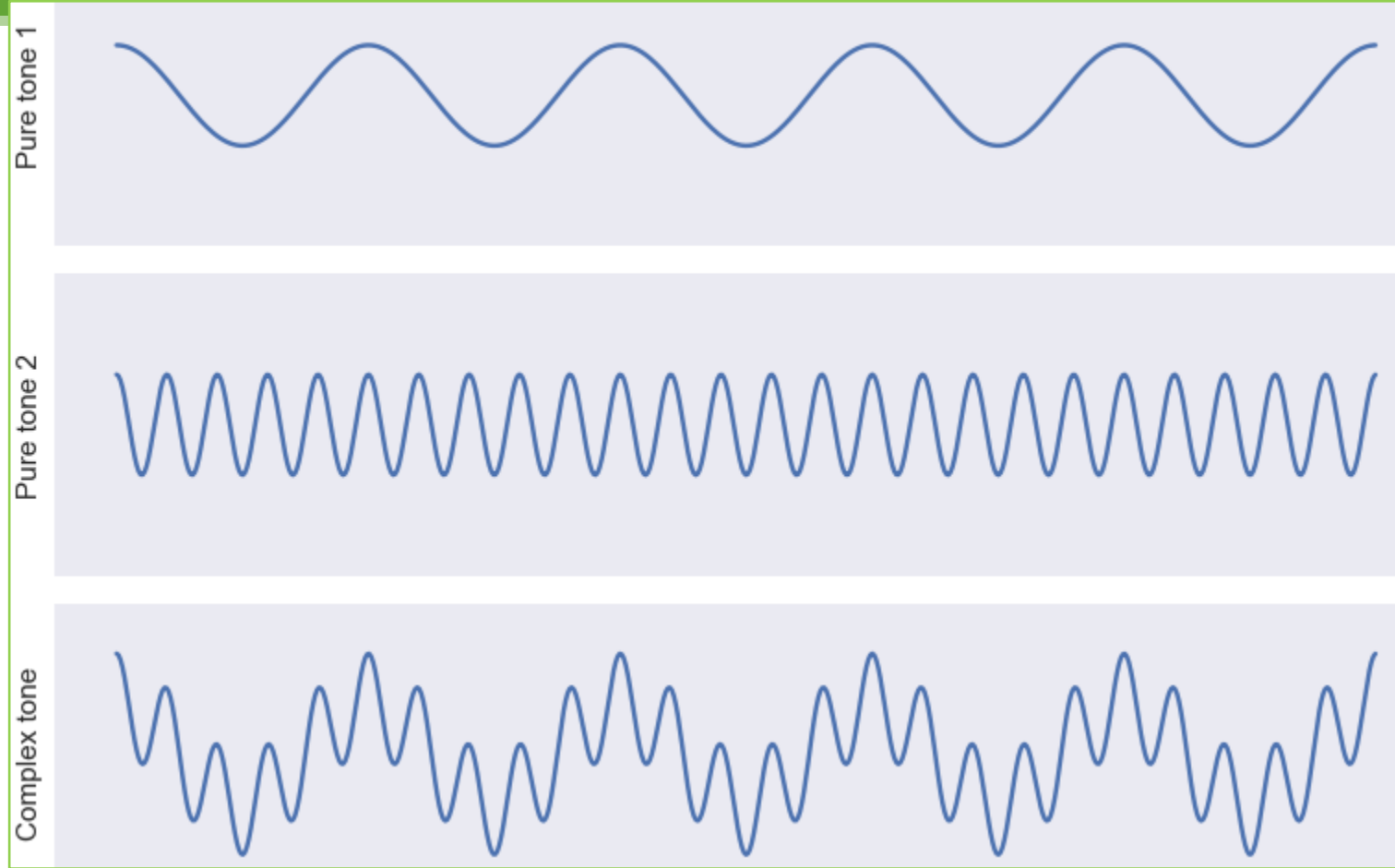
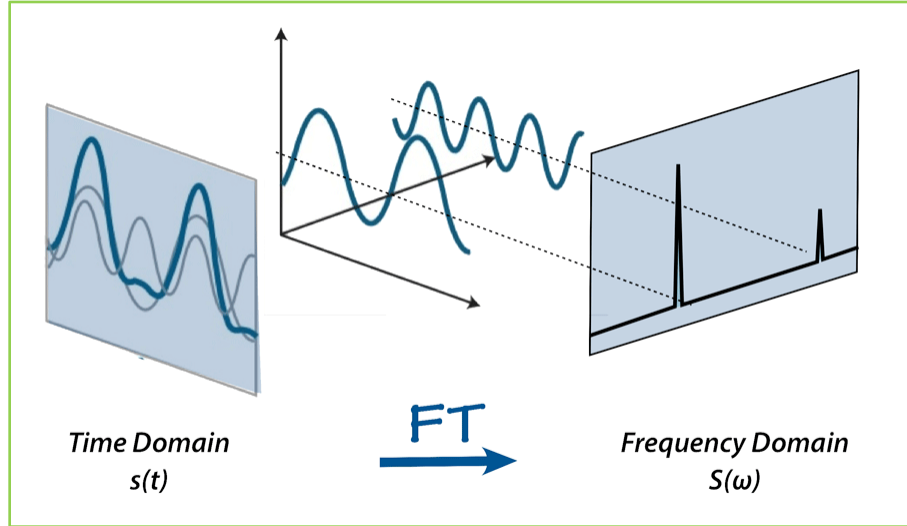


## Dalga Şekilleri

- Dalgalar, sinüs, kare, üçgen vb. düzenli şekillerde olabileceği gibi; farklı sinüs dalgalarının ve **farklı şekil ve harmoniklerin birleşiminden** oluşan karmaşık örüntülerle de karşımıza çıkabilir.
- Günlük hayatta karşılaştığımız sinyal ve dalga tipleri çoğunlukla iç içe geçmiş karışık yapıdadır.



# Dalga Şekilleri



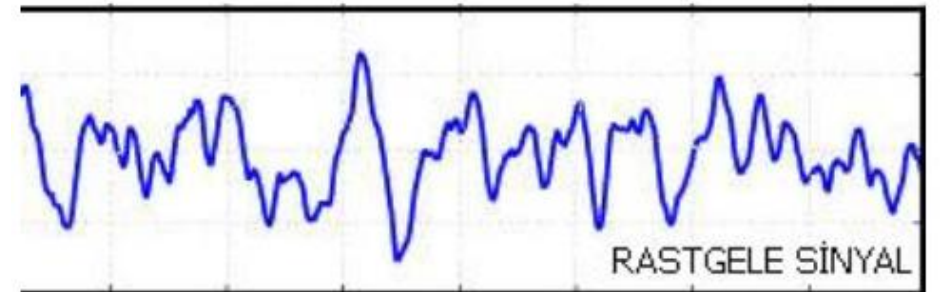
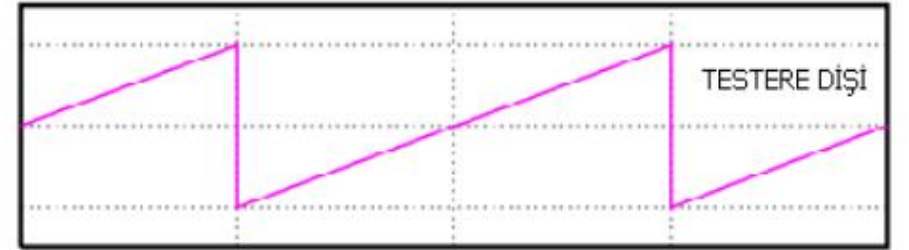
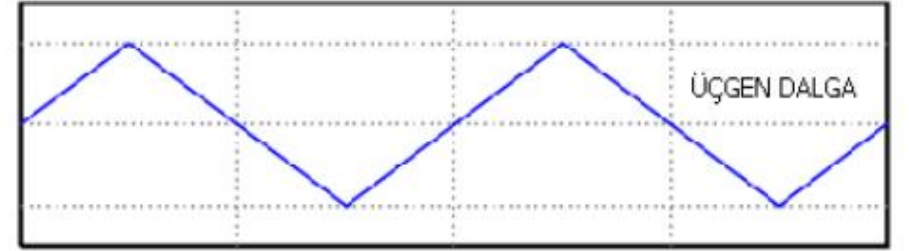
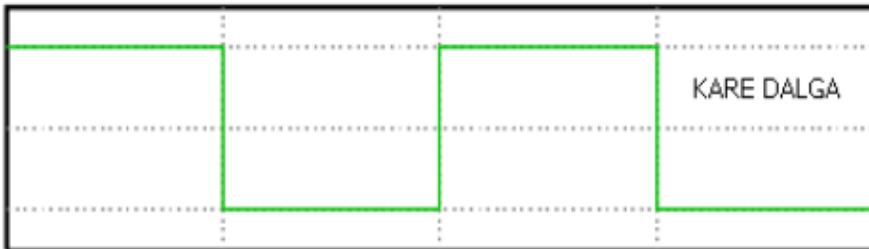
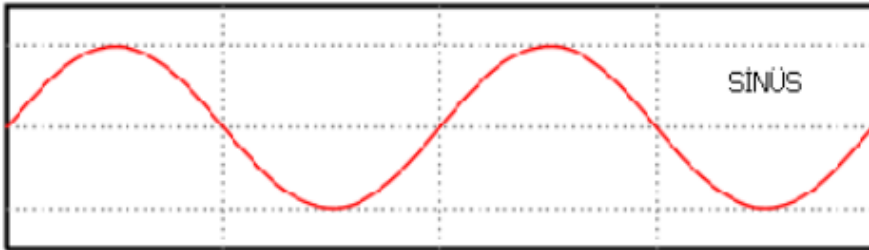
**Örnek Görsel:** Pure tone 1 + Pure tone 2 = Complex tone

- Dalgalar, farklı sinüs dalgalarının ve farklı şekil harmoniklerin birleşiminden oluşan karmaşık örüntülerde olabilir.

# TEMEL KAVRAMLAR: Dalga Şekilleri

Sinyal Çeşitleri:

Gerçek uygulamalarda sıklıkla karşılaşılabilecek '**Rastgele Sinyal**'



# MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

## TEMEL KAVRAMLAR

**Sinyal** (*Signal – İşaret*)

**Transdüser** (*Transducer – Dönüştürücü*)

**Sensör** (*Sensor – Algılayıcı*)

# Sinyal Nedir?

- Elektronik ve telekomünikasyonda sinyal, bilgi taşıma özelliği olan, herhangi bir zamanda değişen **voltaj, akım veya elektromanyetik dalga**yı ifade eder.
- Sinyal işlemede, sinyal bir olgu hakkında bilgi ileten bir fonksiyondur. Uzay veya zaman içinde değişebilen herhangi bir nicelik, gözlemciler arasında mesaj paylaşımı için bir sinyal olarak kullanılabilir.

## TEMEL KAVRAMLAR: Transdüser ve Sensör

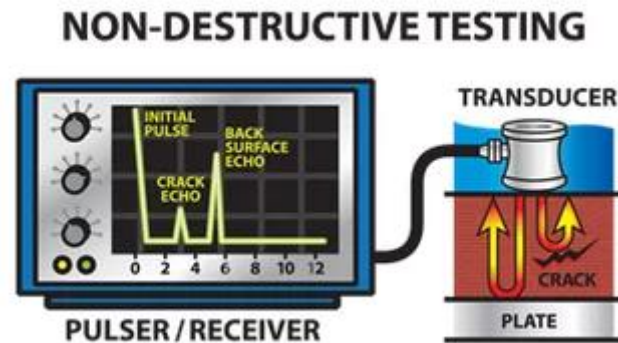
- Uçuş alet sistemlerinin her birinde **çeşitli ölçümler yapılarak** belirlenen **değerler göstergelere yansıtılmaktadır**.
- Bir ölçüm sistemi; sensörler (algılayıcılar), aktüatörler (eyleyiciler), dönüştürücüler (*converters*) ve sinyal işleme (*signal processing*) cihazlarından oluşur. Bu elemanların ve cihazların kullanımı tabii ki sadece ölçüm sistemleri ile sınırlı değildir.

# Sensör

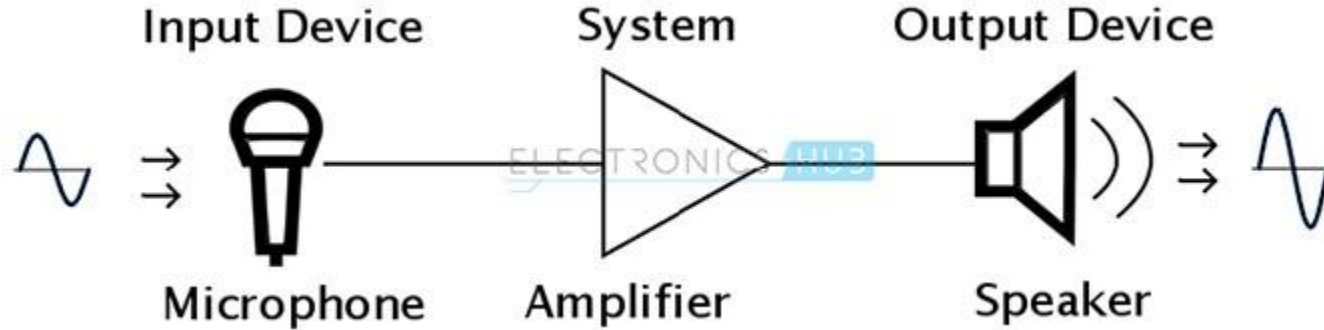
- **Sensör**, fiziksel bir uyarıcıdaki değişiklikleri ve olayları algılayan ve buna karşılık gelen, ölçülebilir ve/veya kaydedilebilir bir çıkış sinyali sağlayan cihazdır. Burada çıkış sinyali ölçülebilir herhangi bir sinyal olabilir ve genellikle elektriksel bir niceliktir.
  - En iyi örneği cıvalı termometredir. Burada ölçülen nicelik ısı veya sıcaklıktır. Ölçülen sıcaklık, sıvı cıvanın genişmesi ve daralmasına bağlı olarak kalibre edilmiş cam tüp içerisinde, dışarıdan okunabilir (görsel) bir değere dönüştürülür.

# Transdüser

- **Transdüserler**, enerjiyi bir formda başka bir forma dönüştüren cihazlardır. Genellikle enerji bir sinyal biçimindedir. Transdüser (*transducer*), hem sensörler hem de aktüatörler için toplu olarak kullanılan bir terimdir. (Örn: Ultrasonik muayene probu)

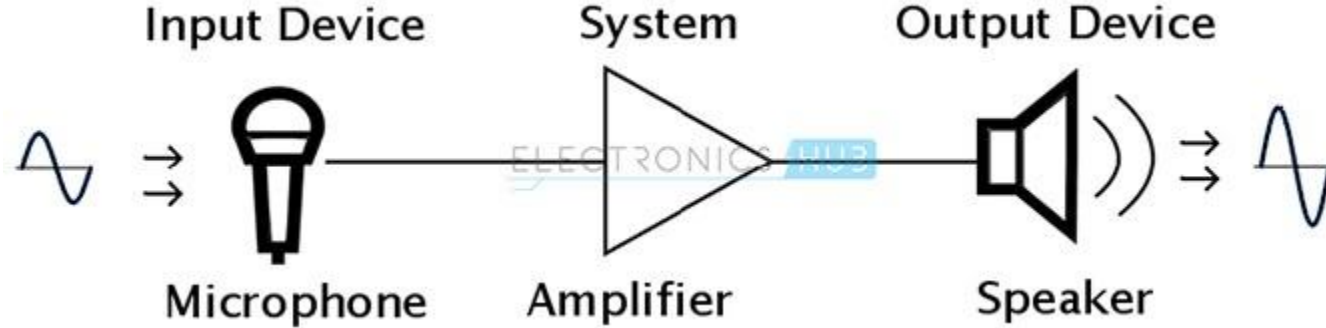


# Temel Transdüser Uygulama Örneği / Mikrofon-Hoparlör



- Sensör veya giriş transdüseri mikrofondur (*microphone*).
- Mikrofon, ses sinyallerini (mekanik dalga/titreşim) algılar ve bunları elektrik sinyallerine dönüştürür.
- Amplifikatör (yükseltici) bu elektrik sinyallerini alır ve güçlerini artırır.
- Aktüatör veya çıkış fonksiyonlu cihaz hoparlördür (*speaker*). Amplifikatörden yükseltilmiş elektrik sinyallerini alır ve bunları tekrar ses sinyallerine dönüştürür, ancak daha fazla erişime sahiptir.

# Temel Transdüser Uygulama Örneği / Mikrofon-Hoparlör

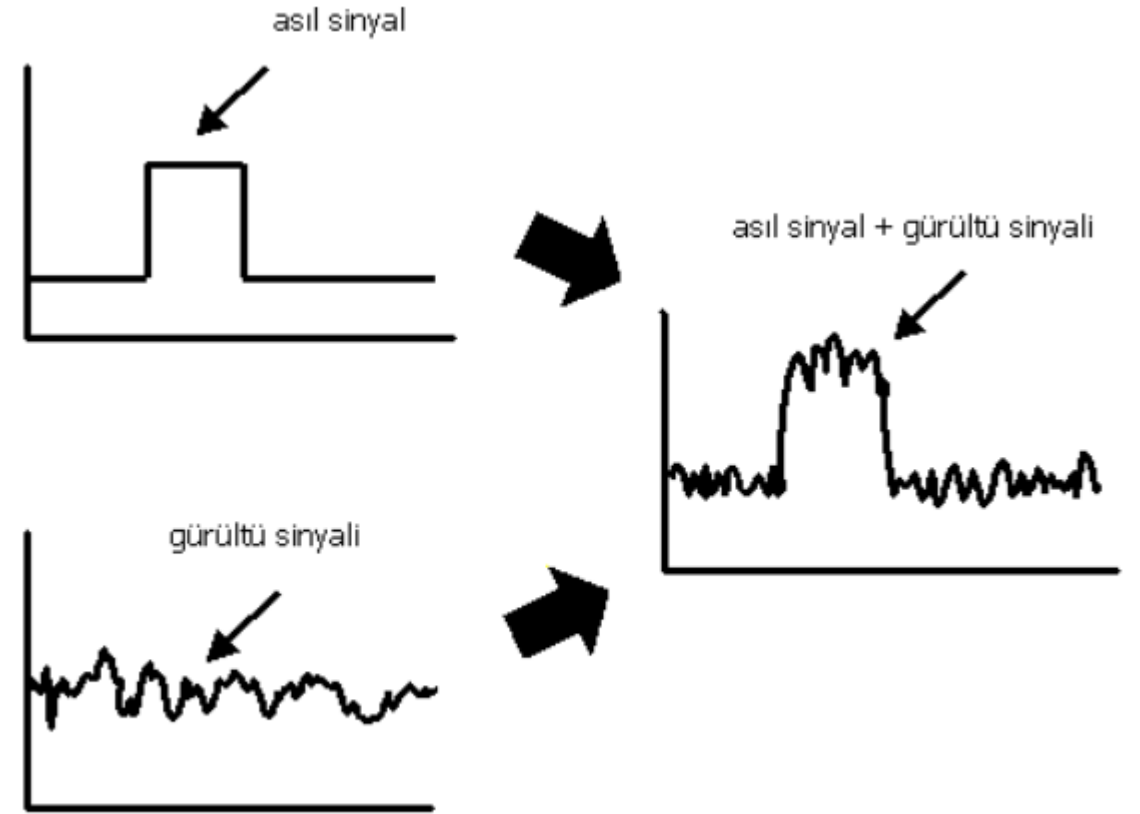


- Burada mikrofonu bir alet sistemindeki ölçüm probuna benzetebiliriz. Çıkış fonksiyonunu yerine getiren hoparlörü ise ölçüm cihazlarındaki monitörlere benzetmek mümkündür.

# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

## Gürültü (*Noise*)

- İletilmek istenen **bilgi sinyali**ne karışan **parazit**lerdir.
- Analog veya dijital sinyallerin işlenmesi veya ölçüm sırasında sinyale karışan, işlemlerin istenmeyen ve belli anlama gelmeyen yan ürünü olarak da tanımlanabilir.



Şekil 2.1: (a) Gürültü sinyalinin asıl (bilgi) sinyal üzerindeki etkileri

MUTK108 - Elektronik Alet Sistemleri ve DT

TEMEL KAVRAMLAR

**Analog – Dijital Dönüşüm**

# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

*Analog ve Dijital Sistemler*

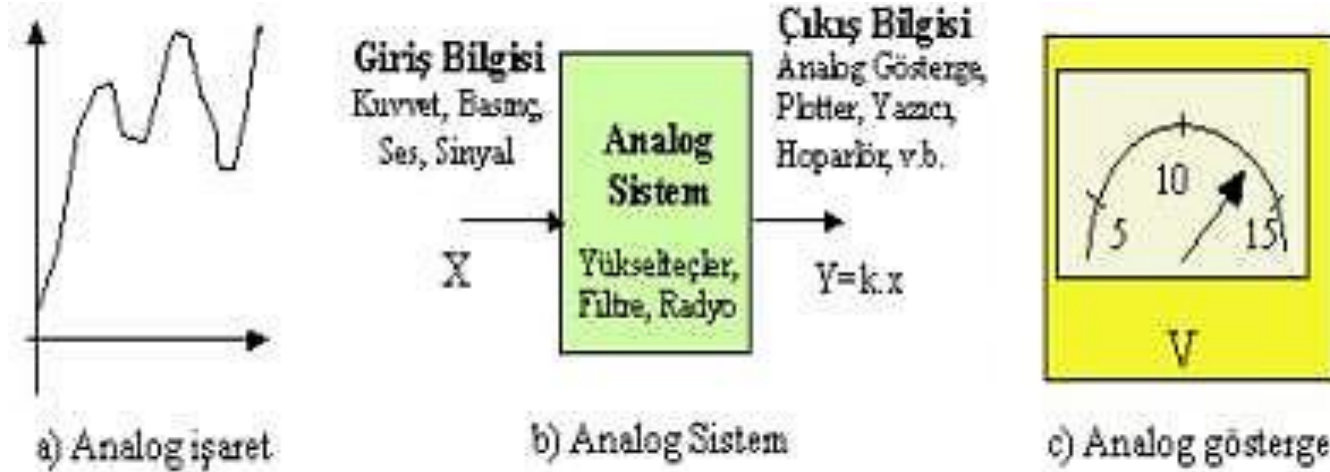


# Analog ve Dijital Kavramları

- Analog veri, zamana göre değişim gösteren, başka bir türden niceliği temsil ederken kendisi de zamana göre değişebilen ve sürekli olarak bir özellik sergileyen veridir.
- Analog sinyal kesintisiz ve süreklidir. Kesintisiz sürekli değişken bir akış halinde bulunan tüm bilgiler analogdur.  $+\infty$  ile  $-\infty$  arasında herhangi bir değer alabilirler.

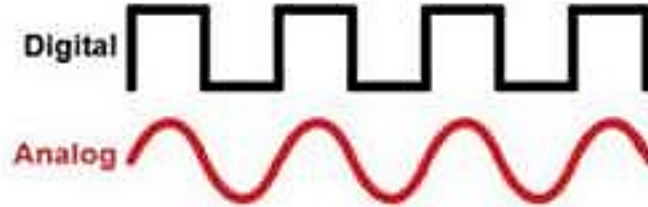
## Analog ve Dijital Kavramları

- Havanın sıcaklığı birdenbire örneğin 27°C'den 28°C'ye çıkmaz, bu iki derece arasında sonsuz sayıdaki bütün değerleri alarak değişir.
- Görme, işitme, tat alma, dokunma, koklama duyularımızın tümü analog algılama biçimlerine birer örnektir.
- Analog büyüklüklere diğer örnekler, zaman, basınç, uzaklık ve sestir.



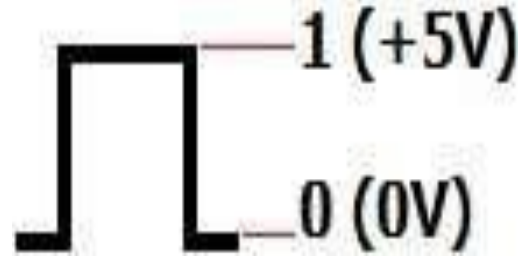
# Analog ve Dijital Kavramları

- Analog bilginin işlenmesi zordur. Bu sebepten Dijital (Digital) kavramı ortaya çıkmıştır.
- Dijital ayırık zamanlı bilgilerdir.
- Dijitalde sadece 1 (Doğru, Evet, Açık vb.) ve 0 (Yanlış, Hayır, Kapalı vb.) kavramları vardır.
- Analog sinyal yumuşak geçişli ve devamlı iken dijital sinyal basamaklı ve kare şeklindedir.



# Analog ve Dijital Kavramları

- Dijital devrelerde gerilimin olması +5V (1), gerilimin olmaması 0V (0) ile tanımlanır. Sadece iki durumun olması bilginin üretilmesini, saklanmasını, kopyalanmasını, taşınmasını (kısaca işlenmesini) kolaylaştırmıştır.



## Analog ve Dijital Kavramları

- Bununla beraber dijital elektroniğin analog elektroniğe göre belirgin üstünlükleri vardır.
- En başta dijital bilgi analog bilgiden daha etkin, daha güvenli işlenebilir ve iletilebilir.
- Ayrıca bilginin saklanması gerektiğinde dijital bilgi çok kolay kayıt altına alınır.
- Örneğin müzik dijitalleştirildiğinde, çok daha kolay depolanıp büyük bir hassasiyetle yeniden üretilebilir ve analog biçime dönüştürülebilir.

# Sayısal ve Analog Tekniklerin Karşılaştırılması

- Sayısal (dijital) sistemlerin tasarımı daha kolaydır.
- Sayısal sistemlerde bilgi saklaması kolaydır: Sayısal sistemlerde kullanılan yöntemlerle bilgilerin bir yere konması, onun alınması ve gerektiği kadar elde tutulması mümkündür.
- Sayısal devrelerde daha çok sayıda devrenin birbiriyle irtibatı mümkündür.
- Sayısal devrelerde işlemler programlanabilir: Sayısal sistemleri tasarlamak, sistemdeki işlemler saklanabilen komutlar (program) tarafından kontrol edildiğinden kolaydır.
- Sayısal devreler gürültüden daha az etkilenir.
- Sayısal sistemlerde bir entegre içerisine daha fazla sayıda sayısal devre elemanı yerleştirilebilir.

# Sayısal Sistemlerin Dezavantajı

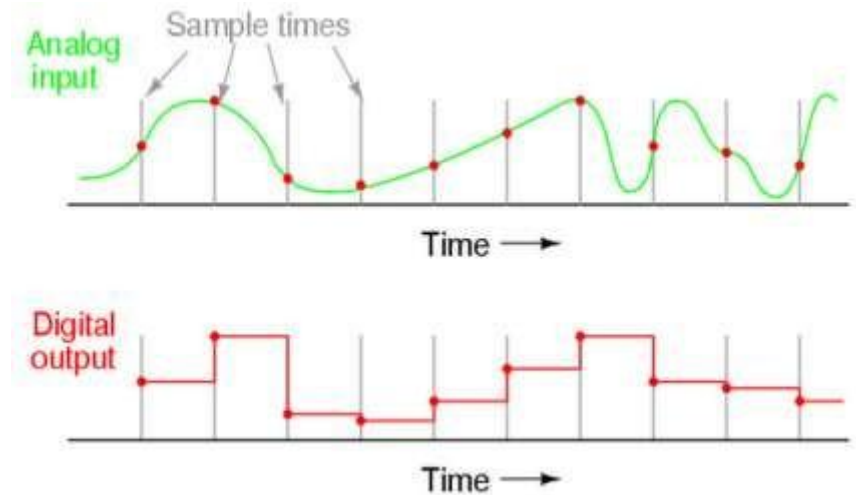
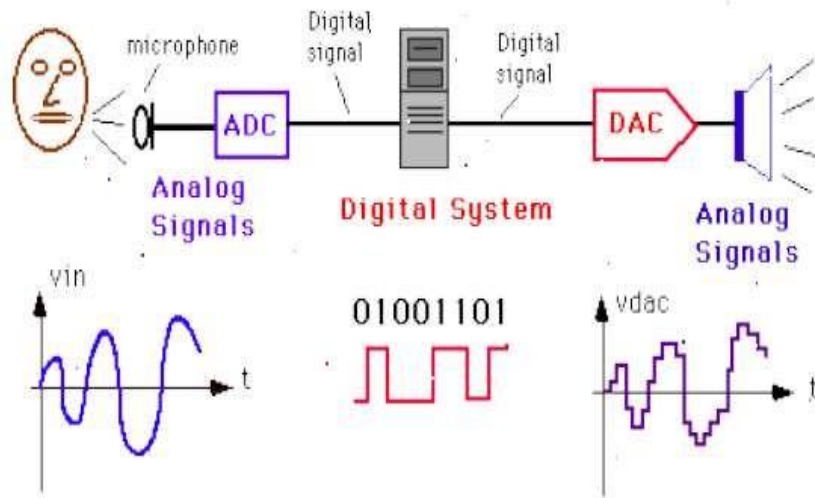
- Günlük hayatımızda kullandığımız büyüklüklerin büyük bir kısmının analog olmasından dolayı analog sinyalin dijitale çevrilmesi, işleme tabi tutulmuş dijital bilgilerin ise dış dünyaya aktarılması için tekrar analoğa dönüştürülmesi gereklidir.
- Tüm analog bilgiler Dijitale, Dijital bilgilerde Analoga çevrilebilir. Bu işlemler sonucunda hiçbir zaman orjinal bilgi elde edilemez, az da olsa bilgi kaybı her zaman olacaktır.

# Analogdan Dijitale ve Dijitalden Analoga Çevirme (ADC & DAC)

- Dünyada, pek çok büyüklük, örneğin; ısı, basınç, ağırlık gibi büyüklükler hep analog olarak değışirler.
- Bunlarda sadece 0 ve 1 gibi iki değeri değil, minimum ile maksimum arasında çok geniş bir yelpazede çeşitli değeri söz konusudur.
- Bununla beraber; bilgi işleyen cihazlar (dijital sistemler, mikroişlemciler, bilgisayarlar) dijitaldir. Çünkü, dijital sistemler, bilgiyi daha güvenli, daha hızlı işler ve değerlendirir.
- Elde edilen bilginin tekrar dış dünyaya aktarılması da analog veya dijital biçimde olabilir.
- Bütün bu nedenlerle analog değeri dijitale, dijital değeri de analog değeri çevrilmesi gerekir.

# Analogdan Dijitale ve Dijitalden Analoga Çevirme (ADC & DAC)

- Analog sinyali dijitalle, dijital sinyali ise analoğa çevirmek için ADC ve DAC kullanılır. • ADC (Analog to Digital Converter) analog bir sinyali dijital sinyale çevirmeye yarayan ünitenin adıdır. • DAC (Digital to Analog Converter) ise dijital sinyali analog sinyale çevirmeye yarayan ünitenin adıdır.



# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

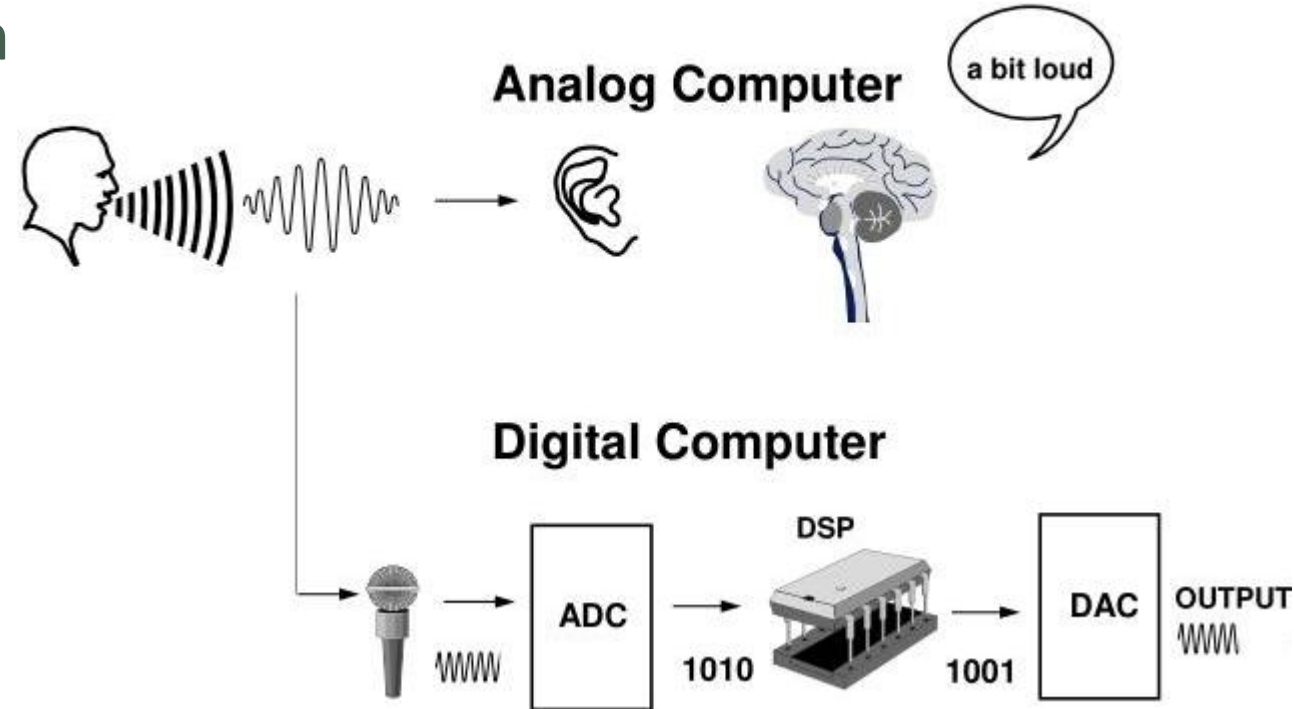
- Yaygın bir örnek, bir ses dalgasının (input: sürekli bir sinyal) bir örnek dizisine (ayrık bir zaman sinyali – dijital sinyal) dönüştürülmesidir.

ADC: Analog to Digital Convertor

DAC: Digital to Analog Convertor

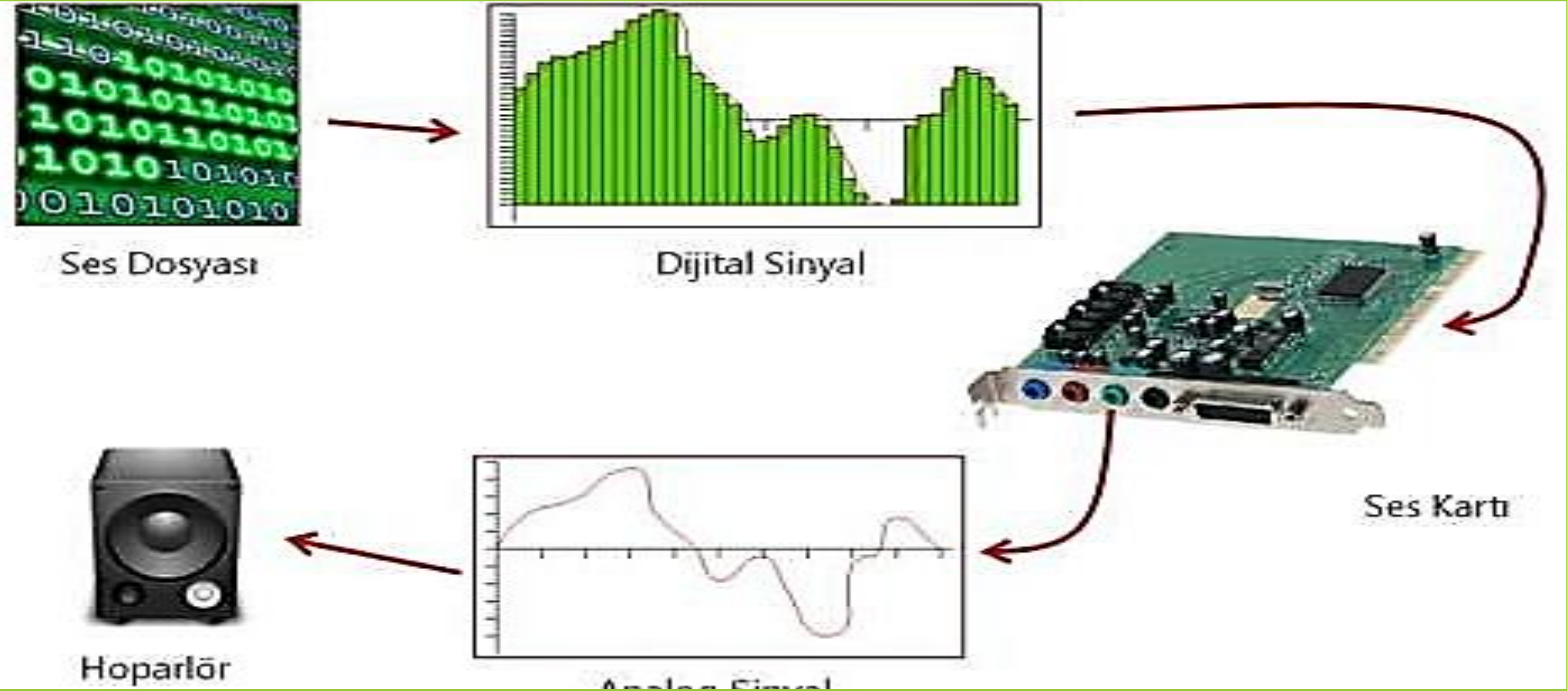
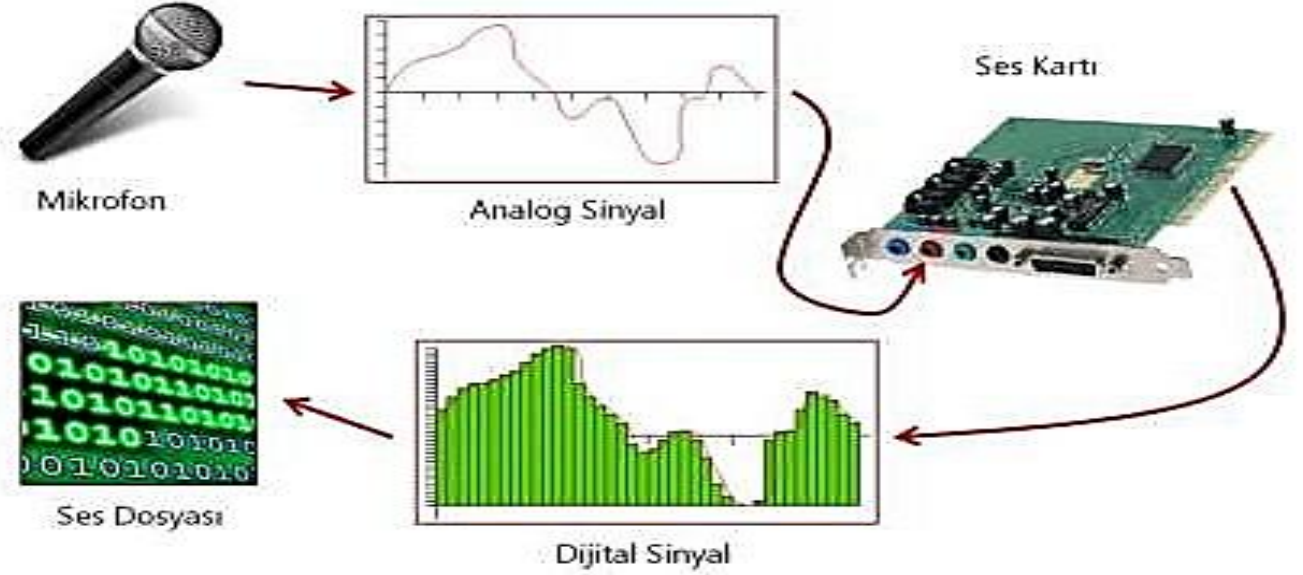
DSP: Digital Signal Processing

## What Is DSP?



# Bilgisayar ile ses sinyallerinin işlenmesi

## Analogdan Dijitale ve Dijitalden Analoga Çevirme (ADC & DAC)

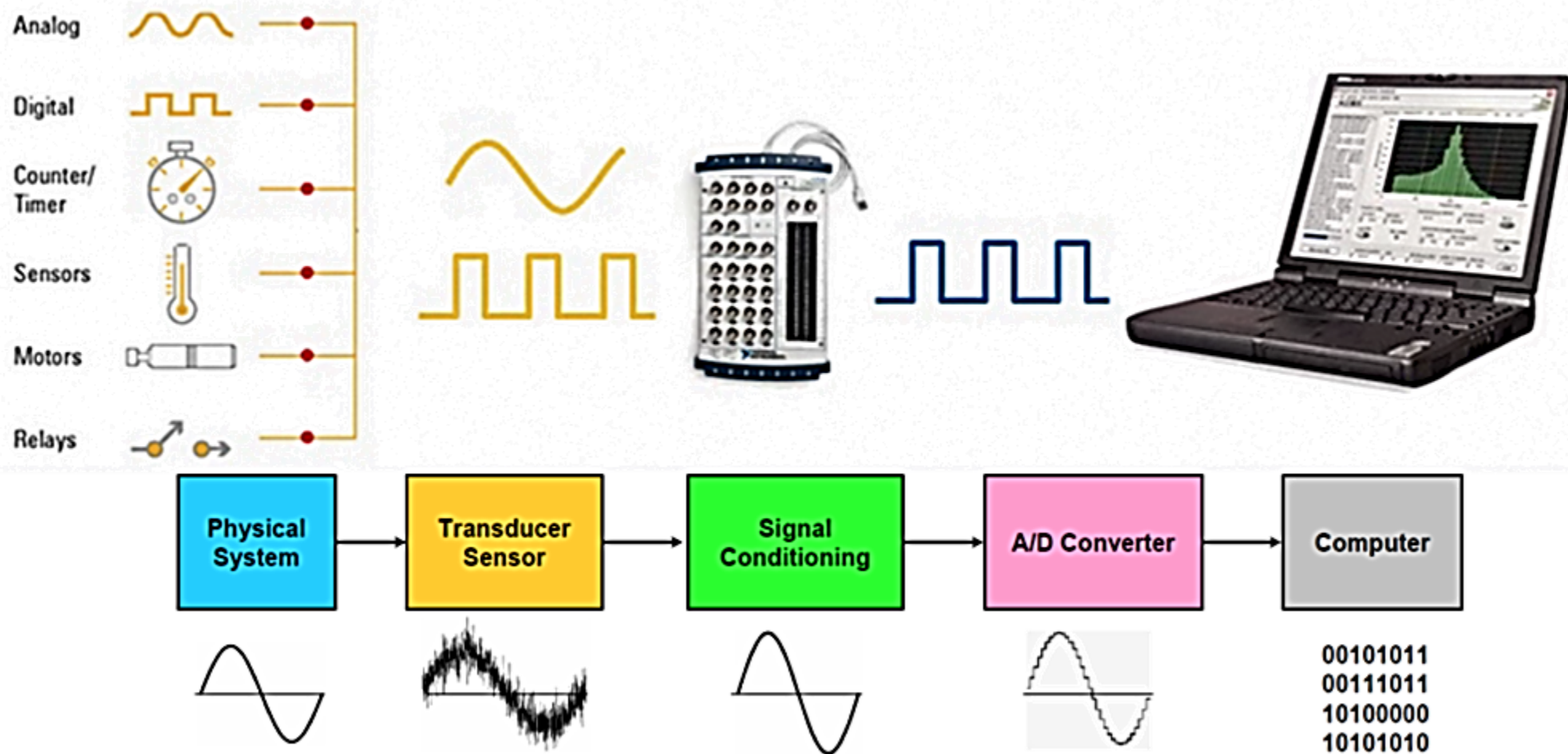


## Çeviricileri (konvertörleri) daha iyi anlayalım:

- Isı, basınç, ağırlık gibi değişkenler sensör ve transduser'ler kullanılarak elektrik gerilimine çevrilir.
- Bu gerilim analog bir gerilimdir.
- Daha sonra bu analog gerilim Analog/Dijital çevirici (**ADC**) yardımı ile dijitale çevrilir.
- Dijital sistem bu bilgiyi istenilen bir biçimde işler ve bir sonuç elde eder.
- Bu sonuç dijital veya analog olarak değerlendirilmek istenebilir.
- Eğer elde edilen sonuç analog olarak değerlendirilecekse tekrar analoğa çevrilmesi gerekebilir.
- Dijital işareti analog işarete çevirme işlemini Dijital/Analog çeviriciler (**DAC**) yapar.

# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

- Fiziksel niceliklerden dijital verilere dönüşüm



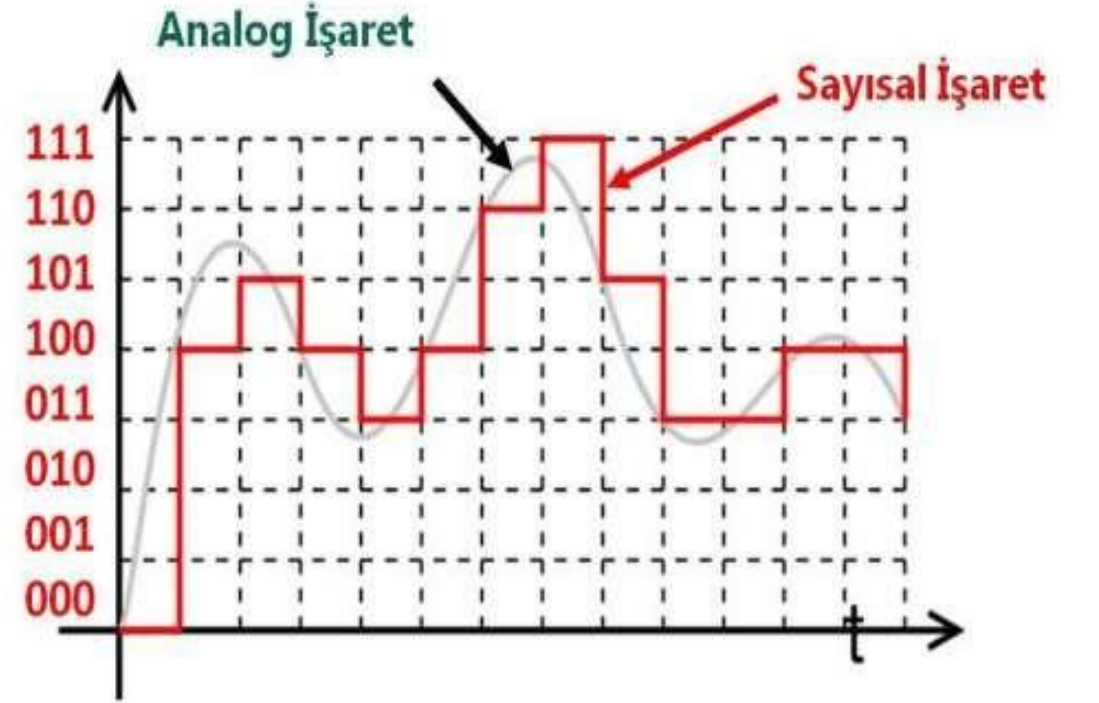
# Elektronik Alet Sistemleri ve Dijital Teknikler

Analogdan Dijitale

Örnekleme Sıklığı ve Çözünürlük

# Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

- Bir analog sinyalin dijital karşılığının alınmasında iki önemli kriter vardır.
- **Örnekleme** ve **her örnek için kaç bit** kullanılacağı.
- Örnekleme ne kadar sık olursa kayıp o kadar az, dosya boyutu da o kadar büyük olur.
- **Şekildeki örnekte her örnekleme için 3 bit kullanılmış** ve belirli aralıklarla örnekleme alınmıştır.
- Gördüğünüz gibi kırmızı renkli dijital kopya analog eşdeğerine pek benzememektedir.
- Bunun için hem kullanılan bit sayısı ve hem de **örnekleme sıklığı** arttırılmalıdır.



# Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

- Örnekleme sıklığı saniyede kaç kez örnekleme yapıldığıdır.

(*Sampling Frequency / Sampling Rate*)

- Çözünürlük voltajı depolamak için kaç bit kullanıldığıdır. Daha yüksek çözünürlük daha fazla ayrıntı anlamına gelir, ancak aynı zamanda daha fazla bit (daha fazla bellek) anlamına gelir.

(*Resolution / Quantization Levels*)

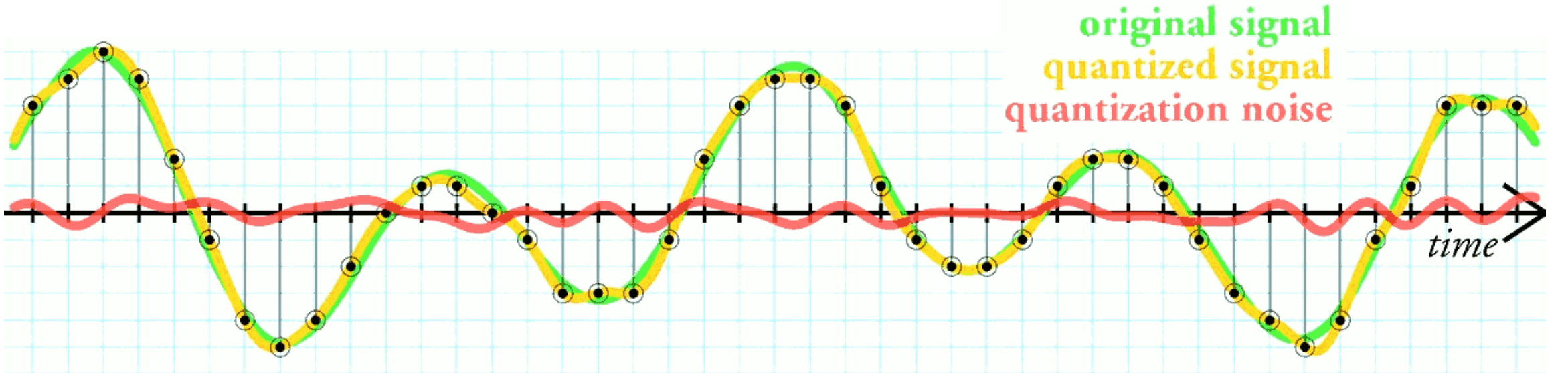
- The sampling frequency is how many times per second
- The resolution is how many bits are used to store the voltage
- Higher resolution means greater detail, but also more bits (more memory) / Quantization Levels

[https://reparke.github.io/ITP348-Physical-Computing/lectures/week02/lecture\\_adc.html](https://reparke.github.io/ITP348-Physical-Computing/lectures/week02/lecture_adc.html)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization\\_\(signal\\_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_(signal_processing))

# Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

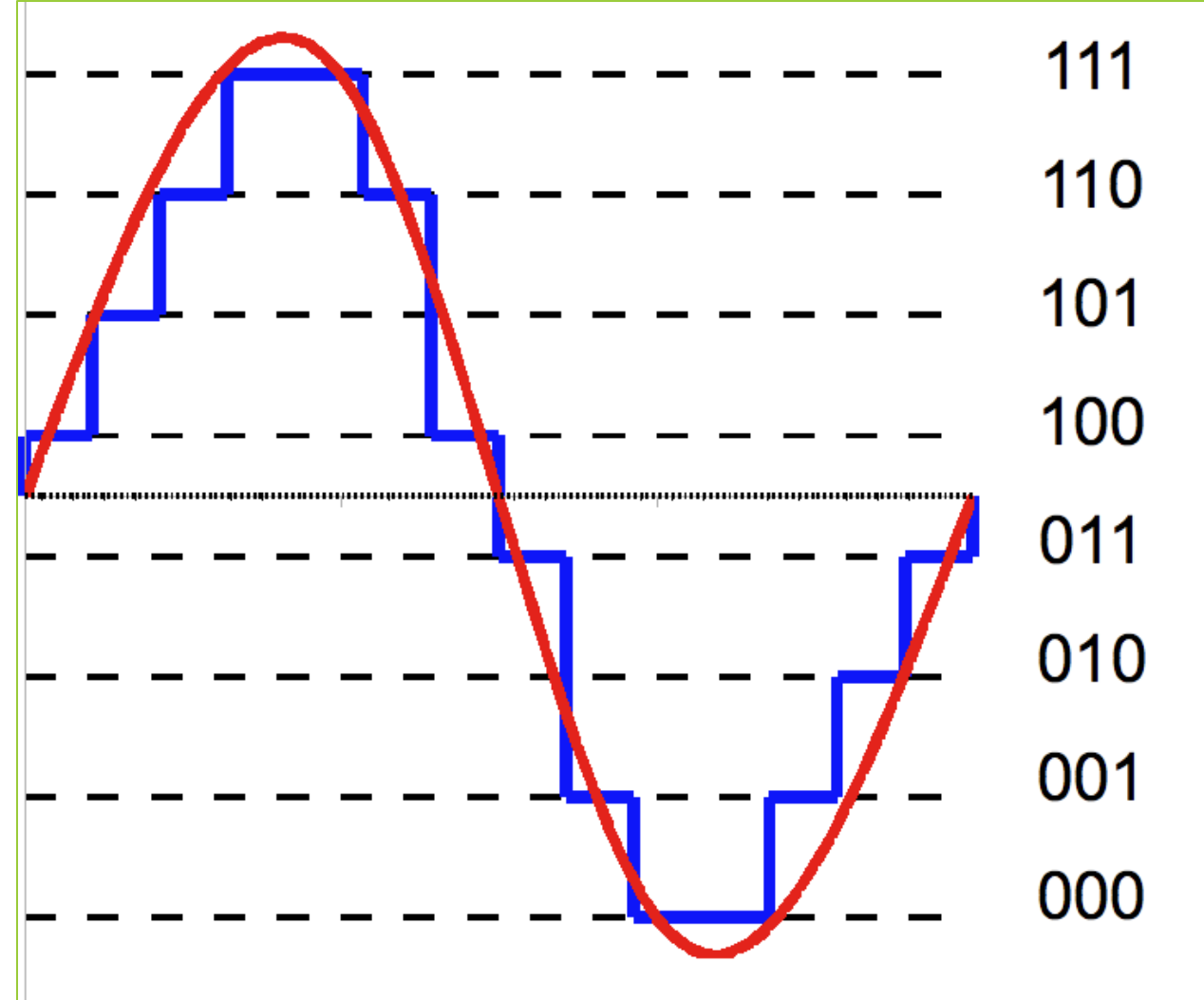
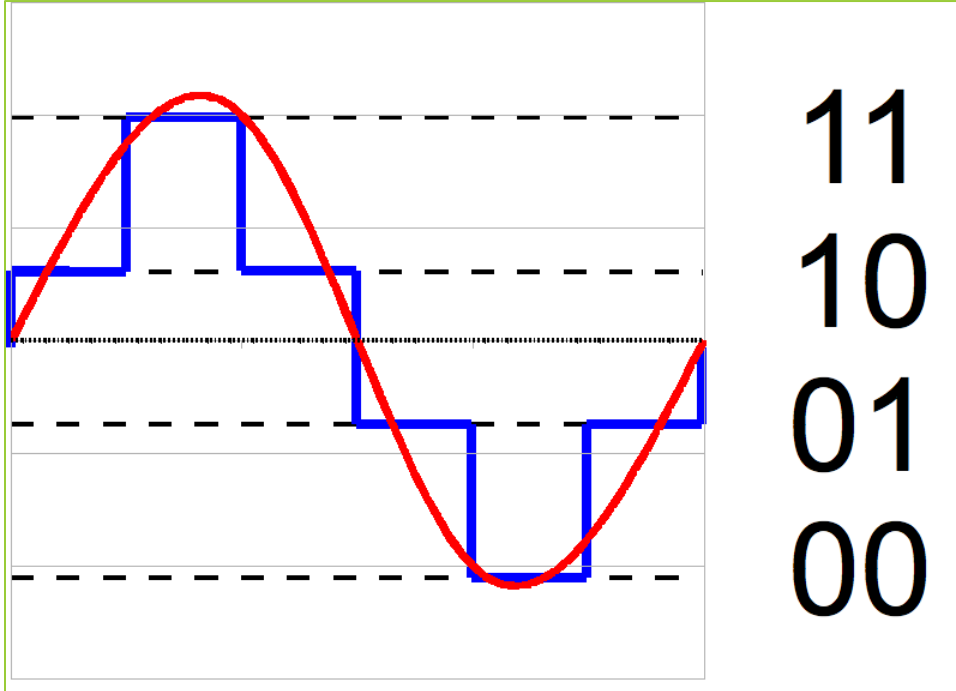
- Bir sinyali nicelemenin (*quantize*) en basit yolu, orijinal analog genliğe en yakın dijital genlik değerini seçmektir.
- Örnek görsel, orijinal analog sinyali (**yeşil**), nicelenmiş sinyali (siyah noktalar), nicelenmiş sinyalden yeniden oluşturulan sinyali (**sarı**) ve orijinal sinyal ile yeniden oluşturulan sinyal arasındaki farkı (**kırmızı**) gösterir.
- Orijinal sinyal ile yeniden oluşturulan sinyal arasındaki fark, niceleme hatasıdır (*quantization error*) ve bu basit niceleme şeması, giriş sinyaline bağlı bir fonksiyondur.



# Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

**Örnek Görseller:** Aynı sinyalin 2-bit (solda) ve 3-bit (sağda) dönüşümü

- Kırmızı çizgi gerçek analog giriş voltajıdır.
- Mavi çizgi dijital örnekleme değeridir.



# Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

- Analog devreler ve cihazlar hem zaman hem de değer açısından yüksekten düşüğe sürekli olarak değişir; ancak dijital veriler, bilginin ayrık ve süreksiz temsilleridir.



Figure 3-3. Symbol for an analog to digital converter.

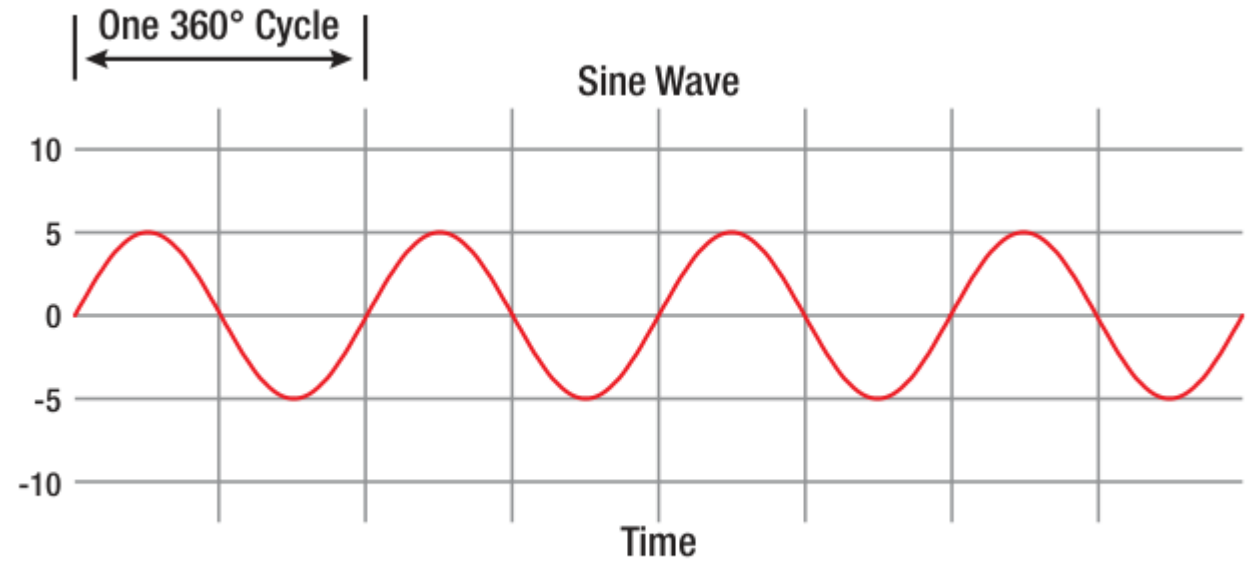


Figure 3-1. AC analog signal (sine wave).

## Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

- Analogdan dijitale veri dönüştürme sürecini başlatmak için, voltaj aralığı  $2^n$  eşit aralığa bölünür ve sonra sürekli olarak örneklenir. Örneklenen bu değer, bir sonraki örnek alınana kadar tutulur. ADC, örneklenen her voltaj seviyesini temsil eden ikili sayılar üretir. **Voltaj  $2^1$  bölmeye bölünürse, örnek başına 2 bit üretir.** Şekil 3-4'te gösterildiği gibi, ilk örnek, ilk aralıkta ölçülen 1 voltu temsil eden 01 ikili çıkışını üretir ve ikinci örnek, ikinci aralıkta 2 voltu temsil eden 10'luk bir ikili çıkışla sonuçlanır, vb. devam eder.

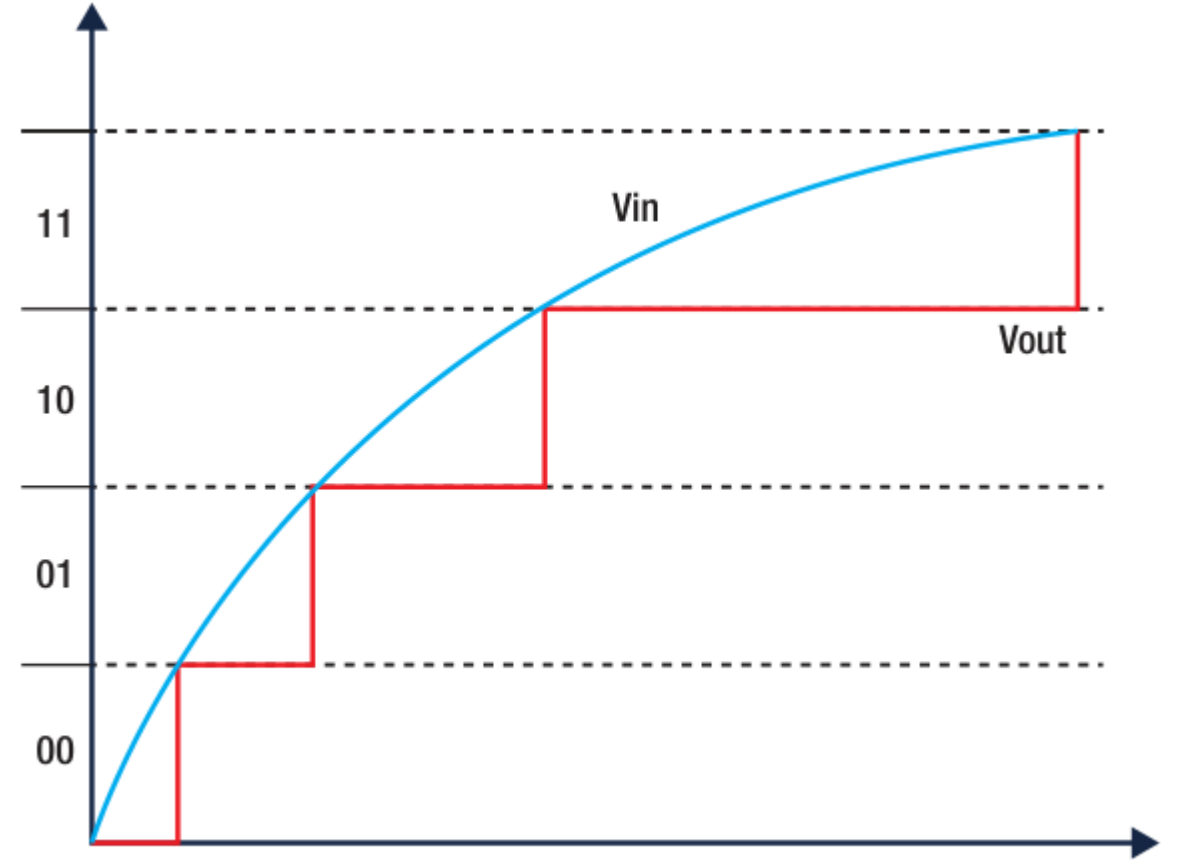
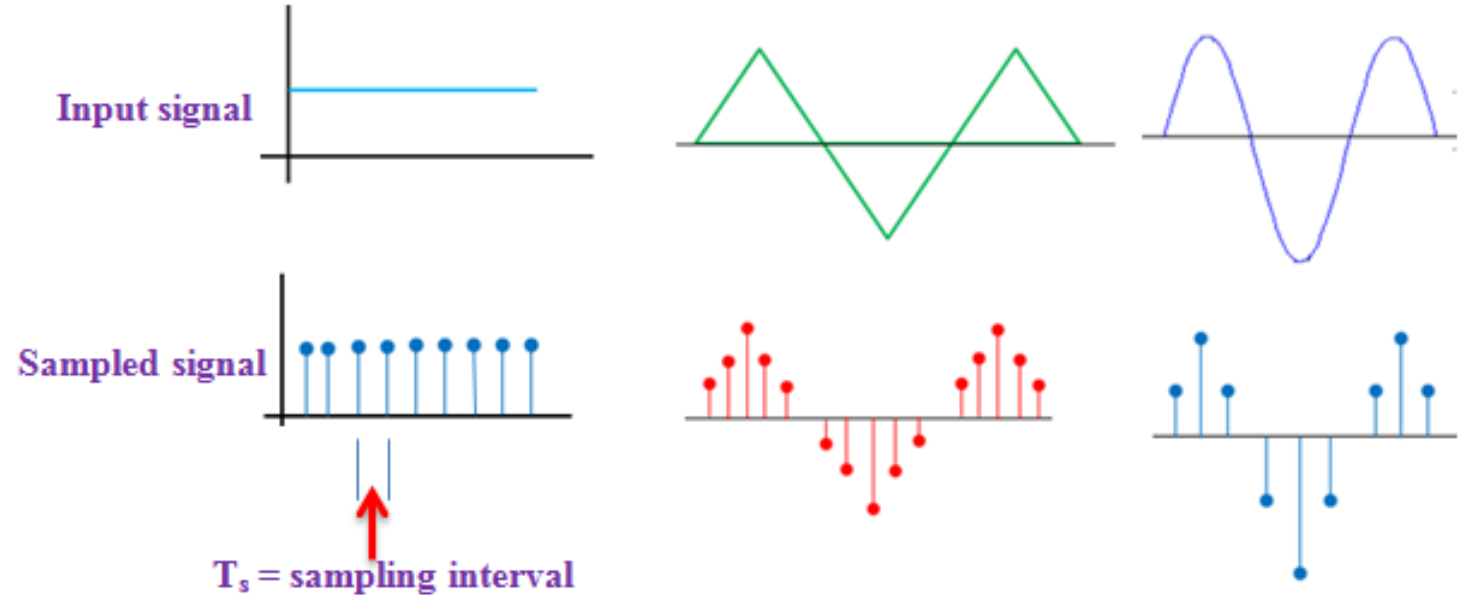


Figure 3-4. Analog-to-digital conversion by sampling and quantizing.

# Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

- Niceleme, örnek değerinin en yakın niceleme seviyesine yuvarlanması işlemidir.
- Niceleme seviyelerinin sayısının önceden tanımlandığını unutulmamalıdır.
- Eğer  $n$  = örneği temsil etmek için kullanılan bit sayısı ise
- O zaman,  $q$  = niceleme seviyesi sayısı  
 **$q = 2^n$**



# Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

## Örnek Uygulama:

- 0,4 V örnek değerini niceleme: Seviye (Level) 2'nin 0,4 V'a yakın olduğu görülür. 0,4 V örnek voltajı için **01** kodu iletilir. Niceleme hatası:

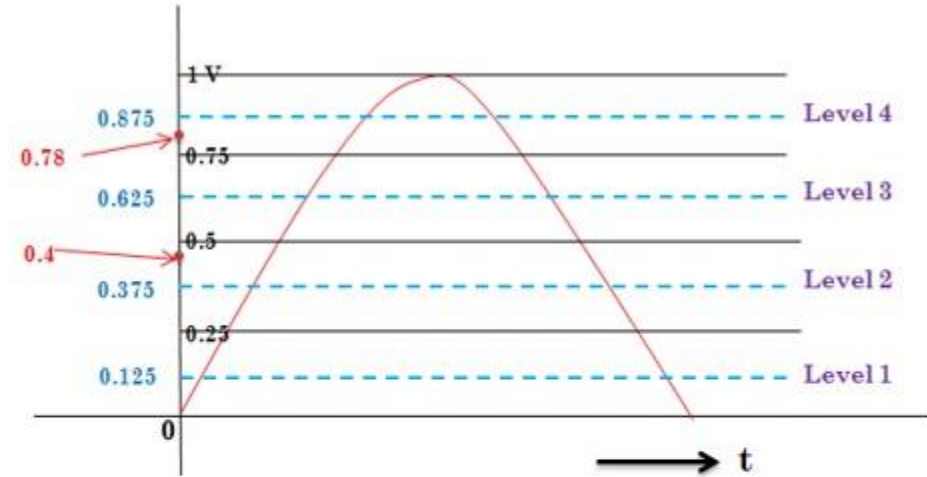
$$e = 0,4 - 0,375 = 0,025 \text{ V}$$

- 0,78 V örneğini niceleme: Seviye 4, 0,78 V'a en yakın olanıdır. Yani, dijital kod **11** iletilir. Niceleme hatası:

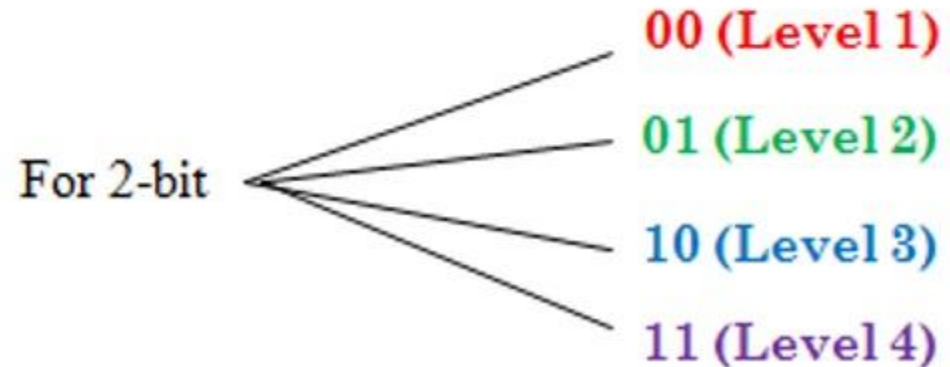
$$e = 0,875 - 0,78 = 0,095 \text{ V}$$

Kaynak: <https://engineerstutor.com/2018/08/09/quantization-in-pcm-with-example/>

**Step 3:** Denote given sample values i.e., 0.4 V & 0.78 V



**Step 4:** Represent each quantization level with predefined binary code



## Analogdan Dijitale Dönüşüm İşlemleri (*Analog to Digital Conversion*)

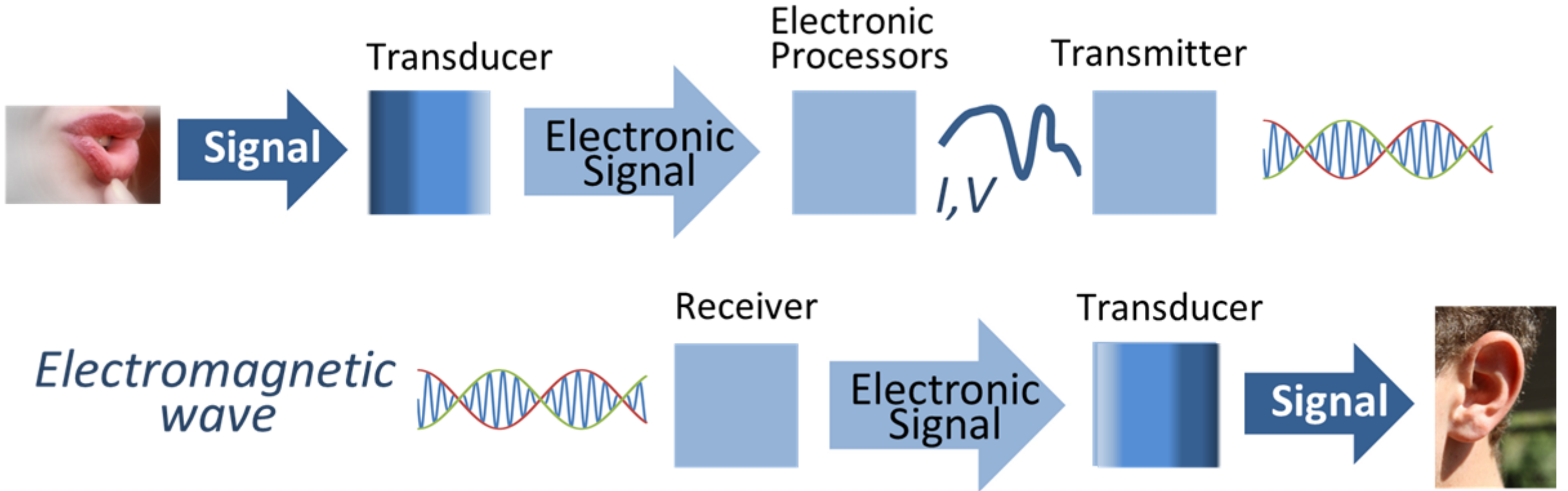
- Şekil 3-4'te gösterilen analog dalga formunun dijital gösterimi açıkça orijinal analog sinyalin bozulmuş bir versiyonudur, ancak ikisinin temel benzerliği ayırt edilebilir.
- Hatalar, voltaj aralığının aralıklara bölünmesiyle üretilir, bu da orijinal analog sinyale geri dönüşümün tam olarak aynı değerleri üreteceği anlamına gelir. Her bitin genel voltaj aralığının daha azını işgal ettiği örnek başına daha fazla bit üretilerek niceleme hatası azaltılabilir.
- Örneğin, 4 bitlik bir ADC, dinamik aralığının ondalık eşdeğer değeri olan 24 veya 16 voltaj bandını örnekleyecektir.
- Dinamik aralık (***dynamic range***), dönüştürülebilen en büyük girişin en küçük adım boyutuna oranıdır. Örneğin, 0 ila 5 voltluk bir girişe sahip 4 bitlik bir ADC'nin kantizasyon (***quantization***) adım boyutu  $5 \text{ volt} / 16 \text{ bant} = 0,3125$ 'tir. Bu nedenle, dinamik aralık  $5 / 0,3125 = 16$  olarak hesaplanır.

## Dijitalden Analoga Dönüşüm İşlemleri (*Digital to Analog Conversion*)

- Analog sinyalleri dijital sinyallere ve tekrar analog sinyallere dönüştüren günlük cihazlardan başlıca örneği telefondur.
- Telefondaki mikrofon, göndericinin sesinden gelen ses basıncını alır ve bu da analog bir sinyal üretir. Analog sinyal, daha sonra hava radyo dalgaları aracılığıyla alıcının telefonuna iletilen dijital bir sinyale dönüştürülür.
- Alındıktan sonra, gönderenin sesini kopyalamak için hoparlördeki bobini çalıştırmak üzere tekrar analog bir sinyale dönüştürülür. Ancak, gönderenin sesinin kalitesinin, kişinin bizzat konuşmasını duymaya kıyasla her zaman daha düşük kalitede (doğrulukta) olacağı iyi bilinmektedir. Bu nedenle, sinyal bozulmasının çoklu dönüşümlerin bilinen bir sınırlaması olduğunu kabul etmek önemlidir.

# Dijitalden Analoga Dönüşüm İşlemleri (*Digital to Analog Conversion*)

- Analog sinyalleri dijital sinyallere ve tekrar analog sinyallere dönüştüren günlük cihazlardan başlıca örneği telefondur.



# Dijitalden Analoga Dönüşüm İşlemleri (*Digital to Analog Conversion*)

- Analog sinyalin yeniden oluşturulması.

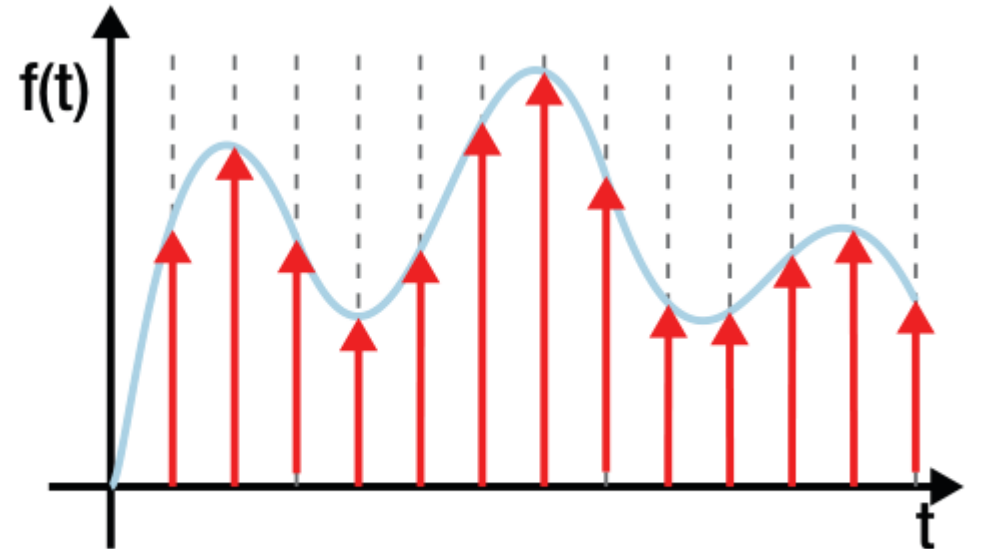
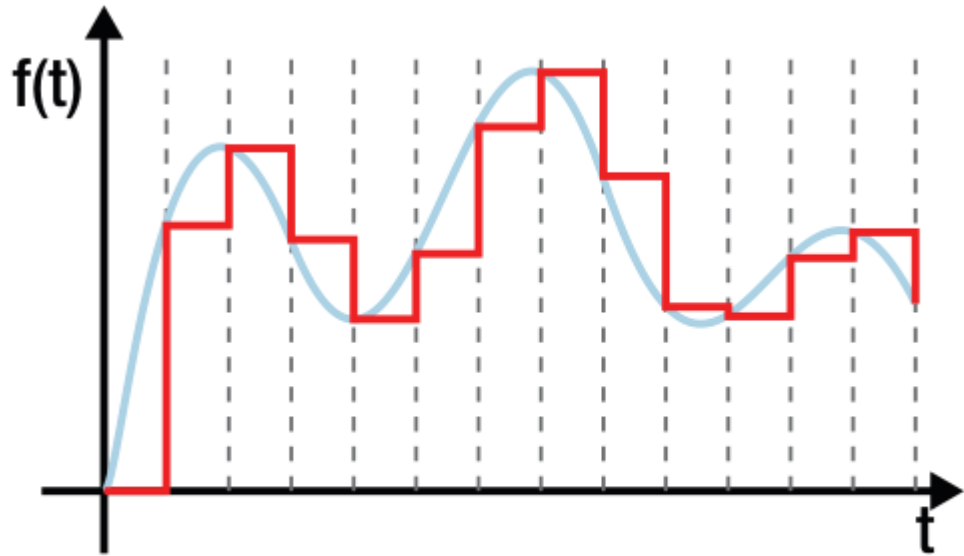
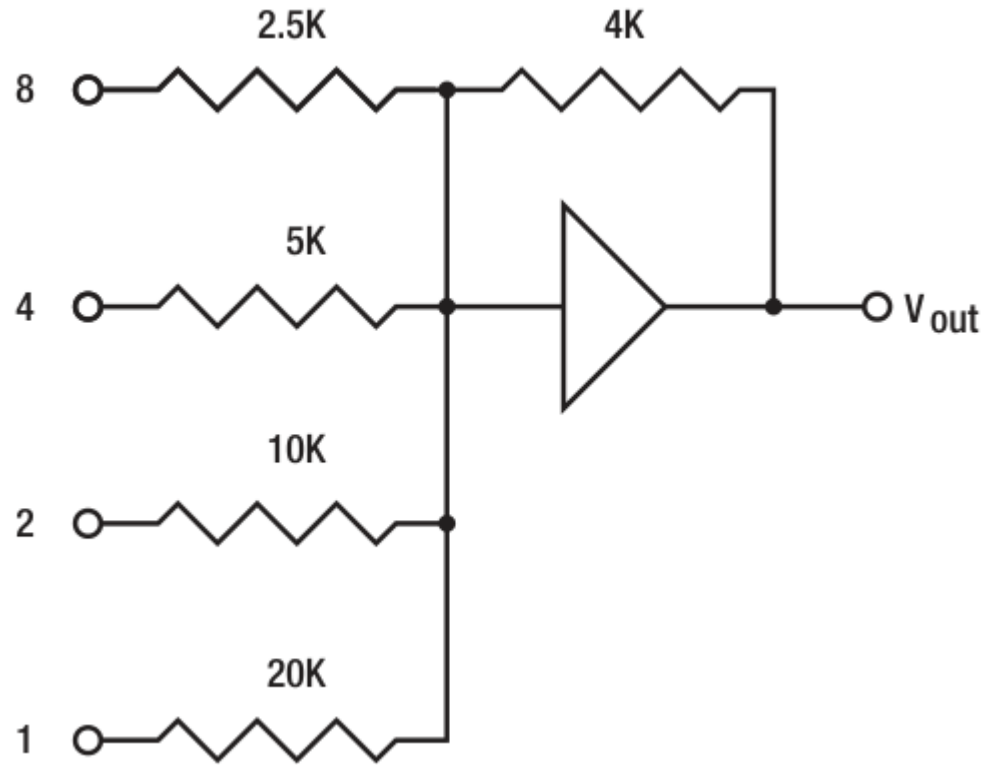


Figure 3-6. DAC output on left before reconstruction, and on right after reconstruction.

# Dijitalden Analoga Dönüşüm İşlemleri (*Digital to Analog Conversion*)

- Şekil bir op-amp'li 4 bitlik bir direnç-merdiven DAC'nin şematik diyagramıdır. Bu DAC, ikili bir girişi çıkış voltajına karşılık gelen eşleşen bir ondalık sayıya dönüştürür. 1, 2, 4 ve 8 sayıları, her bite atanan bağıl ağırlıklara atıfta bulunur; burada giriş "1" En Az Önemli Bit (LSB) ve giriş "8" En Önemli Bit'tir (MSB).



V out	BINARY NUMBER			
	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Figure 3-7. 4-Bit resistor-ladder DAC with voltage output table.

# Analog-Dijital / ADC Dijital-Analog / DAC Dönüşüm İşlemleri

- **Analog > ADC > [[ [ X ] ] ] > DAC > Filter > Analog**
- Analogdan dijital sinyale dönüşümden sonra (X) mevcut dijital veri depolanabilir, başka dijital cihazlara ve/veya bilgisayarlara iletilebilir (X). Daha sonra tekrar analog sinyale dönüştürülüp bir kullanıcı ya da aktüatöre iletilebilir.

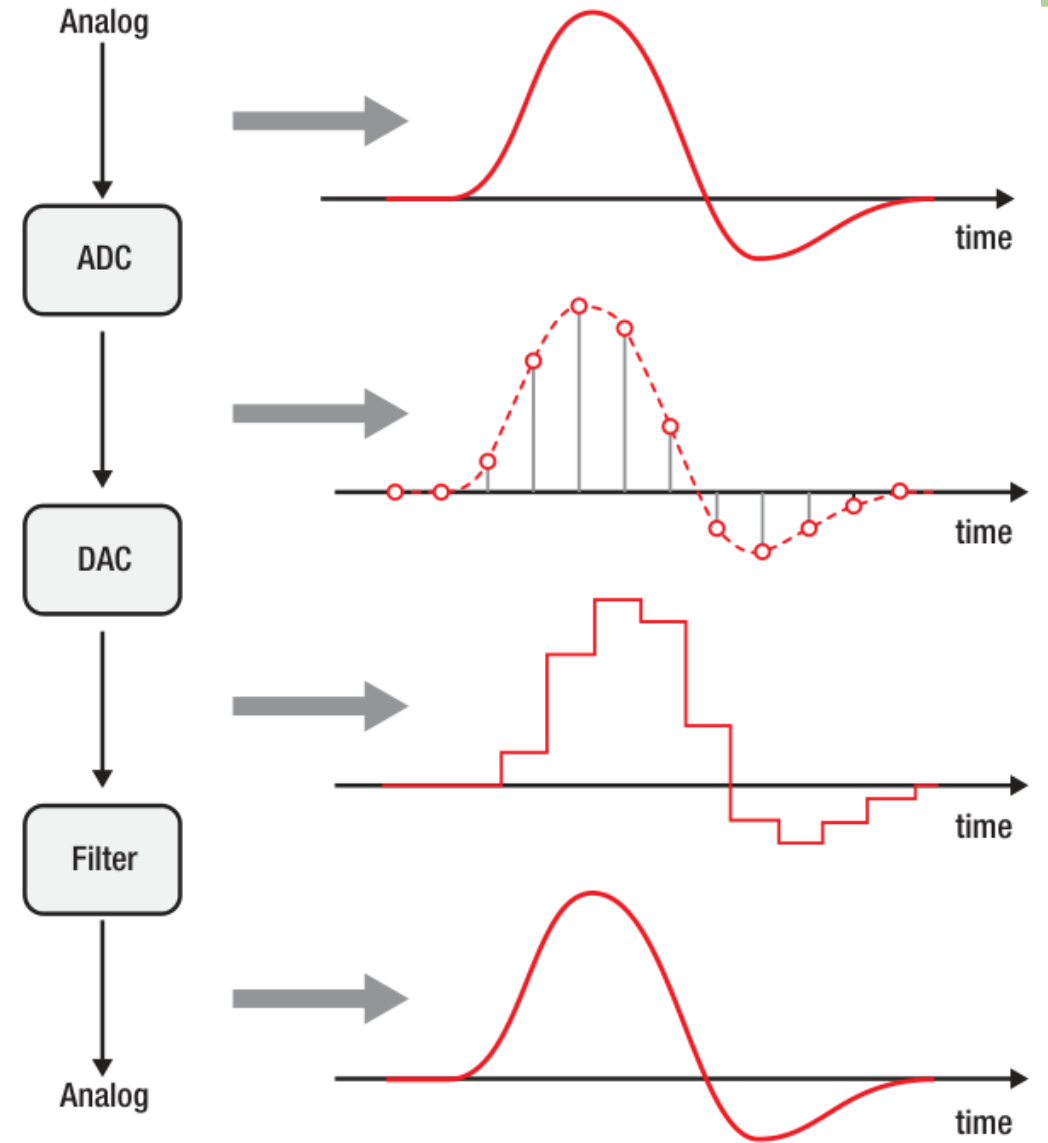
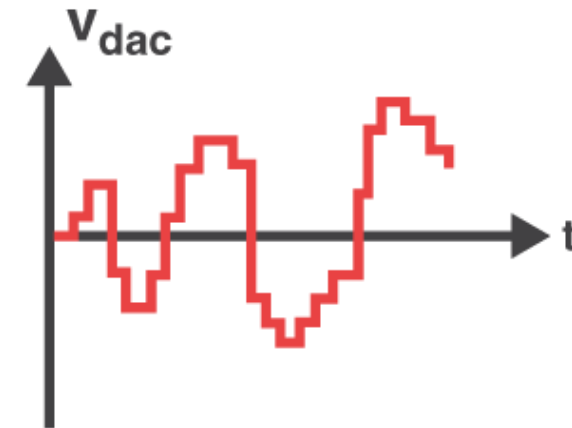
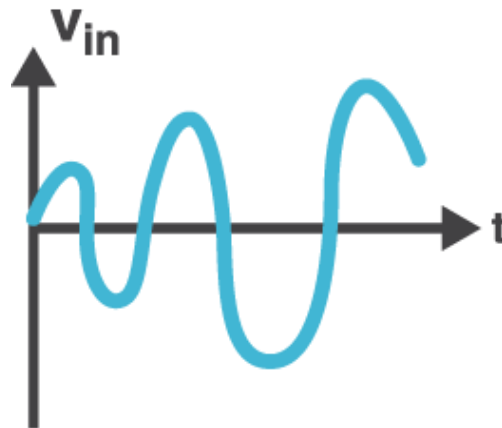


Figure 3-8. Conversion from analog to digital and back to analog.

# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

- Analog sinyalin dijital sinyale dönüştürülmesi

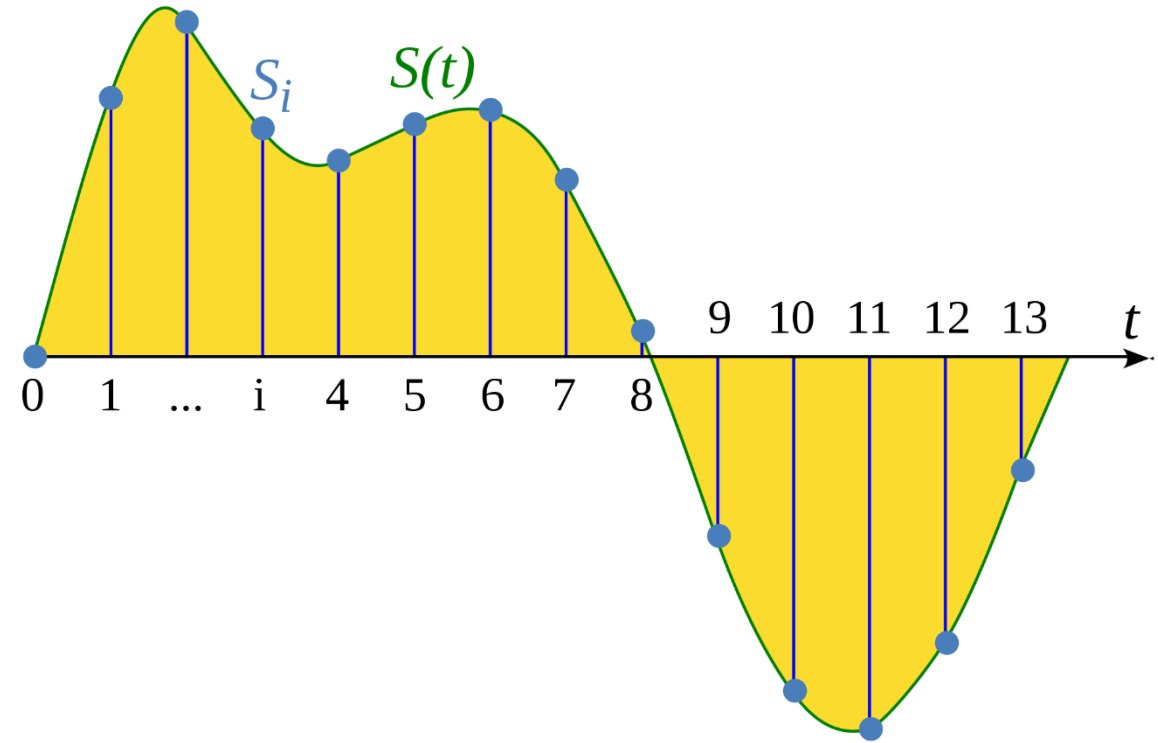


# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

- Uçuş aletlerinde kullanılan cihazlar da, tüm diğer ölçme sistemleri gibi veri toplama (*data acquisition*) ve sinyal işleme (*signal processing*) ilkelerine göre fonksiyonlarını yerine getirmektedir.

# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

Sinyal işlemede örnekleme (*sampling*) yapılarak, **sürekli zaman sinyali ayrık** (*discrete*) bir zaman sinyaline indirgenir. Analog-dijital dönüşümün (**ADC**) temelini oluşturur.

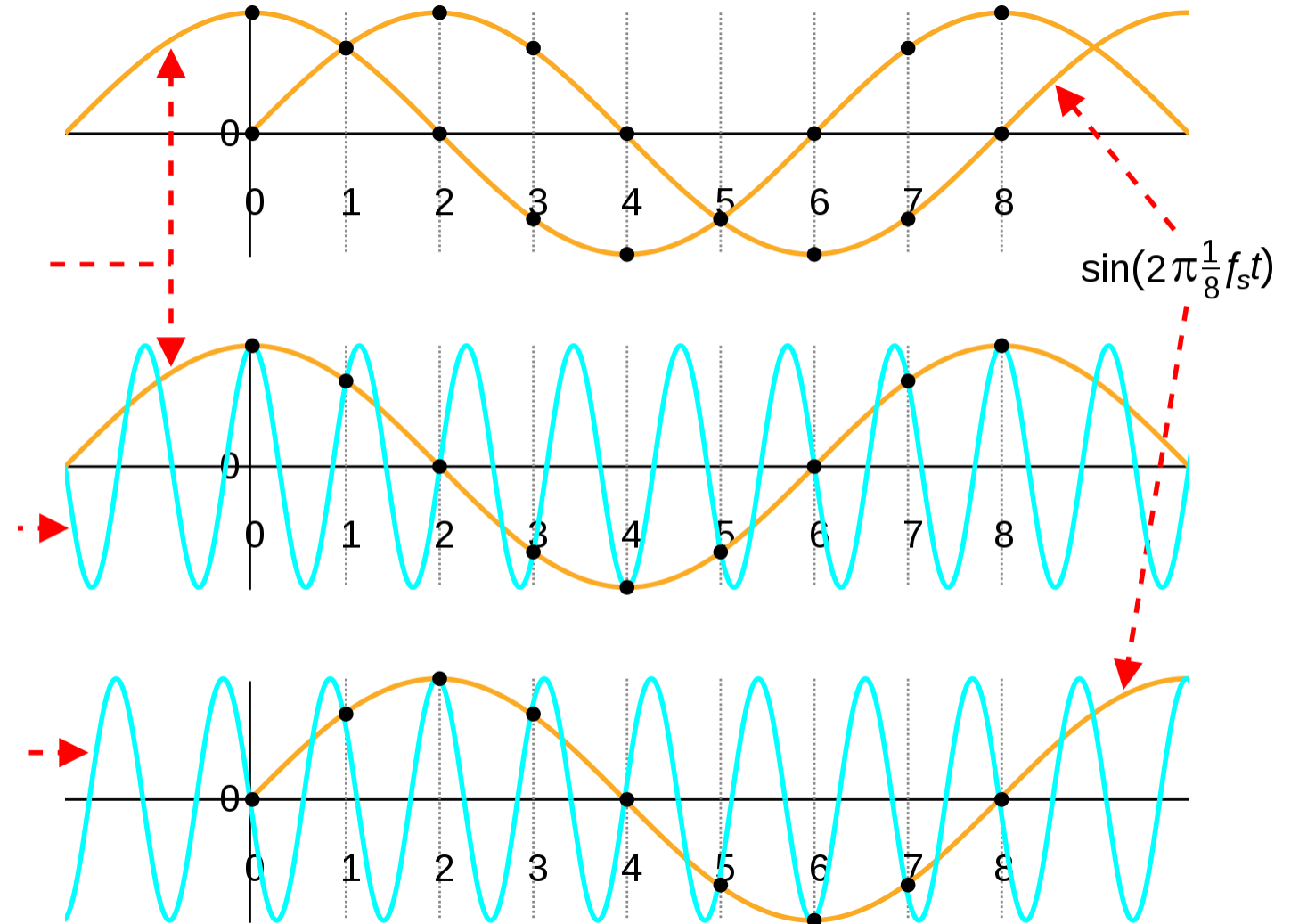


# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

- Örnek, zaman ve/veya uzayda bir noktadaki bir değer veya değerler kümesidir.
- Örnekleyici, sürekli bir sinyalden örnekler çıkaran bir alt sistem veya işlemidir. Teorik bir ideal örnekleyici, istenen noktalarda sürekli sinyalin anlık değerine eşdeğer örnekler üretir.
- **Temel ilke olarak örnekleme frekansının ( $f_s$ ) ölçülen veya incelenen niceliğin frekansından yüksek olması gerekir.**

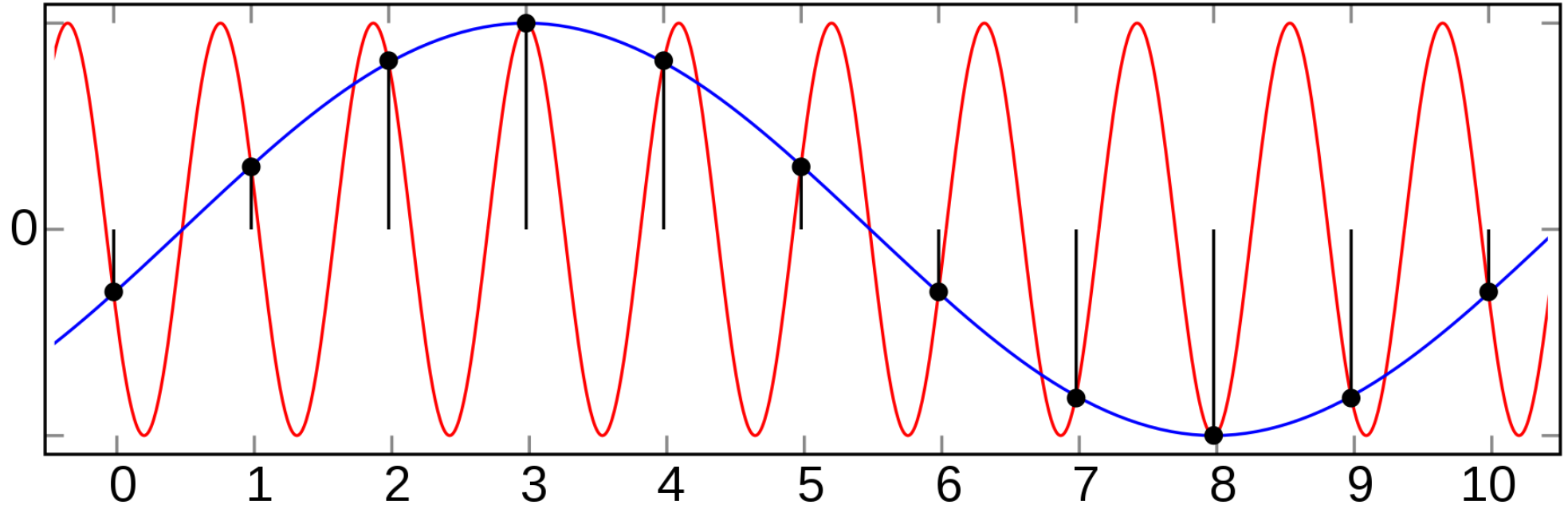
# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

- Örneklemeye frekansı belirlenirken  $f_s / 2 > f$  bağıntısı dikkate alınmalıdır.



# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

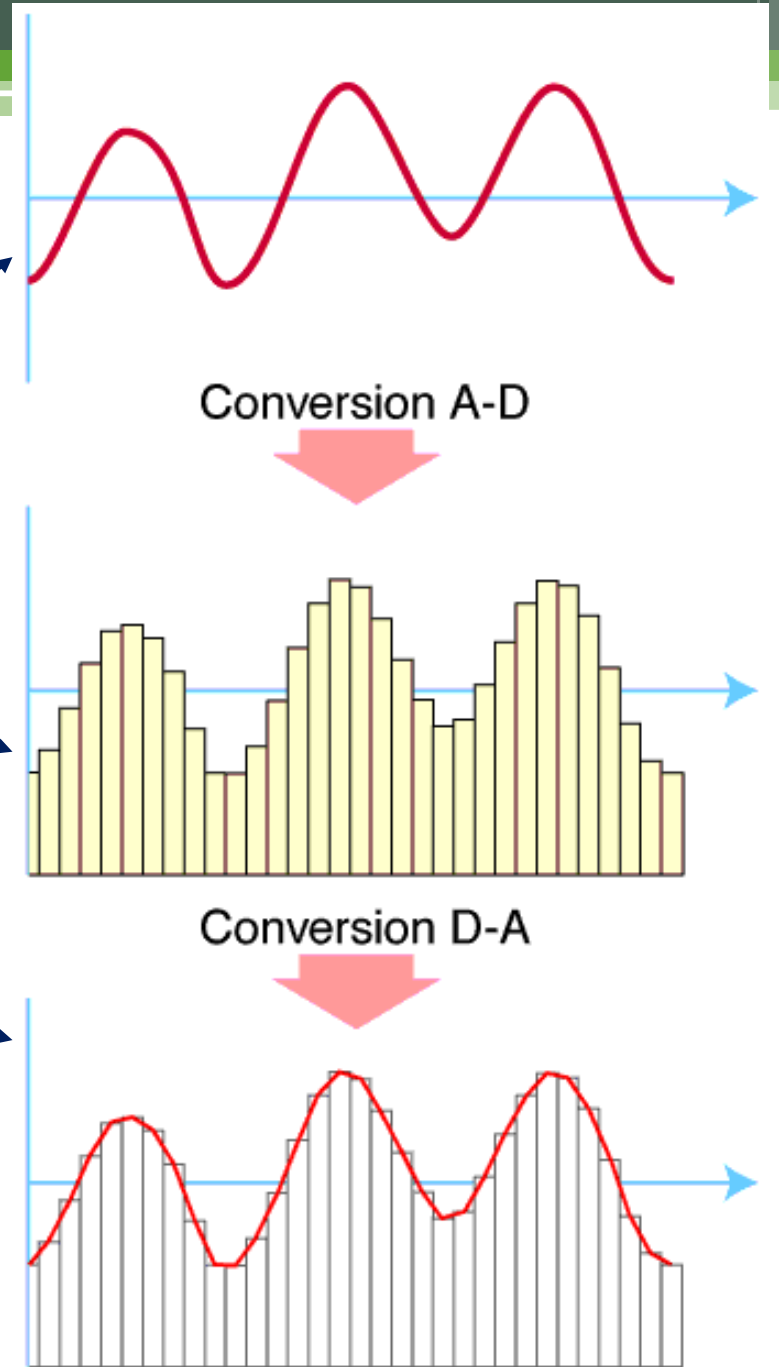
- Hatalı örtüşme (*Aliasing*) durumunda incelenmekte olan sinyal veya nicelikle ilgili yanlış veri ve bilgi edinilir.



# TEMEL KAVRAMLAR: Sinyal İşleme

## Analog sinyalin dijital sinyale dönüştürülmesi

- Bir ADC (Analog to Digital Converter), sürekli zamanlı ve **sürekli genlikli** bir **analog sinyali** ayırık zamanlı ve **ayrık genlikli** bir **dijital sinyale** dönüştürür. Dönüştürme, girdinin nicelleştirilmesini içerir, bu nedenle mutlaka az miktarda hata veya gürültü meydana gelir. Bir ADC, sürekli olarak dönüştürme gerçekleştirmek yerine, dönüştürmeyi periyodik aralıklarla yapar, girişi örnekler ve giriş sinyalinin izin verilen bant genişliğini sınırlar.



# Kaynaklar: (web)



 A screenshot of the Aviation StackExchange website. The page displays a list of questions under the heading "All Questions" with 23,244 questions. The questions listed include:
 

- "What flying sources does Richard Feynman consider incorrect?" (1 answer, 76 views)
- "Could you connect two 2L gas containers in series?" (0 answers, 28 views)
- "Is there a formula for calculating drag coefficient based on the 4 digit NACA airfoil?" (1 vote, 0 answers, 11 views)
- "What is the purpose of mixture control? [duplicate]" (0 votes, 1 answer, 68 views)
- "How is blended winglet better?" (2 votes, 1 answer)

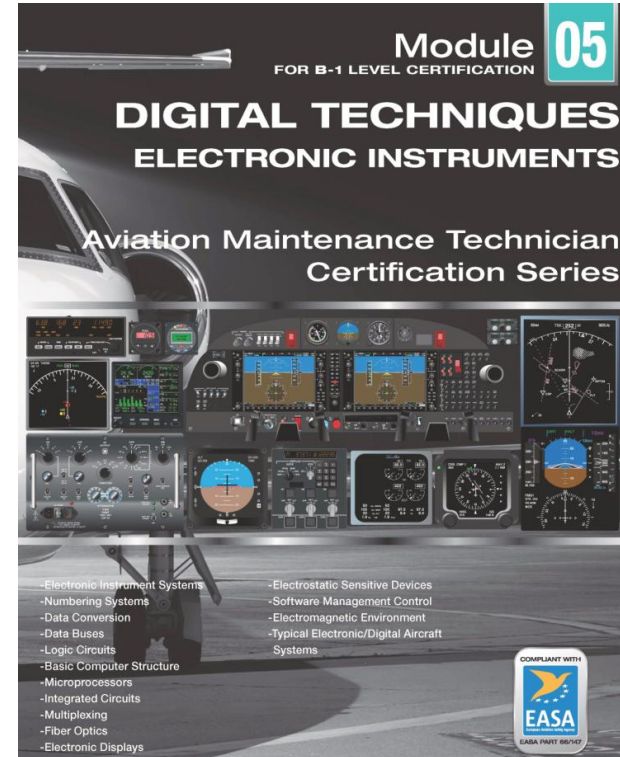
 The right sidebar shows "Featured on Meta" with two items, "Related Tags" with various aviation-related tags like "aircraft-design", "aerodynamics", and "fuel", and "Hot Network Questions" with several trending topics.

- AVIATION StackExchange \*
- <https://aviation.stackexchange.com/>  
Aviation Stack Exchange, uçak pilotları, teknisyenleri ve meraklıları için bir soru-cevap sitesidir.

\*(Tavsiye niteliğindedir)

# Kaynak Kitap:

- EASA Module 05 Digital Techniques Electronic Instruments / 2016
  - Yazar: James W. Wasson, PhD.
  - Yayıncı: Aircraft Technical Book Company
    - <https://www.actechbooks.com/>



Download:

<https://www.iaepune.org/myimg/EASA%20Module%2005%20Digital%20Techniques%20Electronic%20Instruments.pdf>

## Kaynaklar: (web)

- EASA Part 66 B1 Guide / Module 05.Digital Techniques / Exam Questions
- <http://part66eu.blogspot.com/p/electronic-instrument-systems.html>
- KLMUK EASA B1 Module 5 Demo (KLM UK Training / Module 5 Study Notes)
- [https://klmuktraining.com/online/pluginfile.php/4169/mod\\_resource/content/5/KLMUK%20EASA%20B1%20Module%205%20Demo.pdf](https://klmuktraining.com/online/pluginfile.php/4169/mod_resource/content/5/KLMUK%20EASA%20B1%20Module%205%20Demo.pdf)

# Kaynaklar: (MEGEP)

- **Alet Sistemleri 1 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Alet%20Sistemleri%201.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Alet%20Sistemleri%201.pdf)
- **Alet Sistemleri 2 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Alet%20Sistemleri%202.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Alet%20Sistemleri%202.pdf)
- **Aletli Gösterge Ve Aviyonik Sistemler / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Aletli%20G%C3%B6sterge%20Ve%20Aviyonik%20Sistemler.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Aletli%20G%C3%B6sterge%20Ve%20Aviyonik%20Sistemler.pdf)
- **Komünikasyon-Navigasyon 1 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%201.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%201.pdf)
- **Komünikasyon-Navigasyon 2 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%202.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%202.pdf)
- **Komünikasyon-Navigasyon 3 / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%203.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kom%C3%BCnikasyon-navigasyon%203.pdf)
- **Otomatik Uçuş / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Otomatik%20U%C3%A7u%C5%9F.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Otomatik%20U%C3%A7u%C5%9F.pdf)
- **Dijital Uçak Sistemleri / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Dijital%20U%C3%A7ak%20Sistemleri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Dijital%20U%C3%A7ak%20Sistemleri.pdf)
- **Displayler ve Kokpit Aletleri / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Displayler%20ve%20Kokpit%20Aletleri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Displayler%20ve%20Kokpit%20Aletleri.pdf)
- **Elektrostatik Deşarj Ve Elektromanyetik Çevre / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Elektrostatik%20De%C5%9Farj%20Ve%20Elektromanyetik%20%C3%87evre.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrostatik%20De%C5%9Farj%20Ve%20Elektromanyetik%20%C3%87evre.pdf)
- **Fiber Optik / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Fiber%20Optik.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Fiber%20Optik.pdf)
- **Kabin Bakım / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Kabin%20Bak%C4%B1m.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kabin%20Bak%C4%B1m.pdf)
- **Sayı Sistemleri Ve Data Çeviriciler / MEGEP (.pdf)\***  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Say%C4%B1%20Sistemleri%20Ve%20Data%20%C3%87eviriciler.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Say%C4%B1%20Sistemleri%20Ve%20Data%20%C3%87eviriciler.pdf)

\*(MEB Yayınları)