DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Processamento Digital de Sinais

Prof. Bruno Zatt
Ruhan Conceição

DIGITAL SIGNAL PROCESSING

Aula 5 - Propriedade de Sistemas

Prof. Bruno Zatt
Ruhan Conceição

SISTEMAS

SISTEMA

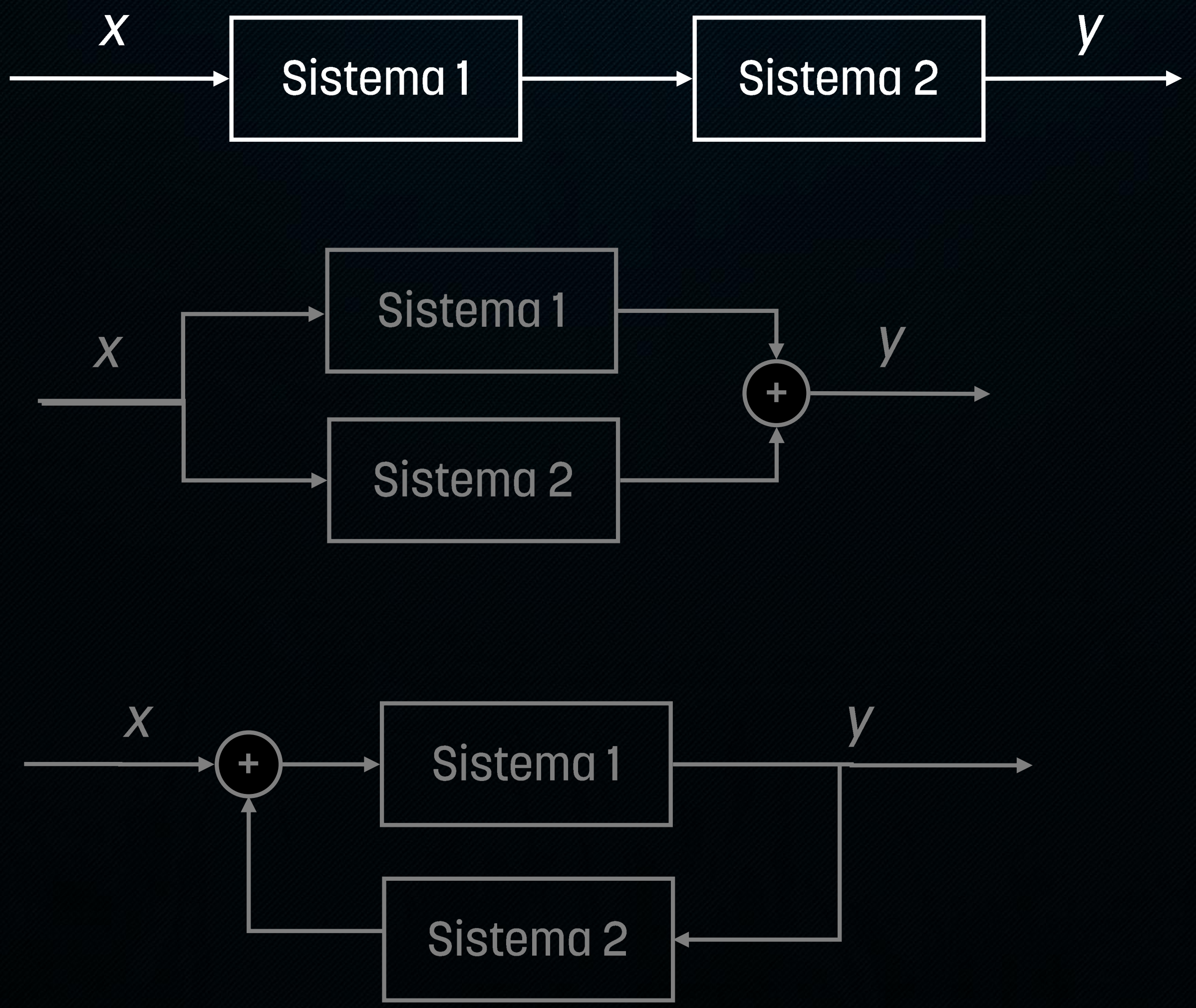
- **Sinal de Entrada:** $x[n]$
- **Sistema:** representado por $h[n]$, função que descreve a resposta do sistema tendo impulso (δ) como entrada.
- **Saída:** $y[n] = H\{x[n]\}$

INTERCONEXÃO DE SISTEMAS

Série

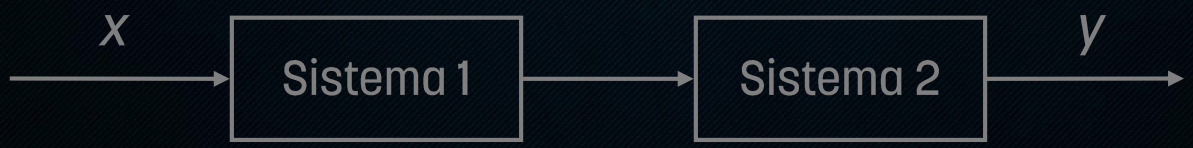
Paralelo

Realimentado



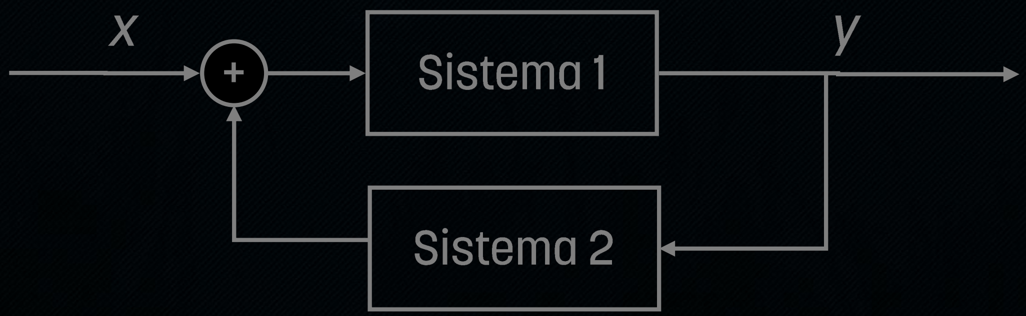
INTERCONEXÃO DE SISTEMAS

Série



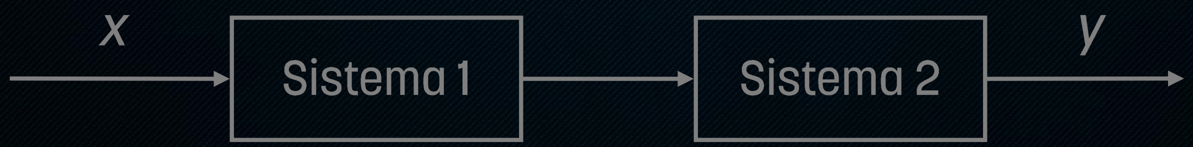
Paralelo

Realimentado

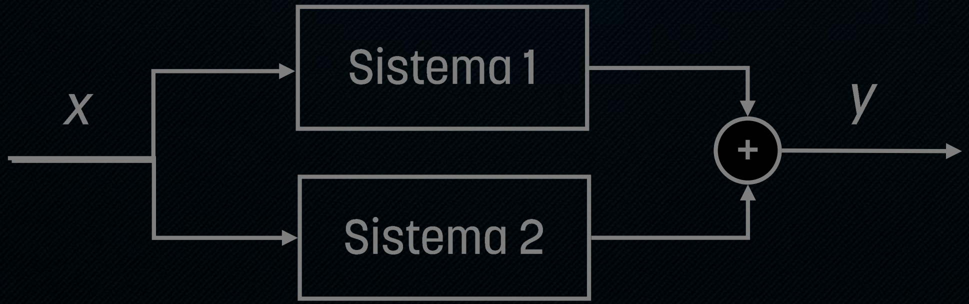


INTERCONEXÃO DE SISTEMAS

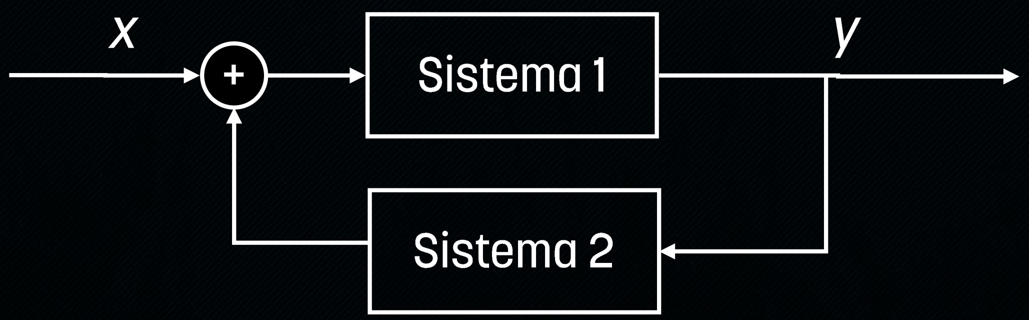
Série



Paralelo



Realimentado



PROPRIEDADE DE SISTEMAS

MEMÓRIA

Um sistema possui memória se sua saída depender de valores passados do sinal de entrada

$y[x] = x[n] + x[n-1]$, com memória
$y[x] = (2x[n] - x^2[n])$, sem memória

MEMÓRIA

O sistema abaixo possui memória?

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

INVERTIBILIDADE

Diz-se que um sistema é invertível se a entrada do sistema puder ser recuperada através do sinal de saída do sistema.

$$y[x] = 2x[n] \Leftrightarrow w[n] = \frac{1}{2}y[n]$$

INVERTIBILIDADE

Uma característica importante associada aos sistemas invertíveis é que entradas distintas devem produzir saídas distintas.

$y[n] = x^2[n]$, não invertível

CAUSALIDADE

Diz-se que um sistema é causal se o valor atual do sinal de saída depender passados somente dos valores entrada. Também Conhecido como não antecipativo.

$$y[x] = (x[n] + x[n-1] + x[n-2]), \text{ causal}$$

$$y[x] = (x[n] + x[n+1] + x[n-1]), \text{ não causal}$$

CAUSALIDADE

O sistemas abaixo são causais?

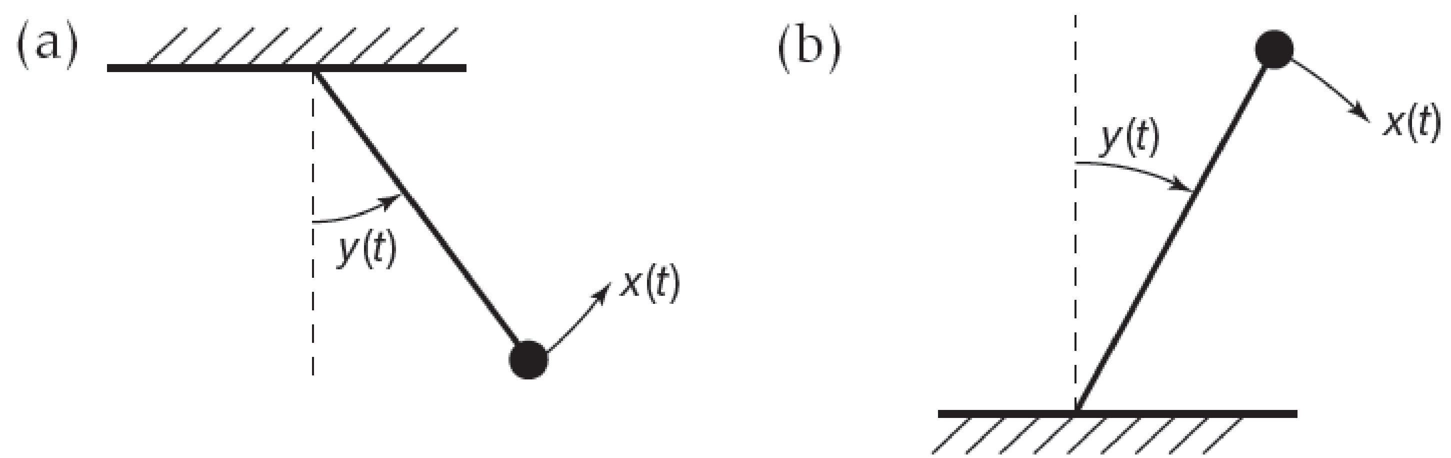
$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{n} x[k]$$

$$y[n] = \frac{1}{2M+1} \sum_{k=-M}^{M} x[n-k]$$

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

ESTABILIDADE

O sistema será BIBO estável (*Bounded Input Bounded Output*) se para todo sinal entrada limitado implicar em um de saída limitado.



ESTABILIDADE

O sistemas abaixo são estáveis?

$$S1{:}\ y[n] = nx[n]$$

$$S2{:}\ y[n] = a^{x[n]}$$

INVARIÂNCIA NO TEMPO

Um sistema é dito invariante no tempo se um deslocamento no tempo do sinal de entrada (retardo ou avanço) implicar em um deslocamento temporal idêntico no sinal de saída

$$x[n] \rightarrow y[n]$$
$$x[n - n_0] \rightarrow y[n - n_0]$$

INVARIÂNCIA NO TEMPO

O sistema abaixo é invariante no tempo?

$$y[n] = nx[n]$$

INVARIÂNCIA NO TEMPO

O sistema abaixo é invariante no tempo?

$$y[n] = nx[n]$$

$$x_1[n] = \delta[n]$$

$$y_1[n] = n\delta[n] = 0$$

$$x_2[n] = \delta[n-1]$$

$$y_2[n] = n\delta[n-1]$$
$$= \delta[n-1]$$

INVARIÂNCIA NO TEMPO

O sistema abaixo é invariante no tempo?

$$y[n] = nx[n]$$

$$x_1[n] = \delta[n]$$

$$y_1[n] = n\delta[n] = 0$$

$$x_2[n] = \delta[n-1]$$

$$y_2[n] = n\delta[n-1]$$
$$= \delta[n-1]$$

$$y_1[n-1] \neq y_2[n]$$

Sistema não é invariante no tempo

LINEARIDADE

Sistemas lineares são sistemas que têm a propriedade da superposição. Se uma entrada consiste de uma soma ponderada de diversos sinais, então a saída é a soma ponderada (superposição) das respostas do sistema a cada um desses sinais.

$$a x_1[n] + b x_2[n] \rightarrow a y_1[n] + a y_2[n]$$

LINEARIDADE

O sistemas abaixo são lineares?

$$y[n] = nx[n]$$

$$y[n] = x^2[n]$$

$$y[n] = 2x[n] + 3$$

EXERCÍCIO PROPOSTO

- *Implemente o sistema descrito na equação abaixo utilizando uma função em Matlab*

  Assinatura da função: function [y, n] = <nome da funcao> (x, m)

- *Utilizando script, chame a função criada acima e:*
  1. *Plote (stem) a resposta y[n] ao impulso*
  2. *Plote (stem) a resposta y[n] ao degrau*
  3. *Plote (stem) a resposta y[n] à outro sinal qualquer*
     a) *Utilizar subplot para plotar simultaneamente x[n] e y[n]*

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

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Leitura Recomendada

- *Seção 2.2 do livro do Ingle & Proakis*
- *Seção 1.2, 1.3 (1.3.2), 1.4, 1.6 do livro de Sinais e Sistemas do Oppenheim*

Exercícios do Ingle & Proakis

- *Resolver problemas P2.4, P2.5 e P2.6*

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Exercícios Adaptados do Oppenheim (Sinais e Sistemas)

- *Defina se os seguintes sistemas são:*
  1. *Com memória*
  2. *Invertível*
  3. *Causal*
  4. *Estável*
  5. *Invariante no Tempo*
  6. *Linear*

- $y[n] = x[n]x[n-2]$
- $y[n] = \sum_{k=n-n_0}^{n+n_0} x[k]$
- $y[n] = x^2[n-2]$
- $y[n] = x[n+1] - x[n-1]$


"That's all Folks!"