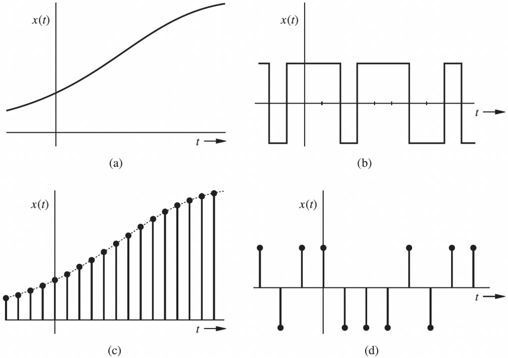
UNIAVAN - Centro Universitário Avantis
Curso: Engenharia Elétrica
Disciplina: Análise de Sistemas Lineares

# Classificação de Sistemas

Prof. Luiz Fernando M. Arruda, Me. Eng.

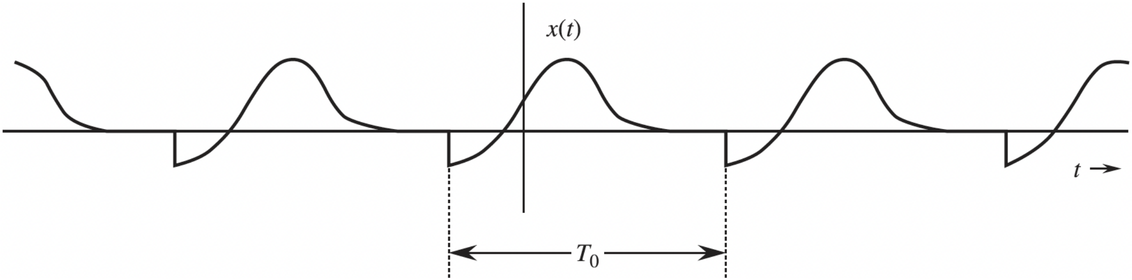
# Sumário

# Sinais Analógicos e Sinais Digitais




Embora muita gente confunda um sinal contínuo com um sinal analógico, e um sinal discreto com um sinal digital. As correlações são um pouco diferentes. Nas figuras (a) e (b) ambos os sinais são contínuos, porém na alternativa (a) o sinal é analógico e na letra (b) o sinal é digital. Nas alternativas (c) e (d) ambos os sinais são discretos, observe a descontinuidade do sinal, ao qual na alternativa (c) o sinal é analógico e em (d) digital. Um sinal analógico pode ser convertido em um sinal digital através do uso de ADC's.

# Sinais Periódicos e Não Periódicos

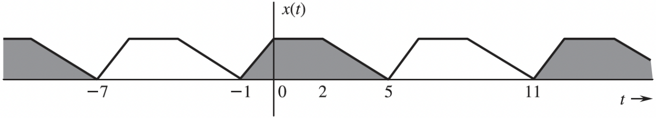



Um sinal é considerado periódico para:

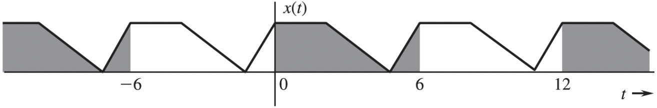
$$x(t) = x(t + T_0) \qquad \text{para todo t}$$

Ao qual o menor valor de $T_0$ que satisfaz a periodicidade é o período fundamental de $x(t)$. Outra característica é que um sinal periódico deve começar em $t = -\infty$.

# Sinais Periódicos e Não Periódicos




(a)




(b)

Além disso, outra propriedade importante de um sinal periódico $x(t)$ é que $x(t)$ pode ser gerado pela extensão periódica de qualquer segmento de $x(t)$ com duração $T_0$ (o período). Ao também, a área de um sinal periódico considerando o intervalo $T_0$ é sempre a mesma.

$$\int_{\alpha}^{\alpha+T_0} x(t)\,dt = \int_{\beta}^{\beta+T_0} x(t)\,dt$$

# Energia e Potência

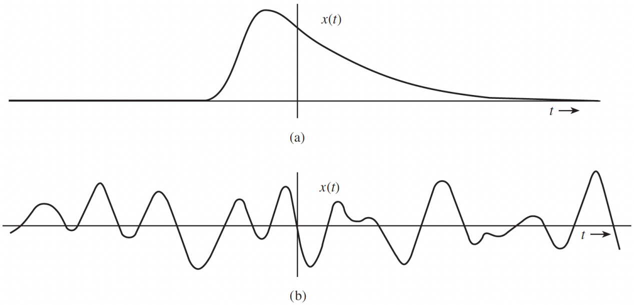



**Figure 1.1** Examples of signals: **(a)** a signal with finite energy and **(b)** a signal with finite power.

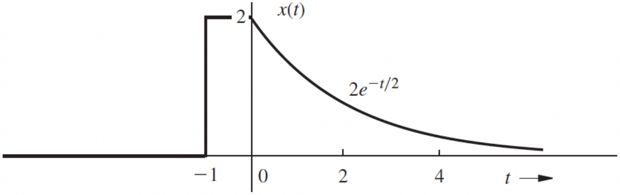
$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 \, dt$$

$$P_x = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |x(t)|^2 \, dt$$

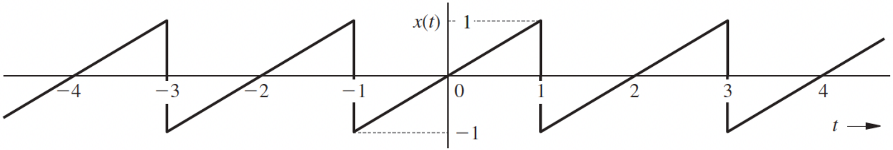
A energia é calculada para sinais que possuem uma energia finita, ou seja, sinais que eventualmente "desaparecem"com o tempo, como pulsos ou transientes. Já potência de um sinal é uma medida da taxa média de transferência de energia ao longo do tempo, e é apropriada para sinais que persistem indefinidamente no tempo.

# Exemplo

Classifique e calule o valor de potência ou energia do sinal abaixo:

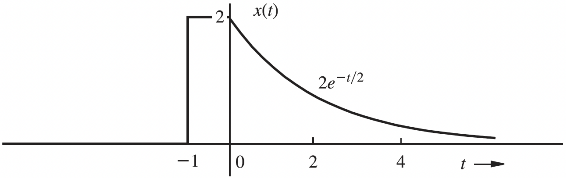



(a)



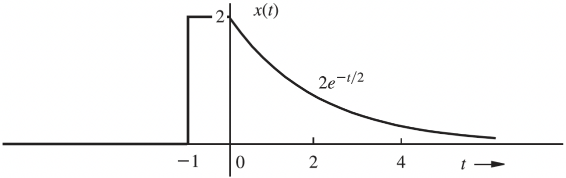

(b)

# Exemplo 01




(a)

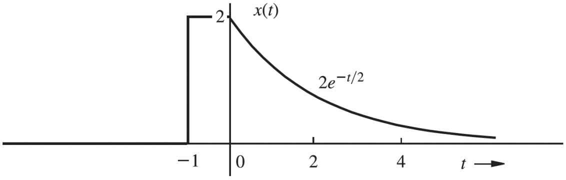
# Exemplo 01



(a)

Classificação = Sinal de Energia Finita;

# Exemplo 01




(a)

Classificação = Sinal de Energia Finita;

$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 \, dt$$

$$E_x = \int_{-1}^{0} |2|^2 \, dt + \int_{0}^{\infty} |2e^{-t/2}|^2 \, dt$$

$$E_x = \int_{-1}^{0} 4 \, dt + \int_{0}^{\infty} 4e^{-t} \, dt$$

$$E_x = 4 \cdot \int_{-1}^{0} dt + 4 \cdot \int_{0}^{\infty} e^{-t} \, dt$$

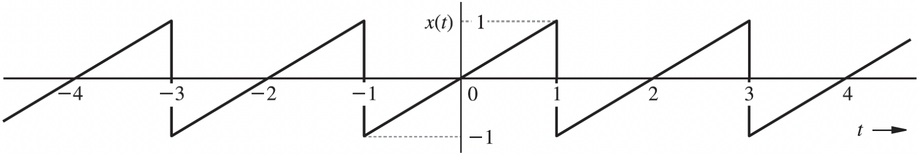
$$E_x = 4 \cdot (0 - (-1)) + 4 \cdot \left( \lim_{T \to \infty} (-e^{-t}) - (-e^{-0}) \right)$$

$$E_x = 4 + 4 \cdot (0 - (-1))$$

$$E_x = 4 + 4$$

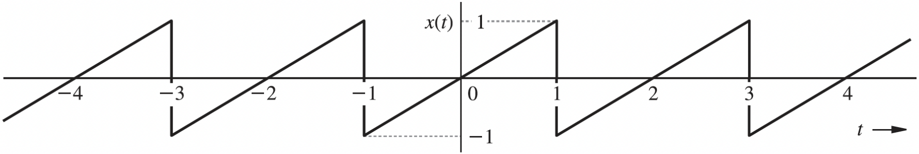
$$E_x = 8$$

# Exemplo 01




(b)

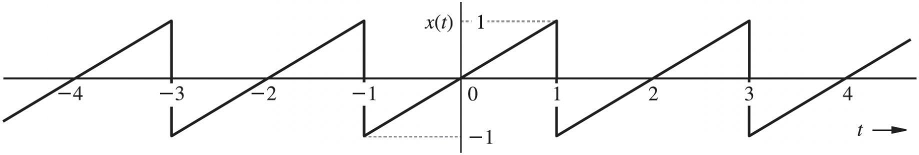
# Exemplo 01



(b)

Classificação = Sinal de Potência Finita;

# Exemplo 01




(b)

Classificação = Sinal de Potência Finita;

$$P_x = \frac{1}{\alpha - \beta}\int_{\beta}^{\alpha} |x(t)|^2\, dt$$

$$P_x = \frac{1}{1-(-1)}\int_{-1}^{1} t^2\, dt$$

$$P_x = \frac{1}{2}\left[\frac{t^3}{3}\right]_{-1}^{1}$$

$$P_x = \frac{1}{2}\cdot\frac{1^3-(-1^3)}{3}$$

$$P_x = \frac{1}{2}\cdot\frac{2}{3}$$

$$P_x = \frac{2}{6}$$

$$P_x = \frac{1}{3}$$

# Exercícios

Classifique e calule o valor de potência ou energia do sinal abaixo:

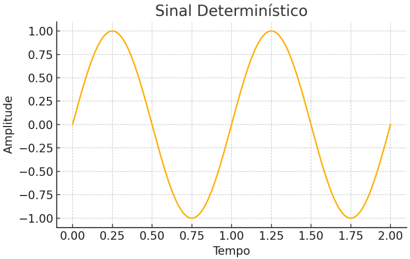
1. $x(t) = C \cdot cos(\omega_0 t + \theta)$
2. $x(t) = C_1 \cdot cos(\omega_1 t + \theta_1) + C_2 \cdot cos(\omega_2 t + \theta_2) \qquad \omega_1 \neq \omega_2$
3. $x(t) = D \cdot e^{j\omega_0 t}$

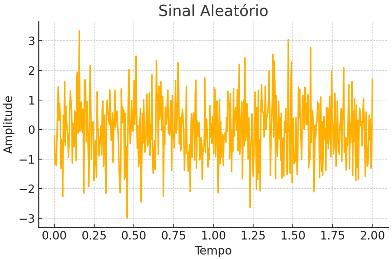
# Sinais Deterministicos e Aleatórios

De acordo com (HSU, 2019), Um sistema determinístico é aquele cuja descrição da forma matemática ou forma gráfica é completamente conhecido, e o sinal aleatório são conhecidos apenas por meio de valores médio, ou médio quadrático.

**Atenção**

Nesta disciplina, abordaremos apenas sinais determinísticos durante operações matemáticas. Modelo aleatório será abordado somente como classificação.



# Função Par e Ímpar

Todas as funções são classificadas entre função ímpar ou par de acordo com a relação entre $t<0$ e $t>0$. Um sinal $x(t)$ ou $x[n]$ é considerado par quando sua reversão temporal apresenta o mesmo valor.

$$x(-t) = x(t)$$
$$x(-n) = x(n)$$

E, é considerado ímpar quando:

$$x(-t) = -x(t)$$
$$x(-n) = -x(n)$$

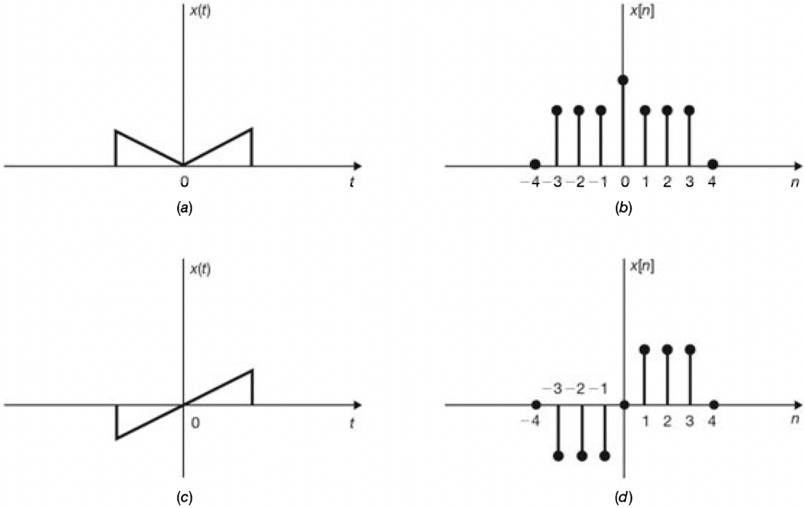
Qualquer sinal, x(t) ou x[n], pode ser expressado pela soma de dois sinais, um par(*even*) e outro ímpar(*odd*).

$$x(t) = x_e(t) + x_o(t)$$
$$x[n] = x_e[n] + x_o[n]$$

Ao qual,

$$x_e(t) = \frac{1}{2}\{x(t) + x(-t)\} \qquad x_o(t) = \frac{1}{2}\{x(t) - x(-t)\}$$
$$x_e[n] = \frac{1}{2}\{x[n] + x[-n]\} \qquad x_o[n] = \frac{1}{2}\{x[n] - x[-n]\}$$

# Função Par e Ímpar



# Função Par e Ímpar

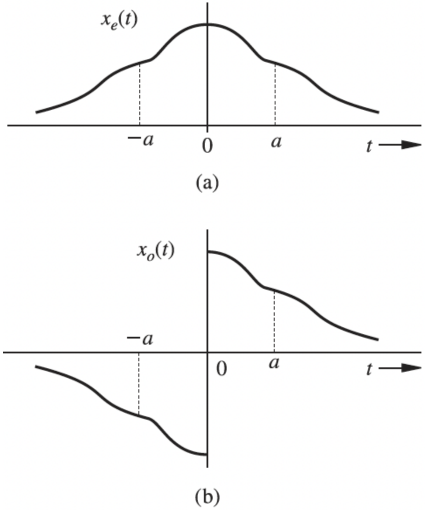
Algumas propriedades das funções:

$$x_e(t) + x_o(t) = x_o(t)$$
$$x_o(t) + x_o(t) = x_e(t)$$
$$x_e(t) + x_e(t) = x_e(t)$$

$$x_e[n] + x_o[n] = x_o[n]$$
$$x_o[n] + x_o[n] = x_e[n]$$
$$x_e[n] + x_e[n] = x_e[n]$$

**Atenção**

Lembrar da matemática básica.



# Exercício

Determine as componentes pares e ímpares de $x(t) = e^{jt}$.

# Funções Especiais

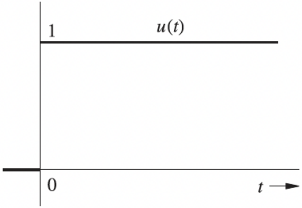
As funções especiais desempenham um papel fundamental em diversas áreas da matemática aplicada e engenharia, particularmente no campo da teoria de sinais e sistemas. Entre essas funções, destacam-se:

- degrau unitário
- impulso unitário
- exponencial

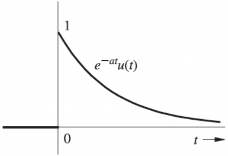
# Degrau unitário

A função degrau unitário $u(t)$ expressa um sinal cujo valor inicial é 0 quando $t < 0$, e muda para 1 em $t > 0$.

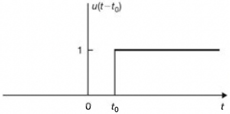
$$x(t) = \begin{cases} 0 & \text{se } t < 0 \\ 1 & \text{se } t \geq 0 \end{cases}$$




Aplicação do degrau unitário em uma função exponencial




Aplicação do degrau unitário com deslocamento temporal



# Próxima Aula
# Classificação de Sinais

Obrigado!!!

# Referencial Bibliográfico I

DISTEFANO, Joseph J; STUBBERUD, Allen J; WILLIAMS, Ivan J. **Schaum's outline of feedback and control systems**. New York: McGraw-Hill Professional, 2013.

HAYES, Monson H. **Schaum's outlines Digital Signal Processing**. New York: McGraw-Hill Professional, 2011.

HSU, Hwei P. **Schaum's outlines signals and systems, 4th Edition**. New York: McGraw-Hill Professional, 2019. v. 4.

LATHI, Bhagwandas Pannalal; GREEN, Roger A. **Linear systems and signals**. New York: Oxford University Press, 2004. v. 2.