

# MDDE102 Sinyal İşleme

## Sistemler, Temel İşlemler ve Blok Diyagramlar

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Oğuz

İstanbul Okan Üniversitesi  
Meslek Yüksekokulu  
Elektronik ve Haberleşme Teknolojisi Programı

2025-2026 Güz Dönemi

# Geçen Haftadan Hatırlatma 1: Temel Kavramlar

## Sinyal Nedir?

Bilgi taşıyan fiziksel büyüklüktür.

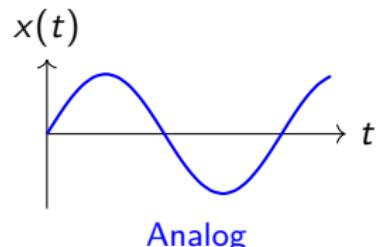
İki temel dünyamız vardı:

### ① Analog ( $x(t)$ ):

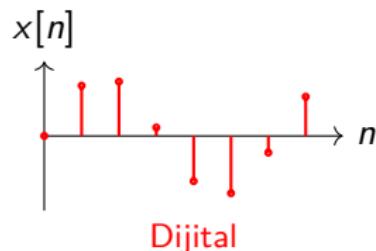
- Doğanın kendisidir.
- Kesintisizdir (Sürekli).

### ② Dijital ( $x[n]$ ):

- Bilgisayarın dilidir.
- Ayrık ve sayısaldır (0-1).



Analog



Dijital

# Analog ve Dijital Karşılaştırması

## Analog Sinyal (Doğal Olan)

- ✓ **Avantajı:** Gerçekin ta kendisidir, çözünürlüğü sonsuzdur.

## Dezavantajları:

- ✗ **Gürültü:** Çabuk bozulur, çizirti eklenir. Temizlemesi zordur.
- ✗ **Saklama:** Kaset veya plaklar zamanla eskir, fiziksel yer kaplar.
- ✗ **Kopyalama:** Her kopyada kalite biraz daha düşer (Fotokopinin fotokopisi gibi).

## Dijital Sinyal (Bilgisayar Dili)

- ✗ **Dezavantajı:** Gerçekin sadece bir "taklididir" (Örnekleme).

## Avantajları:

- ✓ **Gürültü:** Çok dirençlidir. Sinyal bozulsa bile onarılabilir.
- ✓ **Saklama:** USB, HDD veya Bulut ile sonsuza kadar saklanır.
- ✓ **Esneklik:** Yazılım ile sekilden şekle sokulabilir (Efektler, filtreler).

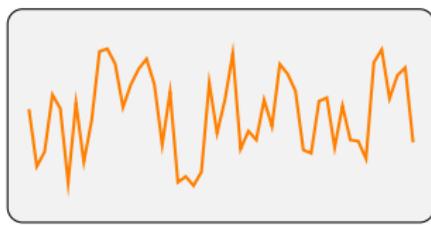
## Sonuç

Günümüzde Analog sinyalleri sadece **giriş ve çıkışta** (duymak ve görmek için) kullanırız; aradaki tüm işlemleri **Dijital** olarak yaparız.

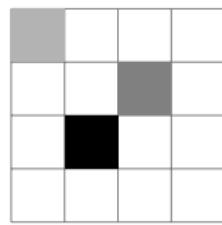
# Geçen Haftadan Hatırlatma 2: Sinyal Örnekleri

Sinyaller sadece elektrikten ibaret değildir. Hayatın her yerindedirler:

## 1. Ses Sinyali (1D)



## 2. Görüntü Sinyali (2D)



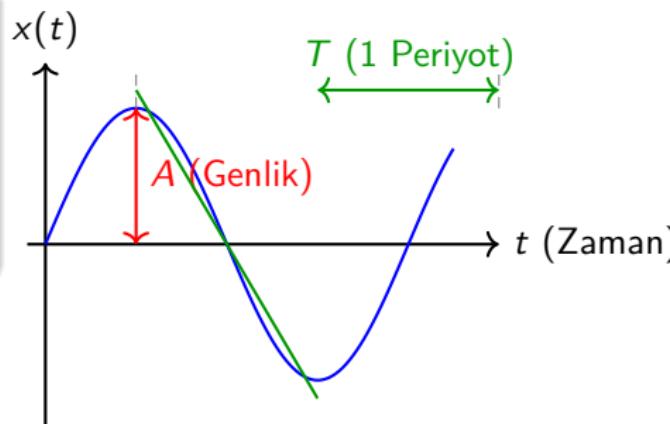
- Zamana göre değişir.
- *Örnek:* Konuşma, Müzik, Gürültü.

- Konuma (pixsel) göre değişir.
- *Örnek:* Fotoğraf, Röntgen.

# Sinyallerin Matematiksel Modeli (Neden Matematik?)

## Neden Modelliyoruz?

Fiziksel bir olayı (örneğin sesi) bilgisayara veya elektronik bir devreye doğrudan anlatamayız. Onu sistemlerin anlayacağı **evrensel dile (matematiğe)** çevirmeliyiz.



## En Temel Model: Sinüs Dalgası

$$x(t) = A \cdot \sin(2\pi ft)$$

- **A (Genlik)**: Sinyalin gücü / şiddeti.
- **f (Frekans)**: Sinyalin saniyedeki titreşim hızı.
- **t (Zaman)**: Sürekli değişen an.

Doğadaki çoğu karmaşık sinyal, bu basit sinüs modellerinin toplamından oluşur.

# Matematiksel Özeti: Sinüzoidal Sinyal Parametreleri

Sinyal işlemede en çok kullandığımız sinyal modeli **Sinüs Dalgasıdır.**

## Genel Formül

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

① **A (Genlik):** Sinyalin tepe değeri  
(Volt, Amper vb.).

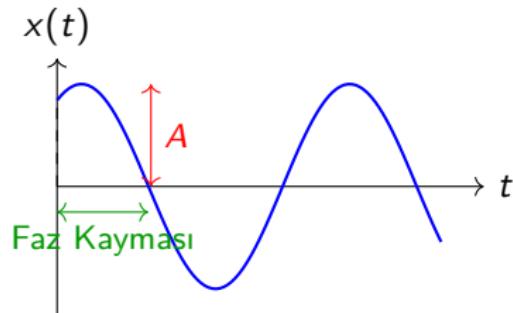
②  **$\omega$  (Açısal Frekans):** Dönme hızı.

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

③ **f (Frekans):** Saniyedeki devir sayısı  
(Hertz).

④ **T (Periyot):** Bir tam tur süresi  
(Saniye).

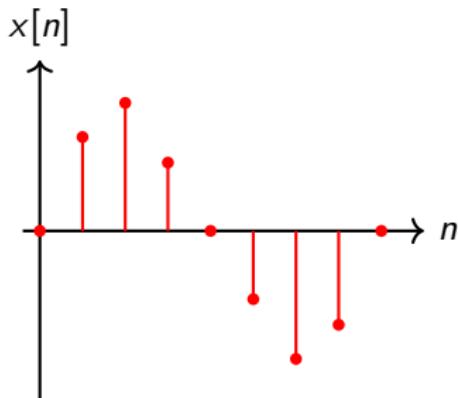
⑤  **$\phi$  (Faz):** Başlangıç açısı  
(Gecikme/Öteleme).



$f$  artarsa dalgalar sıklaşır,  $A$  artarsa dalgalar uzar.

# Matematikten Bilgisayara: Sayı Dizisi Olarak Sinyal

Sürekli bir fonksiyonu ( $x(t)$ ) bilgisayar hafızasında tutamayız. Bilgisayarlar sinyalleri **matematiksel sayı dizileri (vektörler/matrisler)** olarak modeller.



Sayısal (Ayrık) Model:  $x[n]$

Sinyal artık sürekli bir çizgi değil, peş peşe gelen anlardaki **ölçüm değerleridir**.

Bilgisayarın (veya DSP'nin) hafızasında gördüğü tablo:

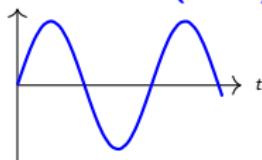
$$x[n] = \{0.0, 1.1, 1.5, 0.8, 0.0, \dots\}$$

→ Sinyal işleme yazılımları (Python, MATLAB vb.) bu sayı listelerini alıp **toplama ve çarpma** işlemleri yapar.

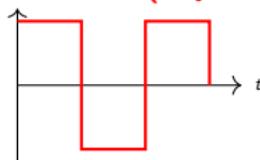
# Temel Sinyal Tipleri

Sinyal işlemede en sık karşılaştığımız üç temel dalga şekli şunlardır:

## 1. Sinüs (Sine)



## 2. Kare (Square)



## 3. Üçgen (Triangle)



- **Doğaldır:** Saf ses, şebeke elektriği (AC).
- Tek bir frekanstan oluşur.

- **Yapaydır:** Bilgisayar saat sinyali (Clock), PWM.
- Aniden 1 ve 0 (veya  $+V$  ve  $-V$ ) olur.
- ideal dijital sinyaldir

- **Lineerdir:** Tarama (Scanning) işlemlerinde kullanılır.
- Düzgün artar ve azalır.

## İpucu

Kare ve Üçgen dalgalar, aslında **sonsuz sayıda Sinüs dalgasının** toplamından oluşur (Fourier Serisi - İlleride göreceğiz).

# Geçen Haftadan Hatırlatma 3: Ham Sinyal Neden Yetersiz?

Doğadan veya sensörlerden aldığımız "Ham Sinyal" çoğu zaman doğrudan kullanılamaz.

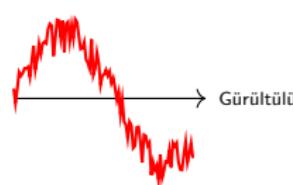
## ① Zayıf Olabilir (Genlik Sorunu):

- Mikrofonun ürettiği elektrik (mV), dev hoparlörü süremez.
- Çözüm: Yukseltilmesi gereklidir.



## ② Kirli Olabilir (Gürültü Sorunu):

- Ortamındaki çizıntı, parazit veya şebeke gürültüsü sinyale karışır.
- Çözüm: Filtrelenmesi gereklidir.



## Ek Sorun

**Saklama:** Analog sinyali (Plak/Kaset) saklamak zordur, digitale (MP3/JPEG) dönüştürmek gereklidir.

# Geçen Haftadan Hatırlatma 4: Çözüm Nedir?

Peki, zayıf veya kirli sinyali alıp; onu güçlendiren, temizleyen veya şeklini değiştiren o "Sihirli Kutu"ya ne diyoruz?



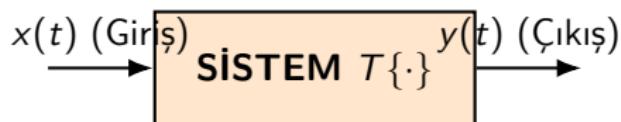
## Tanım (Çokomelli)

Sinyalleri işleyerek onlara şekil veren, değiştiren veya analiz eden her yapıya **SİSTEM** denir.

*Bu haftanın ana konusu, işte bu kutunun (Sistemin) özellikleridir.*

# Sistem Nedir? (Kara Kutu Mantığı)

- **Tanım (Çokomelli):** Sinyalleri işleyerek onlara şekil veren, değiştiren veya analiz eden her yapıya *SİSTEM* denir. Sistem temel olarak Giriş sinyalini ( $x(t)$ ) alıp, üzerinde bir işlem yaparak çıkış sinyali ( $y(t)$ ) üreten yapıdır.
- Sinyal işlemede buna "**Kara Kutu**" (**Black Box**) deriz. İçini bilmesek bile ne yaptığını (giriş-çıkış ilişkisini) bilmek yeterlidir.



# Günlük Hayattan Sistem Örnekleri

Her elektronik cihaz bir sinyal işleme sistemidir.

## Gitar Pedali

Distortion

- **Giriş:** Temiz ses
- **İşlem:** Kırpmacı
- **Çıkış:** Rock tonu

## Ekolayzer (EQ)

Filtre

- **Giriş:** Müzik
- **İşlem:** Bas artırıcı
- **Çıkış:** Güçlü bas

## Gürültü Önleyici

Tersleme

- **Giriş:** Gürültü
- **İşlem:**  $-1$  ile çarpıma
- **Çıkış:** Sessizlik

# Sistem Özellikleri 1.1: Doğrusallık - Ölçekleme

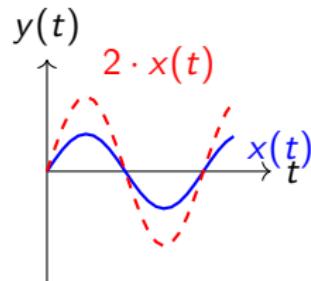
Doğrusallığın birinci kuralı **Orantılılık (Scaling)** ilkesidir.

## Kural

Giriş sinyali bir katsayı ( $a$ ) ile çarpılırsa, çıkış da aynı oranda artmalı veya azalmalıdır. Şekli bozulmamalıdır. Bu ideal sistemdir.

## Örnek: Ideal Ses Düğmesi

- Sesin ayarını %50'den %100'e getirirseniz, duyduğunuz müzik şiddeti 2 katına çıkar.
- Sesi kısılığınızda sadece şiddet azalır, şarkıcının sesi robot sesine dönüşmez.
- Ses düğmesi sadece ve sadece şiddeti ( $y(t)$ ) değiştirir, frekans ( $(y)$ 'ye bağlı) aynı kalır.



*Giriş 2 katına çıkınca, çıkış da aynı 2 katına çıkar.*

# Sistem Özellikleri 1.2: Doğrusallık - Toplamsallık

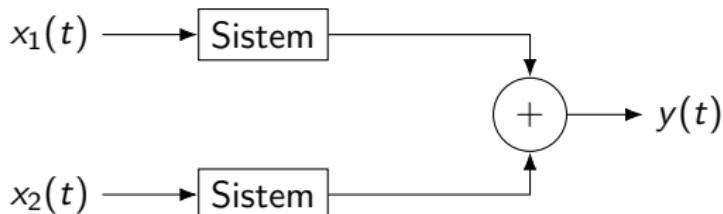
Doğrusallığın ikinci kuralı **Süperpozisyon (Toplamsallık)** ilkesidir.

## Kural

Sisteme iki farklı sinyal aynı anda girerse, sistem bunları birbirine **karıştırmadan** ayrı ayrı işleyip toplamalıdır.

## Örnek: Orkestra

- Bir mikrofona hem "Gitar" hem "Vokal" sesi geliyorsa; hoparlörden ikisinin toplamını duyarız. Gitarın sesi vokali ezip yok etmez veya vokalle çarpılıp garip sesler çıkarmaz.



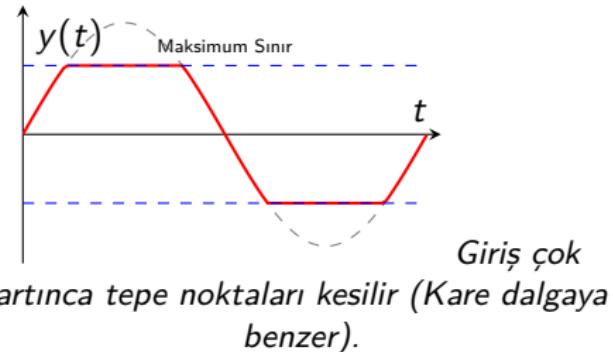
Girişler toplanıp girse de sonuç değişmez.

# Sistem Özellikleri 1.3: Doğrusal Olmayan Sistemler

Gerçek hayatta her sistem bir noktadan sonra **Doğrusallıktan Çıkar**.

## Sorun: Doyum (Saturation)

- Girişi artırmaya devam ederseniz, sistemin gücü bir noktada yetersiz kalır ve sinyalin tepesini **keser (Clipping)**.
- Bu durum sinyalde **Bozulma (Distortion)** yaratır.



Sinyal İşlemede genelde bu istenmeyen bir durumdur.

# Matematiksel Özeti: Sinüzoidal Sinyal Parametreleri

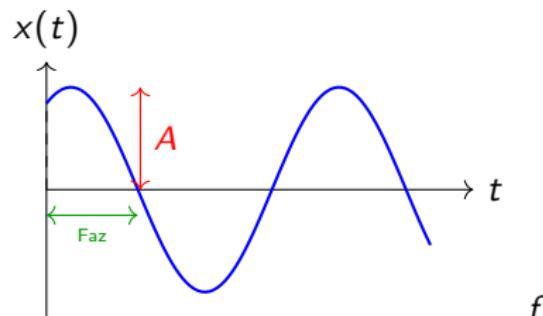
Sinyal işlemede en çok kullandığımız model **Sinüs Dalgasıdır.**

## Genel Formül

$$x(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

### Parametreler:

- ① **A (Genlik):** Sinyalin şiddeti.
- ②  **$\omega$  (Açışal Hız):**  $\omega = 2\pi f$ .
- ③ **f (Frekans):** Saniyedeki titreşim.
- ④ **T (Periyot):** Bir tur süresi ( $1/f$ ).
- ⑤  **$\phi$  (Faz):** Başlangıç gecikmesi.



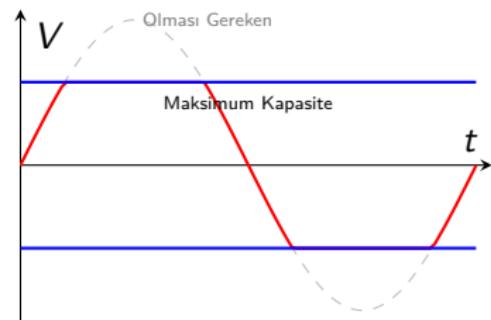
*artarsa dalgalar sıklaşır, A artarsa uzar.*

# Sinyal Hataları 1: Kırılpılma (Clipping/Saturation)

Bir sistemin kapasitesini (maksimum voltajını) aşan bir sinyal uygularsanız, sistem sinyalin tepesini ve tabanını "keser".

## Sebep Nedir?

- Her amfinin bir güç sınırı vardır (Örn:  $\pm 5$  Volt).
- Siz  $\pm 10$  Volt isterken, amfi sadece 5 Volt verebilir, gerisini düzleştirir.



## Sonuç:

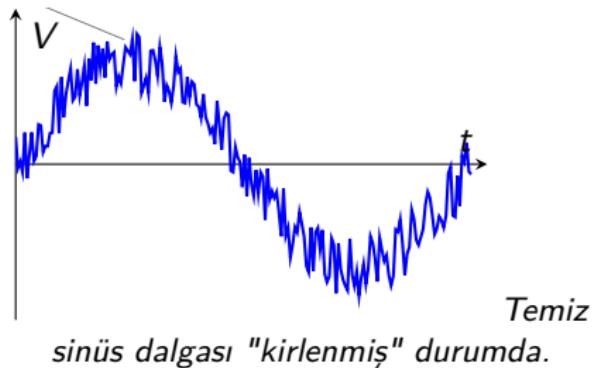
- Sinüs sinyali **Kare dalgaya** benzemeye başlar.
- Seste "çatlama" veya "boğulma" (Distortion) duyulur.

# Sinyal Hataları 2: Gürültü (Noise)

Sinyalin üzerine, dış dünyadan gelen rastgele ve istenmeyen sinyallerin binmesidir.

## Gürültü Kaynakları

- **Termal Gürültü:** Elektronların sıcaklığından dolayı rastgele titreşimi.
- **Elektromanyetik Girişim (EMI):** Ortamındaki radyo dalgaları, cep telefonları, elektrik hatları.



## Sonuç:

- Görüntüde "karıncalanma".
- Seste arka plan "hışırıltısı" (Hiss).

# Sistem Özellikleri 2.1: Zamanla Değişmezlik Nedir?

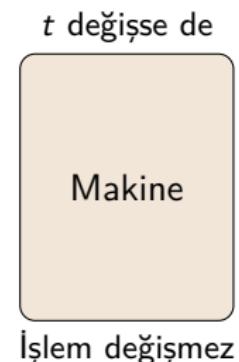
**Time-Invariance:** Sistemin "ruh halinin" olmaması, zamana göre karakter değiştirmemesidir.

## Temel İlke

Bir sisteme girişi "BUGÜN" uygulamakla "YARIN" uygulamak sonucu değişmez. Çıktı sadece zaman olarak ötelenir (gecikir), şekli veya genliği değişmez.

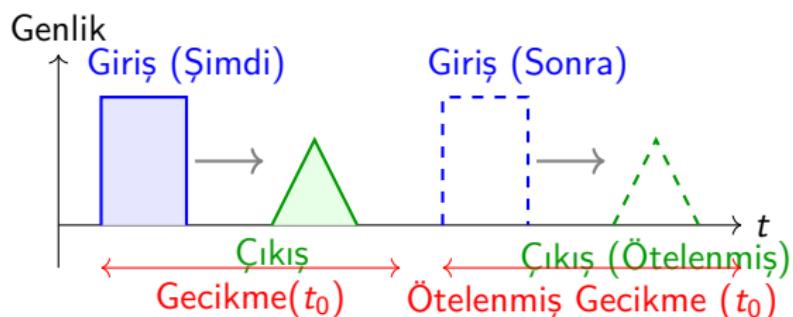
### Analoji: Kahve Makinesi (Değişmez Sistem)

- Sabah 09:00'da düğmeye bastınız → 09:02'de kahve hazır (Süre: 2 dk).
- Akşam 21:00'da düğmeye bastınız → 21:02'de kahve hazır (Süre: 2 dk).
- *Makine sabah dinç, akşam yorgun değildir. Tepkisi hep standarttır.*



## Sistem Özellikleri 2.2: Grafiksel Kanıt

Zamanla değişmeyen bir sistemde, giriş sinyali kaydırılırsa (ötelenirse), çıkış sinyali de **aynı miktarda** kayar.



**Matematiksel Olarak:**  $x(t) \rightarrow y(t)$  ise,  $x(t - t_0) \rightarrow y(t - t_0)$  olmalıdır.

# Sistem Özellikleri 2.3: Zamanla Değişen Sistemler

Peki, hangi sistemler **Zamanla Değişir (Time-Variant)**?

Örnek: İnsan (İşçi)

- **Sabah 08:00:** Dinctir, 1 saatte 10 kutu taşıır.
- **Akşam 17:00:** Yorgundur, 1 saatte sadece 5 kutu taşıır.

Sistemin parametreleri (gücü, performansı) zamanla değişiyorsa o sistem **Zamanla Değişkendir**.



Diger Örnekler: Şarji biten pil, ısınan motor, roket (yakıt azaldıkça kütlesi değişir).

# Blok Diyagramları 1: Nedir ve Temel Elemanlar

## Tanım

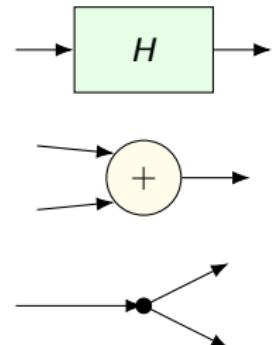
Blok diyagram, bir sistemin işlevsel bileşenlerini ve bileşenler arasındaki sinyal akışını gösteren **grafiksel bir temsildir.**

## Neden kullanırız?

- Karmaşık sistemleri küçük parçalara ayırır.
- Sinyal akışını görselleştirir.
- Analiz ve tasarımları kolaylaştırır.

## Temel elemanlar:

- **Blok:** işlem/dönüşüm ( $H$ )
- **Toplayıcı:** girişleri toplar (+ / -)
- **Kazanç:** çarpma ( $K$  veya  $a$ )
- **Dallanma:** sinyal kopyalama



Blok, toplayıcı ve dallanma örnekleri

# Blok Diyagramları 2: Sinyal Akışı

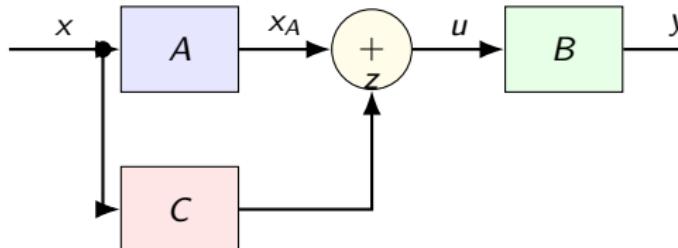
## Akış kuralı:

- Ok yönünü takip edin.
- Ara değişkenleri yazın.
- Toplayıcıda sinyalleri birleştirin.

## Adım adım analiz

$$x \xrightarrow{A} x_A, \quad z = C(x)$$

$$u = x_A + z, \quad y = B(u).$$



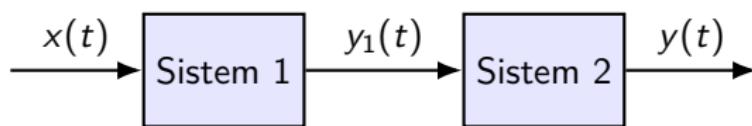
Örnek akış: dallanma + toplama + seri bağlantı

**İpucu:** Büyük diyagramları küçük parçalara ayırin ve her bağlantıya isim verin.

# Sistemlerin Bağlanması: Seri (Ardışılık)

İki sistem peş peşe bağlanırsa buna **Kaskad (Cascade)** denir.

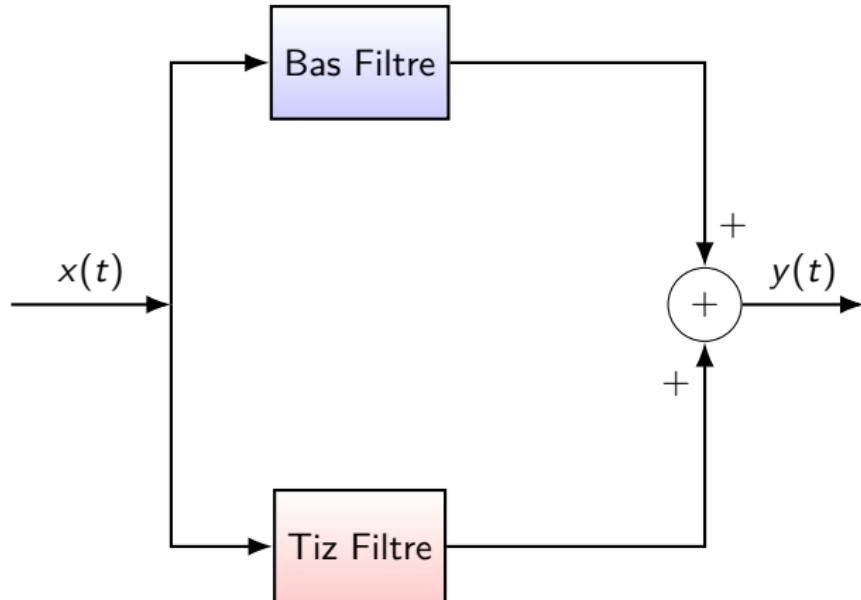
**Mantık:** Birinin çıktısı, diğerinin girdisidir.



*Örnek: Mikrofon → Ön Yükselteç → Güç Amfisi → Hoparlör*

# Sistemlerin Bağlanması: Paralel

Giriş sinyali aynı anda iki sisteme gider, sonuçlar toplanır.



Örnek: Bir hoparlör kabininde woofer (bas) ve tweeter (tiz) ayrimı.

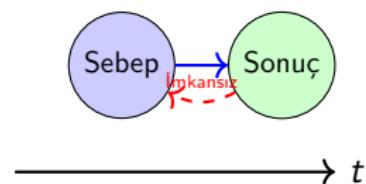
# Nedensellik (Causality) 1: Mantık Nedir?

## Temel İlke

Sonuç, sebepten önce gelemez. Bir sistem "geleceği" göremez.

## Düşünce Deneyi:

- Henüz anlatmadığım bir fıkraya gülebilir misiniz? **Hayır.**
- Henüz atılmamış bir taşa çiglik atabilir misiniz? **Hayır.**

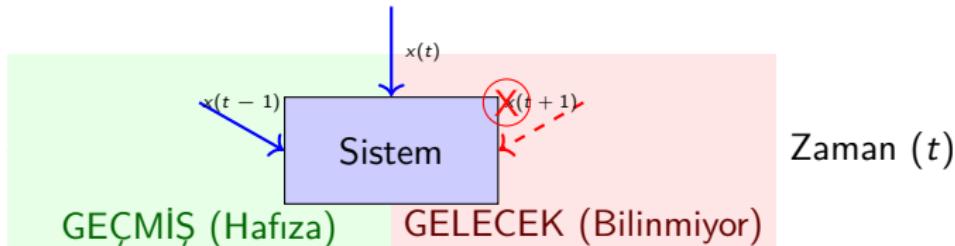


İşte bu mantığa uyan sistemlere **Nedensel (Causal) Sistem** denir.

Fiziksel dünyada *inşa edilebilen* tüm gerçek zamanlı sistemler nedensel olmak zorundadır.

## Nedensellik 2: Geleceğe Bakış Yasağı

Bir sistemin çıkışı  $y(t)$ , sadece **geçmişe** ve **şu ana** bakabilir. Gelecekteki giriş değerine  $x(t + 1)$  bakamaz.



**Nedensel:**  $y(t) = x(t) + x(t - 1)$

**Nedensel Değil:**  $y(t) = x(t) + x(t + 1)$

# Nedensellik 3: Gerçek Zamanlı vs. Kayıtlı İşleme

Nedensellik, "Canlı Yayın" ile "Bant Kaydı" arasındaki farktır.

## 1. Gerçek Zamanlı (Real-Time)

**Durum:** Olay şu an gerçekleşiyor.

- Telefonda konuşurken karşı tarafın bir sonraki cümlesini bilemezsiniz.
- Otomatik pilot, virajı görmeden dönemez.

→ **MUTLAKA NEDENSELDİR.**

## 2. Kayıtlı Veri (Offline)

**Durum:** Veri önceden kaydedilmiştir.

- Bilgisayardaki bir MP3 dosyasının başındayken sonunu da okuyabilirsiniz.
- Photoshop'ta bir fotoğrafa bulanıklık (blur) verirken, sağdaki piksel soldakini etkileyebilir.

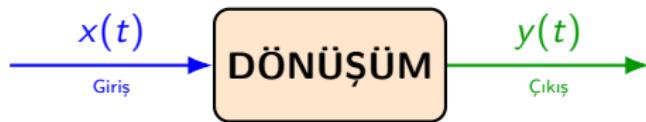
→ **NEDENSEL OLMAYABİLİR.**

*Not: Sinyal işleme dersinde aksi belirtilmemişçe sistemleri **Nedensel** kabul ederiz.*

# Haftanın Özeti 1: Sistem Kavramı

## Temel Tanım

**Sistem**, bir veya daha fazla giriş sinyalini alıp, onları işleyerek yeni bir çıkış sinyali üreten yapıdır (Kara Kutu).



- Amacımız sinyali; **Yükseltmek**, **Filtrelemek** veya **Şekillendirmektir**.
- Matematiksel olarak:  $y(t) = T\{x(t)\}$

# Haftanın Özeti 2: İdeal Sistem Özellikleri

Sinyal işlemede en çok sevdiğimiz ve analiz ettiğimiz iki özellik şudur:

## 1. Doğrusallık (Linearity)

- ✓ **Orantılılık:** Giriş artarsa çıkış da aynı oranda artar.
- ✓ **Toplamsallık:** Sinyaller birbirine karışmaz.
- ✗ **Yasak:** Kırılma (Clipping) veya Bozulma (Distortion) olmamalıdır.

## 2. Zamanla Değişmezlik

- ✓ **Tutarlılık:** Sistem bugün ne yapıyorsa, yarın da aynışını yapar.
- ✓ **Kaydırma:** Giriş gecikirse, çıkış da sadece gecikir; şekli bozulmaz.

# Haftanın Özeti 3: Yapı ve Gerçeklik

Sistemleri lego gibi birleştirerek daha karmaşık işler yapabiliriz.

- **Seri (Kaskad) Bağlantı:** Birinin çıkışı diğerinin girişidir. (Örn: Mikrofon → Amfi).
- **Paralel Bağlantı:** İşler bölünür ve sonuçlar toplanır. (Örn: Bas/Tiz ayrimı).

## Altın Kural (Nedensellik):

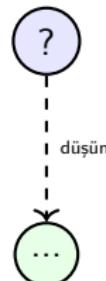
Gerçek zamanlı hiçbir sistem geleceği göremez.

Cıkış sadece geçmişe ve şu ana bağlı olabilir.

## Etkinlik 1: Kavram Yoklaması

Aşağıdaki ifadelerin doğru (D) / yanlış (Y) olduğunu belirtin.

- ① Doğrusal bir sistemde giriş iki katına çıkarsa çıkış da iki katına çıkar. ( )
- ② Zamanla değişmeyen bir sistemde, giriş sinyali kaydırılırsa çıkış sinyalinin şekli de değişir. ( )
- ③ Gerçek zamanlı (canlı) bir sistem mutlaka nedenseldir. ( )
- ④ Kare dalga, sadece tek bir frekans bileşeninden oluşur. ( )
- ⑤ Bir sistemin çıkışı sadece gelecekteki giriş değerlerine bağlıysa bu sistem fiziksel olarak gerçekleştirilemez. ( )



**Kısa tartışma:** Hangi ifadeler sizi zorladı? Neden?

*Not: Cevaplar slayt sonunda verilebilir veya eğitmen tarafından sözlü olarak açıklanır.*

## Etkinlik 2: Günlük Hayattan Sistem Örnekleri

Küçük gruplar halinde tartışın:

### Senaryo 1: Otomatik kahve makinesi

- Makineye her sabah aynı miktarda kahve koyarsınız. Makine her seferinde aynı sürede ve aynı tatta kahve yapar.
- **Soru:** Bu makine zamanla değişmez midir? Doğrusal mıdır? (İpucu: Ya makinenin pompası yıpranırsa?)

### Senaryo 2: Ses yükseltici (amplifikatör)

- Girişe çok zayıf bir sinyal uygulandığında çıkış temizdir. Giriş sinyali aşırı yükseltildiğinde çıkışta bozulma (distorsiyon) oluşur.
- **Soru:** Bu sistem hangi durumda doğrusal davranış gösterir? Hangi durumda doğrusallıktan çıkar? Neden?

*Gruplar 2-3 dakika tartışın, ardından fikirleri sınıfla paylaşalım.*

# Etkinlik 3: Blok Diyagram Tasarlayalım

**Görev:** Bir “yankı (echo) efekti” üreten sistemi blok diyagram olarak çizin.

**İstenen özellikler:**

- Giriş sinyali  $x(t)$ .
- Çıkış sinyali  $y(t)$ ; orijinal sinyalin kendisi ve bir miktar geciktirilmiş (zayıflatılmış) kopyasının toplamı olsun.
- Örnek:  $y(t) = x(t) + 0.5 \cdot x(t - \tau)$



Kullanabileceğiniz bloklar: geciktirici (delay), kuvvetlendirici (gain), toplayıcı (sum).

**Tartışma sorusu**

Bu sistem **nedensel** midir? Neden? Gerçek zamanlı olarak çalışabilir mi?

## Gelecek Hafta: **Analogdan Dijitale Geçiş (ADC) - Bölüm 1** Nyquist Teoremi ve Örnekleme

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Oğuz | İstanbul Okan Üniversitesi