

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.

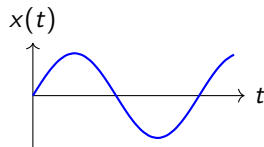
İki temel dünyamız vardı:

① Analog ($x(t)$):

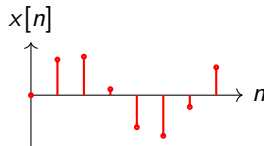
- Doğanın kendisidir.
- Kesintisizdir (Sürekli).

② Dijital ($x[n]$):

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



Analog



Dijital

Analog ve Dijital Karşılaştırması

Analog Sinyal (Doğal Olan)

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

Dezavantajları:

- ✗ **Gürültü:** Çabuk bozulur, cızırtı 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:** Gerçeğin sadece bir "taklididir" (Örnekleme).

Avantajları:

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

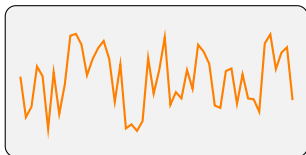
Sonuç

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

Geçen Haftadan Hatırlatma 2: Sinyal Örnekleri

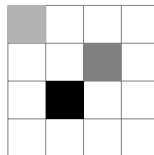
Sinyaller sadece elektrikten ibaret değildir. Hayatın her yerindedirler:

1. Ses Sinyali (1D)



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

2. Görüntü Sinyali (2D)



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

Sinyallerin Matematiksel Modeli (Neden Matematik?)

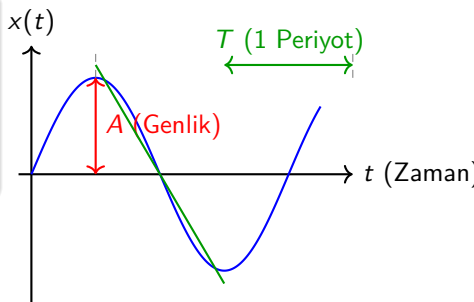
Neden Modelliyoruz?

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 Özet: Sinüzoidal Sinyal Parametreleri

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

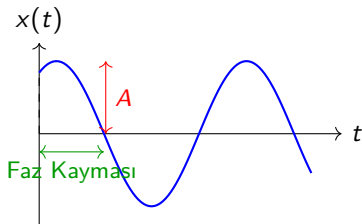
Genel Formül

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

- ① **A (Genlik)**: Sinyalin tepe değeri (Volt, Amper vb.).
- ② **ω (Açısal Frekans)**: Dönme hızı.

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

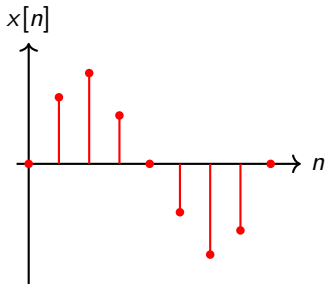
- ③ **f (Frekans)**: Saniyedeki devir sayısı (Hertz).
- ④ **T (Periyot)**: Bir tam tur süresi (Saniye).
- ⑤ **ϕ (Faz)**: Başlangıç açısı (Gecikme/Öteleme).



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:

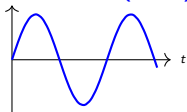
$$x[n] = \{0.0, 1.1, 1.5, 0.8, 0.0, \dots\}$$

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

Temel Sinyal Tipleri

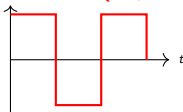
Sinyal işlemede en sık karşılaştığımız üç temel dalga şekli şunlardır:

1. Sinüs (Sine)



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

2. Kare (Square)



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

3. Üçgen (Triangle)



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

İpucu

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

Geçen Haftadan Hatırlatma 3: Ham Sinyal Neden Yetersiz?

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

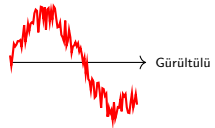
① Zayıf Olabilir (Genlik Sorunu):

- Mikrofonun ürettiği elektrik (mV), dev hoparlörü süremez.
- *Çözüm*: Yükseltilmesi gerekir.



② Kirli Olabilir (Gürültü Sorunu):

- Ortamdaki cızırtı, parazit veya şebeke gürültüsü sinyale karışır.
- *Çözüm*: Filtrelenmesi gerekir.



Ek Sorun

Saklama: Analog sinyali (Plak/Kaset) saklamak zordur, dijitale (MP3/JPEG) dönüştürmek gerekir.

Geçen Haftadan Hatırlatma 4: Çözüm Nedir?

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



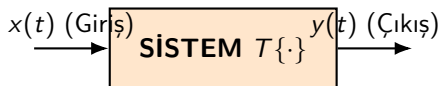
Tanım (Çokomelli)

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 Pedalı Distortion

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

Ekolayzer (EQ) Filtre

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

Gürültü Önleyici Tersleme

- **Giriş:** Gürültü
- **İşlem:** -1 ile çarp
- **Çıkış:** Sessizlik

Sistem Özellikleri 1.1: Doğrusallık - Ölçekleme

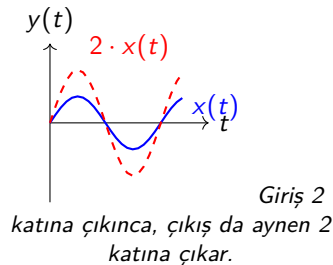
Doğrusallığın birinci kuralı **Orantılılık (Scaling)** ilkesidir.

Kural

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

Örnek: İdeal Ses Düğmesi

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



Sistem Özellikleri 1.2: Doğrusallık - Toplamsallık

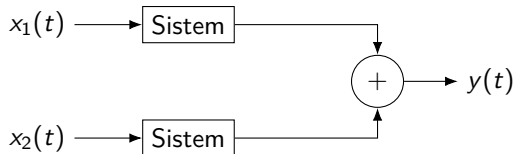
Doğrusallığın ikinci kuralı **Süperpozisyon (Toplamsallık)** ilkesidir.

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.



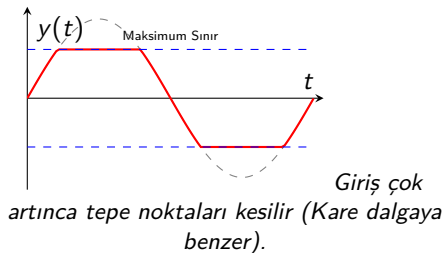
Girişler toplanıp girse de sonuç değişmez.

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 Özet: Sinüzoidal Sinyal Parametreleri

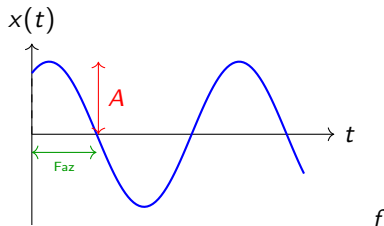
Sinyal işlemede en çok kullandığımız model **Sinüs Dalgasıdır**.

Genel Formül

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

Parametreler:

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



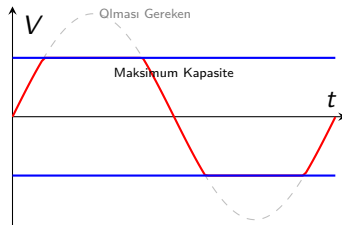
artarsa dalgalar sıklaşır, A artarsa uzar.

Sinyal Hataları 1: Kırılma (Clipping/Saturation)

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

Sebebi Nedir?

- Her amfinin bir güç sınırı vardır (Örn: ± 5 Volt).
- Siz ± 10 Volt isterseniz, amfi sadece 5 Volt verebilir, gerisini düzleştirir.



Sonuç:

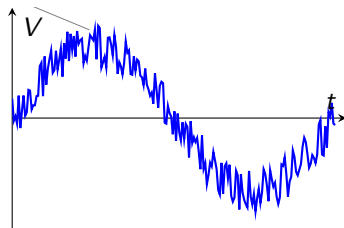
- Sinüs sinyali **Kare dalgaya** benzemeye başlar.
- Seste "çatlama" veya "boğulma" (Distortion) duyulur.

Sinyal Hataları 2: Gürültü (Noise)

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

Gürültü Kaynakları

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



*Temiz
sinüs dalgası "kirlenmiş" durumda.*

Sonuç:

- Görüntüde "karıncalanma".
- Seste arka plan "hışırtısı" (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 değiştirmez. Çıktı sadece zaman olarak ötelenir (gecikir), şekli veya genliği değişmez.

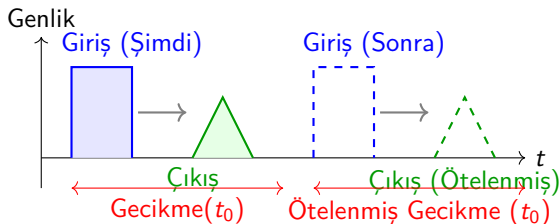
Analoji: Kahve Makinesi (Değişmez Sistem)

- 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.



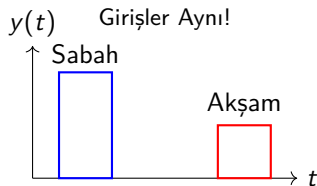
Matematiksel Olarak: $x(t) \rightarrow y(t)$ ise, $x(t - t_0) \rightarrow y(t - t_0)$ olmalıdır.

Sistem Özellikleri 2.3: Zamanla Değişen Sistemler

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

Örnek: İnsan (İşçi)

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



Diğer Örnekler: Şarjı biten pil, ısınan motor, roket (yakıt azaldıkça kütlesi değişir).

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

Blok Diyagramları 1: Nedir ve Temel Elemanlar

Tanım

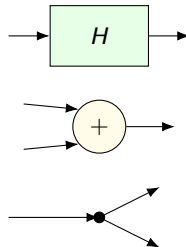
Blok diyagram, bir sistemin işlevsel bileşenlerini ve bileşenler arasındaki sinyal akışını gösteren **grafiksel bir temsildir**.

Neden kullanırız?

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

Temel elemanlar:

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

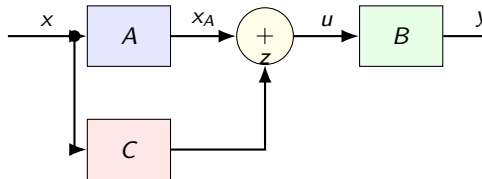


Blok, toplayıcı ve dallanma örnekleri

Blok Diyagramları 2: Sinyal Akışı

Akış kuralı:

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



Örnek akış: dallanma + toplama + seri bağlantı

Adım adım analiz

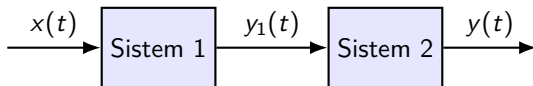
$$\begin{aligned}x &\xrightarrow{A} x_A, & z &= C(x) \\ u &= x_A + z, & y &= B(u).\end{aligned}$$

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

Sistemlerin Bağlanması: Seri (Ardışıl)

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

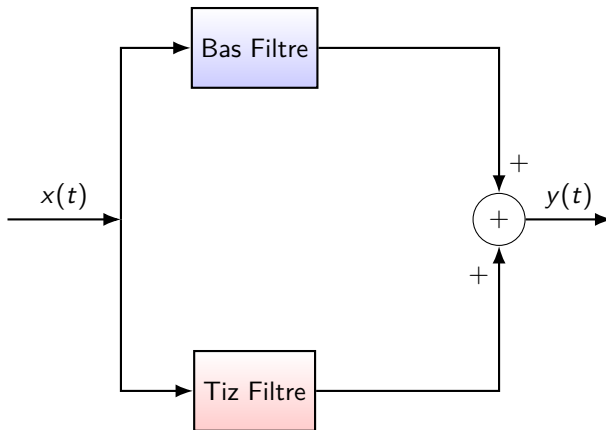
Mantık: Birinin çıktısı, diğerinin girdisidir.



Örnek: Mikrofon \rightarrow Ön Yükselteç \rightarrow Güç Amfisi \rightarrow Hoparlör

Sistemlerin Bağlanması: Paralel

Giriş sinyali aynı anda iki sisteme gider, sonuçlar toplanır.



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

Nedensellik (Causality) 1: Mantık Nedir?

Temel İlke

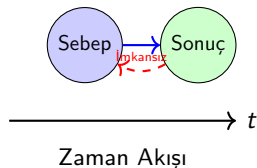
Sonuç, sebepten önce gelemez. Bir sistem "geleceği" göremez.

Düşünce Deneyi:

- Henüz anlatmadığım bir fıkraya gülebilir misiniz? **Hayır.**
- Henüz atılmamış bir taşla çığlık atabilir misiniz? **Hayır.**

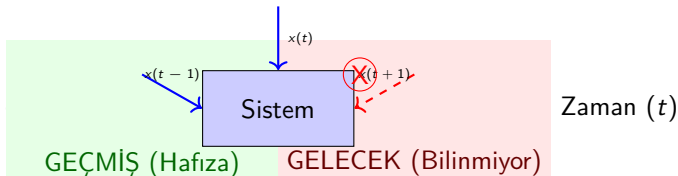
İşte bu mantığa uyan sistemlere **Nedensel (Causal) Sistem** denir.

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.

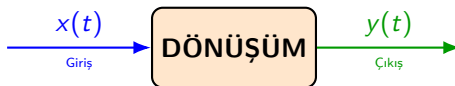
→ **NEDENSEL OLMAYABİLİR.**

*Not: Sinyal işleme dersinde aksi belirtilmedikçe 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 aynısını 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 ayrımı).

Altın Kural (Nedensellik):

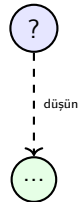
Gerçek zamanlı hiçbir sistem **geleceği** göremez.

Çıkış 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 davranır? Hangi durumda doğrusallıktan çıkar? Neden?

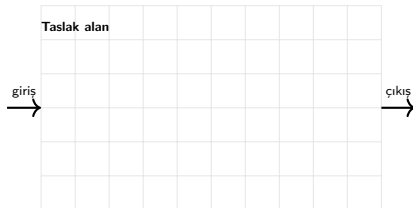
Gruplar 2-3 dakika tartışın, ardından fikirleri sınıfla paylaşalım.

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 Örneklemeye

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Oğuz | İstanbul Okan Üniversitesi