

Introdução aos Sinais e Sistemas

Edmar J Nascimento

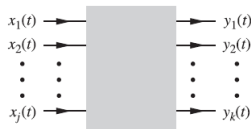
Universidade Federal do Vale do São Francisco
Colegiado de Engenharia Elétrica

www.univasf.edu.br/~edmar.nascimento

March 14, 2021

Definições

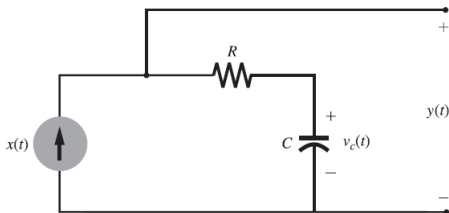
- Um sistema pode ser definido como sendo uma entidade que manipula um ou mais sinais para realizar uma determinada função, produzindo, assim, novos sinais
- Um sistema físico pode ser caracterizado pela sua relação entrada/saída
 - Dessa forma, um sistema pode ser visto como uma caixa preta com um conjunto de entradas $x_1(t), x_2(t), \dots, x_j(t)$ e saídas $y_1(t), y_2(t), \dots, y_k(t)$



Definições

- Um exemplo de relação entrada/saída é dado para o circuito RC mostrado abaixo, no qual tem-se que

$$y(t) = v_c(t_0) + Rx(t) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t x(\tau) d\tau, \quad t \geq t_0$$



Classificação dos Sistemas

- Os sistemas podem ser classificados em
 - Lineares e não lineares
 - Variantes e invariantes no tempo
 - Com memória (dinâmicos) e sem memória (instantâneos)
 - Causais e não causais
 - Contínuos e discretos no tempo
 - Analógicos e digitais
 - Inversíveis e não inversíveis
 - Estáveis e instáveis

Sistemas Lineares e não Lineares

- Um sistema é linear se ele verifica o princípio da superposição, ou seja, ele é simultaneamente aditivo e homogêneo
- Para um sistema linear, tem-se que

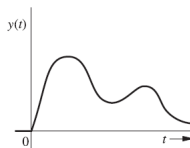
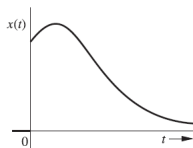
$$\begin{aligned} &\text{se } x_1 \rightarrow y_1 \text{ e } x_2 \rightarrow y_2 \\ &\text{então } k_1 x_1 + k_2 x_2 \rightarrow k_1 y_1 + k_2 y_2 \end{aligned}$$

- Caso o sistema não verifique o princípio da superposição ele é dito ser não linear
- Um sistema linear permite que cada entrada seja considerada separadamente
- A maioria dos sistemas é não linear quando são consideradas todas as possibilidades de entradas

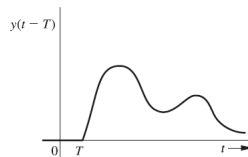
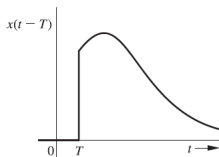
Sistemas Variantes e Invariantes no Tempo

- Um sistema é invariante no tempo se um deslocamento na entrada provoca o mesmo deslocamento na saída, ou seja

$$\begin{aligned} &\text{se } x(t) \rightarrow y(t) \\ &\text{então } x(t - T) \rightarrow y(t - T) \end{aligned}$$



(a)



Sistemas Variantes e Invariantes no Tempo

- Caso o sistema não verifique a propriedade de invariância no tempo ele é dito ser variante no tempo
- Sistemas variantes no tempo possuem parâmetros que variam com o tempo
- O formalismo estudado nesse curso permite tratar apenas sistemas lineares e invariantes no tempo (LIT)

Sistemas com e sem Memória

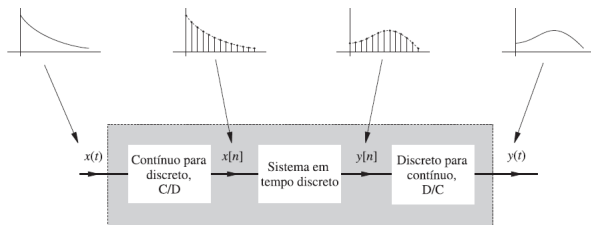
- Um sistema sem memória (instantâneo) é aquele cuja saída no instante t dependa apenas na entrada no instante t
 - Circuito resistivo
- Caso a saída no instante t dependa de valores passados ou futuros da entrada, o sistema é dito ser com memória (dinâmico)
 - Circuitos RC, RL e RLC

Sistemas Causais e não Causais

- Um sistema é causal quando a saída em um instante t_0 depende apenas de valores da entrada para $t \leq t_0$
 - A saída de um sistema causal não depende de valores futuros da entrada e por essa razão, ele é chamado de não antecipativo
- Os sistemas físicos reais são exemplos de sistemas causais quando a variável é o tempo
- Caso o sistema não seja causal ele é não causal

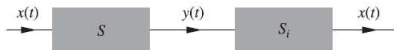
Sistemas em Tempo Contínuo e Discreto

- Sistemas contínuos são aqueles cujas entradas e saídas são sinais contínuos no tempo
- Sistemas discretos são aqueles cujas entradas e saídas são sinais discretos no tempo
- Sinais contínuos podem ser processados por sistemas discretos



Classificação dos Sistemas

- Um sistema pode ainda ser classificado como analógico ou digital dependendo da natureza dos sinais de entrada e saída
- Um sistema em que a entrada $x(t)$ pode ser obtido a partir da saída $y(t)$ é dito ser inversível
 - A operação inversa "desfaz" a operação efetuada pelo sistema
 - Um integrador é o inverso de um diferenciador



Sistemas Instáveis e Estáveis

- Os sistemas podem ser classificados em estáveis e instáveis segundo o critério de estabilidade externa
- Um sistema é estável (BIBO estável) se uma entrada limitada resulta em uma saída limitada
- Caso uma entrada limitada resulte em uma saída ilimitada, o sistema é instável