



Sinyaller ve Sistemler

“Sistemler”

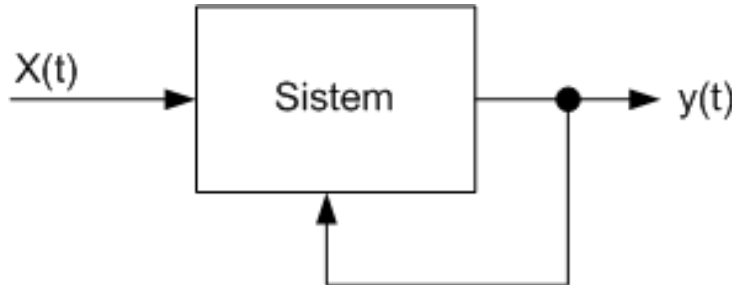
Dr. Cahit Karakuş, 2020



Sistem nedir?

Tanımlar

- **Sistem:** Giriş sinyallerini işleyen ve başka sinyallere dönüştüren birimlerdir. Sistemler, matematiksel olarak modellenirler (simülasyon, optimizasyon, analiz, sentez, kalibrasyon).
- Yazılım modülleri kullanarak sistem oluşturmak
- Sistem girişleri ve çıkışları veri kümesi olabildiği gibi fiziksel sinyal de olabilir.
- Sürücüz araba uygulamasında fiziksel bir arabanın benzeri yazılımsal modüllerden ve matematiksel modellerden oluşan sistemler de olabilir.



Sinyaller, $X(t)$, $y(t)$:

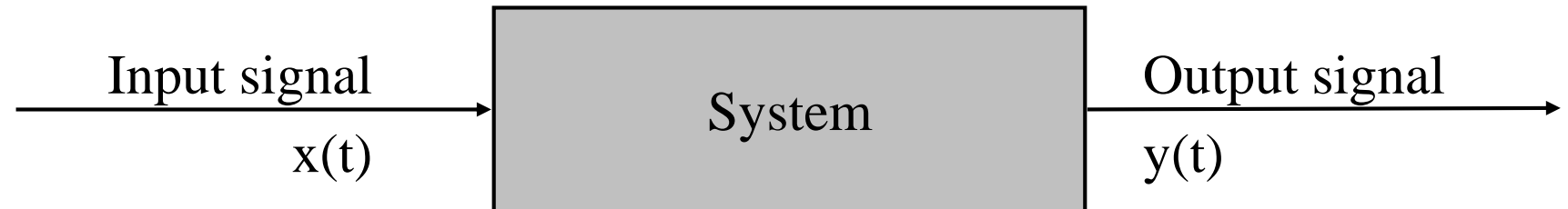
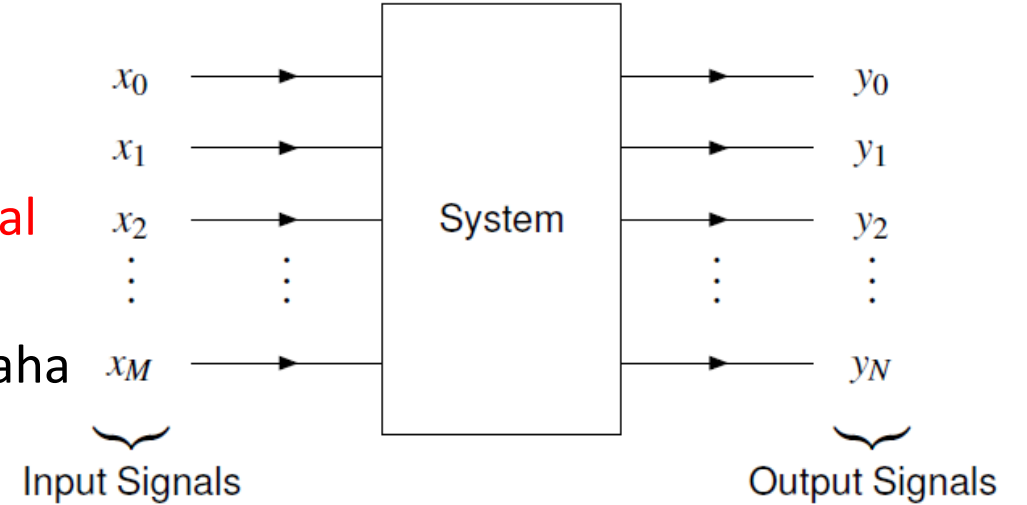
- Sinüsoidal
- Ramp
- Darbe katarı
- Binary
- ...

Sistem

- Giriş sinyallerini işleyen ve başka sinyallere dönüştüren birimlerdir.
- Sistem, girişlerinden etkileşimli ve ilişkili bütünleşik oluşturarak çıkış üretendir.
- Sistem, bir çıktı elde etmek amacıyla birlikte organize çalışan parçaların oluşturduğu bütünleşmedir.
- Sistem, istenen hedefi gerçekleştirmek amacıyla belirli işlevlerden geçen girdilerden belirli çıkışlar üretir.
- Bilgisayar sistemi, birlikte çalışması için dikkatle seçilmiş donanım bileşenlerinden ve bilgisayarda çalışan yazılım bileşenlerinden veya programlardan oluşur.
 - Ana yazılım bileşeninin kendisi, bilgisayarda çalıştırılabilen diğer programları yöneten ve bunlara hizmet sağlayan bir işletim sistemidir.
 - Bir dosyalama sistemi, bir planla düzenlenmiş bir dosya grubudur.
- Tüm doğanın ve evrenin bir sistem olduğu söylenebilir.

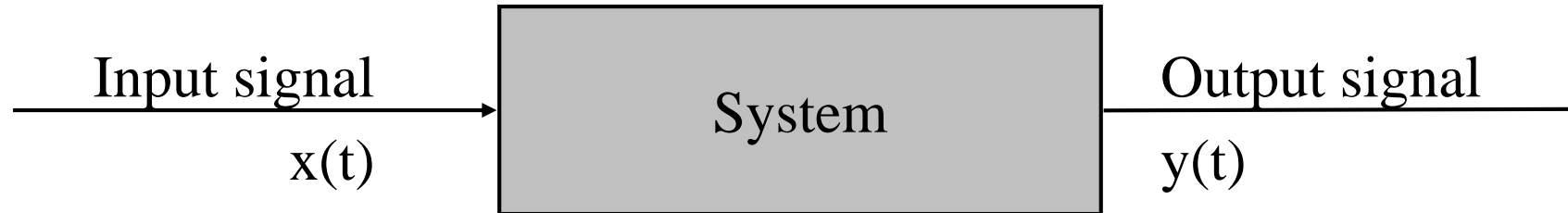
What is a System?

- Sistemler, amaç doğrultusunda çıkış sinyalleri üretmek için giriş sinyallerini işleyen, giriş sinyalini başka bir sinyale dönüştüren birimlerdir.
- Sistemler fiziksel ya da donanımsal olduğu gibi tamamen yazılımsal da olabilir. Yazılımsal olanlar matematiksel modellerdir.
- Bir sistem, bir veya daha fazla çıkış sinyali üretmek için bir veya daha fazla giriş sinyalini işleyen bir yazılımsal ve/veya donanımsal birimdir.
- Sistemler bir sinyali diğerine dönüştürerek istenen sistem cevabını verir.
- Sistem, bilgileri çıktı ya da çıktılar olarak üretmek için bir araya toplayan, işleyen bileşenlerin veya parçaların fiziksel bir bütünlüğüdür.



What is a System?

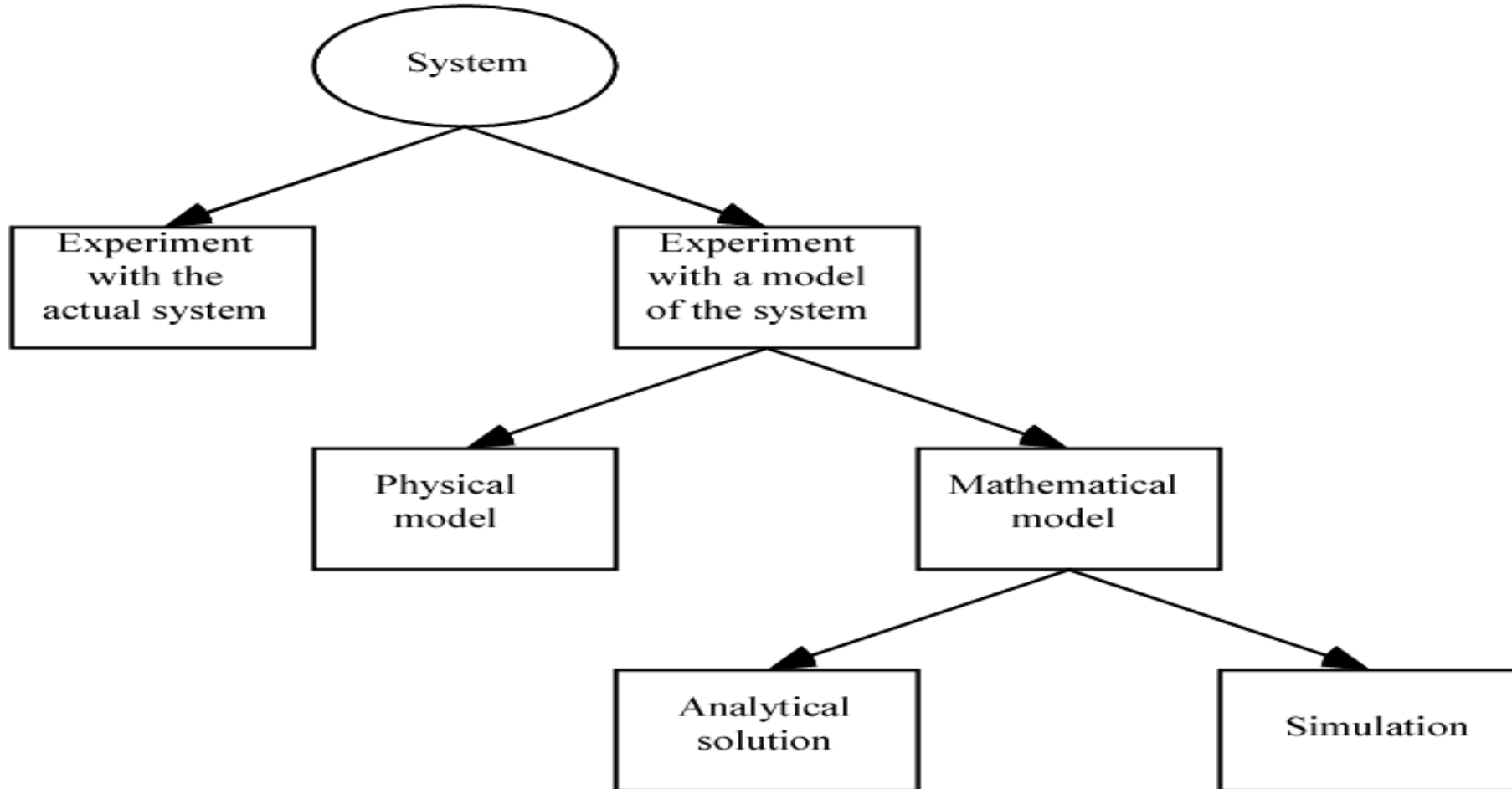
- Çıkış sinyalleri üretmek için giriş sinyallerini işlerler. Bir sistem giriş sinyalini alır ve başka bir sinyale dönüştürür.
- Örnekler:
 - Bir devrede kaynak gerilimini (sinyali) elektronik devre elemanlarda gerilime (sinyale) dönüştüren bir sistem olarak görülebilir.
 - Bir haberleşme iletişim sistemi genellikle üç alt sistemden oluşur; verici, kanal ve alıcı. Kanal verinin işlenip, dönüştürülerek iletildiği ortamda kapladığı aralıktır. Kanal alıcı tarafa iletilecek sinyale gürültü ekler ve zayıflatır.



Sistemlerin Tanımlandırılması

- Giriş sayısı:
 - Tek girişli bir sistemin tek girişli (SI) olduğu söylenir.
 - Birden fazla girişi olan bir sistemin çoklu giriş (MI) olduğu söylenir.
- Çıkış sayısı:
 - Tek çıkışlı bir sistemin tek çıkışlı (SO) olduğu söylenir.
 - Birden fazla çıkışı olan bir sistemin çoklu çıkış (MO) olduğu söylenir.
- Bir sistemde,
 - SI - SO
 - SI – MO
 - MI-SO
 - MI-MO
- İşlenen sinyal türleri: Bir sistem, işlediği sinyal türleri açısından sınıflandırılabilir.
 - Sonuç olarak, aşağıdaki gibi (sinyalleri tanımlayan) terimler de sistemleri tanımlamak için kullanılabilir:
 - tek boyutlu ve çok boyutlu,
 - sürekli zaman (CT) ve ayrık zaman (DT) ve
 - analog ve dijital.
 - Örneğin, sürekli zamanlı (CT) bir sistem CT sinyallerini işler ve ayrık zamanlı (DT) bir sistem DT sinyallerini işler.
 - **Sayısalan analoga ya da analogtan sayısal dönüşümler yapılarak analog sinyaller de işlenebilir.**

How to study a system?



Elektronik sistem tanımları

- Sinyaller bilgi taşıyan elektrik ya da elektromanyetik fonksiyonlardır.
- **Sensor/Transducer:** Değişimin ifadesi olan gerçek dünya sinyalini analog bir elektrik sinyaline dönüştürürler.
- **Analog sinyalleri etkileyen bozucu faktörler:** Zayıflama, gürültü, parazit, distorsyon
- **Filters:** Analog sinyal genellikle zayıf ve gürültülüdür, bu nedenle analog sinyallerde gürültüyü ya da istenmeyen sinyalleri gidermek için filtreler gereklidir.
- **Amplifiers:** Sinyali güçlendirmek için gereklidirler.
- **A/D converters:** Analog sinyalleri (sürekli, ayırık) sayısal sinyallere dönüştürür. **Bit: 0/1.**
- Dijital veriler DSP, mikroişlemci veya mikrodenetleyici gibi bir CPU tarafından işlenir.
- 0'ların ve 1'lerin akışını tekrar analog forma dönüştürmek için dijital-analog dönüştürme (DAC) gereklidir.

Haberleşme - Telemetri ve Algılayıcılar

- **Haberleşme:** Ses, görüntü, video, veri, telemetrik gibi bilgilerin bir noktadan diğer bir noktaya yüksek verimde, yüksek kalitede ve güvenli bir biçimde iletilmesidir.
- Haberleşme sistemi; gönderilecek bilginin üretildiği kaynak, gönderici, iletişim ortamı ve alıcı devrelerinden oluşur.
- Telemetri, uzak veya erişilemeyen noktalarda ölçümlerin veya diğer verilerin toplanması ve bunların izleme için alıcı ekipmana otomatik olarak iletilmesidir.
- Telemetri, ortamdaki fiziksel değişiklikleri tespit eden, veriye dönüştüren ve verileri bir bilgisayar işlemcisine gönderen bir cihaz, modül, makine veya alt sistemdir.

Modem

- Modemler, verileri iletim ortamına uyması ve gürültüden etkilenmemesi için analog forma dönüştürür ya da biçim değiştirir.
- Sayısal Sinyaller, iletim ortamından bozucu etkenlerden etkilenmeden iletilmesi için analog forma dönüştürülür.
- Modem (modülatör-demodülatörden), dijital bilgileri kodlamak için bir analog taşıyıcı sinyali modüle eden ve ayrıca iletilen bilgilerin kodunu çözmek için böyle bir taşıyıcı sinyali demodüle eden bir cihazdır.
- Vericideki modemin işlevi - dijital verileri, iletim hattı özellikleriyle uyumlu analog sinyale dönüştürür.
- Modemlerin temel amacı haberleşme ortamlarından sinyallerin bozulmadan iletilmesidir.

Bilgisayar Sistem tanımları

- **Bilgisayar:** Bellek biriminde saklanan komutların (yazılımların) kontrolü altında çalışan ve verileri (giriş) kabul eden, verileri işleyen ve bu işlemde bilgi çıktısı üretebilen elektronik bir cihaza bilgisayar denir.
- **Mikroişlemci:** Komutları alan (bellekten), kodunu çözen ve verileri işleyen yarı iletken cihaz (IC). Bilgisayarlarda CPU (Merkezi İşlem Birimi) olarak kullanılır.
- **Otomasyon:** Makine gücünün gerçekleştirdiği işleri bilgisayar denetiminde kontrol eden sistemlere verilen addır.
- **Gömülü Sistem:** Sistemlerin davranışlarını izlemek ve yönetmek amacıyla, fiziksel dünyadaki değişimleri tespit ederek, algılayarak ve ölçerek gerçek zamanlı hesaplama ve mantıksal işlevleri gerçekleştirecek mikroişlemci, bellek, I/O, zamanlama ve clock, yazılım gibi tüm bileşenlerin üzerinde toplandığı özel tasarlanmış, mikroişlemci tabanlı bir donanım ve yazılım sistemidir (Akıllı telefonlar).



Sistemlerin Sınıflandırılması

Sistemlerin Sınıflandırılması

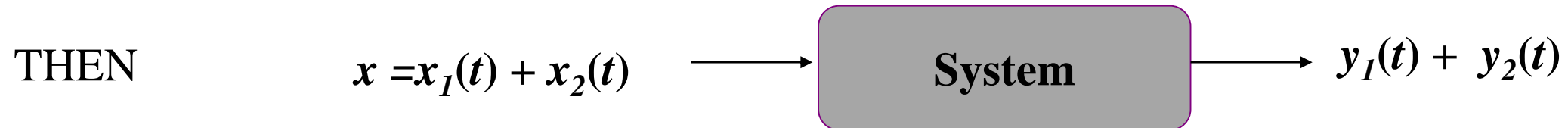
Sistemler aşağıdaki kategorilere ayrılmıştır:

- Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Sistemler
- Zaman Değişken ve Zamanla Değişmeyen Sistemler
- Statik ve Dinamik Sistemler
- Bellekli ve belleksiz sistemler
- Nedensel ve Nedensel Olmayan Sistemler
- Ters Çevrilebilir ve Ters Çevrilebilir Olmayan Sistemler
- Kararlı ve Kararsız Sistemler

Doğrusal (Linear) ve Doğrusal Olmayan Sistemler

SYSTEM DESCRIPTION

Linearity

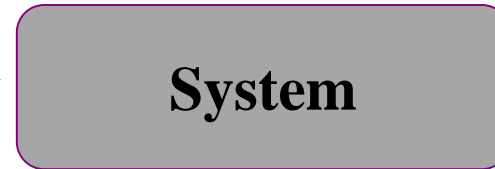


SYSTEM DESCRIPTION

Homogeneity

IF

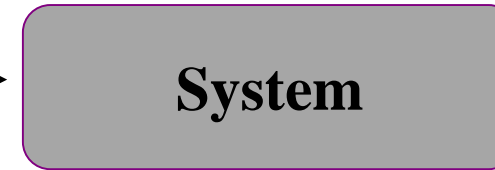
$$x_1(t)$$



$$y_1(t)$$

THEN

$$x = ax_1(t)$$



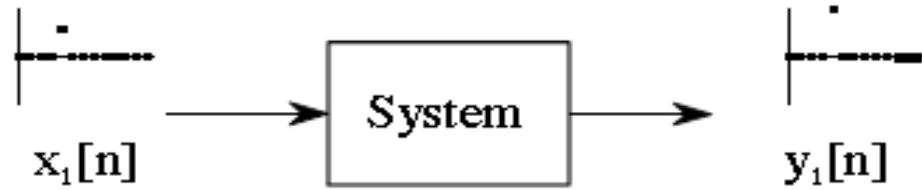
$$ay_1(t)$$

Where a is a constant

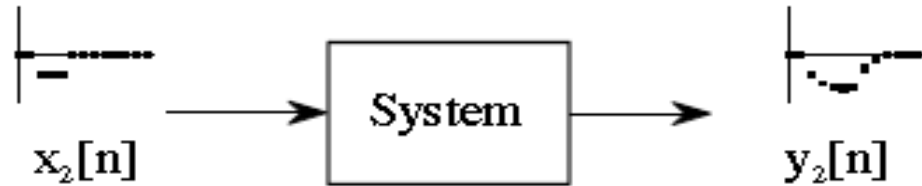
Linear Systems: Property 2

Additivity

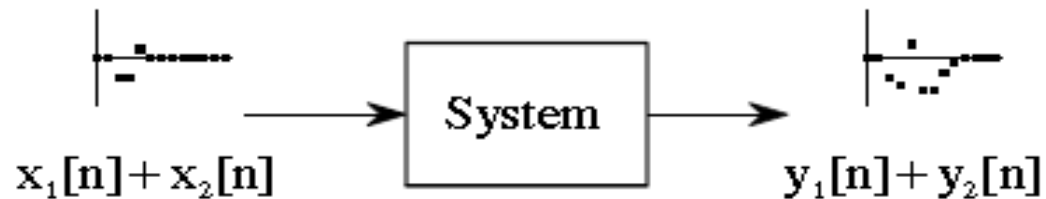
IF



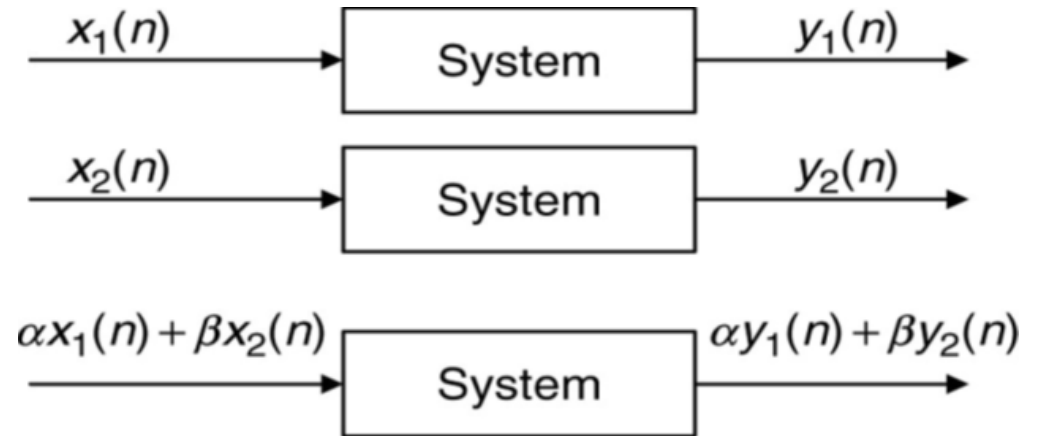
AND IF



THEN



Homogeneity & Additivity (superposition principle)



Linearity

A function $f(x)$ is a linear function of the independent variable x if, and only if, it satisfies two properties.

1. *Additivity (or superposition)* **$x=x_1+x_2$**

$$f(x_1 + x_2) = f(x_1) + f(x_2)$$

for all x_1 and x_2 in the domain of $f(x)$.

2. *Homogeneity*

$$f(\alpha x) = \alpha f(x)$$

for all x in the domain of $f(x)$ and all scalars α .

$$f(x) = 2x, \quad x \in \mathbf{R} \text{ (All real numbers)}$$

$$\begin{aligned} f(x_1 + x_2) &= 2(x_1 + x_2) = 2x_1 + 2x_2 \\ f(x_1) + f(x_2) &= 2x_1 + 2x_2 \end{aligned}$$

So,

$$f(x_1 + x_2) = f(x_1) + f(x_2) \rightarrow \text{(satisfies additivity)}$$

Now consider

$$\begin{aligned} f(\alpha x) &= 2(\alpha x) = 2\alpha x \\ \alpha f(x) &= \alpha(2x) = 2\alpha x \end{aligned}$$

So,

$$f(\alpha x) = \alpha f(x) \rightarrow \text{(satisfies homogeneity)}$$

Thus, the system is linear.

$$f(x) = 2x + 9, \quad x \in \mathbf{R}$$

$$\begin{aligned} f(x_1 + x_2) &= 2(x_1 + x_2) + 9 = 2x_1 + 2x_2 + 9 \\ f(x_1) + f(x_2) &= (2x_1 + 9) + (2x_2 + 9) = 2x_1 + 2x_2 + 18 \end{aligned}$$

So,

$$f(x_1 + x_2) \neq f(x_1) + f(x_2) \rightarrow \text{(does not satisfy additivity)}$$

Consider,

$$\begin{aligned} f(\alpha x) &= 2(\alpha x) + 9 \\ \alpha f(x) &= \alpha(2x + 9) = 2\alpha x + 9\alpha \end{aligned}$$

So,

$$f(\alpha x) \neq \alpha f(x) \rightarrow \text{(does not satisfy homogeneity)}$$

Thus, the system is not linear.

$$f(x) = x^2 + x$$

$$\begin{aligned} f(x_1 + x_2) &= (x_1 + x_2)^2 + (x_1 + x_2) = x_1^2 + x_2^2 + 2x_1x_2 + x_1 + x_2 \\ f(x_1) + f(x_2) &= x_1^2 + x_1 + x_2^2 + x_2 = x_1^2 + x_2^2 + x_1 + x_2 \end{aligned}$$

So,

$$f(x_1 + x_2) \neq f(x_1) + f(x_2) \rightarrow \text{(does not satisfy additivity)}$$

Consider,

$$\begin{aligned} f(\alpha x) &= (\alpha x)^2 + (\alpha x) = \alpha^2 x^2 + \alpha x \\ \alpha f(x) &= \alpha(x^2 + x) = \alpha x^2 + \alpha x \end{aligned}$$

So,

$$f(\alpha x) \neq \alpha f(x) \rightarrow \text{(does not satisfy homogeneity)}$$

Thus, the system is not linear.

Linearity

Examples: Are each of the following systems **linear**?

1. $y(t) = A x(t)$

2. $y(t) = A x(t) + B, B \neq 0$

3. $y[n] = n x[n]$

4. $y(t) = x(t) \cos(\omega_c t)$

5. $y[n] = x[-n]$

6. $y(t) = x^2(t - 1)$

7. $y[n] = \frac{1}{1-x[n+2]}$

8. $y(t) = e^{3x(t)}$

Ans: Y, N, Y, Y, Y, N, N, N

Nedensellik

SYSTEM DESCRIPTION

Causality

Analogue signals: $x(t) = 0$ for $t < 0$

Digital signals: $x[n] = 0$ for $n < 0$

$y(t) = x(t-3) - x(t)/3$, nedensel

$y(n) = n x(n)$, nedensel

$y(t) = e^{x(t)}$, nedensel

$y(t) = x(t+1)$, nedensel değil

$y(t) = x(5-t)$, nedensel değil. ($t=0$ değerinde $x(5)$ gelecekteki değer olmaktadır.)

$y(t) = x(-5-t)$, nedensel. ($t=0$ değerinde $x(-5)$ geçmişteki değer olmaktadır.)

Sistemin herhangi bir zamandaki çıkışı,

Girişin;

mevcut zamandakine, veya

geçmişte girdi değerlerine, veya

mevcut zamanla birlikte geçmişteki girdi değerlerine bağlıysa, bu sistem nedenseldir.

- **Test etmek için fonksiyon içinde $t=0$ ya da $n=0$ yapılır. Katsayılar dokunulmaz. Fonksiyonun içeriği ya 0 ya da negatif olacak.**

Diğer bir anlatımla eğer bir sistemin çıkışı, şu anki girişi dâhil olmak üzere önceki değerlerine bağlı ise sisteme nedensel (causal) sistem denir.

Tüm gerçek zamanlı fiziksel sistemler nedenseldir; çünkü zaman sadece ileriye akar.

Causality

Examples: Are each of the following systems **causal**?

1. $y(t) = A x(t)$
2. $y(t) = A x(t) + B, B \neq 0$
3. $y[n] = (n + 1) x[n]$
4. $y(t) = x(t) \cos(\omega_c(t + 1))$
5. $y[n] = x[-n]$
6. $y[n] = \frac{1}{3} (x[n + 1] + x[n] + x[n - 1])$
7. $y[n] = \frac{1}{1 - x[n+2]}$
8. $y(t) = e^{3x(t)}$

Ayrık dizilerde parentez içindeki ifadede :

n: şu anki zaman

n-a: geçmiş zaman

n+a: gelecek zaman

Ans: Y, Y, Y, N, Y, N, N, Y

Sürekli fonksiyonlarda parentez içindeki:

t: şu anki zaman, t=0 alınarak,

t-a: geçmiş zaman

t+a: gelecek zaman

Sistemin matematiksel modeli ya da fonksiyonundaki ifadelerde parantez içindeki t=0 alınarak test edilir.

Soru 3'de parantez içindeki zaman ifadesi belirleyicidir. (n+1), katsayıdır.

Örnekler

Örnek: $y(t) = x(t-3) - x(t)/3$

$y(t)$, $x(t)$ 'nin şu anki ve "t-3" anındaki değerine bağlı olduğu için nedenseldir.

Örnek: $y(n) = n x(n)$

$y(n)$, şu anki n ve $x(n)$ değerine bağlıdır. Nedensel.

Örnek: $y(t) = e^{x(t)}$, nedensel sistemdir.

Örnek: $y(t) = x(t+1)$ Nedensel olmayan sistemdir.

Örnek: $y(n) = x(n) + n x(n+1)$, şu anki ve gelecekteki değerlerine bağlıdır; nedensel değil.

Örnek: $h(t) = e^{-t}u(t)$, şu anki değerlere bağlı nedenseldir.

Örnekler

Örnek: $y(n) - 1/4y(n-1) - 3/8y(n-2) = -x(n) + 2x(n-1)$, sistem nedenseldir.

Örnek: $y(t) = x(t-2) + x(2-t)$, sistem nedenseldir.

Örnek: $y(t) = dx(t)/dt$, Sistem nedenseldir.

Örnek: $y(t) = x(t/3)$, sistem nedensel değildir. Çünkü, $t=-3$ alındığında, $y(-3)=x(-1)$; -1 değeri -3 değerine göre gelecektir.

Örnek: $y(t)=\cos(x(t))$, nedenseldir.

Örnek

- Nedensel bir sistem, çıktının geleceğe değil, girdinin şimdiki veya geçmiş değerlerine bağlı olduğu sistemdir.
- Eğer gelecek değerlere bağlıysa o zaman nedensel değildir.
- $y(t)=x(t)+x(t-3)+x(t^2)$, $y(n)=x(n+2)$ ve $y(n)=x(2n^2)$ için çıktı şunlara bağlıdır: gelecekteki değerler yani sırasıyla $x(t^2)$, $x(n+2)$ ve $x(2n^2)$.
- Oysa $y(t)=x(t-1)+x(t-2)$ 'de $y(t)$ çıkışı yalnızca geçmiş değerlere bağlıdır, yani $x(t-1)$ ve $x(t-2)$.



Bellekli – Belleksiz Sistemler

Memoryless System

Bir sistemin çıkışı, girişin sadece o andaki değerine bağlı ise bu sisteme belleksiz sistem denir. Bir sistemin çıkışı, girişin önceki ve/veya sonraki değerlerine bağlı ise bu sisteme bellekli sistem denir. Gecikme, öteleme sinyalin girişi ile ilgili olmadığı durumlar için sistem belleksizdir. Çünkü zamanda gecikme ya da öteleme sinyalin girişi değildir.

$$y(t) = ax^2(t) + bx(t), \text{ Belleksiz}$$

$$u[n] = \sum_{n=-\infty}^n \delta[n], \text{ Belleksiz}$$

$$y(t) = x^2(t + 1), \text{ bellekli}$$

$$y(t + 1) = x^2(t + 1), \text{ belleksiz}$$

Bellek

- Bellek, yalnızca giriş ve çıkış sinyalleri aynı bağımsız değişkene sahip olan sistemlerle ilgili bir özelliktir.
- Bağımsız değişkenin her bir değeri için çıktısı yalnızca bağımsız değişkenin o değerindeki giriş sinyaline bağlıysa, sistemin hafızasız olduğu söylenir.
- Örneğin, tanımlı sistem: $y(t) = 5x(t)$; $y(t)$, $x(t)$ giriş sinyaline karşılık gelen çıkış sinyalidir, hafızasızdır.
- Fiziksel dünyada bir direnç hafızasız bir sistem olarak düşünülebilir (voltaj giriş sinyali, akım çıkış sinyali olarak kabul edilir). Tanım olarak, bu özelliğe sahip olmayan bir sistemin belleğe sahip olduğu söylenir.
- Bir sistemin hafızası olup olmadığını nasıl anlarız? Hafızasız bir sistem için, girişi herhangi bir anda değiştirmek, çıkışı yalnızca o anda değiştirebilir. Bazı durumlarda, bir anda giriş sinyalindeki bir değişiklik, çıkışı başka bir anda değiştirirse, sistemin belleğe sahip olduğundan emin olabiliriz.
- Not: Çıkışı $Y(t)$ şu şekilde $X(t)$ girişine bağlı olan bir sistemi düşünün: $Y(t) = X(t-5) + \{X(t) - X(t-5)\}$. İlk bakışta, sistemin hafızası varmış gibi görünebilir ama yoktur. Bu bizi, bir sistemin tanımı verildiğinde, bunun en ekonomik olanı olmasına gerek olmadığı fikrine götürür.
- Aynı sistemin birden fazla açıklaması olabilir. Örnekler: $Y[n]$ ve $y(t)$ 'nin sırasıyla $x[n]$ ve $x(t)$ giriş sinyallerine karşılık gelen çıktılar olduğunu varsayalım.
 - $y(t) = x(t)$ kimlik sistemi elbette Hafızasızdır
 - $y[n] = x[n-5]$ tanımlı sistem hafızaya sahiptir. Herhangi bir "an" daki giriş, önceki giriş 5 "anlarına" bağlıdır.
 - Açıklamalı aşağıdaki sistem ayrıca belleğe sahiptir. Herhangi bir andaki çıktı, tüm geçmiş ve şimdiki girdilere bağlıdır.

$$y(t) = \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda$$

Memory

Examples: Do each of the following systems have **memory**?

1. $y(t) = A x(t)$

2. $y(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$

3. $y[n] = n x[n]$

4. $y(t) = x(t) \cos(\omega_c(t - 1))$

5. $y[n] = x[-n]$

6. $y(t) = a_0 + a_1 x(t) + a_2 x^2(t) + a_3 x^3(t) \dots$

7. $y[n] = \frac{1}{3} (x[n] + x[n - 1] + x[n - 2])$

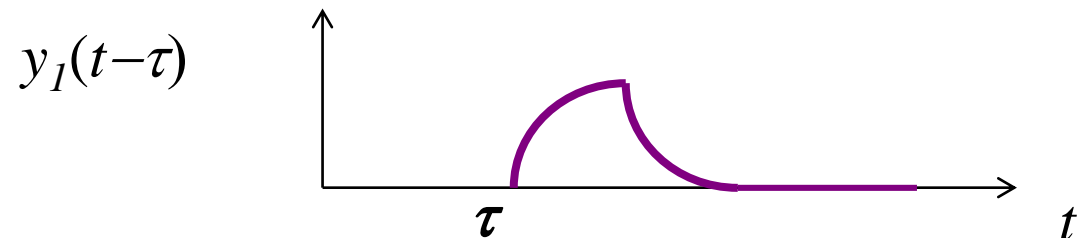
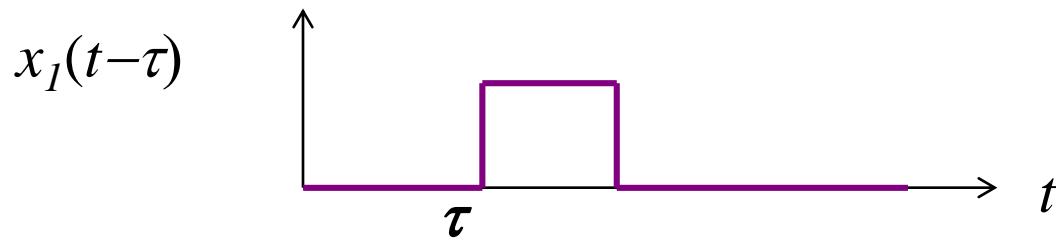
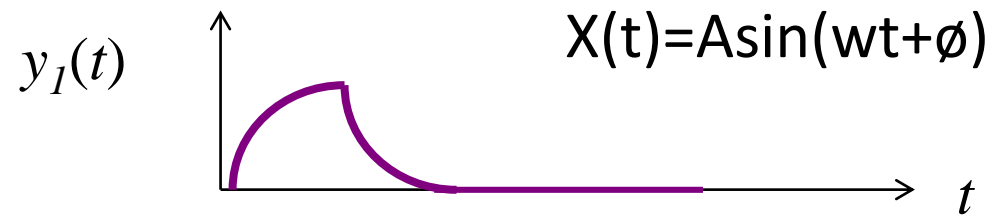
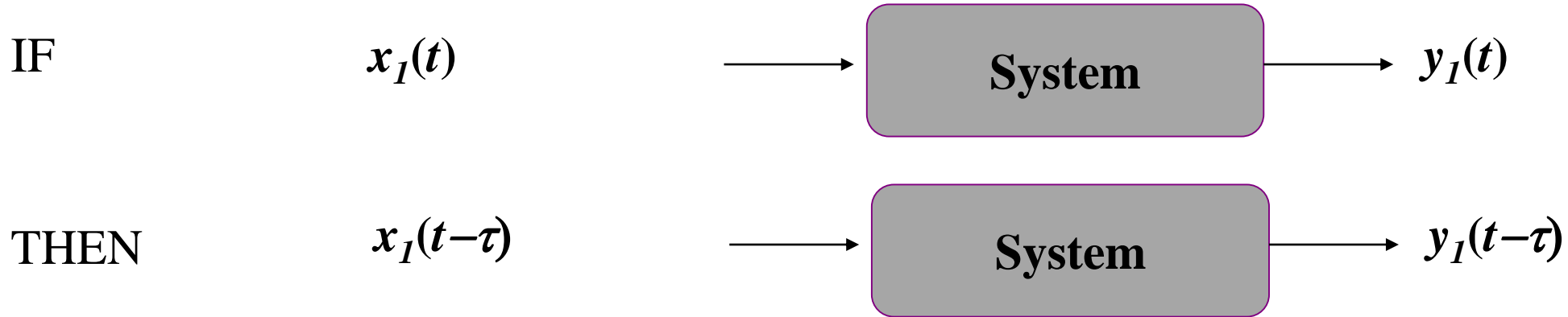
8. $y(t) = e^{3x(t)}$

Ans: N, Y, N, Y, Y, N, Y, N

Time-invariance: Zamanda Öteleme

Zamanda Öteleme

Time-invariance: Zamanda ötelendiğinde fonksiyonun görünümü değişmez.

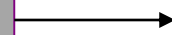
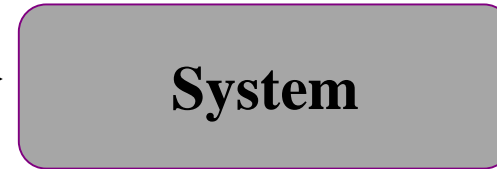
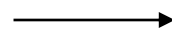


SYSTEM DESCRIPTION

Time-invariance: Discrete signals

IF

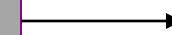
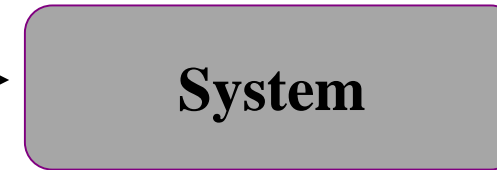
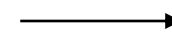
$x_1[n]$



$y_1[n]$

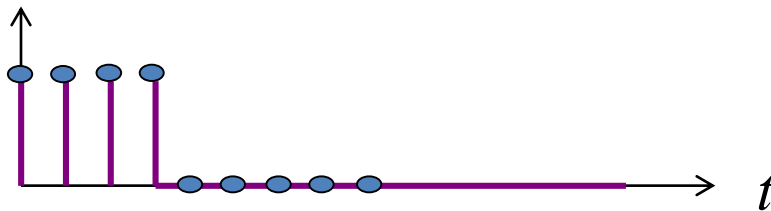
THEN

$x_1[n - m]$

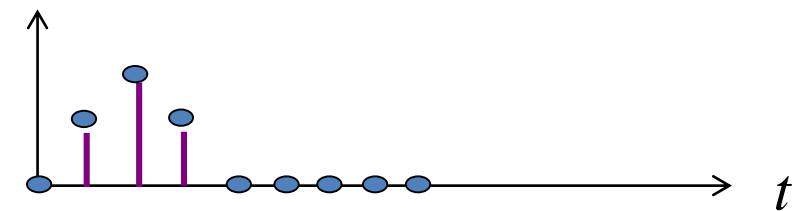


$y_1[n - m]$

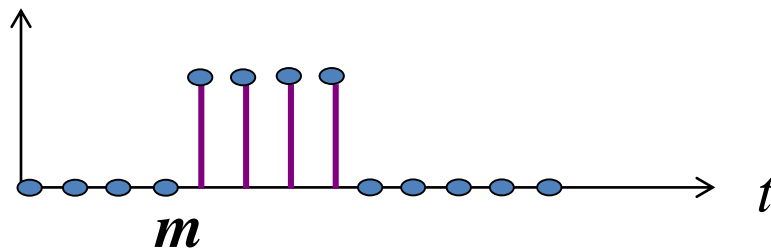
$x_1[n]$



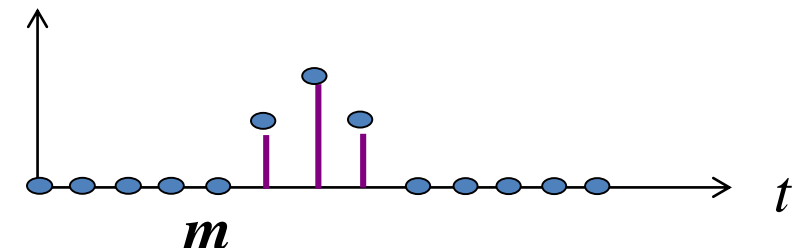
$y_1[n]$



$x_1[n - m]$



$y_1[n - m]$



Kararlılık

SYSTEM DESCRIPTION

Stability

The output of a stable system settles back to the quiescent state (e.g., zero) when the input is removed.

Kararlı bir sistemin çıktısı, giriş çıkarıldığında başlangıç durumuna geri döner (örneğin, sıfır). Motor çalışırken elektrik kapanıp açılırsa başlangıç durumları aynı olmak zorunda..

The output of an unstable system continues, often with exponential growth, for an indefinite period when the input is removed.

Dengesiz bir sistemin çıktısı, girdi çıkarıldığında belirsiz bir süre boyunca, genellikle üssel büyüme ile devam eder.

Stable & Unstable Systems

- A system is said to be *bounded-input bounded-output stable* (BIBO stable) if every bounded input results in a bounded output.

Her sınırlandırılmış giriş, sınırlanmış bir çıktı ile sonuçlanıyorsa; bir sistemin sınırlanmış girişine göre sınırlanmış çıkışının kararlı (BIBO kararlı) olduğu söylenir.

$$\forall t \quad |x(t)| \leq M_x < \infty \rightarrow \forall t \quad |y(t)| \leq M_y < \infty$$

Example: The system represented by

$$y(t) = A x(t) \text{ is unstable ; } A > 1$$

Reason: let us assume $x(t) = u(t)$, then at every instant $u(t)$ will keep on multiplying with A and hence it will not be bounded.

Types of Systems based on stability

- Absolutely stable system
- Conditionally stable system
- Marginally stable system

Continuous-Time Condition for BIBO Stability

$$\int_{-\infty}^{\infty} |h(t)| dt < \infty$$

This is to say that the impulse response is **absolutely integrable**.

Discrete-Time Condition for BIBO Stability

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |h(n)| < \infty$$

Bir sistemin kararlı olup olmadığına karar vermek için sistem fonksiyonunun Limit sonsuza giden değerine bakılır. Değer sonsuz gidiyorsa kararsızdır.

Which of the following systems is stable or not?

a) $y(t) = \log(x(t))$, unstable

b) $y(t) = \sin(x(t))$, stable

c) $y(t) = \exp(x(t))$, unstable

d) $y(t) = tx(t) + 1$, unsatable

Is the system $h(t) = \exp(-t)$ stable?, stable

Comment on the stability of the following system, $y[n] = (x[n-1])^n$. Enflasyon eğilimi n olarak sınırlı bir girdimiz olsa bile sınırlı bir çıktımız olacaktır. Bu nedenle, sistem kararlı bir sistem olmaya karar verir.

Comment on the stability of the following system, $y[n] = n * x[n-1]$. sınırlı bir girişimiz olsa bile, sınırsız bir çıkışımız olacaktır. Bu nedenle, sistem kararsız bir sistem olmaya karar verir.

Kararlı ayırık zamanlı sistemler

- Aşağıdakiler kararlı ayırık zamanlı sistemlerdir
- 1. $y(n) = x(4n)$;
- 2. $y(n) = x(-n)$;
- 3. $y(n) = ax(n) + 8$;
- 4. $y(n) = \cos x(n)$

Tersine Çevrilebilir Sistemler

Tersine Çevrilebilir Sistemler

- Bir sistemin girdisi çıktısından öğrenilebiliyorsa tersine çevrilebilir olduğu söylenir. Geri beslemeli sistemlerden bahsedilir.
- Bir sistem birkaç giriş için aynı çıkışlara sahipse, çıkış birçok giriş için aynı olduğundan doğru girişi bulmak imkansızdır. Bu nedenle, bir sistem farklı girdilere farklı çıktılar verirse tersine çevrilebilir. Birçok giriş için aynı çıkış verirse ters çevrilemez.
- Seçenek a'da herhangi bir giriş için 0 çıkış üretir → Ters çevrilemez
- Seçenek b'de farklı girişler için farklı çıkışlar üretir ve ters sistemi $x[n] = (1/2) y [n] \rightarrow$ Tersine çevrilebilir
- Seçenek c'de, hem pozitif hem de negatif değerler için aynı çıktıyı alıyoruz → Tersine çevrilemez
- Seçenek d, tüm sabit giriş değerleri için 0 alırız → Tersine çevrilemez.

a) $y[n] = 0$

b) $y[n] = 2x[n]$

c) $y(t) = x^2(t)$

d) $y(t) = dx(t)/dt$

Model Classification

Model Classification

- Continuous-time - Discrete-time models
- Continuous-event - Discrete-event models
- Deterministic - Probabilistic models
- Static - Dynamic models
- Linear - Non-linear models
- Open - Closed models

Discrete or Continuous models

- **Discrete model:** the state variables change only at a countable number of points in time. These points in time are the ones at which the event occurs/change in state.
- **Continuous:** the state variables change in a continuous way, and not abruptly from one state to another (infinite number of states).

Dinamik - Statik Sistemler

- Statik sistemler, belleğe sahip olmayan sistemlerdir.
- Dinamik sistemler, belleğe sahip olan sistemlerdir.
- Çıkış sinyali giriş sinyalinin geçmiş değerlerine bağlıysa ve aynı zamanda dinamik sistem olarak adlandırılırsa, sistemin belleğe sahip olduğu söylenir.

Static or Dynamic models

- **Dynamic:** State variables change over time (System Dynamics, Discrete Event, Agent-Based, Econometrics?)
- **Static:** Snapshot at a single point in time (Monte Carlo simulation, optimization models, etc.)

Dinamik - Statik Sistemler

- Statik sistemler, belleğe sahip olmayan sistemlerdir.
- Çıkış sinyali giriş sinyalinin geçmiş değerlerine bağlıysa ve aynı zamanda dinamik sistem olarak adlandırılırsa, sistemin belleğe sahip olduğu söylenir.

Static and Dynamic Systems

Static system is memory-less whereas dynamic system is a memory system.

Example 1: $y(t) = 2 x(t)$

For present value $t=0$, the system output is $y(0) = 2x(0)$.

Here, the output is only dependent upon present input.

Hence the system is memory less or static.

Example 2: $y(t) = 2 x(t) + 3 x(t-3)$

For present value $t=0$, the system output is $y(0) = 2x(0) + 3x(-3)$.

Here $x(-3)$ is past value for the present input for which the system requires memory to get this output.

Hence, the system is a dynamic system.

Deterministic and Random signal

- A signal is **deterministic** whose future values can be predicted accurately.
- Example: $x(t) = A \sin t$
- A signal is **random** whose future values can NOT be predicted with complete accuracy
- Random signals whose future values can be statistically determined based on the past values are **correlated signals**.
- Random signals whose future values can NOT be statistically determined from past values are **uncorrelated signals** and are more random than correlated signals.

Deterministic and Random signal(contd...)

- Two ways to describe the randomness of the signal are:
- **Entropy:**
This is the natural meaning and mostly used in system performance measurement.
- **Correlation:**
This is useful in signal processing by directly using correlation functions.

Deterministik

- Deterministik bir sistem, sistemin gelecekteki durumlarının gelişmesinde rastgelelik bulunmayan bir sistemdir.
- Belli bir girişe hep aynı çıkışı verir. içinde olasılık bulunmaz.
- Deterministik sistemlerde, başlangıçtaki durum kesin olarak biliniyorsa, böyle bir sistemin gelecekteki durumu teorik olarak ön görülebilir. Ancak pratikte gelecekteki durumlar hakkındaki bilgi sınırlıdır.
- Deterministik modeller, sistemin gelecek durumlarının belirlenmesinde hiçbir rastgelelik olmayan sistemlerdir.
- İyi modellenmiş bir deterministik sistem için, aynı şartlar altında ve aynı başlangıç durumları için sistem her zaman aynı sonucu verir.
- Örneğin, 100 metre yukarıdan bırakacağımız bir cisim, kaç kez tekrarlarsak tekrarlayalım 4,5 saniyede yere düşecektir ve yere düştüğü andaki hızı da 44,1 m/s olacaktır.

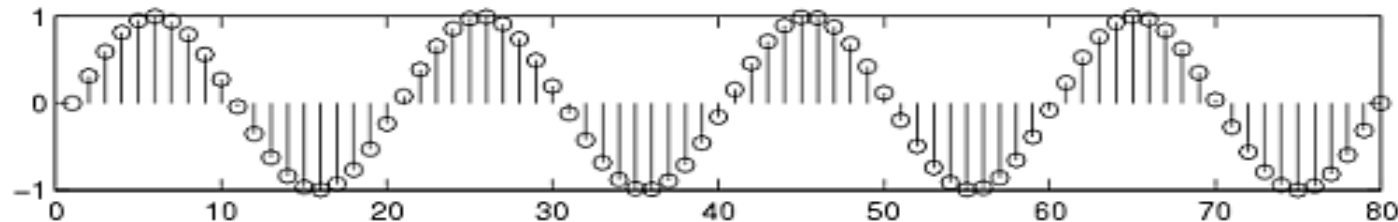
Deterministik

- Deterministik bir sistem, sistemin gelecekteki durumlarının gelişmesinde rastgelelik bulunmayan bir sistemdir. Belli bir girişe hep aynı çıkışı verir. içinde olasılık bulunmaz. Eğer başlangıçtaki durum kesin olarak biliniyorsa, böyle bir sistemin gelecekteki durumu teorik olarak ön görülebilir. ancak pratikte gelecekteki durumlar hakkındaki bilgi sınırlıdır.
- Deterministik modeller, sistemin gelecek durumlarının belirlenmesinde hiçbir rastgelelik olmayan sistemlerdir. Yani iyi modellenmiş bir deterministik sistem için, aynı şartlar altında ve aynı başlangıç durumları için sistem her zaman aynı sonucu verecektir. Örneğin, 100 metre yukarıdan bırakacağımız bir cisim, kaç kez tekrarlırsak tekrarlayalım 4,5 saniyede yere düşecektir ve yere düştüğü andaki hızı da 44,1 m/s olacaktır.

Deterministic & Non Deterministic Signals

Deterministic signals

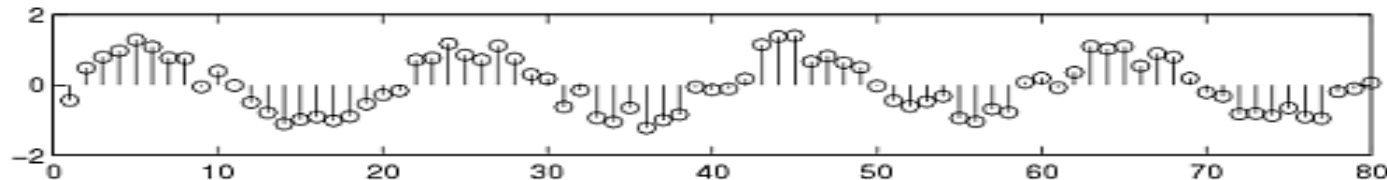
- Behavior of the signals is predictable w.r.t time
- There is no uncertainty with respect to its value at any time.
- These signals can be expressed mathematically.
For example $x(t) = \sin(3t)$ is deterministic signal.



Deterministic & Non Deterministic Signals Contd.

Non Deterministic or Random signals

- Behavior of the signals is **random** i.e. not predictable w.r.t time.
- There is an uncertainty with respect to its value at any time.
- These signals can't be expressed mathematically.
- For example **Thermal Noise** generated is non deterministic signal.



Stokastik modeller

- Stokastik modellerdeki sistem parametrelerinde, rasgelelik sistemin dinamiğinde ya da girişlerinde olabilir.
- Dolayısıyla sistemin çıkışı da benzer şekilde bir rastgeleliğe sahip olacaktır.
- Bu tip sistemlerde aynı şartlar altında aynı deney defalarca tekrarlanırsa dahi aynı sonuçlar elde edilmeyebilir ancak sonuçların hangi aralıkta veya hangi dağılımda olacağı, hangi sonucun ortaya çıkma ihtimalinin ne olduğu hesaplanabilir.
- **Stokastik modellerde sistemin çıkışının bilinmesi yerine tahmin edilmesi ve olasılıklandırılması söz konusudur.**
- Loto çekilişi, zar atılışı, döviz kurları, borsa gibi sistemleri örnek olarak verebiliriz.
- Kestirim ve öngöründe bulunulur.
- **Makine Öğrenmesi Algoritmalarında veri yığından öğrenerek insandan bağımsız otonom davranış geliştiren algoritmalar ve matematiksel modellerden belirli olasılık hesaplamaları ile gerçek hayattaki uygulamalara yönelik sistemler geliştirilmektedir. Bununla birlikte bu sistemler stokastik sistemlerdir.**

Deterministic, Stochastic or Chaotic

- **Deterministic model** is one whose behavior is entirely predictable. The system is perfectly understood, then it is possible to predict precisely what will happen.
- **Stochastic model** is one whose behavior cannot be entirely predicted.
- **Chaotic model** is a deterministic model with a behavior that cannot be entirely predicted

Deterministic and Stochastic Models

- Deterministic models produce deterministic results
- Stochastic or probabilistic models are subject to random effects
 - Typically, they have one or more random inputs (e.g., arrival of customers, service time etc.).
 - Outputs from stochastic models are “estimates” of the true characteristics of the system
 - Need to repeat experiments number of times
 - Need to have confidence in the results

Aggregate and Individual models

- **Aggregate model:** we look for a more distant position. Modeler is more distant. Policy model. This view tends to be more deterministic.
- **Individual model:** modeler is taking a closer look of the individual decisions. This view tends to be more stochastic.

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