



Sinyaller ve Sistemler

“Sinyaller”

Dr. Cahit Karakuş, 2020

“Bu hayatta her Şey sinyal yayar. Çünkü her birinin anlatmak istediği bir derdi vardır. Bu nedenle, sinyalleri ölçeceksiniz, öncelikle iki ayaklılardan başlayacaksınız ölçmeye, insan mı, diye” ckk

**Bir başka aleme yolculuğun bilinçlenme
okuludur, bu dünya!**

"Yalnız kurt"

Tanımlar

Sinyaller ve Sistemlerin Matematiksel Modellenmesinde kullanılan uygulamalı matematiksel alanlar:

- Türev
- İntegral
- Limit
- Diferansiyel Denklemler
- Lineer denklemler
- Özdeğerler, Özvektörler
- Faz düzlem analizi
- Fourier Dönüşümü
- Laplace Dönüşümü
- Z-Dönüşüm
- ...

Neden Sinyaller ve Sistemler?

Gerçekleştirilecek ya da çalışan herhangi bir sistemin bilgisayar ortamında benzerinin matematiksel modellerle oluşturulması, işlenmiş ve manipüle edilmiş giriş sinyallerinden çıkış sinyallerin elde edilmesi üzerinedir. Matematiksel modellerle oluşturulan sistemler, gerçek dünyadan gerçek sinyallerle çalıştırılmak istenmektedir . Benzer biçimde gerçek sistemlerin girişlerine bilgisayar ortamında hazırlanan sinyaller ile giriş yapılabilir . Giriş sinyali olan analog sinyalden sayısal sinyale (ADC), Giriş sayısal sinyalden analog sinyale dönüştürülerek (DAC) işlenmekte, giriş /çıkış üretilmekte ya da saklanmaktadır.

- Mühendisler, sinyalleri işleyen / manipüle eden sistemler oluşturur. (**Manipüle etmek:** İsteğe bağlı seçme, ekleme ve çıkarma yoluyla bilgileri değiştirme, yönlendirme.)
- Sistemlerin incelenmesi ya da gerekli özelliklerinin karşılamasını sağlamak için matematiksel bir çerçeve ve modele ihtiyacımız var.
- Gerçeklenen bir sistem, gerekli özellikleri karşılayamazsa veya tamamen çalışmazsa, genellikle olumsuz sonuçlar ortaya çıkar. Bir sistem beklendiği gibi çalışmadığında, sonuçlar bazen felaket olabilir.

Sinyal Uygulama Alanları

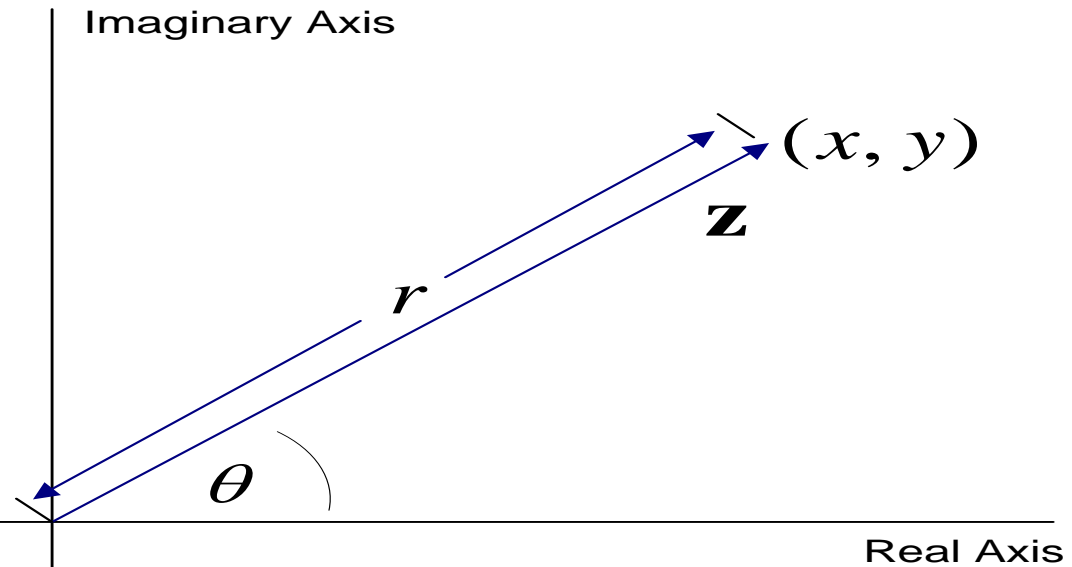
- **Haberleşme Sistemleri:** modulation / demodulation, channel equalization, echo cancellation
- **Tüketici elektroniği:** perceptual coding of audio and video on DVDs, speech synthesis, speech recognition
- **Müzik:** synthetic instruments, audio effects, noise reduction
- **Tıbbi teşhis:** Magnetic-resonance and ultrasonic imaging, computer tomography, ECG, EEG, MEG, AED, audiology
- **Jeofizik:** Seismology, oil exploration
- **Astronomi:** VLBI, speckle interferometry
- **experimental physics:** Sensor data evaluation
- **Havacılık:** Radar, radio navigation
- **Güvenlik:** Steganography, digital watermarking, biometric identification, visual surveillance systems, signal intelligence, electronic warfare
- **Mühendislik:** Control systems, feature extraction for pattern recognition

Complex Number

Form of Complex Number

$$\mathbf{z} = x + iy$$

$$i = \sqrt{-1}$$



Rectangular to Polar:

$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \text{ang}(\mathbf{z}) = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

Kompleks Düzlemde Analog Sinyal

- Kompleks sinyallerde faz bileşeni çok önemlidir.
- $Z = r \exp(j\theta) = r \cos(\theta) + jr \sin(\theta)$; faz açısı
- $Z(t) = r \exp(j\omega t) = r \cos(\omega t) + jr \sin(\omega t)$; frekans ve zaman
- $Z(t) = r \exp(j\omega t + j\theta) = r \cos(\omega t + \theta) + jr \sin(\omega t + \theta)$
- Kararlılık analizinde reel kısım göz önüne alınır, $r \cos(\omega t + \theta)$

Soru

- $Z = r \exp(j\theta) = r * e^{j\theta} = r \cos\theta + j r \sin\theta$
- Burada r: Genlik, θ ise radyan cinsinden faz açısını verir.
- $\theta_{deg} = \theta_{rad} * 180 / \pi$
- $J * J = -1$
- $Z = j10 \exp(j\pi/2)$ ifadesinde

	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tan	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	Tanımsız	0	Tanımsız	0
cot	Tanımsız	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	Tanımsız	0	Tanımsız

Sorunun Çözümü

- Genlik değeri nedir?
- 10
- Radyan olarak faz açısının değeri nedir?
- $\pi/2$
- Derece olarak faz açısının değeri nedir?
- 90deg.
- Z ifadesini, $Z=a+jb$ cinsinden yazınız.
- $Z=j10*(\text{Cos}(90)+j\sin(90))$
- Bir önceki bulduğunuz değeri kullanarak Z ifadesini sadeleştiriniz.
- $Z=j10*j=-10$



Sinyal

Signal

- **Sinyal**, mesaj taşıyan bir değişimin ya da dönüşümün modelidir, kalıbıdır, şablonudur. Bilgi sinyal ile anlamlanır. Sinyalleri ölçerseniz yönetirsiniz.
- Bir sinyalin temel bir özelliği, bilgi taşıma yeteneğine sahip olması gerektiğinden, değişimi tanımlar; değişimi başlatır. Değişiklik kısmen tahmin edilemez olmalıdır.
- **Sinyal genellikle zaman içinde üretilen değerler dizisidir, mesaj taşırlar ve matematiksel olarak değişkenlerin fonksiyonu biçiminde gösterilir.**
- **Taşınan bilgi sinyal üzerinde saklanır ve anlam kazanır; bilgi bir taşta, bir kitaba yazılır. Bir belleğe ya da beyine yazılır. Bilgiyi güçlü kılan şey sinyaller ile bütünleşik taşınabilecek ve saklanabilecek olmasıdır. Kil tablette işlenen bilgi çağlar boyu saklanır ve zamanı durdurur.**

Sinyaller

- Atom altı parçacığından devasa gezegenlere kadar kainatı oluşturan tüm bileşenler sinyal üretir. Kainatı oluşturan tüm bileşenler birbirleri ile sinyal üzerinden etkileşim halindedirler. Sürekli bilgi akışı söz konusudur. Kainatı, sinyallere gizlenmiş bilgileri keşfederek bilinçleniyoruz.
- Elektrik, elektromanyetik, elektron – foton, ışık, ısı, titreşimler, koku (Parçacık) ... sinyaller olarak bilgi taşırlar. Hatta duman, davul, çığlık, rüzgarın fısıltısı bile bilgi taşıyan sinyallerdir.
- Çevremizdeki sinyallere örnekler mi arıyorsunuz? İnsan sesi, kuşların cıvıltıları, duman sinyalleri, Deniz dalgalarının kıyıya vurması, Gök gürültüsü, güneşin yaydığı ışık, sobadan etrafa yayılan ısı, jestler (Yüz ifadesi, işaret dili), çiçek kokuları...
- Vücut işlevlerimizin çoğu hormon - kimyasal sinyallerle düzenlenir, kör insanlar dokunma, koklama ve seslere duyarlıdır. Arılar dans modelleriyle birbirlerine sinyal iletirler.
- Koku da bir sinyaldir, ortamda parçacık yayılımıdır. Farenin ölüm nedeni, diğerlerine koku sinyali olarak iletir.
- Ses sinyali uzayda yayılır mı? Güneş ışıkları uzayda ilerken biz uzayı neden karanlık görürüz?

Sinyaller

- Matematiksel olarak, sinyaller bir veya daha fazla bağımsız değişkenin fonksiyonu olarak temsil edilirler. Bir f fonksiyonu, $f(t_i)$ ifadesinde, her bir $\{t_i, i=1,2, \dots, n\}$ bağımsız ayırık zamanlarda örnek alınmış değişkenler dizisi (vektör) olarak adlandırılır. $f(t)$ fonksiyonu süreklidir, $f(t)$, t bağımsız değişkenin t 'ye bağımlı bir değişken denir.
- Genellikle zaman, t olarak adlandırılan tek bağımsız değişken içeren sinyaller ele alınmaktadır. Bir sinyal, bağımsız bir t değişkeninin gerçek değerli veya ayırık değerli bir fonksiyonudur.
- Belirli bir uygulamada zamanı temsil etmese de bir sinyal, bağımsız bir değişken t 'nin gerçek değerli veya ayırık değerli bir fonksiyonudur.
- **Kainatta var olan sinyaller analogtur. $X(t)=A\sin(\omega t+\phi)$. Analog sinyalin bileşenleri: A : genlik, f : frekans, ϕ : faz, t : zaman**
- Sinyal, zamansal (zamanın işlevi), uzamsal (mekanın işlevi), uzamsal-zamansal olabilir. Bir resim, iki uzamsal değişkenin, x ve y 'nin bir fonksiyonu olarak renklerin değişimidir.
- Yola bağlı uzamsal durumda sinyalin zayıflaması söz konusudur. (frekans ve mesafenin karesi zayıflar)

Sinyal

- Sinyal, var olduğu kaynağa ait bilgiyi taşır, etkileşime girdikleri ortamlara sıra dışı özellikler sağlar.
- Elektronikte sinyal, verileri bir yerden diğerine taşımak için kullanılan bir elektrik akım veya elektromanyetik alandır. Bilgisayarlarda veriler bit formunda elektriksel sinyal olarak temsil edilir (bit: 1/0)
- **Günümüzde quantum bilgisayarlar da veri elektron, foton gibi atom altı parçacıkların oluşturduğu sinyaller olarak taşınmakta ve işlenmektedir.**
- Sinyal, bilginin fizik kanunlarına göre nasıl davrandığını gösterir. Sizler bilginin fiziksel dünya ile bütünleşik olduğunu öğrenmek zorundadır.
- Sinyal bir dalga biçimidir: zamana ait bir şeyin değişim grafiğidir;
 - konuşma veya müzik aleti; havanın belirli bir frekansta titreşimi;(kanal: hava).
 - Elektrikli cihaz aracılığıyla iletişimi (bilgi aktarımını) düşünün; (sinyaller akımlar, voltajlar, ışıklar vb.);
 - değiştirilebilir (bilgi taşımak için gerektiği gibi); (kodlanmış sinyali içeren, kaynak bilgisini oluşturmak için kullanılan bir dizi sembol);
 - taşıyıcı sinyalin incelenmesi önemlidir; (tamamen tahmin edilebilir olsalar da);
 - tekrar etmeyen, tekrarlayan
 - frekans analizi; telefon sinyali; Bir resim; televizyon;

Sinyal Kaynakları

- Elektronik: Pulse Generator, Osilatör
- Elektromanyetik: Anten
- Isı, Işık, Ses, Titreşim, Çekim kuvvetleri
- Doğal sinyal kaynakları
- Yüksek frekanslarda metallerin ısınması elektronlar hareket eder: Quatum
- Radyoaktif malzemeler
- Gezegenler, Yıldızlar
- Sinyal Tipleri: Sine Wave, Ramp, Step, Chirp, Clock, Consant
- Sinyali bozan etkiler: Gürültü, Zayıflama, Karışma; Bu nedenle sinyal kaynaktan hedef doğru ilerlerken Signal to **Noise oranına dikkat edilir. Söz gelimi $S/N=13\text{dB}$ demek, sinyal seviyesi ile gürültü seviyesi arasında 13 dB'lik bir açıklık var demektir. Bu oran küçüldükçe sinyalin bozulma olasılığı artar.**

Fiziksel Sinyal Taşıyıcıları

- Electrical signals: Voltages and currents in a circuit
- Acoustic signals: Acoustic pressure (sound) over time, ortamlarda taşınır. Boşlukta akustik sinyaller yayılmaz. En iyi taşındığı ortam çelik saniye 5000m hızla yayılır. Havada sinyal bir saniyede ortalama 342 metre hızla yayılır.
- Mechanical signals: Velocity of a car over time
- Video signals: Intensity level of a pixel (camera, video) over time
- Elektromanyetik sinyaller
- Foton – Elektron
- Parçacık – koku
- Isı
- Titreşim
- Yer çekimi

Sinyalleri Bozan Hata Kaynakları

- Gürültü
- Eksik ya da kayıp Veri
- Bilinmezlik, belirsizlik
- Hassasiyet, değişkenlik
- Önyargı, yanlılık
- İnterferans: parazit, karışma, engelleme
- Sapma
- Hatalar:
 - Kasdi hatalar. Fark edilmeyen sistematik hatalar.
 - Bireysel kaynaklı hatalar.
 - Yazılım hataları: matematiksel modelleme, algoritma, kodlama; verilerin yanlış girilmesi
- Sistemik hata : Rasgele, Ölçme hatası, Örnekleme hatası.

Fonksiyonlar ve Değişkenler

- Bağımsız değişkenlerin sayısı (yani boyutluluk):
 - tek boyutlu (örneğin, ses).
 - çok boyutlu olduğu söylenir (örneğin görüntü).
- Sürekli veya ayırık bağımsız değişkenler:
 - Sürekli bağımsız değişkenlere sahip bir sinyalin sürekli zamanı vardır.
 - Ayırık bağımsız değişkenlere sahip bir sinyalin ayırık zaman dilimleri vardır.
- Sürekli veya ayırık bağımlı değişken:
 - Sürekli bağımlı değişkenli bir sinyal sürekli değerler alır.
 - Ayırık bir bağımlı değişkene sahip bir sinyalin, ayırık değerlere sahiptir.
- Sürekli değerli bir CT sinyali analogdur.
- Ayırık değerli bir DT sinyali sayısalıdır.



Veri

Sembol - Veri – Bilgi – Yetenek - Bilgelik

- **Semboller (Sinyaller, Resimler, Şekiller, ...):** Giriş aşamasında bilgisayarın belleğine aktarılan ve rakamlar, kelimeler, görüntüler, video ve ses gibi bilgi mesajlardan oluşurlar. Mesaj taşıyan semboller sinyaller ile temsil edilirler.
- **Veri:** Anlam kazanmamış, ilişkilendirilmemiş, özümlememiş, işlenmemiş gerçekler ya da bilgi parçacıklarıdır. Herhangi bir içerikten yoksun formlardadırlar. Bazen fiziksel bir olaydır, yorumlanmamış gözlemlerdir. Yorum taşımazlar ancak işlenmek için hazırdırlar. Karar vermede etkili değildirler.
- **Information (Bilgi) :** Cevaplanması gereken ne, kim, ne zaman, nerede sorulardır. Bilgi, işlenmiş, düzenlenmiş, anlamlandırılmış verilerdir. Gerektiğinde sınıflandırılıyor, matematiksel denklemlerin katsayıları ile temsil ediliyor, kümeleniyor. Bilgi, organize, anlamlı ve yararlı verilerdir. Çıktı aşaması sırasında, oluşturulan bilgiler basılı rapor, grafik ve görseller ile sunum formuna sokulur. Bilgiler ileride kullanılmak üzere bilgisayar saklanır. **Bilgi: Genel olarak, veri ve enformasyonun yorumlanmasıyla ortaya çıkar.**
- **Büyük Veri:** Verilerin günümüzde hız, çeşitlilik, kapasite (hacim) açısından büyük artış göstermesi ve bu artışa teknolojinin de destek vererek, yeni çözümler üretmesi ile birlikte “Büyük Veri” kavramı ortaya çıkmıştır.
- **Knowledge (irfan sahibi, Yetenek - Tecrübe, Deneyim):** Karar vermede, kestirim yapmada, doğruyu aramada performansı yükseltmektir. Öğrenmenin süreklilik kazanmasıdır.
- **Understand (Bilinçlenmek):** anlayarak, kavrayarak, hissederek bilinçlenmektir. Bilginin paylaşılmasıdır.
- **Wisdom (Bilgelik):** Değerlendirilmiş anlayıştır. Sorgulayarak, kestirim yaparak karar vermek ve yorumlamaktır.

Bilgi Hiyerarşisi

Amaç, verilerin bilgeliğe dönüştürülmesidir.

- Data (Veri): Semboller. Sinyaller sembollere dönüştürülür. **Veri:** Sinyal ile taşınan ham bilgidir. Veri işlenerek bilgi elde edilir, bilgiden bilgeliğe, bilgelikten yetenek geliştirme ve deneyim kazanmaya; yetenek geliştirmeden bilinçlenmeye yolculuk başlar.
- Information (Bilgi) : Cevaplanması gereken ne, kim, ne zaman, nerede sorulardır.
- Knowledge (irfan sahibi, Yetenek): Nasıl sorusunun yanıtıdır.
- Understand (Anlama - Bilinç) : Niçin, Neden sorularının değerlendirilmesidir.
- Wisdom (Bilgelik): Herkesin ulaşamadığı, derin, kapsamlı, bütünsel bilgi.

Veri Tipleri

Veriler farklı boyutlarda ve ayrıca türlerde gelir:

- Sinyaller: Ses, ısı, elektrik, elektromanyetik, koku, titreşim
- Metinler
- Sayılar
- Tıklama akışları
- Grafikler
- Tablolar
- Görüntüler
- İşlemler
- Videolar
- Animasyon

Veri Örnekleri

Bir sinyal, bazı (genellikle fiziksel) olaylar hakkında bilgi ileten bir veya daha fazla değişkenden oluşan bir fonksiyonun bileşenleridir. Analog sinyal, $y(t)=A\sin(\omega t+\theta)$

Bazı sinyal örnekleri şunları içerir:

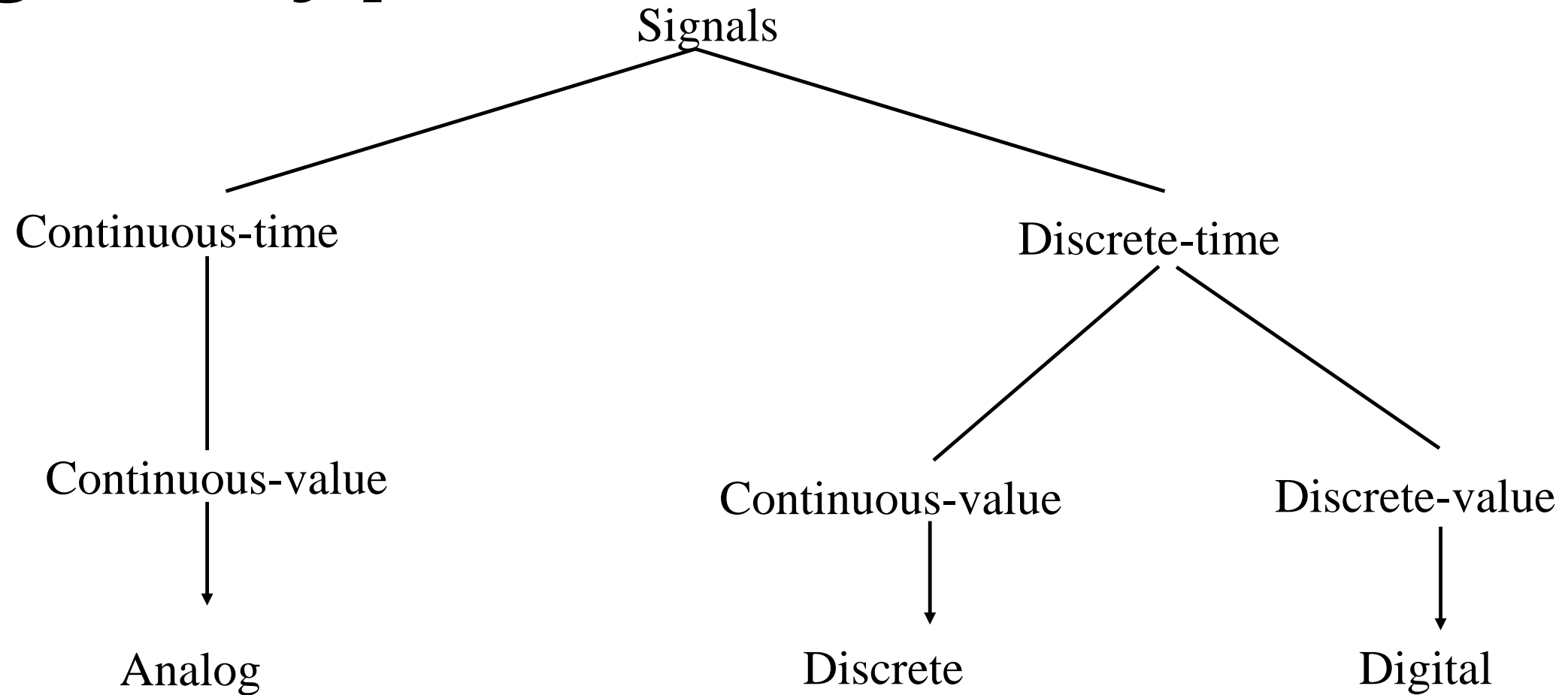
- Elektronik devrede bir voltaj veya akım; bir telefon teli üzerinden akan akım
- Bir nesnenin konumu, hızı veya ivmesi
- Mekanik bir sistemdeki bir kuvvet veya tork
- Kimyasal bir süreçte bir sıvı veya gazın akış hızı
- Resim, video
- Borsa endeksi
- Ses dalgaları
- Bir verici antenden çıkan elektromanyetik dalga,
- Bir fiber kablonun kılındaki ışık yoğunluğunun değişimi

Neredeyse sonsuz bir çeşitlilikte sinyaller olduğunu ve sinyalleri bir yerden başka bir yere taşıyan çok sayıda yol olduğunu görürüz. «En önemli sinyal kalpten kalbe bilgi taşıyandır.» Ckk

Signal Types

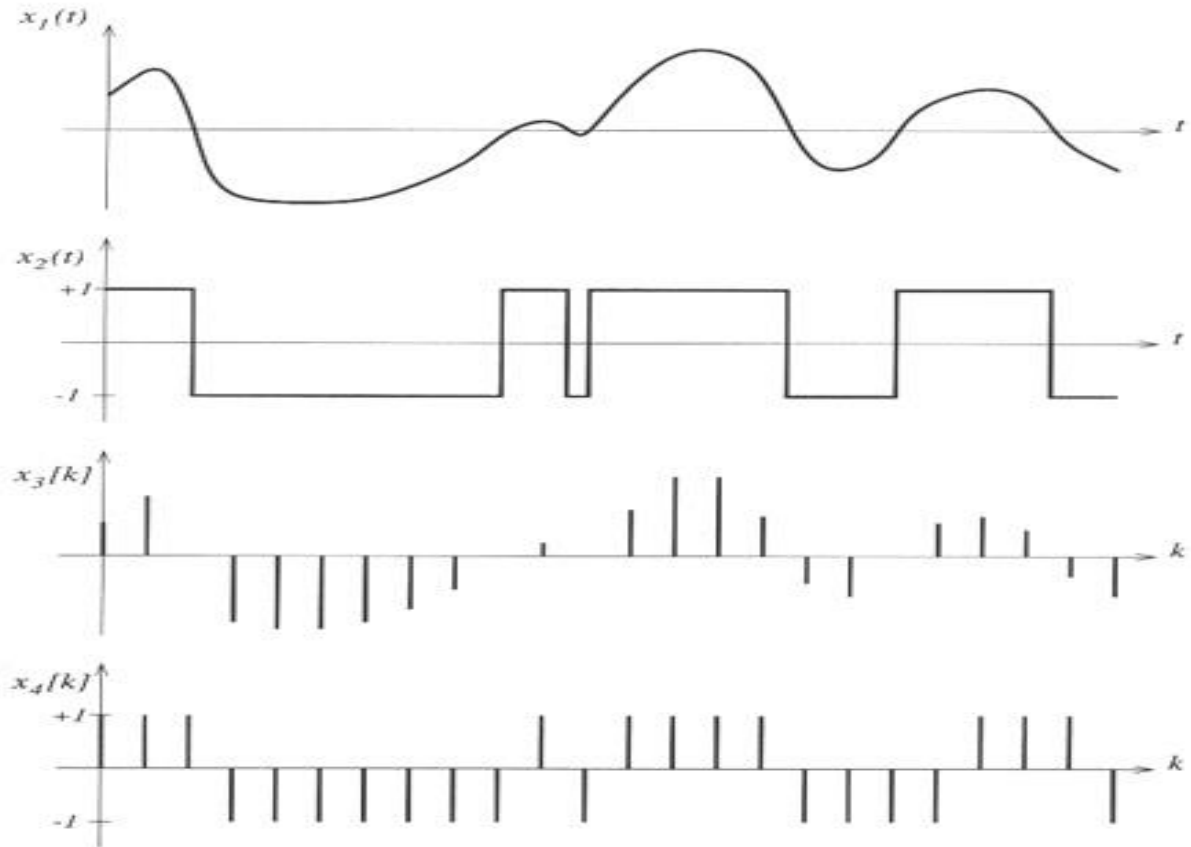
- Analog sinyaller: zaman, frekans, faz ve genlik açısından sürekli dir. Genliği, fazı, frekansı zamanla değişen işarettir. Sinüsoidal sinyallerin karışımından oluşur. Örnek: gerilim, akım, sıcaklık,...
- Dijital (Sayısal) sinyaller: hem zaman hem de genlik açısından ayırık sinyallerin ikili sayı sisteminde temsilidir. (bit:0/1)
- Ayırık zamanlı sinyaller: zamanda ayırık, genlikte sürekli dir. Analog sinyalden belirli zaman aralıklarında sürekli olarak alınan genlik değerleridir. Alınan bu örnek genlik değerleri, 1/0 lardan oluş an bir bit grubu ile temsil edilir.
- Teoride ayırık zamanlı sürekli dir. Genlik sinyallerinden alınan örnek değerlere dayanmaktadır. Bilgisayar biliminde bunun karşılığı vektör; dizi ya da matris

Signal Types



Signal Types

- Continuous time –
Continuous amplitude
- Continuous time –
Discrete amplitude
- Discrete time –
Continuous amplitude
- Discrete time –
Discrete amplitude

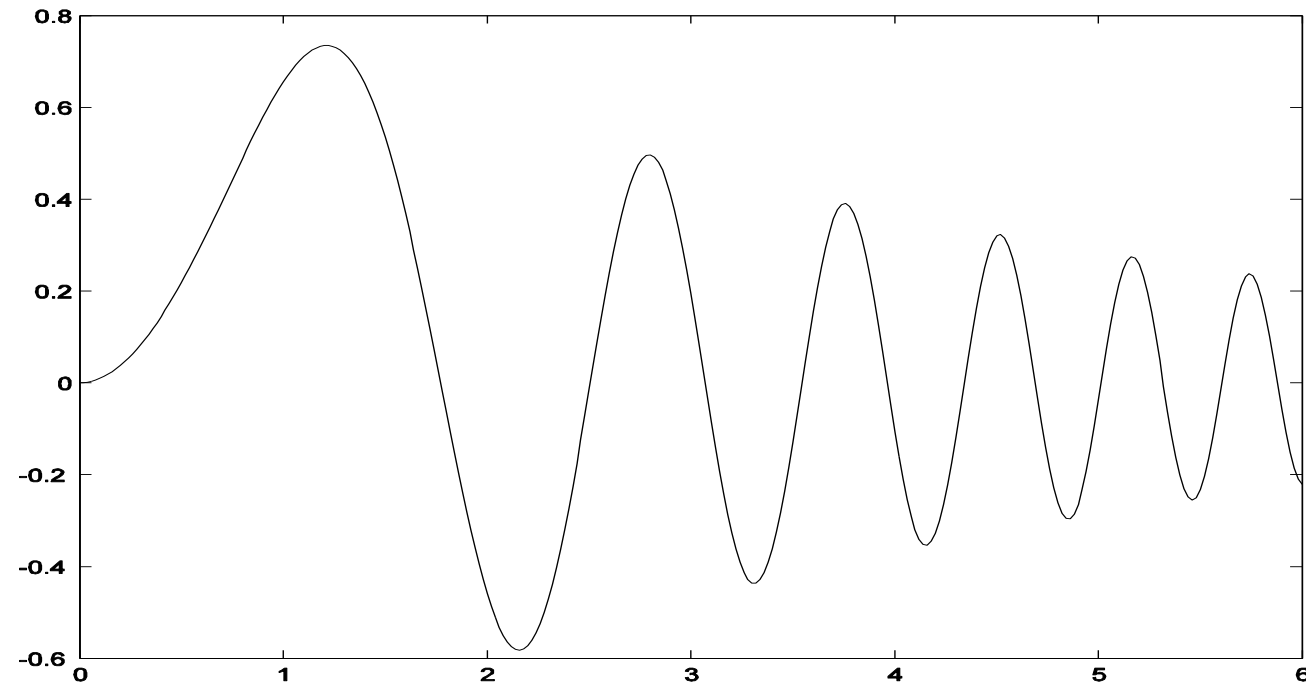


Signal classification

- Continuous-time and Discrete-time
- Energy and Power
- Real and Complex
- Periodic and Non-periodic
- Analog and Digital
- Even and Odd
- Deterministic and Random

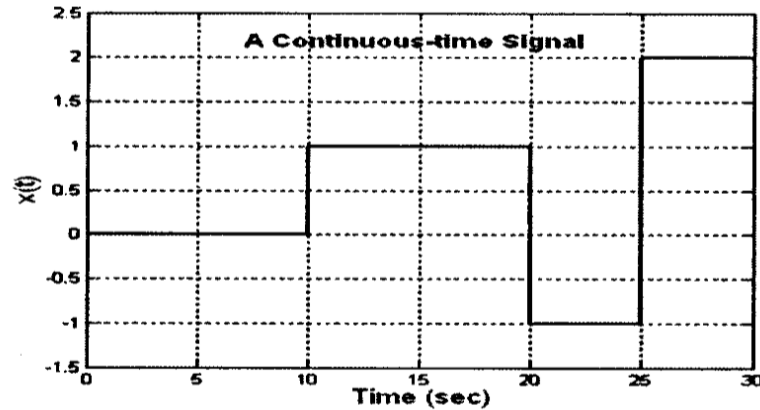
A continuous-time signal

- Continuous-time signal $x(t)$, the independent variable, t is Continuous-time. The signal itself needs not to be continuous.



A piecewise continuous-time signal

- A piecewise continuous-time signal



$$x(t) = \begin{cases} 0; & 0 \leq t \leq 10 \\ 1; & 10 < t \leq 20 \\ -1; & 20 \leq t \leq 25 \\ 2; & 25 < t \leq 30 \end{cases}$$

Analog Signals

- **Analog sinyal:** Zamanla genliği, frekansı ve fazı değişen değerlere sahip olan sürekli sinyaldir. Tüm sistemler ve kainatı oluşturan tüm bileşenler analog sinyal üretir.
- Genelde analog sinyal sinüsoidal sinyalleri toplamından oluşur.
- Analog sinyal genelde sinüsoidal sinyallerin toplamından ya da belirli aritmeksel işlemlerle birleşmesinden oluşur. Bir sinüsoidal sinyal, $X(t)=A\sin(\omega t+\phi)$
- $\omega=2*\pi*f$, radyal frekans
- ϕ : faz
- A: Genlik
- F: frekans, bir saniyedeki titreşim ya da peryod sayısıdır. Sinyaller farklı frekanslarda iletilir. Kulağın işitme aralığı: 300Hz ile 20 KHz. GSM frekans: 900MHz, 1800Mhz, 2100MHz, 3Ghz ğle 30GHz, 6G: Terahertz; Uydu: 9Ghz ile 14GHz
- Peryod: Sürekli tekrarlanan benzer analog sinyalinin tekrarlanma süresidir.

Analog sinyallerin önemli özellikleri:

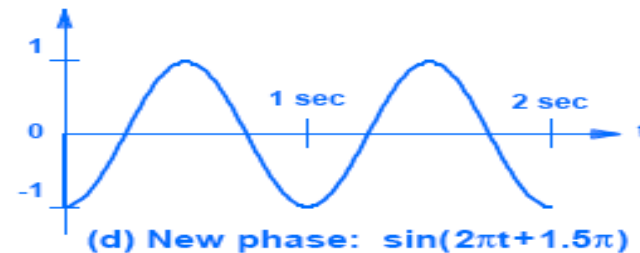
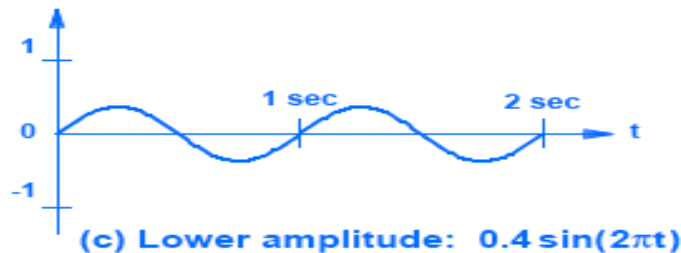
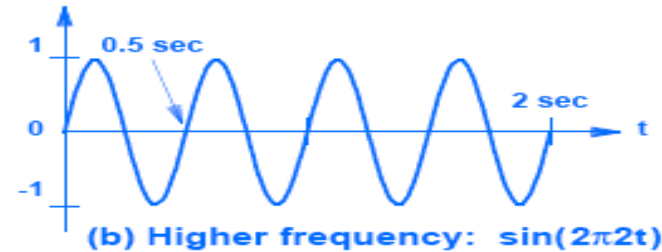
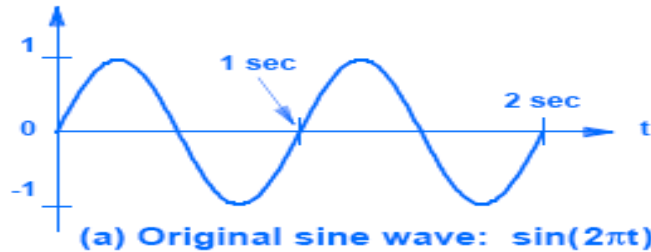
Frekans: Analog sinyalin birim zamandaki salınımlarının sayısı (genellikle saniye) ya da periyodlarının sayısı

Tepe genliği: Sinyal yüksekliğinin maksimum mutlak değeri

Tepeden Tepeye genlik: Maksimum ve minimum sinyal yükseklikleri arasındaki fark

Faz: Sinüs dalgasının başlangıcından itibaren olan mesafe, bir referans zamanından kaydırılır. Birden fazla sinüsoidal sinyallerin birbirleri göre durumlarını belirler.

Dalga boyu: Bir ortam boyunca yayılırken benzer döngülerin zaman uzunluğu (bir sinyalin yayılma hızı ile belirlenir)



Periodic and Aperiodic Signals

Signals are broadly classified as

- periodic
- aperiodic (sometimes called nonperiodic)

The classification depends on whether the signals repeat or do not repeat.

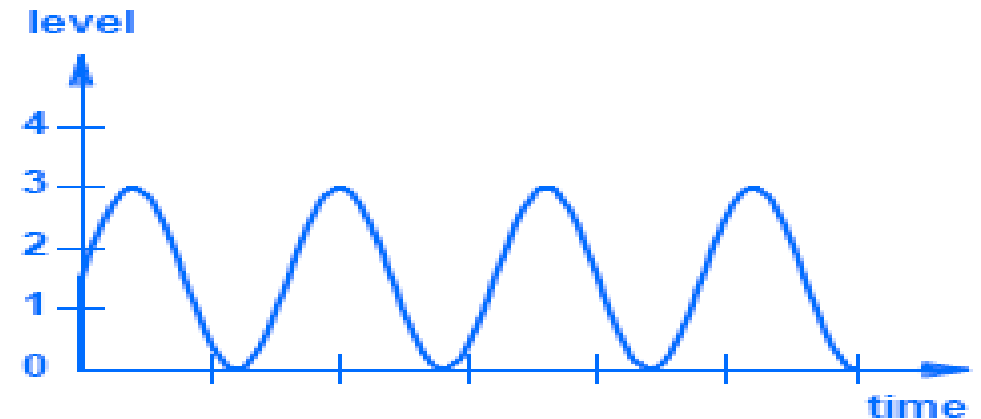
Sine Waves and Signal Characteristics

Data communications often involves the use of sinusoidal trigonometric functions: **especially sine** (abbreviated **sin**)

We are interested in sine waves that correspond to a signal that oscillates in time:

Sine waves are important because:

- natural phenomena produce sine waves
- when a microphone picks up an audible tone, the output is a sine wave
- electromagnetic radiation can be represented as a sine waves

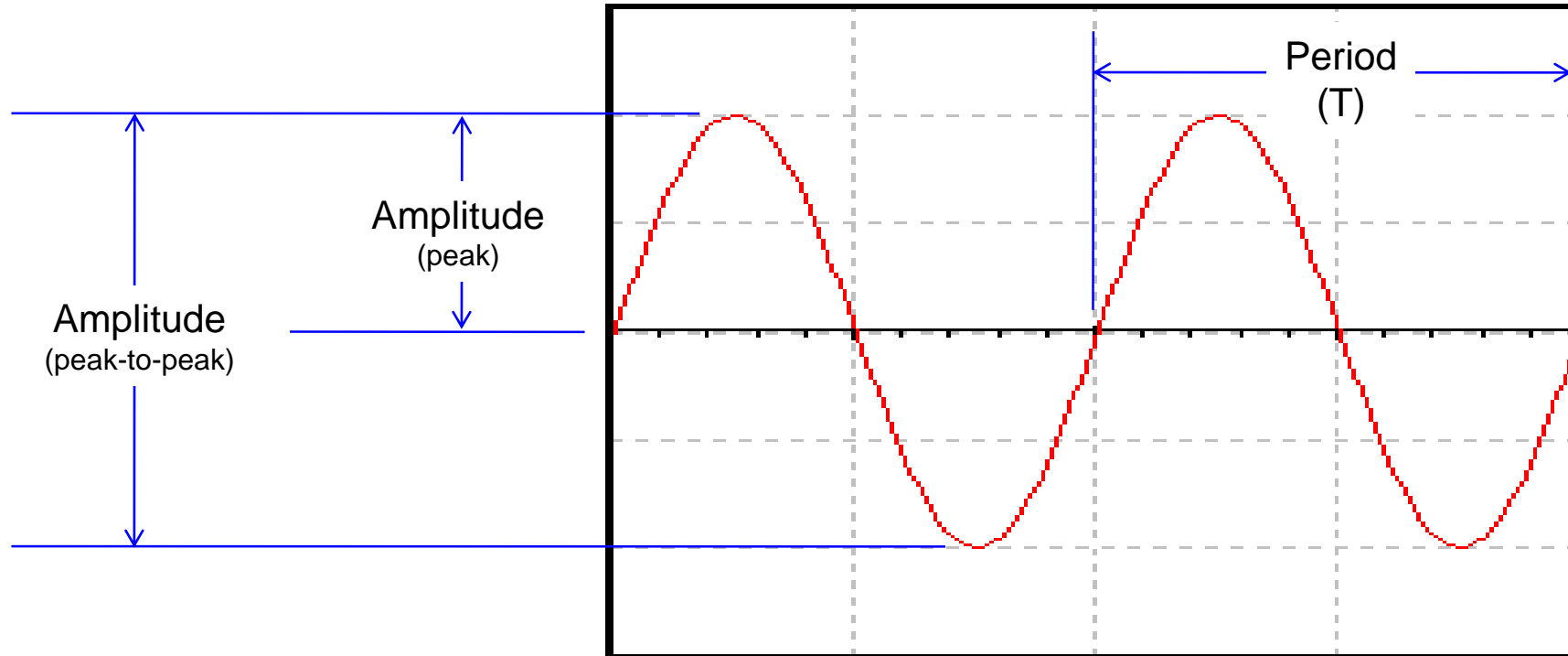


Sine Wave

- Peak Amplitude (A)
 - maximum strength of signal
 - volts
- Frequency (f)
 - Rate of change of signal
 - Hertz (Hz) or cycles per second
 - Period = time for one repetition (T), $T = 1/f$
- Phase (ϕ)
 - Relative position in time, from 0- 2π
- General Sine wave

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$$

Parts of an Sinusoidal Signal



Frequency:

$$F = \frac{1}{T} \text{ Hz}$$

Parts of an analog signal: amplitude, period, Phase & frequency. Analog sinyal çok sayıda farklı frekansları, fazları ve genlikleri olan sinüsoidal sinyallerin bileşmesinden oluşur.

Sine Waves and Signal Characteristics

The frequency can be calculated as the inverse of the time required for one cycle (also called the period of the wave).

Example: Using the sine wave in Figure (a):

a period $T = 1$ seconds

- a frequency of $1 / T = 1 / 1 = 1$ Hertz

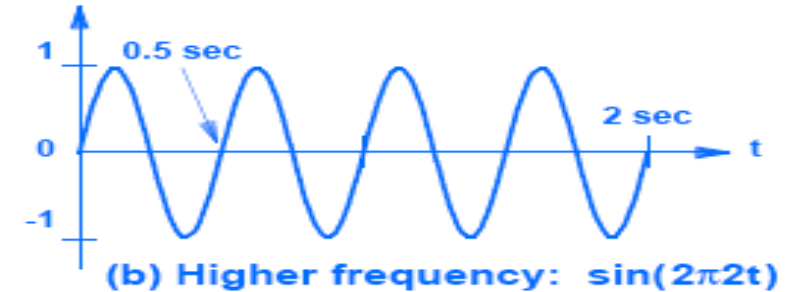
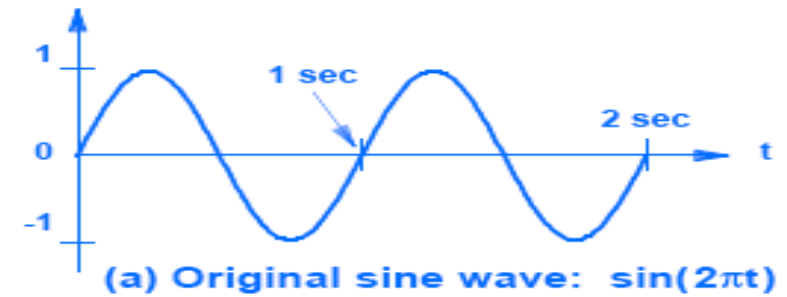
Example: Using the sine wave in Figure (b):

a period of $T = 0.5$ seconds

- its frequency is $1 / 0.5 = 2$ Hertz

Notes:

- Both examples are considered extremely low frequencies
- Typical systems use high frequencies (often millions /second)
- Engineers often express: time in fractions of a second & frequency megahertz (MHz)



Time Unit	Value	Frequency Unit	Value
Seconds (s)	10^0 seconds	Hertz (Hz)	10^0 Hz
Milliseconds (ms)	10^{-3} seconds	Kilohertz (KHz)	10^3 Hz
Microseconds (μ s)	10^{-6} seconds	Megahertz (MHz)	10^6 Hz
Nanoseconds (ns)	10^{-9} seconds	Gigahertz (GHz)	10^9 Hz
Picoseconds (ps)	10^{-12} seconds	Terahertz (THz)	10^{12} Hz

Composite Signals

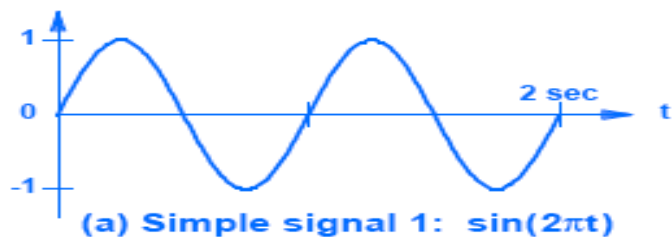
Signals like the ones illustrated in this figure are classified as *simple*:

...because they consist of a single sine wave that cannot be decomposed further.

Most signals are classified as *composite*:

...because the signal can be...

- decomposed into a set of simple sine waves
- formed by adding two simple sine waves



The Importance of Composite Signals and Sine Functions

S: Veri iletişimleri (Bilgisayar Ağı değil) neden sinüs işlevlerine ve bileşik sinyallere takıntılı grnyor?

A1: Modlasyondan kaynaklanan sinyaller genellikle bileşik sinyallerdir.

A2: Matematikçi Fourier, bileşik bir sinyali, her biri bir frekans, genlik ve faza sahip bir dizi sins fonksiyonuna ayrıştırmanın mmkn olduğunu keşfetti.

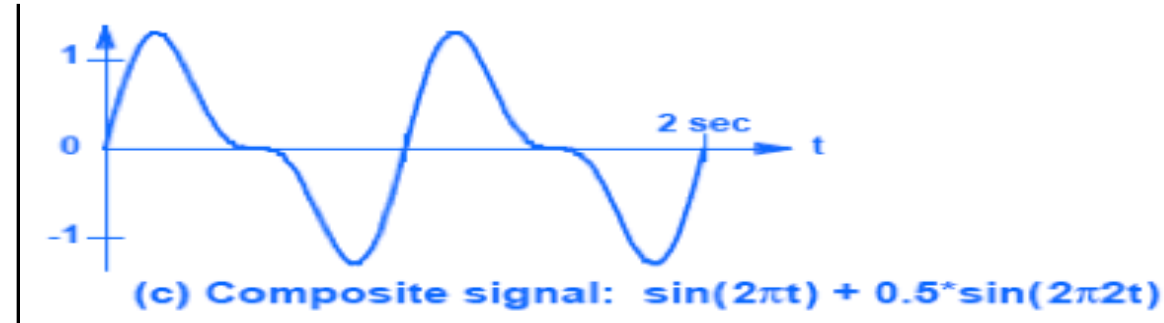
Time and Frequency Domain Representations

Bileşik sinyalleri temsil etmek için iki temel yntem kullanılır:

- 1) Zaman Alanı Temsili -- Zamanın bir fonksiyonu olarak bir sinyalin grafiği
- 2) Frekans Alanı Temsili -- Dahil edilen her basit frekanstan oluşan bir sinyalin grafiği. Y eksenini genliği, x eksenini frekansı verir.

Example: The function $a\sin(2\pi t)$ is represented by a single line of height a that is positioned at $x = t$

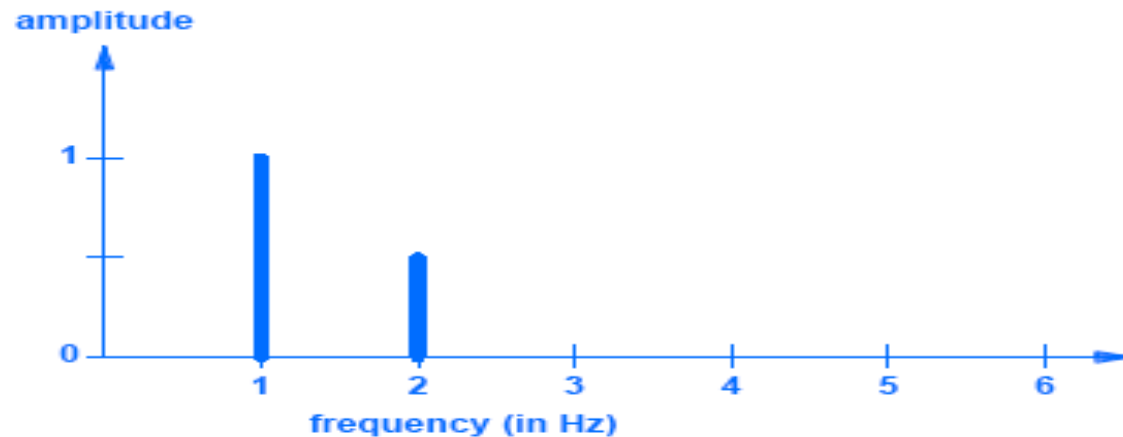
Time Domain Representation



Frequency Domain Representation

Advantages of the Frequency Domain Representation:

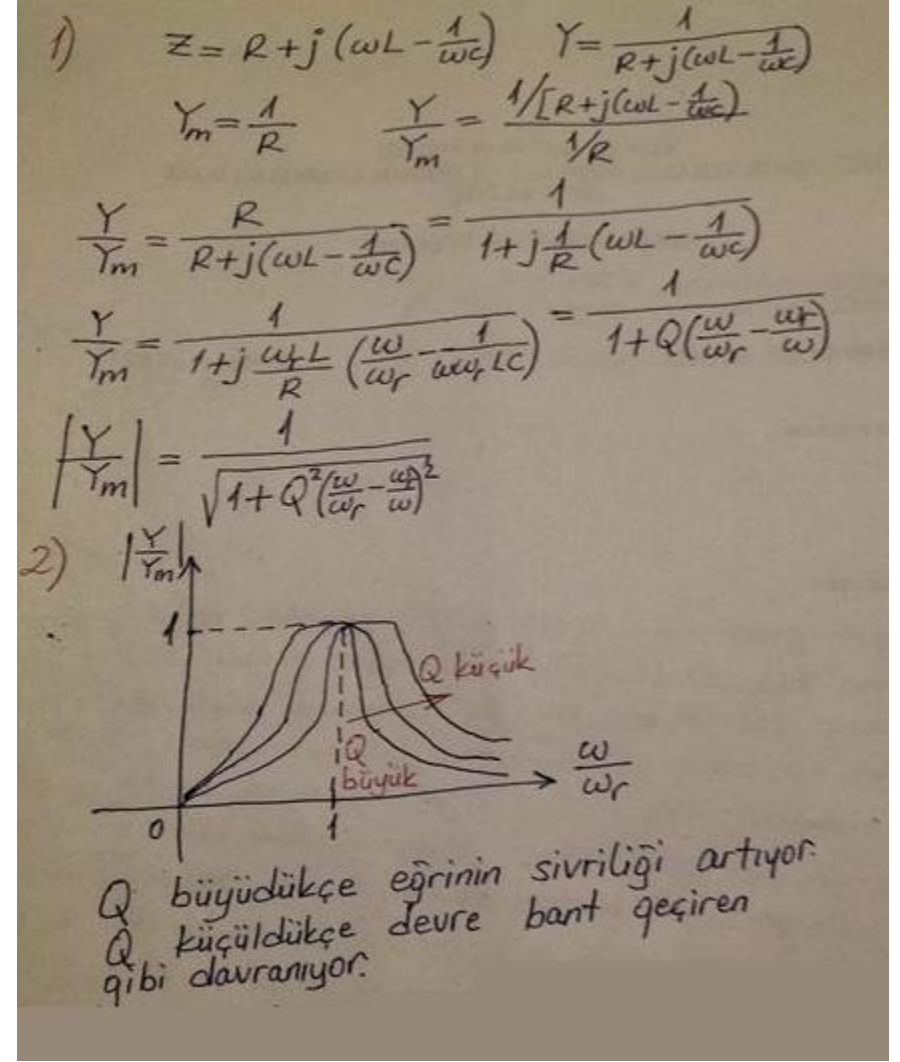
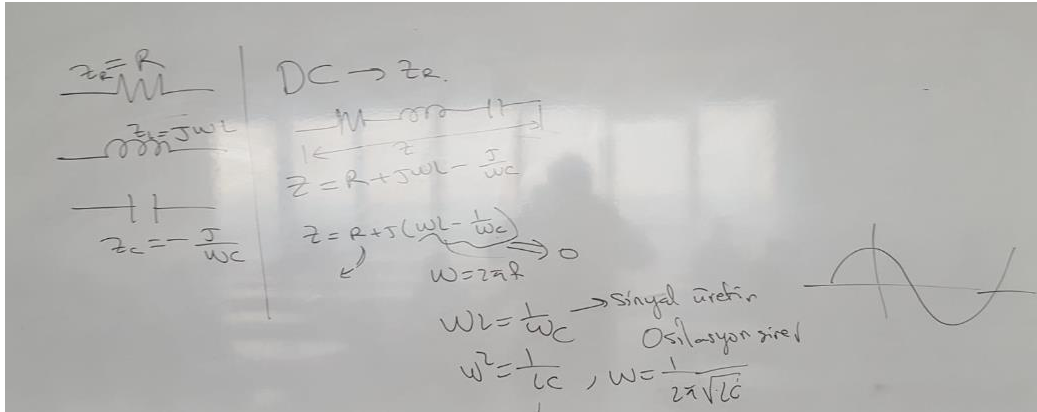
- It can be used with nonper.
- It is compact



Soru

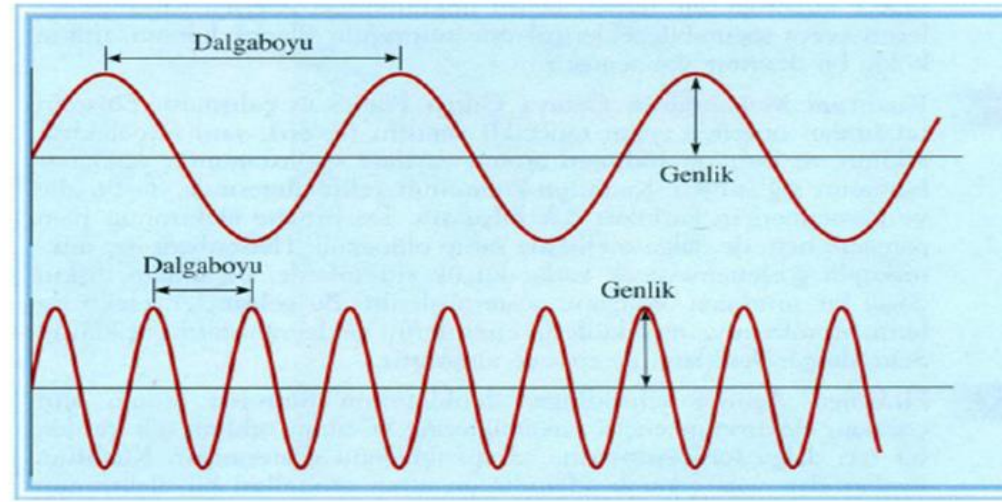
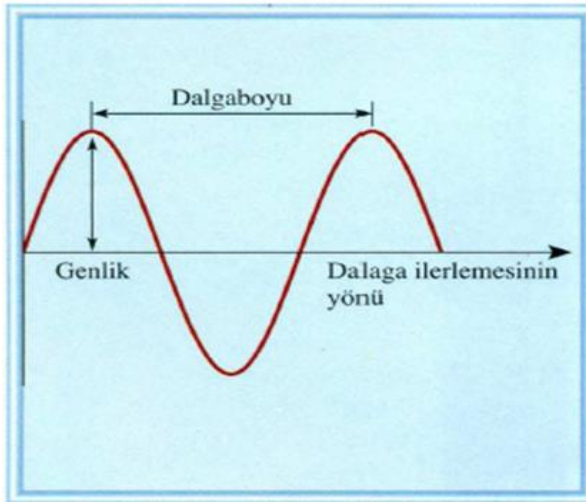
- $x(t)=75\text{Sin}(2\pi 900\ 000\ 000 t+60)$ analog sinyalinde
- $x(t)=A\text{Sin}(wt+\phi)$
- $\phi_{\text{rad}}=\phi_{\text{deg}} * \pi/180$
- $w=2\pi f$ ise
- $T=1/f=2\pi/w$
- denklemleri kullanarak çözüünüz.
-
- Genlik, A kaç birimdir? 75 birim
- frekans kaç GHz? $w=2\pi f$ ise $f = 900\ 000\ 000\ \text{Hz} = 900\text{MHz} = 0.9\text{GHz}$
- faz kaç derecedir? 60 deg.
- faz kaç radyan? $\pi/3$ rad; 180 derece π ise, 60 derece kaç π dir.
- periyod, T kaç saniyedir? $T=1/f=1/900\ 000\ 000$ saniye

- $Z=R+j[\omega L-1/(\omega C)]$
- Sinyal üretmek için osilasyon için $\omega L=1/\omega C$
- $\omega L-1/(\omega C)=0$
- $\omega L=1/\omega C$
- $\omega^2=1/LC$
- $\omega=2\pi f$



Dalga Kavramı

- Analog sinyaller ortamda dalgalar biçiminde yayılır.
- Dalgalar, ses dalgaları, elektrik sinyalleri, elektromanyetik dalgalar, ...
- Dalga, titreşmeyle enerjisini aktaran bir olgu olarak düşünülebilir.
- Bir dalganın hızı dalganın türüne ve yol aldığı ortama bağlıdır.
- Ardışık dalgalarda eş noktalar arasındaki mesafeye dalga boyu denir. Genellikle, λ ile tanımlanır. (m), $\lambda = c/f$
- Bir dalganın frekansı ise belirli bir noktadan bir saniyede geçen dalga sayısıdır. Genellikle f ya da u ile gösterilir.
- Bir dalgaya ilişkin genlik (ya da yükseklik), dalganın orta çizgisinden tepesine ya da çukuruna olan dik mesafe olarak tanımlanır.



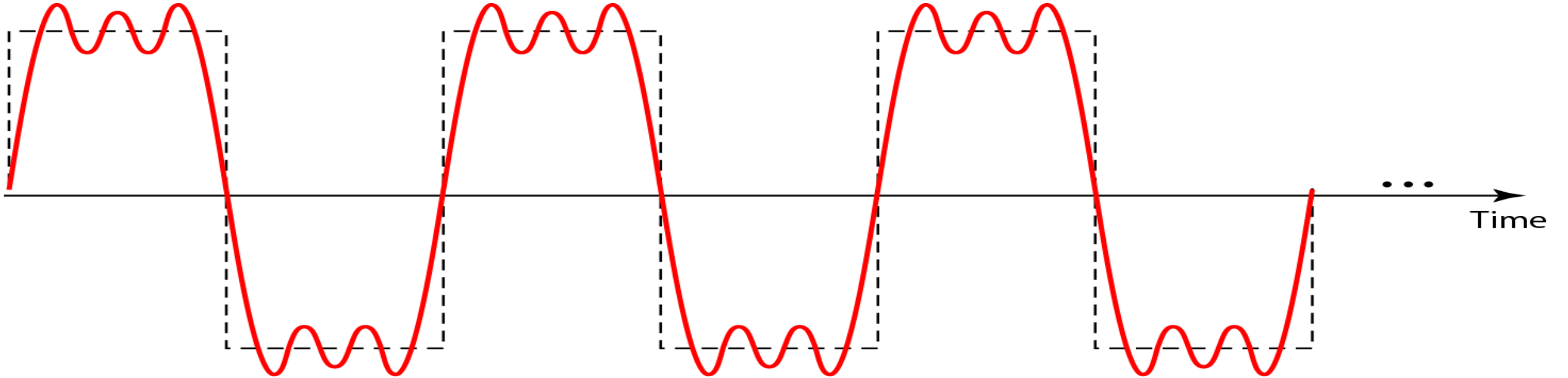
Wavelength

- Distance occupied by one cycle
- Distance between two points of corresponding phase in two consecutive cycles
- λ = Wavelength
- Assuming signal velocity v
 - $\lambda = vT$
 - $\lambda f = v$
 - $v=c = 3*10^8 \text{ ms}^{-1}$ (speed of light in free space)

Dalga Kavramı

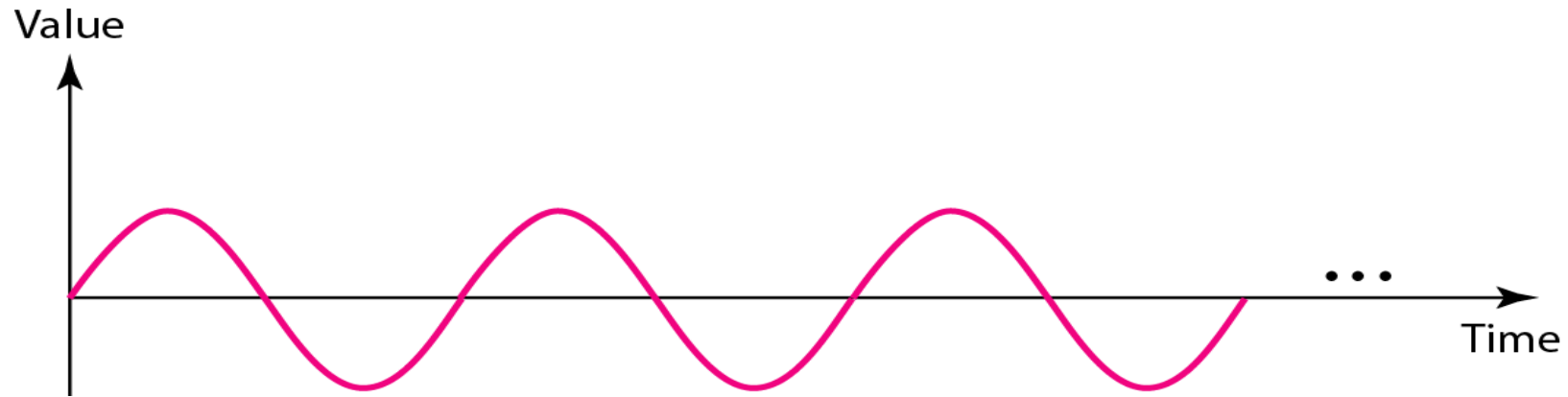
- Bir dalganın önemli özelliklerinden biri de hızıdır (v, C), $v = \text{Uzaklık} / \text{Zaman}$.
- Dalga boyu ile frekansın çarpımı hızı verir.
- Dalga boyu, dalganın uzunluğunu ya da tek bir dalga için mesafeyi gösterir, $\lambda = \text{Uzaklık} / \text{Dalga}$.
- Dalga boyu genellikle metre ile temsil edilir.
- Frekans ise Hz ile verilir. Frekans ile periyod arasındaki ilişki $f = 1/T$ ile belirtilir, $f = \text{Dalga} / \text{Zaman}$. T, periyottur, saniye ile gösterilir.
- $\text{Uzaklık} / \text{Zaman} = (\text{Uzaklık} / \text{Dalga}) \times (\text{Dalga} / \text{Zaman})$
- $C = \lambda \times f$
- $\lambda = C / f$

A composite periodic analog signal

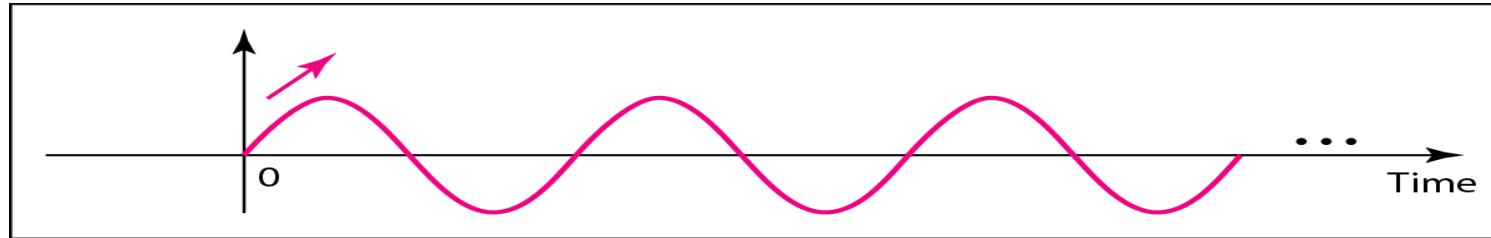


Bir bileşik sinyalin bant genişliği, o sinyalde bulunan en yüksek ve en düşük frekanslar arasındaki farktır.

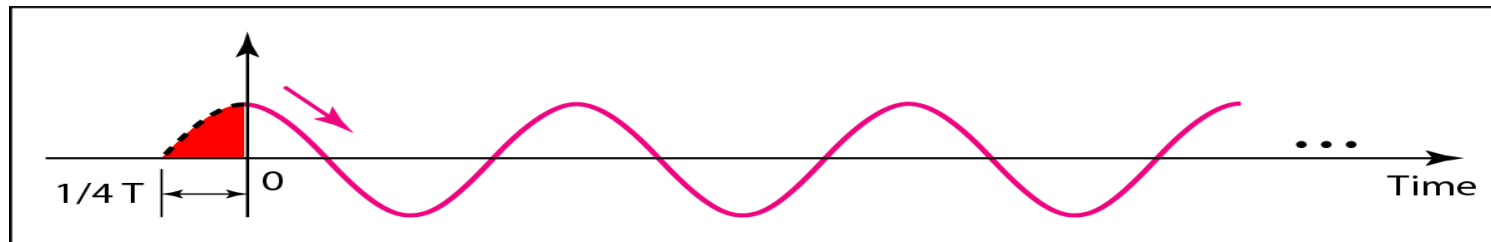
A sine wave



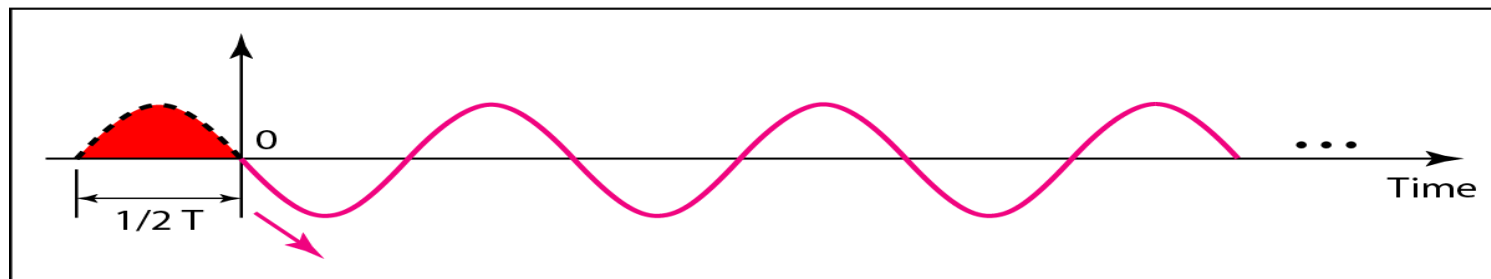
Sine waves with the same amplitude and frequency,
but different phases



a. 0 degrees



b. 90 degrees

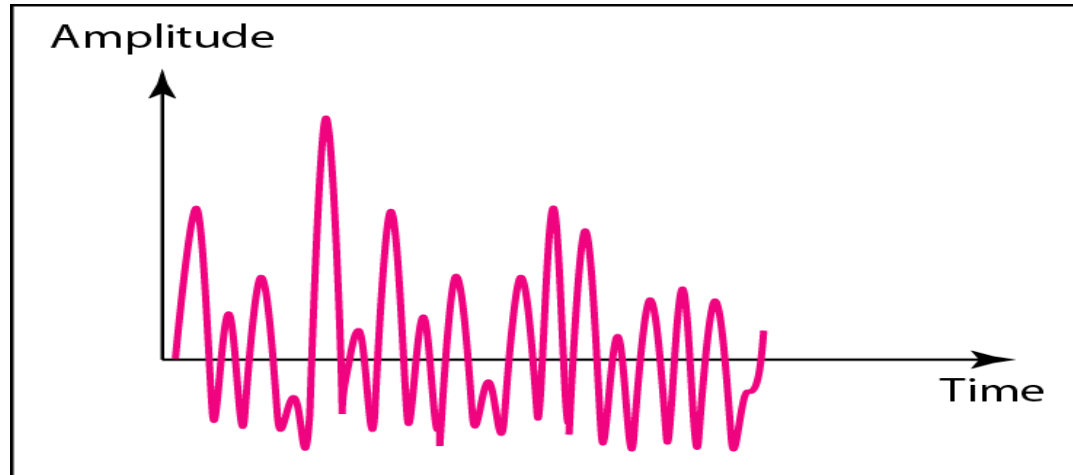


c. 180 degrees

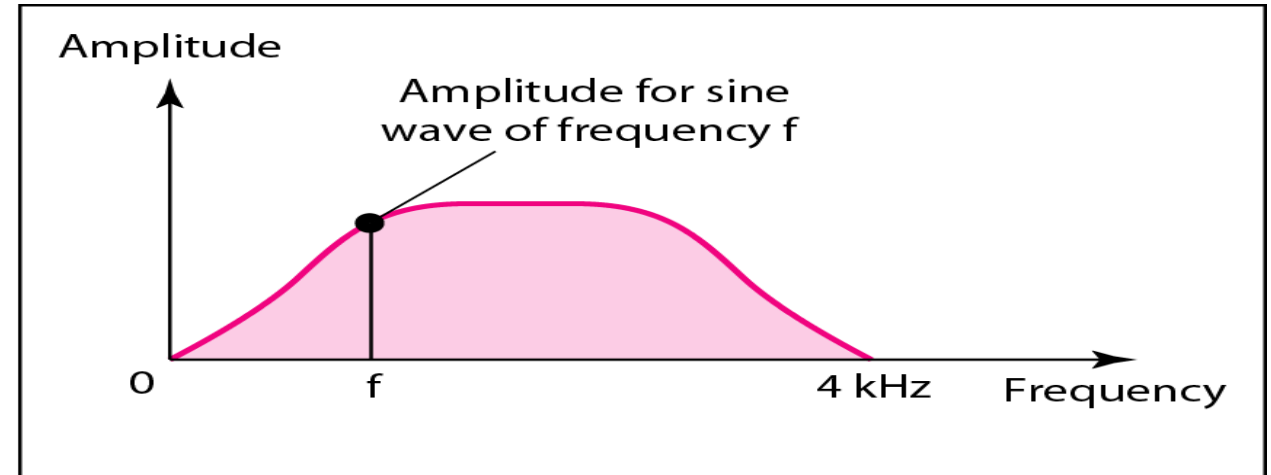
Frequency

- Frekans, zamana göre değişim oranıdır.
- Bir saniye dilimindeki titreşim ya da peryod sayısıdır
- Kısa bir süre boyuncaaki titreşimler yüksek frekans anlamına gelir.
- Uzun bir süre boyuncaaki titreşimler değişim, düşük frekans anlamına gelir.
- Bir sinyal hiç değişmiyorsa frekansı sıfırdır. Bir yılan kabuk değiştirmiyorsa ölüdür; aynı şey insanlar için de geçerlidir.
- Bir sinyal anında değişiyorsa frekansı sonsuzdur.

The time and frequency domains of a nonperiodic signal



a. Time domain



b. Frequency domain

Bandwidth of an Analog Signal

Defn: Analog bandwidth is the difference between the highest and lowest frequencies of the constituent parts of the signal (i.e., the highest and the lowest frequencies obtained by Fourier analysis). Bir analog sinyali oluşturan frekansların maksimumu ile minimumu arasındaki farka band genişliği denir.

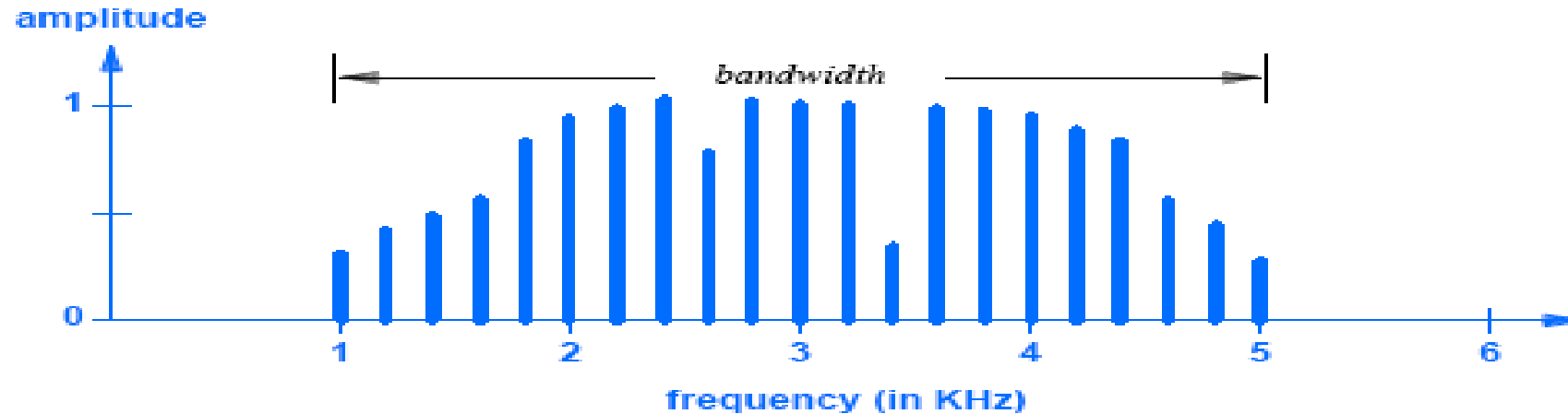


Figure shows a Frequency Domain plot with frequencies measured in Kilohertz (KHz)

Such frequencies are in the range audible to a human ear.

- In the figure, the bandwidth is the difference between the highest and lowest frequency (5 KHz - 1 KHz = 4 KHz)
- In analog telephone systems, the usable frequency range is 300 Hz to 3400 Hz range

The period of a signal is 100 ms. What is its frequency in kilohertz?

Solution

First we change 100 ms to seconds, and then we calculate the frequency from the period (1 Hz = 10^{-3} kHz).

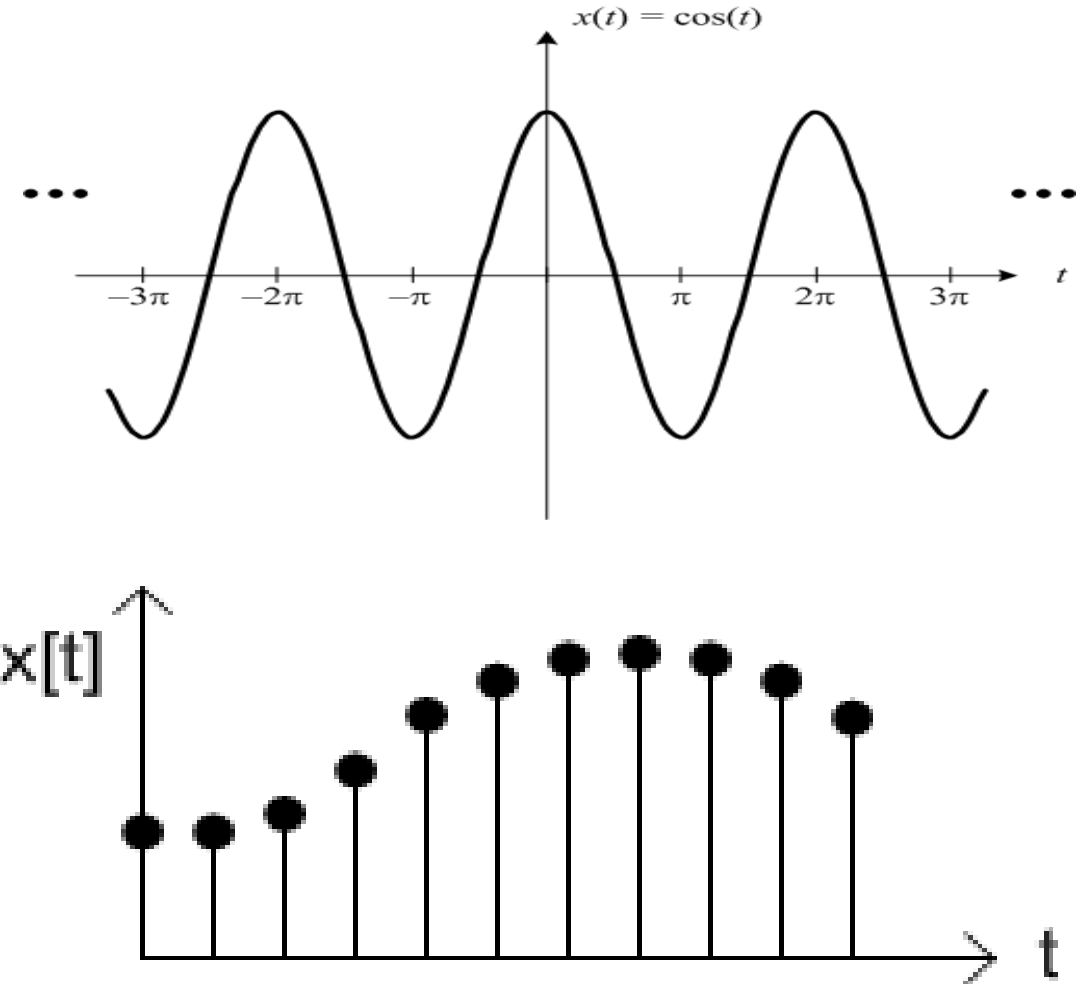
$$100 \text{ ms} = 100 \times 10^{-3} \text{ s} = 10^{-1} \text{ s}$$
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-1}} \text{ Hz} = 10 \text{ Hz} = 10 \times 10^{-3} \text{ kHz} = 10^{-2} \text{ kHz}$$

Converting an Analog Signal to Digital

Sinyallerin sınıflandırılması

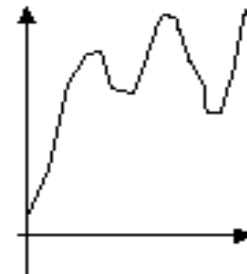
Signals are basically classified into two different types as follows.

- Continuous time signals
- Discrete (Ayrık) time signals: Analog sinyalden belirli aralıklarla elde edilen çıktı sinyalinin ayrık deierlerine verilen addır. **Ayrık zamanlı sinyali, örnekleme teoremi ile giriş sinyalinden üretilir.** Ayrık zamanlı sinyalinden alınan örnekler quantalama ile sayısal sinyale dönüştürülür.

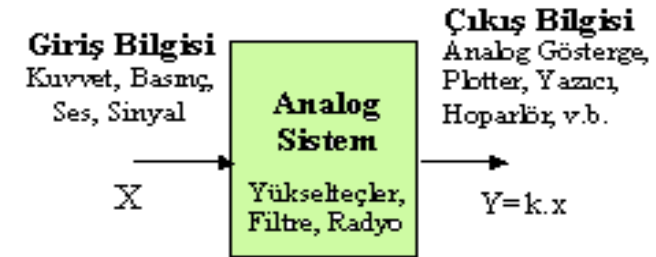


Analog sinyal

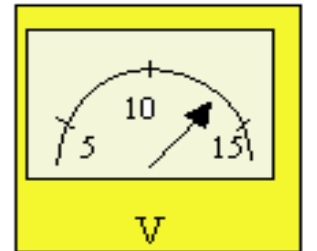
- Sonsuz sayıda ara değer alabilen, devamlılık arz eden büyüklük, analog sinyal olarak tanımlanır.
- Dünyadaki çoğu sinyal analogdur. Kainatın sesi analogtur. Kainatı oluşturan tüm varlıklar çevreleri ile analog sinyal olarak etkileşim ve iletişim halindedir.
- Analog sinyal aslında yaşadığımız hayat demektir.
- Görme, işitme, tat alma, dokunma, koklama duyularımızın tümü analog algılama biçimlerine birer örnektir.
- Havanın sıcaklığı birdenbire örneğin 27°C'den 28°C'ye çıkmaz, bu iki derece arasında sonsuz sayıdaki bütün değerleri alarak değişir.
- Analog büyüklüklere diğer örnekler, zaman, basınç, uzaklık ve sestir.
 - Analog sinyal kesintisiz ve süreklidir.
 - Bir amfiden çıkıp hoparlöre giden elektriksel ses sinyali ve
 - hoparlörden çıkıp kulaklarımıza ulaşan akustik ses sinyali analog sinyal formundadır.



a) Analog işaret



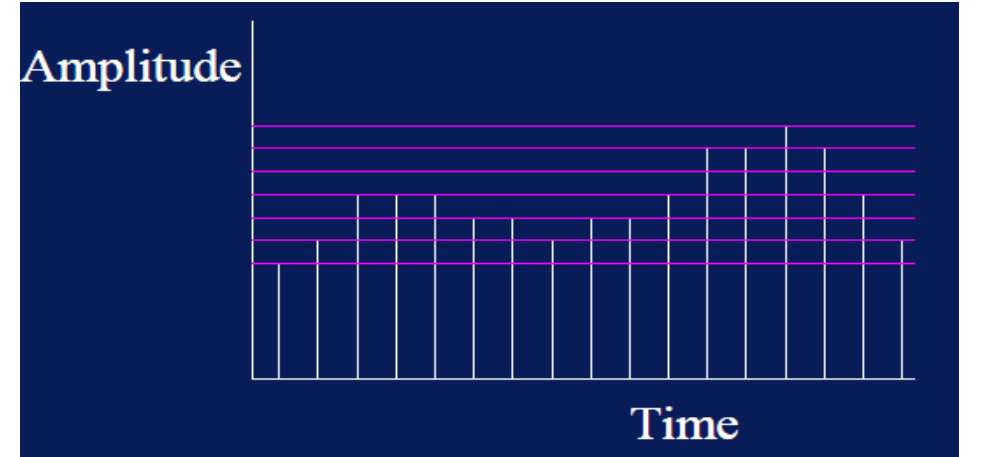
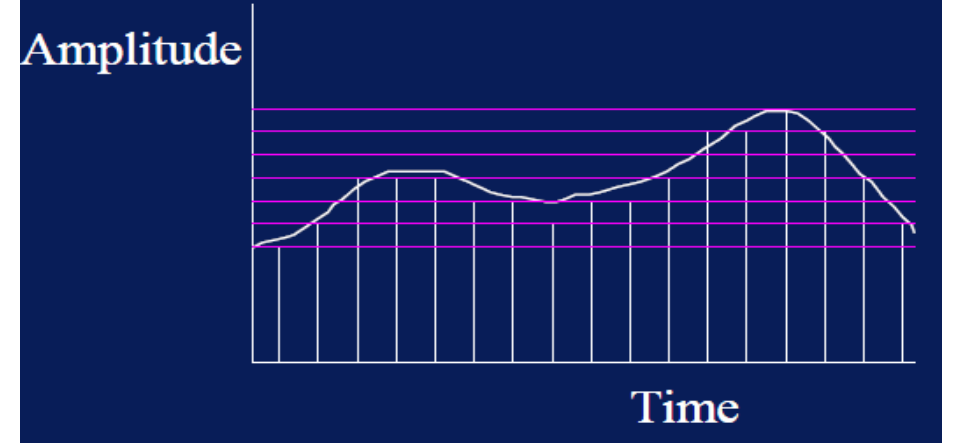
b) Analog Sistem



c) Analog gösterge

Analog ve Dijital Sinyaller

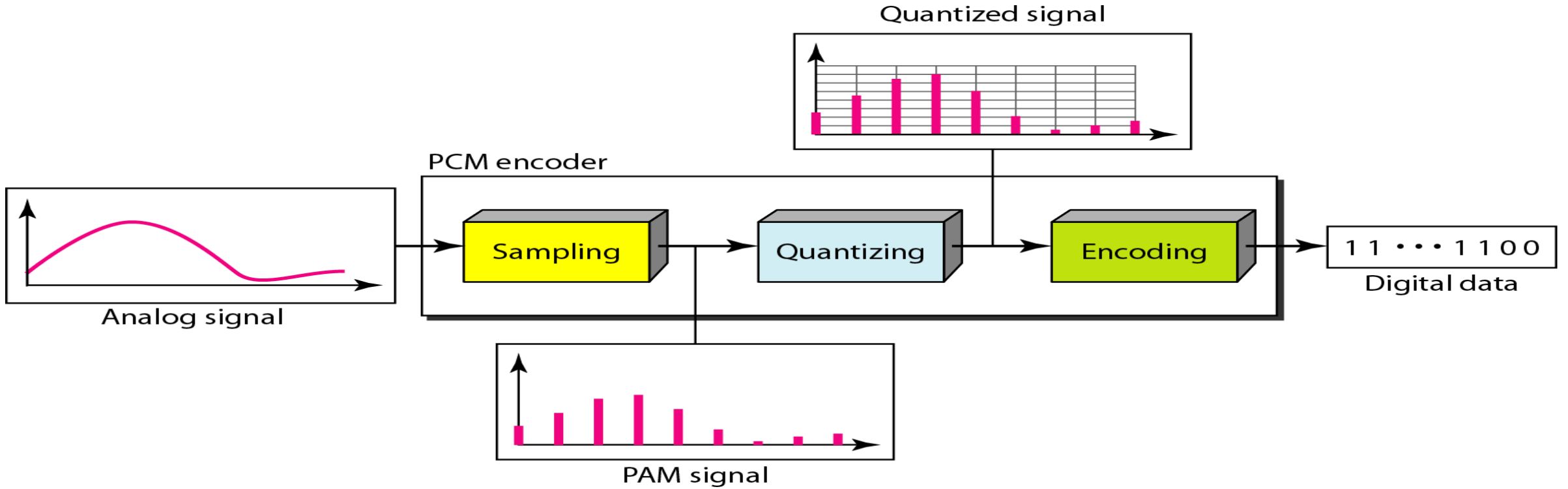
- Analog sinyal, genliği, frekansı ve fazı zamanla değişen sinyaldir.
- Analog sinyal sayısal sinyale dönüştürülürken, genlik değerlerinden, belirli zaman aralıklarında örnekler alınır. Bu işleme örnek alma işlevi denir.
- Analog sinyalden alınan örneklere ait değerler, genlik ölçeklendirme aralığında ayırık değerlere atanır. Bu işleme quantalama denir. Bu atama işlemi esnasında, örnek alma zaman aralığa, quantalama değerlerine öteleme ve çözünürlüğe bağlı olarak quantalama hataları oluşur.
- Ayırık değerler belirli sayıda ikili sayı sistemi ile temsil edilmesine ikili sayı sisteminde kodlama denir. Herbir ayırık genlik değerini belirli sayıdaki ikili (0/1) sayı sistemi ile temsil edilir. Böylece sayısal (dijital) sinyaller elde edilir.



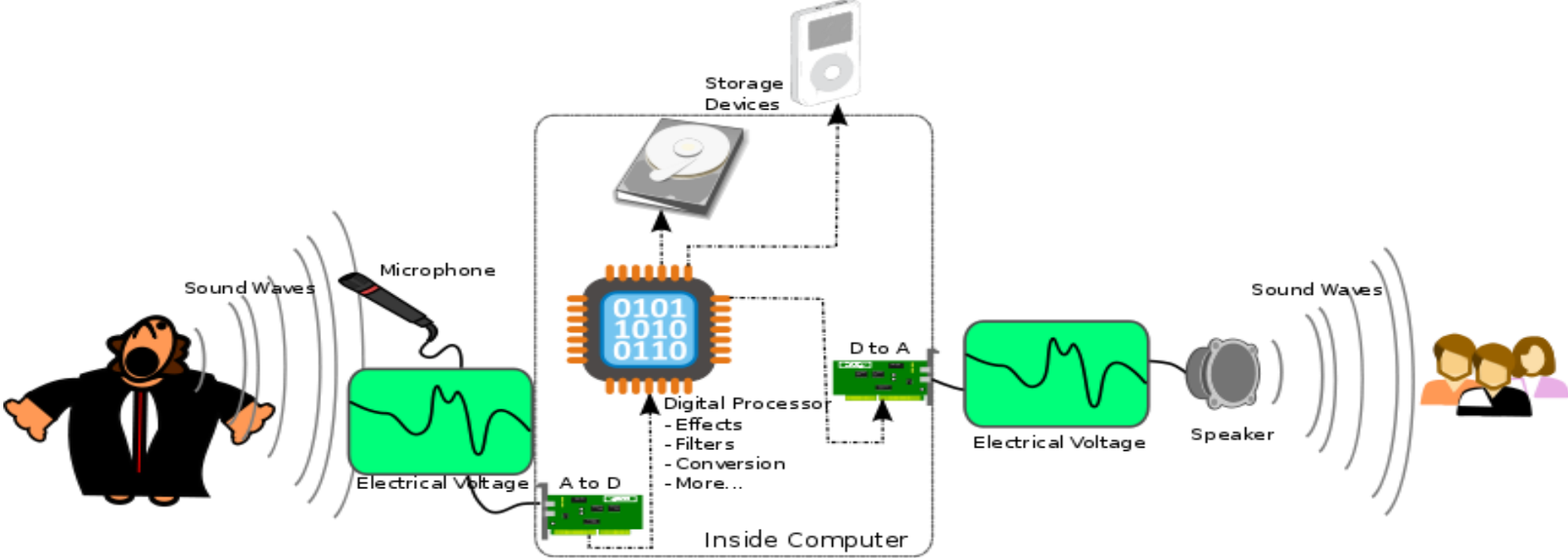
Analogdan dijital ve dijitalden analoğa çevirme

- Dünyada, pek çok büyüklük analogdur. Örneğin ısı, basınç, ağırlık gibi büyüklükler hep analog olarak değişirler. Bunlarda sadece 0 ve 1 gibi ikili değer değil,
- minimum ile maksimum arasında çok geniş bir yelpazede çeşitli değerler söz konusudur.
- Bununla beraber; bilgi işleyen cihazlar (dijital sistemler, mikroişlemciler, bilgisayarlar) dijitaldir.
- 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 değerlerin dijital, dijital değerlerin de analog değgerlere çevrilmesi gerekir.
- Analog sinyali dijital, 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.

Analog sinyalin sayısallaştırılması



Lifecycle Analog to Digital

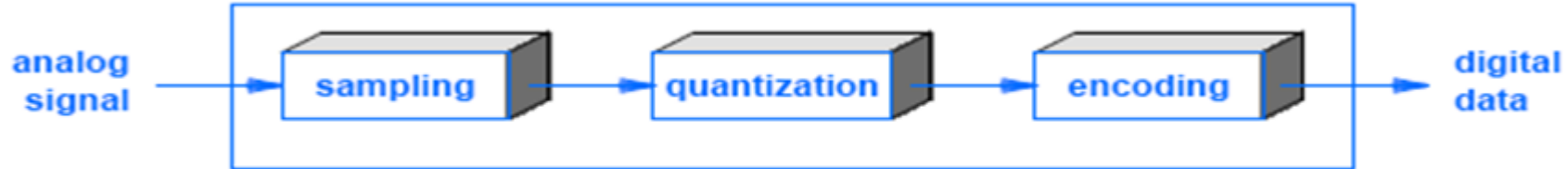


Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_audio

Converting an Analog Signal to Digital

Birçok bilgi kaynağı analogdur: Bu, daha ileri işlemler için (örneğin şifrelenmeden önce) dijital forma dönüştürülmeleri gerektiği anlamına gelir.

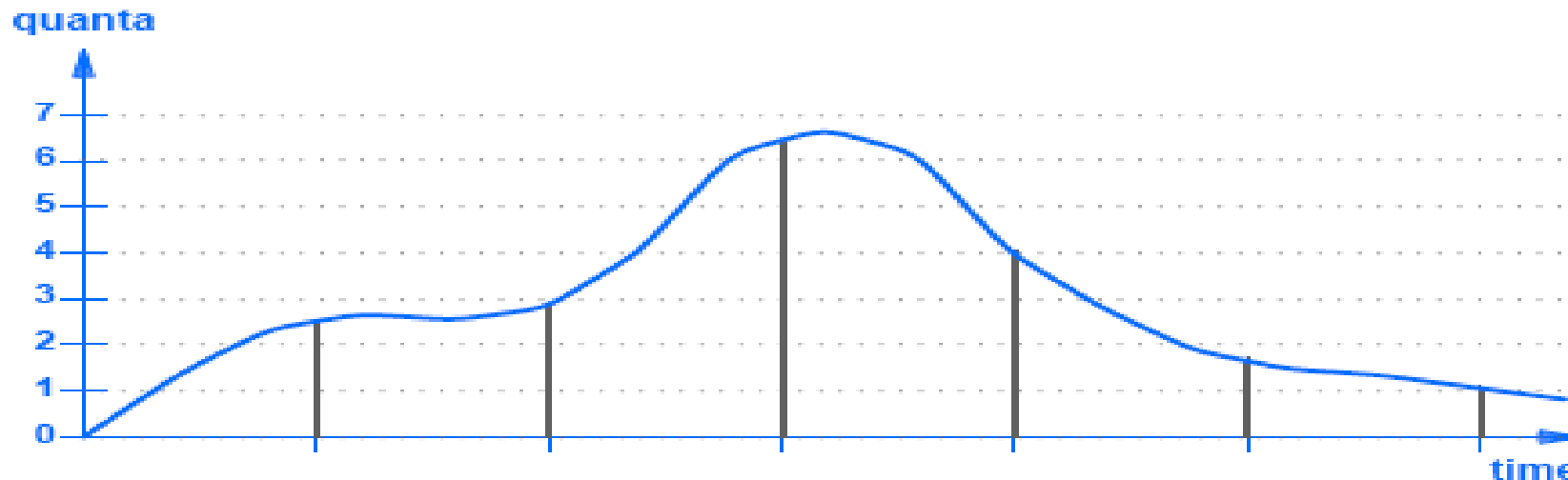
Analog bir sinyalden sabit zaman aralıklarında örnekler alınır, ayrık zamanlı sinyal elde edilir. Ardından sayısal forma dönüştürülür.



Converting an Analog Signal to Digital

The three steps :

1. **sampling** -- each measurement is known as a sample
2. **quantization** -- a sample is quantized by converting it into a small integer value, called a *quanta*. The range of the signal from the minimum to maximum levels is divided into a set of *quanta*. Typically, a power of 2 values.
3. **encoding** -- the quantized sample is encoded into a specific format



Analog and Digital Signals

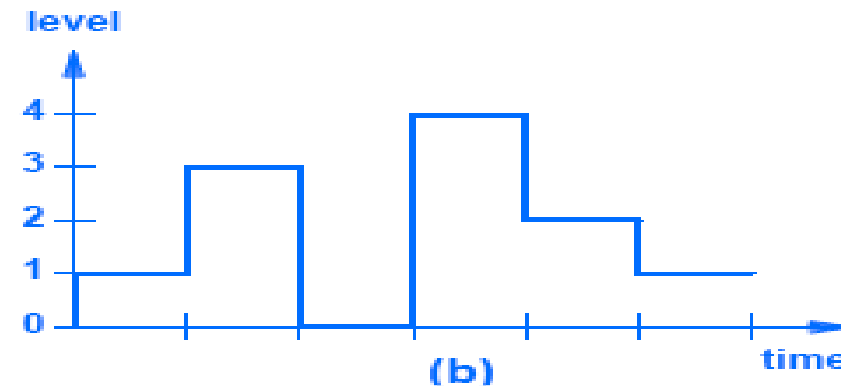
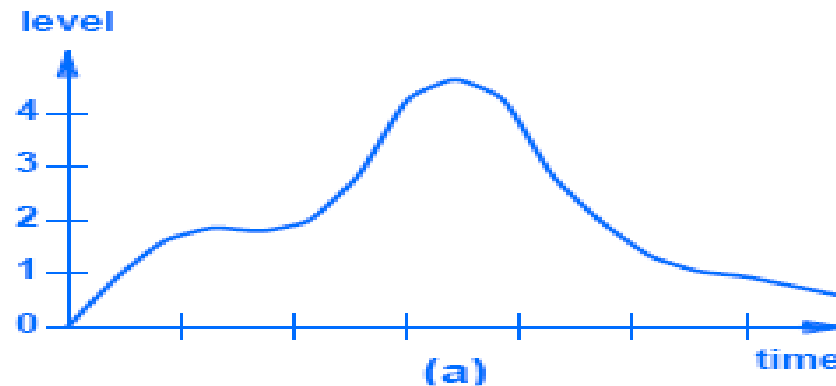
Veri iletişimi iki tür bilgiyle ilgilenir: analog ve sayısal

An analog signal is characterized by a continuous mathematical function

When the input changes from one value to the next, it does so by moving through all possible intermediate values.

A digital signal has a fixed set of valid levels

When the input changes from one value to the next, each change consists of an instantaneous move from one valid level to another.



Nyquist Örnekleme Teoremi

Bir analog sinyal örneklenip sayısala dönüştürüldükten sonra yeniden analog işarete dönüştürüldüğünde aynı orijinal sinyalin elde edilmesi için örnekleme frekansı, sinyalin band genişliğinin ya da maksimum frekansının iki katına eşit ya da büyük olması gerekmektedir.

$$f_s \geq 2 * f_m$$

$$f_s \geq 2 * B$$

- burada f_s , örnekleme frekansıdır ve f_m , sinyaldeki maksimum frekanstır; B bant genişliğidir.
- Frekans bir saniyedeki titreşim ya da periyod sayısıdır.
- Telefon haberleşmesinde $f_{maks}=4\text{KHz}$ alınır. Çünkü sesin temel özelliği olan anlama, tanıma, hissetme özelliklerini 0-4KHz aralığı kapsamaktadır. O halde $f_s=8\text{KHz}$ olur. Periyodu, $T=125\text{mikrosaniye}$ dir.

The Nyquist Theorem and Sampling Rate

Analog sinyalden belirli zaman aralıklarla ayırık değer alınırken, bu zaman aralığı keyfi olarak seçilebilir mi? Hayır.

How often should an analog signal be sampled?

- Taking too few samples (undersampling) means that the digital values only give a crude approximation of the original signal
- Taking too many samples (oversampling) means that more digital data will be generated, which uses extra bandwidth

The mathematician Nyquist determined the answer to the question of how much sampling is required:

$$\text{sampling frequency rate} \geq 2 * f_{max}$$

$$\text{sampling time rate} = 1 / \text{sampling frequency rate}$$

where f_{max} is the highest frequency in the composite signal.

Nyquist's Theorem provides a practical solution to the problem:

Sample a signal at least twice as fast as the highest frequency that must be preserved

Örnek

Soru: Bir analog sinyal örneklenip sayısala dönüştürüldükten sonra yeniden analog işarete dönüştürüldüğünde aynı orijinal sinyalin elde edilmesi için örnekleme frekansı, f_s , sinyalin maksimum frekansının iki katına eşit ya da büyük olması gerekmektedir. Örnekleme zaman aralığı ise $T_s=1/f_s$ dir. O halde bir sinyalin maksimum frekansı 10KHz ise örnekleme frekansı, f_s ve örnek alma zaman aralığı, T_s değerlerini hesaplayınız.

- $f_{maks}= 10\text{KHz}=10\ 000\text{Hz}$
- $f_s=2*10000\text{Hz}=20000\text{Hz}$, $T_s=(10/2)*1/(10^5)=5*10^{-5}$ saniye=50mikrosaniye

Soru: Bir analog sinyal örneklenip sayısala dönüştürüldükten sonra yeniden analog işarete dönüştürüldüğünde aynı orijinal sinyalin elde edilmesi için örnekleme frekansı, f_s , sinyalin maksimum frekansının iki katına eşit ya da büyük olması gerekmektedir. Örnekleme zaman aralığı ise $T_s=1/f_s$ dir. O halde bir sinyalin maksimum frekansı 1KHz ise örnekleme frekansı, f_s ve örnek alma zaman aralığı, T_s değerlerini hesaplayınız.

- $f_{maks}= 1\text{KHz}=1000\text{Hz}$
- $f_s=2*1000\text{Hz}=2000\text{Hz}$, $T_s=(10/2)*1/(10^4)=5*10^{-4}$ saniye=0.5mikrosaniye

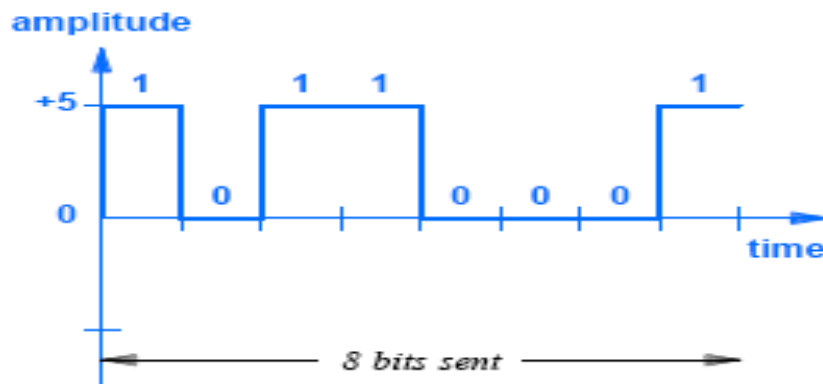
Digital Signals and Signal Levels

Some systems use voltage to represent digital values:

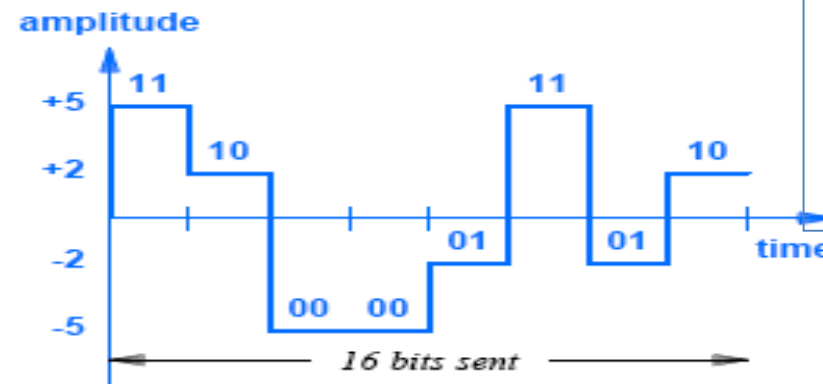
- Make a positive voltage correspond to a logical one
- zero voltage correspond to a logical zero

For example, +5 volts can be used for a logical one and 0 volts for a logical zero
If only two levels of voltage are used, *each level corresponds to one data bit (0 or 1)*

Some physical transmission mechanisms can support more than two signal levels,
When multiple digital levels are available each level can represent multiple bits.



(a)



(b)

For Example:
consider a system
that uses four
voltage levels:
**-5 volts, -2 volts,
+2 volts, +5 volts**

**Each level can
correspond to
two bits of data
as in Figure 6.8
(b).**

Digital Signals and Signal Levels

Gereken düzey sayısı ile gönderilecek bit sayısı arasındaki ilişki basittir:

- There must be a signal level for each possible combination of bits
- There are 2^n combinations possible with n bits

NOTE: Pratik elektronik sistemler, keyfi olarak küçük miktarlarda farklılık gösteren sinyalleri ayırt edemez. Bu nedenle, pratik sistemler birkaç sinyal seviyesiyle sınırlıdır.

Baud and Bits Per Second

Q: Belirli bir zamanda ne kadar veri gönderilebilir?

C: Cevap, iletişim sisteminin iki yönüne bağlıdır.

- *sinyal seviyesi sayısı*
- *sistemin bir sonraki seviyeye geçmeden önce belirli bir seviyede kaldığı süre (saniyedeki sinyal değişim sayısı)*

Baud and Bits Per Second

Defn: Baud hızı, sinyalin saniyede kaç kez değişebileceğidir.

For example: Bir sistem, sinyalin 0.001 saniye boyunca belirli bir seviyede kalmasını gerektiriyorsa, sistemin 1000 baud'da çalıştığını söylüyoruz.

Böylece, hem baud hızı hem de sinyal seviyelerinin sayısı, bir sistemin bit hızını kontrol eder.

Synchronization and Agreement About Signals

The electronics at both ends of a physical medium must have circuitry to measure time precisely and synchronize with the data as it arrives.

Example: If one end transmits a signal with 10 elements per second, the other end must expect exactly 10 elements per second.

Building electronic systems that agree at the high speeds used in modern networks is extremely difficult. A fundamental issue that arises from the way data is represented concerns synchronization of sender/receiver.

Line Coding

Several techniques are used to help with *synchronization* errors.

In general, there are two broad approaches:

- Before transmitting, the sender transmits a known pattern of bits (typically a set of alternating 0s and 1s) for receiver to use in synchronization
- Data is represented in such a way that synchronization is included in the encoding

The term line coding is used to describe the way data is encoded in a signal.

Encoding and Data Compression

Data compression refers to a technique that reduces the number of bits required to represent data.

Data compression is relevant to communication systems because reducing the number of bits used to represent data reduces the time required for transmission.

A communication system can be optimized by compressing data

There are two types of compression:

- *Lossy* - some information is lost during compression
- *Lossless* - all information is retained in the compressed version
- *Lossy* compression is generally used with data that a human consumes, such as an image, video/audio

Encoding and Data Compression

The key idea is that the compression only needs to preserve details to the level of human perception:

a change is acceptable if humans cannot detect the change

Example: JPEG (used for images) compression or MPEG-3 (abbreviated MP3 and used for audio recordings) employ *lossy* compression

Lossless compression preserves the original data without any change

- *lossless compression* can be used for documents or in any situation where data must be preserved exactly
- arbitrary data can be compressed by a sender and decompressed by a receiver to recover an exact copy of the original

(Chapter 29 discusses compression in more detail)

Discrete Signals

Discrete Unit Impulse and Step Signals

- The discrete **unit impulse signal** is defined:

$$x[n] = \delta[n] = \begin{cases} 0 & n \neq 0 \\ 1 & n = 0 \end{cases}$$

- Useful as a **basis** for analyzing other signals

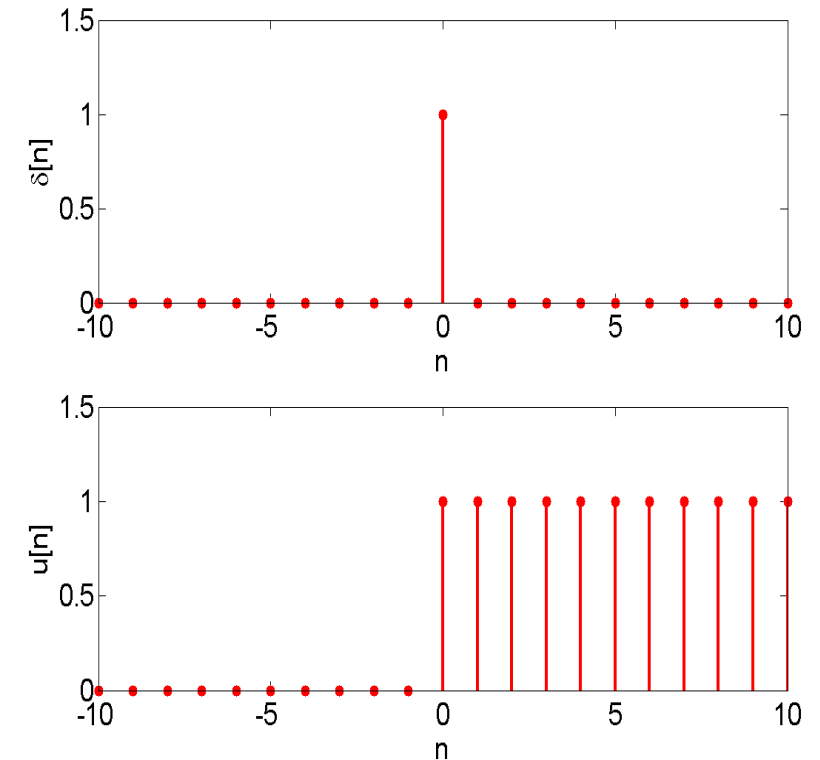
- The discrete **unit step signal** is defined:

$$x[n] = u[n] = \begin{cases} 0 & n < 0 \\ 1 & n \geq 0 \end{cases}$$

- Note that the unit impulse is the first difference (derivative) of the step signal

$$\delta[n] = u[n] - u[n - 1]$$

- Similarly, the unit step is the running sum (integral) of the unit impulse.

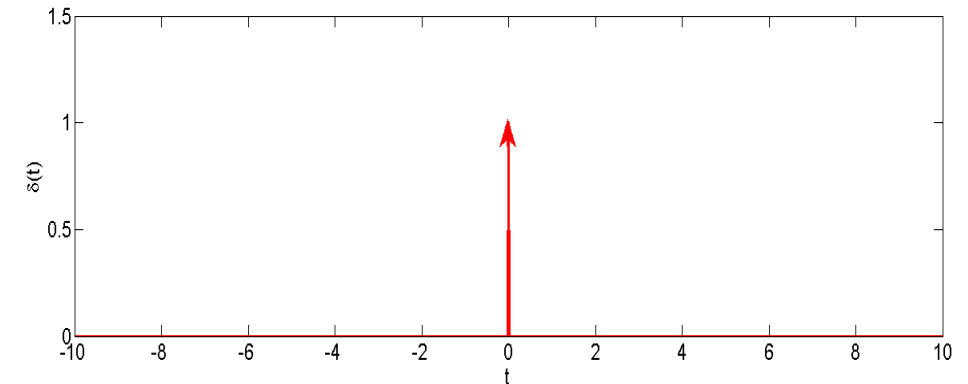


Continuous Unit Impulse and Step Signals

- The continuous **unit impulse signal** is defined:

$$x(t) = \delta(t) = \begin{cases} 0 & t \neq 0 \\ \infty & t = 0 \end{cases}$$

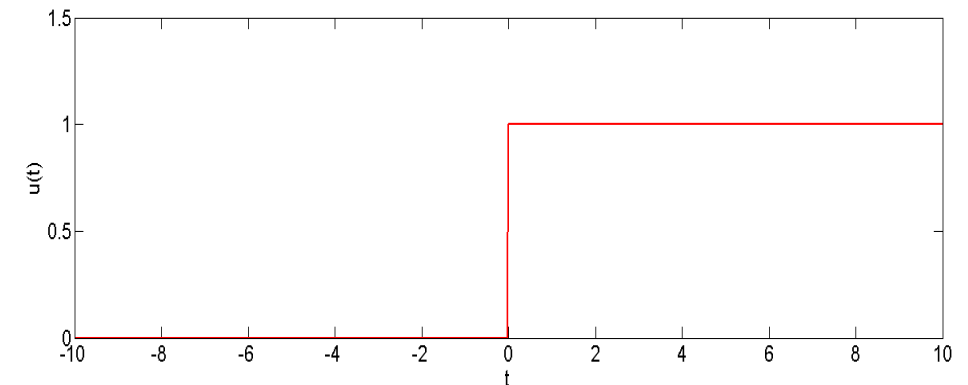
- Note that it is discontinuous at $t=0$
- The arrow is used to denote area, rather than actual value
- Again, useful for an infinite basis



- The continuous **unit step signal** is defined:

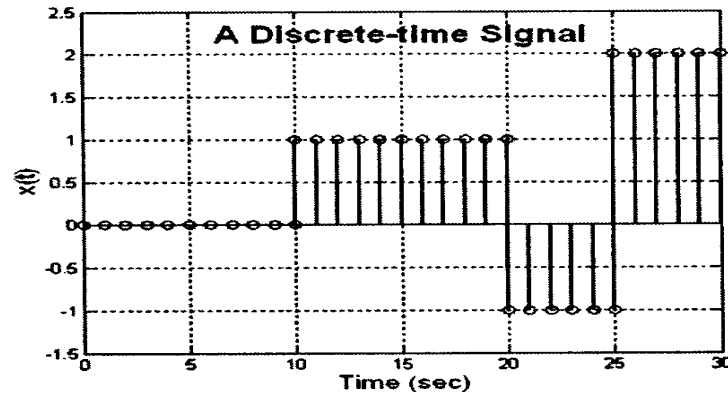
$$x(t) = u(t) = \int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau$$

$$x(t) = u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t > 0 \end{cases}$$



A piecewise discrete-time signal

- A piecewise discrete-time signal



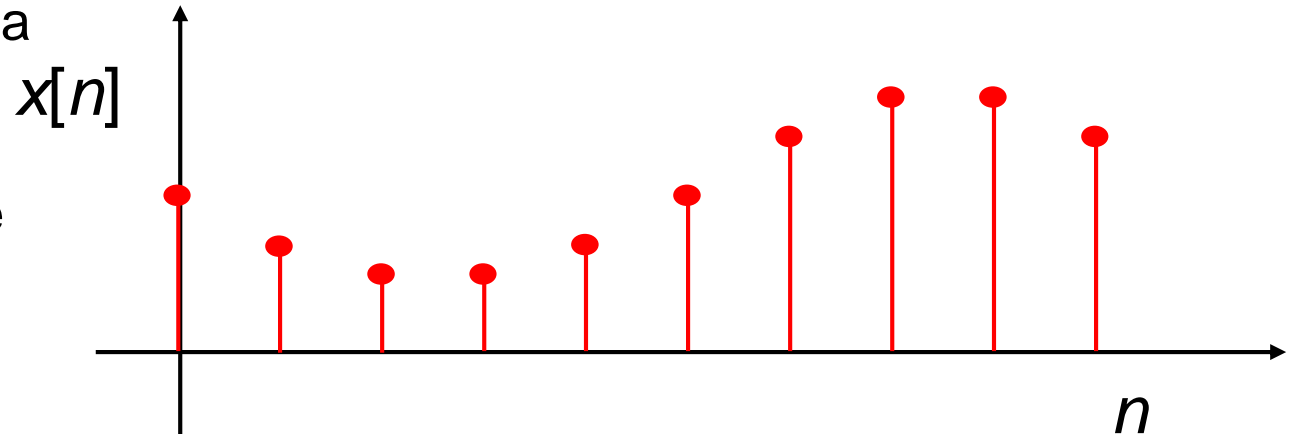
$$x[n] = \begin{cases} 0; & 0 \leq n \leq 10 \\ 1; & 10 < n \leq 20 \\ -1; & 20 \leq n \leq 25 \\ 2; & 25 < n \leq 30 \end{cases}$$

Discrete Time (DT) Signals

- Some real world and many digital signals are discrete time, as they are sampled
- E.g. pixels, daily stock price (anything that a digital computer processes)
- Denote by $x[n]$, where n is an integer value that varies discretely

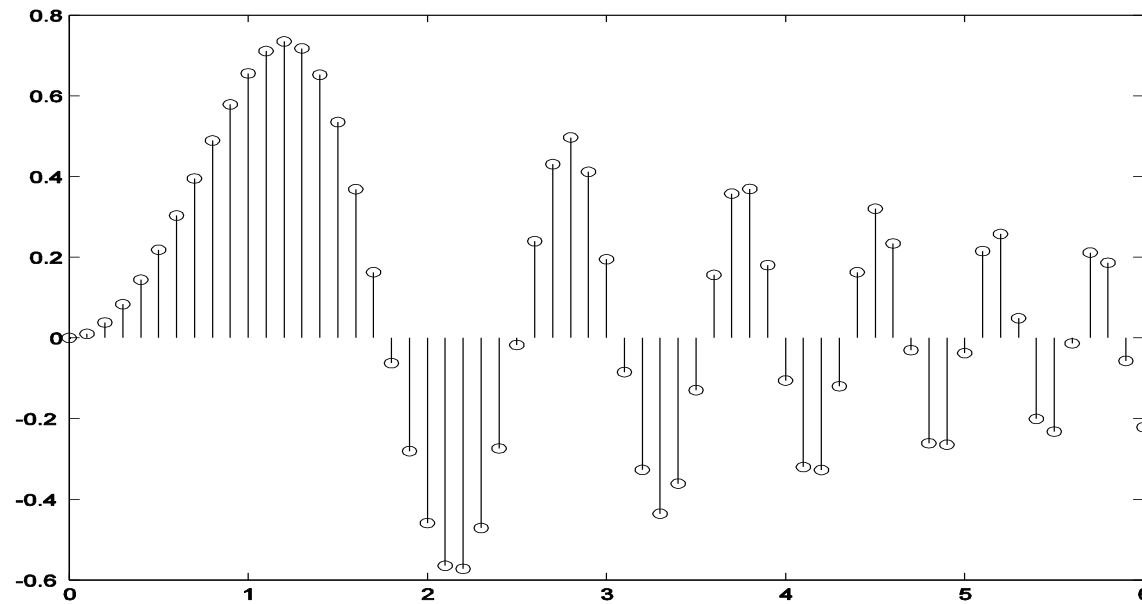
Sampled continuous signal

$$x[n] = x(nk)$$



A discrete-time signal

- A discrete signal $x[n]$ is defined only at discrete instances. Thus, the independent variable has discrete values only.



Sampling

- ❑ A discrete signal can be derived from a continuous-time signal by sampling it at a **uniform rate**.
- ❑ If τ denotes the sampling period and n denotes an integer that may assume positive and negative values, $x(n\tau)$
- ❑ Sampling a continuous-time signal $x(t)$ at time $t = n\tau$ yields a sample of value
- ❑ For convenience, a discrete-time signal is represented by a sequence of numbers:
- ❑ We write $x[n] = x(n\tau) \quad \forall n$
- ❑ Such a sequence of numbers is referred to as a **time series**.

Information Sources & Signals

Why Binary Arithmetic?

- Bilgisayarın belleğine tüm veriler bit: 1/ 0 olarak kaydedilir.
- İşlemcide tüm işlemler bit: 1/0 lardan yapılır.
- Veri transferi bit: 1/0, bps
- Donanım sadece bit: 1/0 ikili sayı sisteminde elektriksel sinyaller ile yapılır.
Transistör.
- **Must represent all numbers, integers or floating point, positive or negative, by binary digits, called *bits* (0/1).**
- Can devise electronic circuits to perform arithmetic operations: add, subtract, multiply and divide, and mantıksal işlemler, karşılaştırmalar on binary numbers.

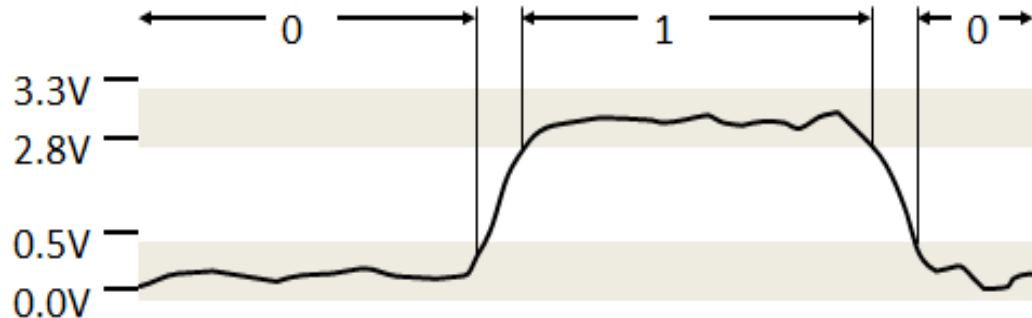
İkili Sinyaller- Bit (0/1)

İkili sinyal (Binary signal), ikili durum sinyali: İki durumlu veriler (0/1).

- off & on
- Elektriksel sinyaller ile taşınır, saklanır. low voltage & high voltage; 0v & 5v

Bit: Sadece matematiksel bir kavram değil, aynı zamanda fiziksel dünyada karşılığı vardır.

- İkili sayı sistemi 0 veya 1 değerine sahip olur ve başka hiçbir şey olmaz.
- **Bir bit, bir bilgisayardaki en küçük bilgi birimidir**



Sayısal Sistemlerde Temel Birimler

- Bilgisayar sistemlerinde temel bilgi birimi bit: (1/0)
- Bit: 0/1; bitler elektriksel sinyaller ile temsil edilir.
- Byte: 8 bitlik veriyi temsil eder. Ya da 1byte'lık bellek gözünü işaret eder. Belleklerde 2'li tabandaki işlemleri temsil eder. Adres Bus; bellek ve bellek gözü seçer.
- Bellek Boyutu: 2^n ile ifade edilir. Burada n: belleğe gelen adres hat sayısıdır. 2 hat gelirse hat üzzerine: 00, 01,10,11 olur. O halde $2^2=4$ byte
- Bit/sec: Transfer edilecek ya da işlenecek bir saniyedeki veri miktarını temsil eder. 10^n tabandaki üssel işlemler ile gösterilir.
- Qubit: Quantum hesaplamalarda en küçük veriyi temsil eder.
- Elektron: Qubitler elektronlar ile temsil edilir.

Byte

Byte: Bellek boyutunu verir. Elektronik ve bilgisayar bilimlerinde genellikle 8 bitlik dizilim boyunca 1 veya 0 değerlerini bünyesine alan ve kaydedilen bilgilerin türünden bağımsız bir bellek ölçüm birimidir.

Kilobyte	Kb	2^{10} Byte
Mega Byte	Mb	2^{20} Byte
Giga Byte	Gb	2^{30} Byte
Tera Byte	Tb	2^{40} Byte
Peta Byte	Pb	2^{50} Byte
Exa Byte	Eb	2^{60} Byte
Zetta Byte	Zb	2^{70} Byte
Yotta Byte	Yb	2^{80} Byte

Bit terimi belleğin 8 bitlik bir değerini işaretleyen ya da tanımlayan en küçük birimi olarak tanımlanmıştır.

Byte→bellekte 8bitlik adres gözü ya da bellek boyutu tanımlar tanımlanır.

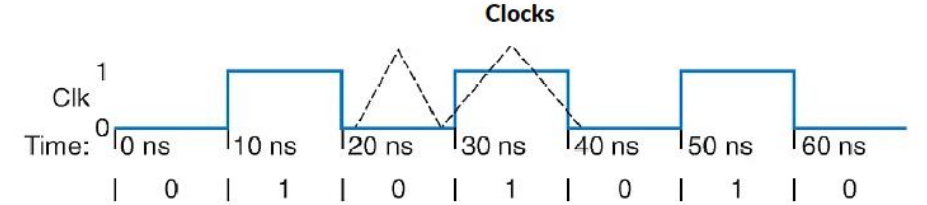
Soru: 1 Terabyte bellek gözünde kaç bit vardır. Bir adet bit 3 adet transistor devresi ile yapılıyorsa kaç adet transistor kullanılmıştır?

1Terabyet= 2^{40} byte; 1 Byte=8 bit= 2^3 bit ise 1Tbyte= $(2^{40}) * (2^3)$ bit= 2^{43} bit

$2^{43} * 3$ transistor kullanılmıştır.

Dijital Sinyal Tanımları

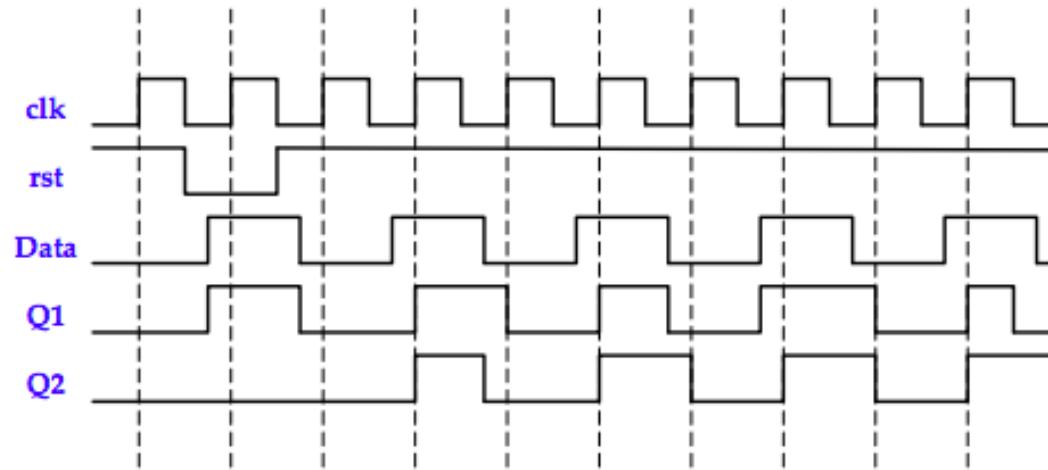
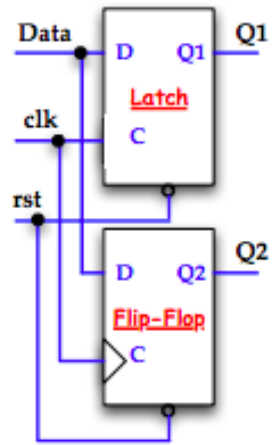
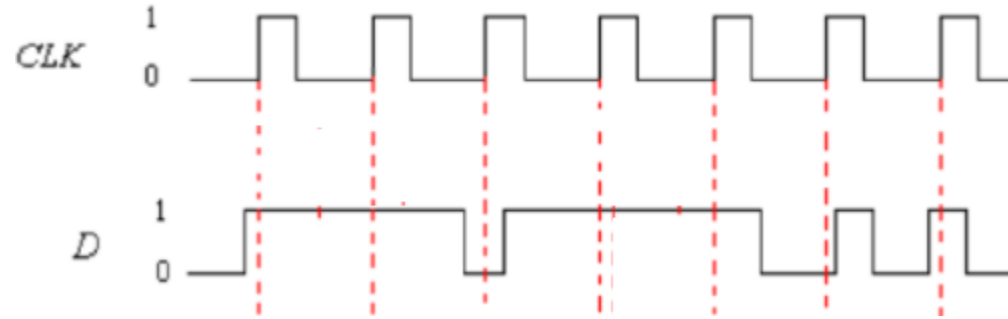
- **Dijital sinyal:** Bir dizi ikili sayı sisteminden oluşan sinyaldir. Bilginin işlendiği ortamlar dijitaldir.
- **Birim Darbe Sinyali:** Bir seviyeden diğerine, darbe genişliği adı verilen süre boyunca değişen sinyaldir, sonrasında orijinal seviyeye döner.
- **Clock Sinyali:** Eşit aralıklı sürekli elektriksel darbe katarı sinyalidir. Verileri temsil eden bitler (0/1) clock darbe katarının yükselen ya da düşen kenar ile tetiklenerek anlam kazanır. **Verinin uzunluğu clock sinyalinin periyodu süresi kadar olmalıdır.**
- **Eşit aralıklarla tekrar eden sinyalin birim uzunluğudur.**
- **Bit:** Bir bilgisayardaki olası en küçük bilgi birimidir (0/1). Elektriksel sinyal olarak taşınır ve işlenir.
- **İkili (Binary) sayı sistemi:** Bit (0/1) ile temsil edilen sayı sistemidir.
- **Byte:** 8 bit veriyi temsil eder ya da 8 bitlik bellek birimini işaret eder.



- **Clock period:** time interval between pulses
 - Above signal: period = 20 ns
- **Clock cycle:** one such time interval
 - Above signal shows 3.5 clock cycles
- **Clock frequency:** $1/\text{period}$
 - Above signal: frequency = $1 / 20 \text{ ns} = 50 \text{ MHz}$
 - $1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$

Freq	Period
100 GHz	0.01 ns
10 GHz	0.1 ns
1 GHz	1 ns
100 MHz	10 ns
10 MHz	100 ns

Data and Clock



Digital Signals and Signal Levels

The relationship between the number of levels required and the number of bits to be sent is straightforward:

- There must be a signal level for each possible combination of bits
- There are 2^n combinations possible with n bits

NOTE: Practical electronic systems cannot distinguish between signals that differ by arbitrarily small amounts. Thus, practical systems are restricted to a few signal levels.

Baud and Bits Per Second

Q: How much data can be sent in a given time?

A: The answer depends on two aspects of the communication system.

- the number of signal levels
- the amount of time the system remains at a given level before moving to the next (the number of signal changes per second)

Baud and Bits Per Second

Defn: The **baud rate** is how many times the signal can change per second.

For example: If a system requires the signal to remain at a given level for 0.001 seconds, we say that the system operates at 1000 baud

Thus, both the baud rate and the number of signal levels control the bit rate of a system.

Synchronization and Agreement About Signals

The electronics at both ends of a physical medium must have circuitry to measure time precisely and synchronize with the data as it arrives.

Example: If one end transmits a signal with 10 elements per second, the other end must expect exactly 10 elements per second.

Building electronic systems that agree at the high speeds used in modern networks is extremely difficult.

A fundamental issue that arises from the way data is represented concerns synchronization of sender/receiver.

Line Coding

Several techniques are used to help with *synchronization* errors.

In general, there are two broad approaches:

- Before transmitting, the sender transmits a known pattern of bits (typically a set of alternating 0s and 1s) for receiver to use in synchronization
- Data is represented in such a way that synchronization is included in the encoding

The term line coding is used to describe the way data is encoded in a signal.

Manchester Encoding Used in Computer Networks

Manchester Encoding is used with Ethernet

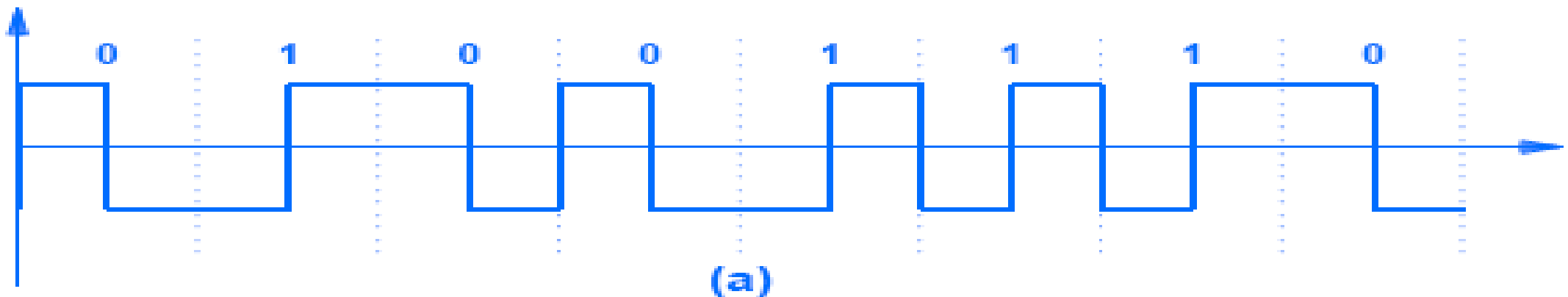
Why? Because detecting a transition in signal level is easier than measuring the signal level

So *Manchester Encoding uses transitions* rather than levels to define bits

In Manchester Encoding,

- a 1 corresponds to a transition from negative voltage level to a positive voltage level
- a 0 corresponds to a transition from a positive voltage level to a negative level

The transitions occur **in the middle** of the time slot of a bit.





Sinyallerin Analizi

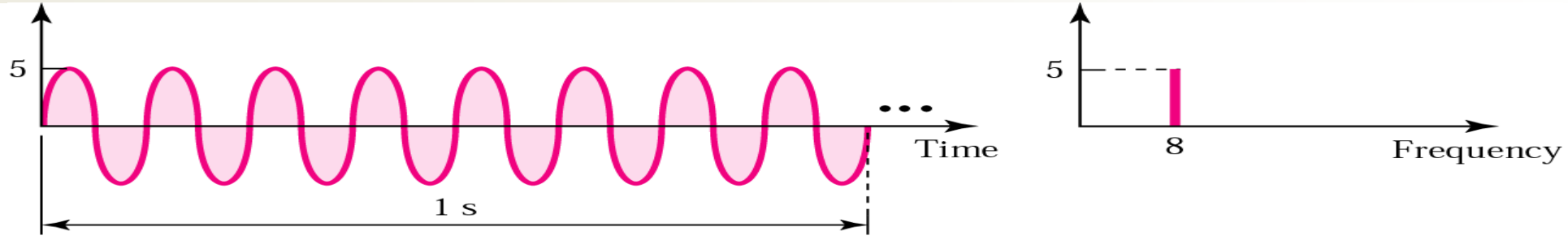
Sinyallerin Analizi

- Tek frekanslı sinüs dalgası veri iletişimde kullanışlı değildir.
- Analog sinyaller kompozit sinüoidal sinyallerden oluşur.
- Fourier analizine göre, herhangi bir kompozit sinyal, farklı frekanslara, genliklere ve fazlara sahip basit sinüs dalgalarının bir kombinasyonudur.

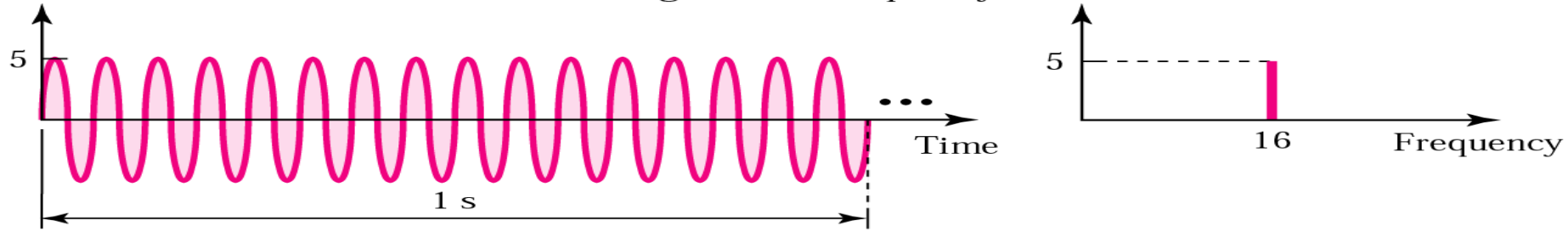
Analog Sinyallerin Analiz edilmesi

- Sinyaller analiz edilirken üç domende analiz edilir: Zaman, frekans ve faz.
- Zaman domeninde; frekansa, genliğe, faza ve peryoduna bakılır. Osiloskop kullanılır.
- Analog sinyal, çok sayıda frekans bileşiminden oluştuğundan, zaman domeninde analiz etmek zordur. O nedenle frekans domeninde analiz edilir. (Spektrume Analyzer)
- Analog sinyali oluşturan frekansların band genişliği, frekanslarına bağlı olarak genişlikleri ve fazları analiz edilir.
- Frekans spektrumunda işaretin başladığı ve bittiği frekans aralığı bant genişliğini verir. Bir işaretin alt frekansı $=f_1$, üst frekansı $=f_2$ ise sinyalin band genişliği $BW=f_2-f_1$ dir.
- Frekans bulunurken 1 saniyedeki peryod sayısına bakılır.

Time and frequency domains



b. A signal with frequency 8



c. A signal with frequency 16



Frekans, bir saniyedeki periyot sayısıdır.

Frekans bir saniyedeki titreşim sayısıdır. Titreşim rezonanstır.

Fourier Series

- Fourier analizi, bir zaman alanı sinyalini bir frekans alanı sinyaline ve bunun tersi şekilde değiştiren bir araçtır.
- Her bileşik periyodik sinyal, bir dizi sinüs ve kosinüs fonksiyonuyla temsil edilebilir.
- Fonksiyonlar, bileşik sinyalin temel frekansı "f" nin integral harmonikleridir.
- Seriyi kullanarak herhangi bir periyodik sinyali harmoniklerine ayrıştırabiliriz.

Fourier series

$$s(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cos(2\pi nft)$$

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt \quad A_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \cos(2\pi nft) dt$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \sin(2\pi nft) dt$$

Coefficients

Fourier Dönüşümü

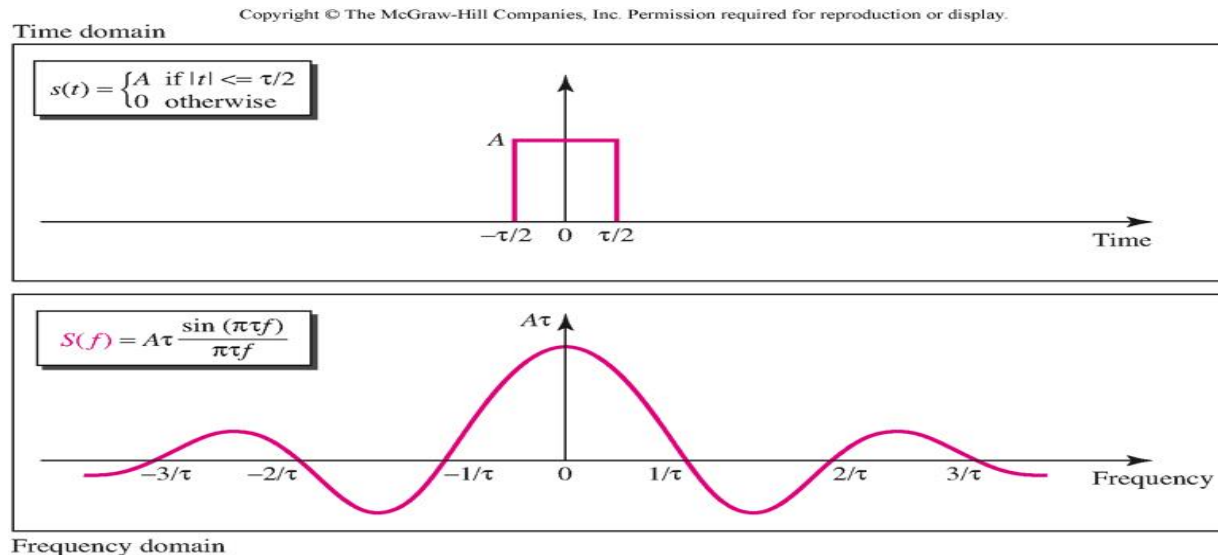
- Fourier Dönüşümü, periyodik olmayan bir zaman aralığı sinyalinin frekans aralığını verir.

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

Fourier transform

$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{j2\pi ft} dt$$

Inverse Fourier transform

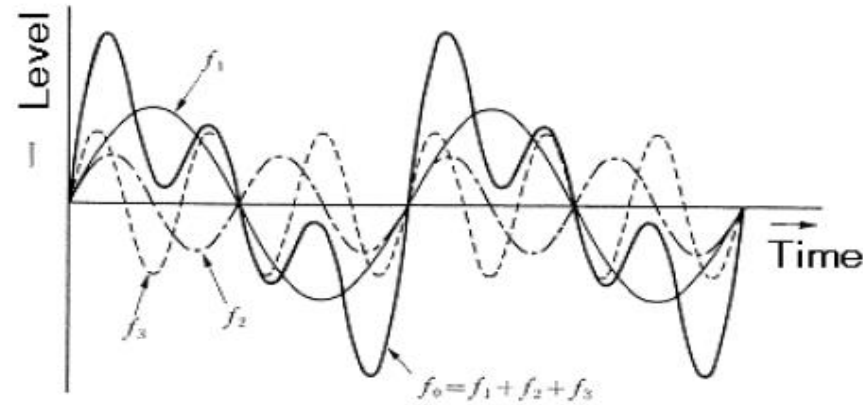


Sinyallerin Ölçülmesi

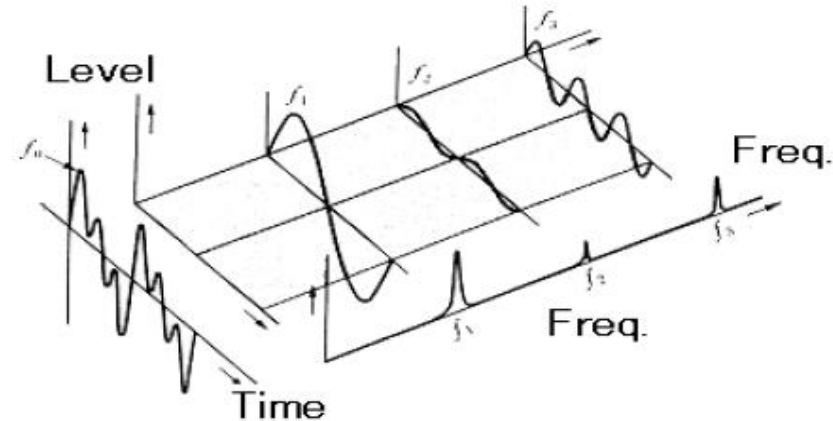
- Multimeter: Akım, Gerilim, Direnç
- Power meter: Güç seviyesi
- Frequency counter: Frekans
- Spectrum analyzer: Elektromanyetik Spektrum, sinyallerin frekanslarını
- Network analyzer: Sinyal iletme ve alma; yansıma
- Oscilloscope: Sinyallerin zamanda değişen karakteristikleri
- Modulation analyzer: Modülasyon karakteristikleri

Describing Electrical Signals

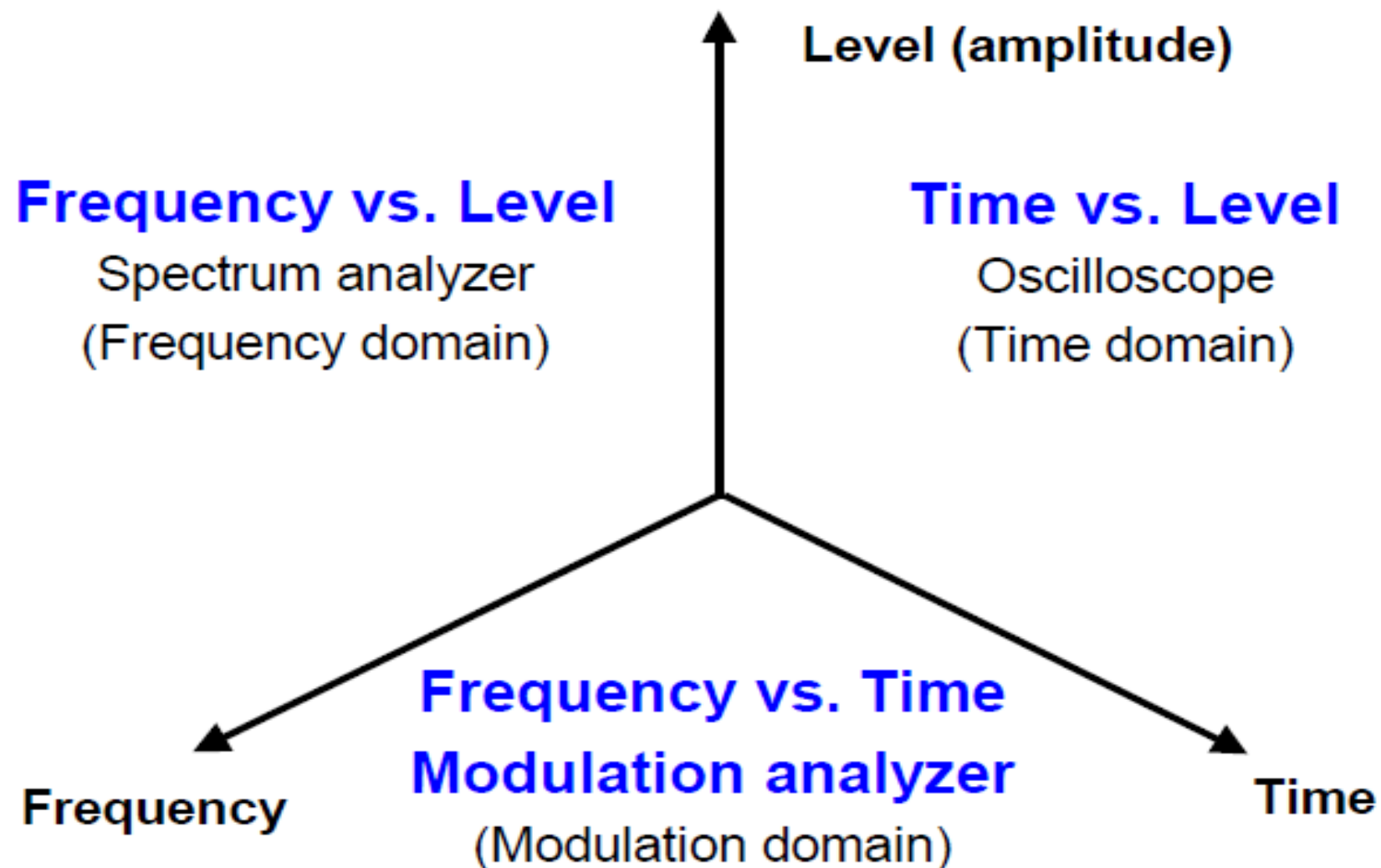
Oscilloscope waveforms



Spectrum analyzer waveforms



Measurement Categories



Sinyallerinin Analizi

Zaman domeni

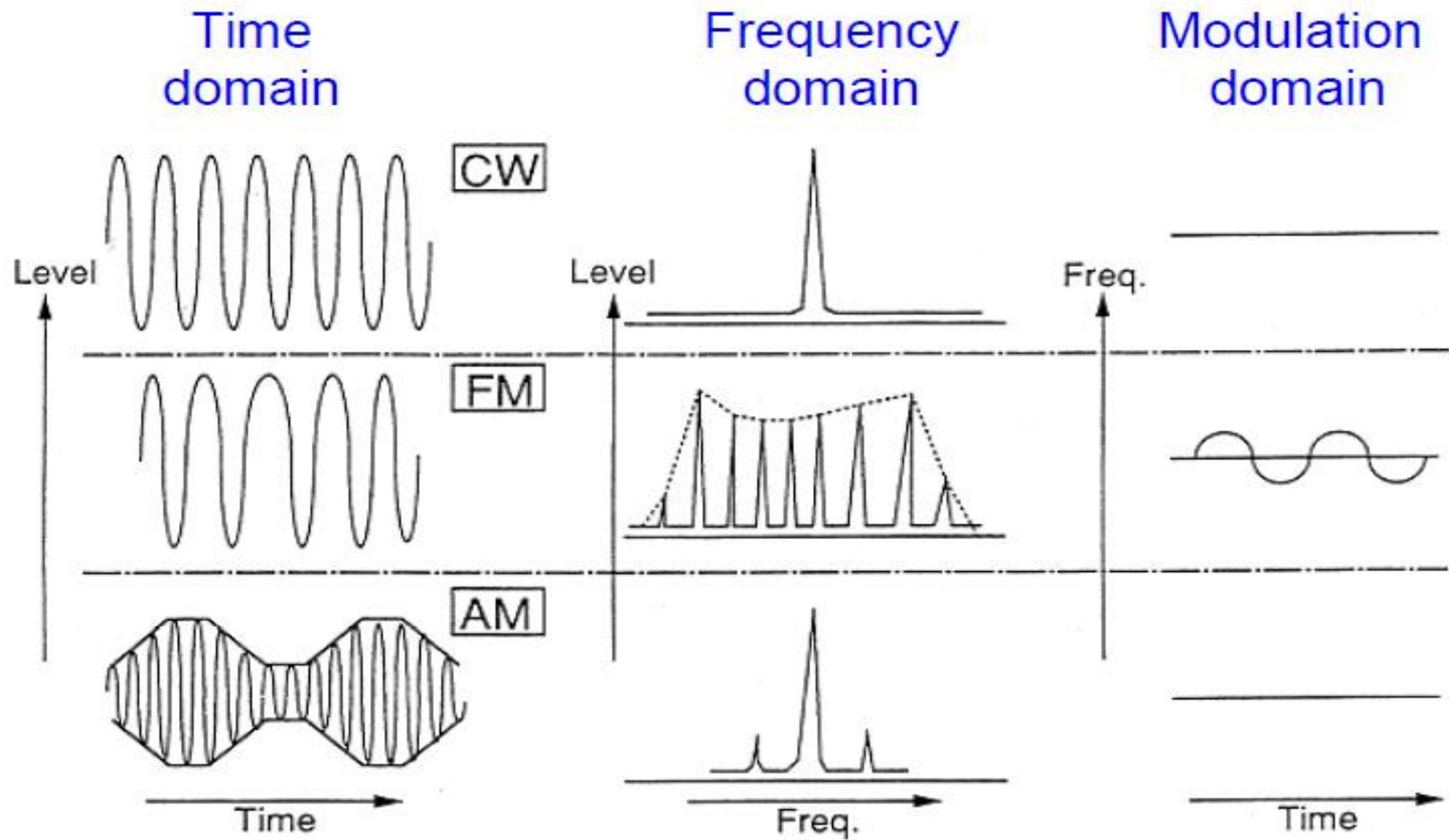
- Zaman değişiklikleri görülebilir.
- Bir sinyalin çok sayıda frekans elemanı varsa, analiz zordur.

Frekans Alanı

- Karmaşık bir sinyalin her bir elemanı frekansına göre kolayca ayrılabilir.
- Düşük seviyeli bozulma sinyalleri tespit edilebilir.
- Yapay sinyaller ölçülebilir.

Modülasyon Alanı

- Frekansta değişiklikler görülebilir.
- Modülasyon doğruluğu analiz edilebilir.
- Genlikteki değişiklikler görülemez.



Spektrum Analizör

Frekansına göre bir elektromanyetik sinyali görüntüleyen bir ölçüm cihazı. Giriş sinyalinde bulunan her bir frekans bileşeni, o frekansa karşılık gelen bir sinyal seviyesi olarak görüntülenir.

- Suitable Input Level
- Maximum Input Level
- Measurement Frequency Range
- Sideband Noise
- Resolution bandwidth for frequency (RBW)
- RBW and Sweep Time
- Detection method
- Video filter (VBW)
- Dynamic Range (Average Noise Level, Residual response, Distortion)

Kaynaklar

- Analog Electronics, Bilkent University
- Electric Circuits Ninth Edition, James W. Nilsson Professor Emeritus Iowa State University, Susan A. Riedel Marquette University, Prentice Hall, 2008.
- Lessons in Electric Circuits, By Tony R. Kuphaldt Fifth Edition, last update January 10, 2004.
- Fundamentals of Electrical Engineering, Don H. Johnson, Connexions, Rice University, Houston, Texas, 2016.
- Introduction to Electrical and Computer Engineering, Christopher Batten - Computer Systems Laboratory School of Electrical and Computer Engineering, Cornell University, ENGRG 1060 Explorations in Engineering Seminar, Summer 2012.
- Introduction to Electrical Engineering, Mulukutla S. Sarma, Oxford University Press, 2001.
- Basics of Electrical Electronics and Communication Engineering, K. A. NAVAS Asst.Professor in ECE, T. A. Suhail Lecturer in ECE, Rajath Publishers, 2010.
- <http://www.ee.cityu.edu.hk/~csl/sigana/sig01.ppt>
- İnternet ortamından sunum ve ders notları

Usage Notes

- These slides were gathered from the presentations published on the internet. I would like to thank who prepared slides and documents.
- Also, these slides are made publicly available on the web for anyone to use
- If you choose to use them, I ask that you alert me of any mistakes which were made and allow me the option of incorporating such changes (with an acknowledgment) in my set of slides.

Sincerely,
Dr. Cahit Karakuş

`cahitkarakus@esenyurt.edu.tr`

Thank You