

# Universidade Federal do Rio de Janeiro

## Lista I - Sistemas Lineares I

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| Alunos    | Igor Abreu da Silva            |
| DRE       | 112053874                      |
| Curso     | Engenharia Eletrônica          |
| Turma     | 2016/2                         |
| Professor | Natanael Nunes de Moura Junior |

Rio de Janeiro, 16 de Setembro de 2016

# Conteúdo

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Questão 1 - Conhecimentos Básicos</b> | <b>1</b> |
| 1.1      | Item a . . . . .                         | 1        |
| 1.1.1    | Sinal (a) . . . . .                      | 1        |
| 1.1.2    | Sinal (b) . . . . .                      | 1        |
| 1.1.3    | Sinal (c) . . . . .                      | 1        |
| 1.1.4    | Sinal (d) . . . . .                      | 1        |
| 1.2      | Item b . . . . .                         | 2        |
| 1.2.1    | Sinal (a) . . . . .                      | 2        |
| 1.2.2    | Sinal (b) . . . . .                      | 2        |
| 1.2.3    | Sinal (c) . . . . .                      | 2        |
| 1.2.4    | Sinal (d) . . . . .                      | 2        |
| 1.2.5    | Sinal (e) . . . . .                      | 2        |
| 1.3      | Item c . . . . .                         | 3        |
| 1.3.1    | Sinais (a) . . . . .                     | 3        |
| 1.3.2    | Sinais (b) . . . . .                     | 4        |
| 1.3.3    | Sinais (c) . . . . .                     | 4        |
| 1.4      | Item d . . . . .                         | 5        |
| 1.4.1    | Sinais (a) . . . . .                     | 5        |
| 1.4.2    | Sinais (b) . . . . .                     | 5        |
| 1.4.3    | Sinais (c) . . . . .                     | 5        |
| 1.5      | Item e . . . . .                         | 6        |
| 1.5.1    | Sinais (a) . . . . .                     | 6        |
| 1.5.2    | Sinais (b) . . . . .                     | 6        |
| 1.5.3    | Sinais (c) . . . . .                     | 7        |
| 1.5.4    | Sinais (d) . . . . .                     | 7        |
| 1.6      | Item f . . . . .                         | 7        |
| 1.6.1    | Sinais (a) . . . . .                     | 7        |
| 1.6.2    | Sinais (b) . . . . .                     | 8        |
| 1.6.3    | Sinais (c) . . . . .                     | 8        |
| 1.6.4    | Sinais (d) . . . . .                     | 8        |
| 1.6.5    | Sinais (e) . . . . .                     | 8        |
| 1.6.6    | Sinais (f) . . . . .                     | 8        |
| 1.7      | Item g . . . . .                         | 8        |
| 1.7.1    | Sinais (a) . . . . .                     | 8        |
| 1.7.2    | Sinais (b) . . . . .                     | 8        |
| 1.7.3    | Sinais (c) . . . . .                     | 8        |
| 1.7.4    | Sinais (d) . . . . .                     | 8        |
| 1.7.5    | Sinais (e) . . . . .                     | 8        |
| 1.7.6    | Sinais (f) . . . . .                     | 9        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 1.7.7    | Sinais (g)                               | 9         |
| 1.7.8    | Sinais (h)                               | 9         |
| 1.8      | Item h                                   | 9         |
| 1.8.1    | Sinais (a)                               | 9         |
| 1.8.2    | Sinais (b)                               | 9         |
| 1.8.3    | Sinais (c)                               | 9         |
| 1.8.4    | Sinais (d)                               | 9         |
| 1.8.5    | Sinais (e)                               | 9         |
| 1.8.6    | Sinais (f)                               | 9         |
| 1.9      | Item i                                   | 10        |
| 1.9.1    | Sinais (a)                               | 10        |
| 1.9.2    | Sinais (b)                               | 10        |
| 1.10     | Item j                                   | 10        |
| 1.10.1   | Sinais (a)                               | 10        |
| 1.10.2   | Sinais (b)                               | 10        |
| 1.10.3   | Sinais (c)                               | 10        |
| 1.10.4   | Sinais (d)                               | 11        |
| 1.10.5   | Sinais (e)                               | 11        |
| 1.10.6   | Sinais (f)                               | 11        |
| 1.10.7   | Sinais (g)                               | 11        |
| 1.10.8   | Sinais (h)                               | 12        |
| 1.11     | Item k                                   | 12        |
| 1.11.1   | Sinais (a)                               | 12        |
| 1.11.2   | Sinais (b)                               | 12        |
| 1.11.3   | Sinais (c)                               | 12        |
| 1.11.4   | Sinais (d)                               | 12        |
| 1.11.5   | Sinais (e)                               | 12        |
| 1.11.6   | Sinais (f)                               | 13        |
| 1.12     | Item l                                   | 13        |
| 1.13     | Item m                                   | 13        |
| 1.13.1   | Sinais (a)                               | 13        |
| 1.13.2   | Sinais (b)                               | 13        |
| 1.13.3   | Sinais (c)                               | 13        |
| 1.13.4   | Sinais (d)                               | 14        |
| 1.13.5   | Sinais (e)                               | 14        |
| 1.14     | Item n                                   | 14        |
| <b>2</b> | <b>Questão 2 - Conhecimentos Básicos</b> | <b>15</b> |
| 2.1      | Item a                                   | 15        |
| 2.1.1    | Sinais (a)                               | 15        |
| 2.1.2    | Sinais (b)                               | 15        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.1.3    | Sinais (c)                                 | 15        |
| 2.1.4    | Sinais (d)                                 | 15        |
| 2.1.5    | Sinais (e)                                 | 15        |
| 2.2      | Item b                                     | 15        |
| 2.2.1    | Sinais (a)                                 | 15        |
| 2.2.2    | Sinais (b)                                 | 15        |
| 2.3      | Item c                                     | 15        |
| 2.3.1    | Sinais (a)                                 | 15        |
| 2.3.2    | Sinais (b)                                 | 16        |
| 2.3.3    | Sinais (c)                                 | 16        |
| 2.3.4    | Sinais (d)                                 | 16        |
| 2.4      | Item d                                     | 16        |
| 2.4.1    | Sinais (a)                                 | 16        |
| 2.4.2    | Sinais (b)                                 | 16        |
| 2.4.3    | Sinais (c)                                 | 16        |
| 2.5      | Item e                                     | 16        |
| 2.6      | Item f                                     | 17        |
| 2.7      | Item g                                     | 17        |
| 2.7.1    | Sinais (a)                                 | 17        |
| 2.7.2    | Sinais (b)                                 | 18        |
| 2.7.3    | Sinais (c)                                 | 18        |
| 2.7.4    | Sinais (d)                                 | 19        |
| 2.7.5    | Sinais (e)                                 | 19        |
| 2.7.6    | Sinais (f)                                 | 20        |
| <b>3</b> | <b>Questão 3 - Conhecimentos Básicos</b>   | <b>20</b> |
| 3.1      | Item a                                     | 20        |
| 3.2      | Item b                                     | 20        |
| 3.3      | Item c                                     | 20        |
| 3.4      | Item d                                     | 20        |
| 3.5      | Item e                                     | 21        |
| <b>4</b> | <b>Questão 4 - Conhecimentos Básicos</b>   | <b>21</b> |
| 4.1      | Item a                                     | 21        |
| 4.2      | Item b                                     | 21        |
| 4.3      | Item c                                     | 22        |
| <b>5</b> | <b>Questão 5 - Classificação de Sinais</b> | <b>22</b> |
| 5.1      | Item a                                     | 22        |
| 5.2      | Item b                                     | 22        |
| 5.3      | Item c                                     | 22        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 5.4       | Item d . . . . .                                | 22        |
| 5.5       | Item e . . . . .                                | 22        |
| <b>6</b>  | <b>Questão 6 - Classificação de Sistemas</b>    | <b>23</b> |
| 6.1       | Item a . . . . .                                | 23        |
| 6.2       | Item b . . . . .                                | 23        |
| 6.3       | Item c . . . . .                                | 23        |
| <b>7</b>  | <b>Questão 7 - Classificação de Sistemas</b>    | <b>23</b> |
| 7.1       | Item a . . . . .                                | 23        |
| 7.2       | Item b . . . . .                                | 23        |
| <b>8</b>  | <b>Questão 8 - Energia e Potência de Sinais</b> | <b>23</b> |
| 8.1       | Item a . . . . .                                | 23        |
| 8.2       | Item b . . . . .                                | 24        |
| <b>9</b>  | <b>Questão 9 - Operação com Sinais</b>          | <b>24</b> |
| 9.1       | Item a . . . . .                                | 25        |
| 9.2       | Item b . . . . .                                | 25        |
| 9.3       | Item c . . . . .                                | 26        |
| 9.4       | Item d . . . . .                                | 26        |
| <b>10</b> | <b>Questão 10 - Operação com Sinais</b>         | <b>26</b> |
| 10.1      | Item a . . . . .                                | 26        |
| 10.2      | Item b . . . . .                                | 27        |

## Lista de Figuras

|   |                                       |    |
|---|---------------------------------------|----|
| 1 | Sinais utilizados no Item A . . . . . | 1  |
| 2 | Sinais utilizados no Item B . . . . . | 2  |
| 3 | Sinais utilizados no Item C . . . . . | 3  |
| 4 | Sinais utilizados no Item D . . . . . | 5  |
| 5 | Circuito 1 . . . . .                  | 14 |
| 6 | Questao 4 - Item A . . . . .          | 21 |
| 7 | Questao 4 - Item B . . . . .          | 21 |
| 8 | Questao 4 - Item C . . . . .          | 22 |

# 1 Questão 1 - Conhecimentos Básicos

## 1.1 Item a

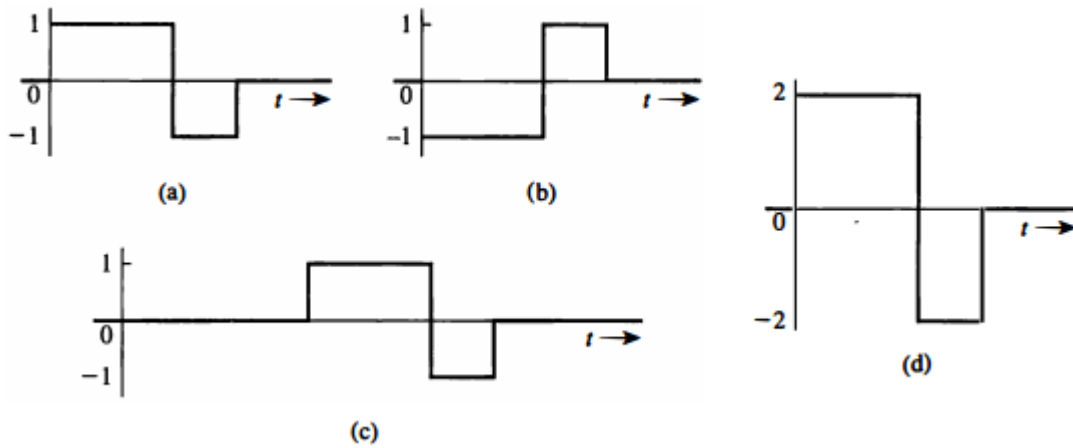


Figura 1: Sinais utilizados no Item A

Analisando os resultados, percebe-se que a inversão ou o deslocamento não alteram a energia do sinal, entretanto, a multiplicação por um fator  $k$  altera o sinal em  $k^2$ .

### 1.1.1 Sinal (a)

$$\int_0^2 1^2 dx + \int_2^3 -1^2 dx \Rightarrow \int_0^2 dx + \int_2^3 dx = 3$$

### 1.1.2 Sinal (b)

$$\int_0^2 -1^2 dx + \int_2^3 1^2 dx \Rightarrow \int_0^2 dx + \int_2^3 dx = 3$$

### 1.1.3 Sinal (c)

$$\int_3^5 1^2 dx + \int_5^6 -1^2 dx \Rightarrow \int_3^5 dx + \int_5^6 dx = 3$$

### 1.1.4 Sinal (d)

$$\int_0^2 2^2 dx + \int_2^3 -2^2 dx \Rightarrow \int_0^2 4 dx + \int_2^3 4 dx = 12$$

## 1.2 Item b

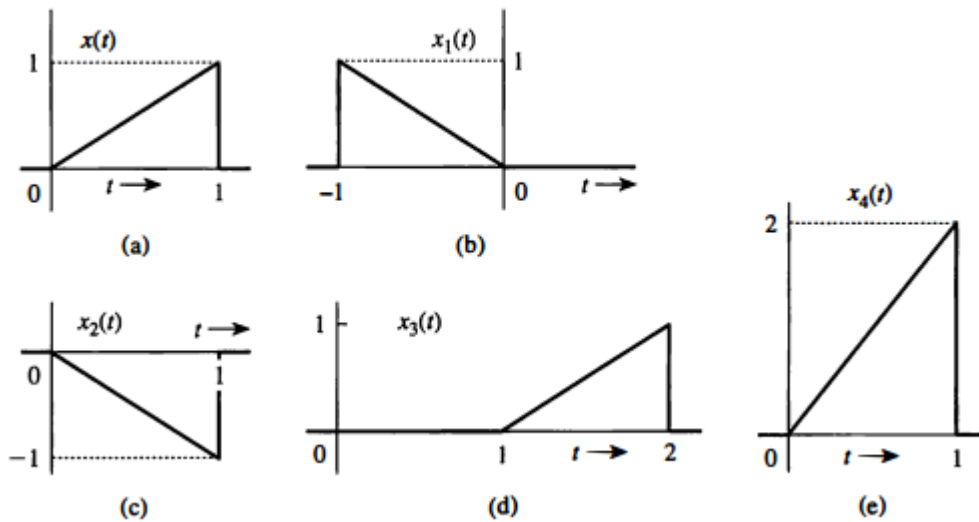


Figura 2: Sinais utilizados no Item B

Repete-se o que ocorre no Item(a)

### 1.2.1 Sinal (a)

$$\int_0^1 x^2 dx = \frac{1}{3}$$

### 1.2.2 Sinal (b)

$$\int_{-1}^0 (-x)^2 dx = \frac{1}{3}$$

### 1.2.3 Sinal (c)

$$\int_0^1 (-x)^2 dx = \frac{1}{3}$$

### 1.2.4 Sinal (d)

$$\int_1^2 (x-1)^2 dx \Rightarrow \int_1^2 (x^2 - 2x + 1) dx = \frac{8}{3} - \frac{1}{3} - 4 + 1 + 2 - 1 = \frac{1}{3}$$

### 1.2.5 Sinal (e)

$$\int_0^1 (2x)^2 dx = \frac{4}{3}$$

### 1.3 Item c

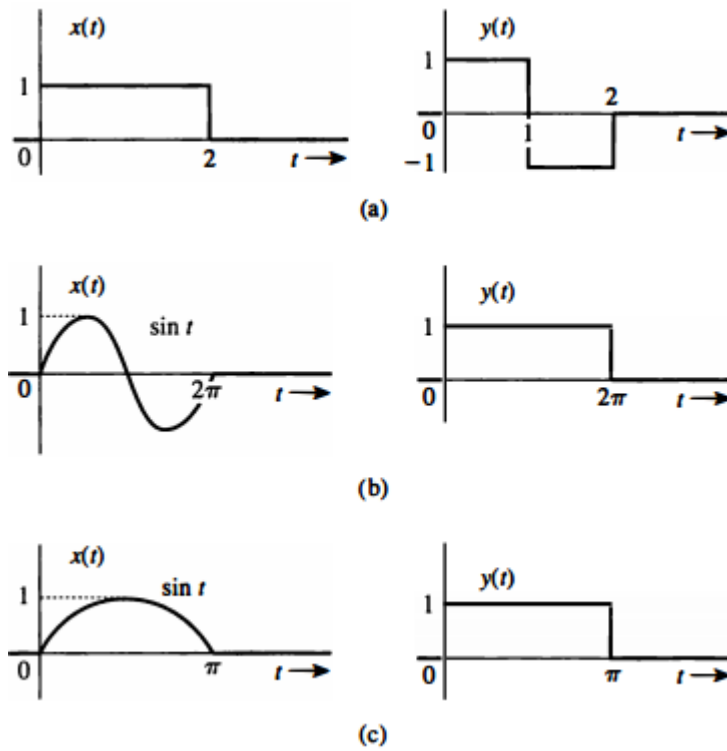


Figura 3: Sinais utilizados no Item C

Percebe-se que nos Sinais "a" e "b" a energia de  $x+y$  é igual a energia de  $x$  e  $y$  somadas, assim com,  $x-y$  é a energia de "a" e "b" subtraída, entretanto, não podemos assumir isso como verdade pois nos Sinais "c" não existe tal relação.

#### 1.3.1 Sinais (a)

$$E_x = \int_0^2 1^2 dx = 2$$

$$E_y = \int_0^1 1^2 dx + \int_1^2 -1^2 dx \Rightarrow 1 + 1 = 2$$

$$E_{x+y} = \int_0^1 2^2 dx = 4$$



$$E_{x-y} = \int_1^2 -2^2 dx = 4$$

### 1.3.2 Sinais (b)

$$E_x = \int_0^{2\pi} \sin^2(x) dx \Rightarrow \int_0^{2\pi} \frac{1 - \cos(2x)}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} 1 dx - \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \cos(2x) dx = \pi + 0 = \pi$$

$$E_y = \int_0^{2\pi} 1^2 dx = 2\pi$$

$$E_{x+y} = \int_0^{2\pi} (\sin(x) + 1)^2 dx \Rightarrow \int_0^{2\pi} \frac{1 - \cos(2x)}{2} + 2\sin(x) + 1 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} 1 dx - \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \cos(2x) dx + 2 \int_0^{2\pi} \sin(x) dx + \int_0^{2\pi} 1 dx = \pi + 0 + 0 + 2\pi = 3\pi$$

$$E_{x-y} = \int_0^{2\pi} (\sin(x) - 1)^2 dx \Rightarrow \int_0^{2\pi} \frac{1 - \cos(2x)}{2} - 2\sin(x) + 1 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} \int_0^{2\pi} 1 dx - \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \cos(2x) dx - 2 \int_0^{2\pi} \sin(x) dx + \int_0^{2\pi} 1 dx = \pi + 0 + 0 + 2\pi = 3\pi$$

### 1.3.3 Sinais (c)

$$E_x = \int_0^{\pi} \sin^2(x) dx \Rightarrow \int_0^{\pi} \frac{1 - \cos(2x)}{2} = \frac{\pi}{2} + 0 = \frac{\pi}{2}$$

$$E_y = \int_0^{\pi} 1^2 dx = \pi$$

$$E_{x+y} = \int_0^{\pi} (\sin(x) + 1)^2 dx \Rightarrow \int_0^{\pi} \frac{1 - \cos(2x)}{2} + 2\sin(x) + \int_0^{\pi} 1 dx = \frac{\pi}{2} + 4 + \pi = \frac{3\pi}{2} + 4$$

$$E_{x-y} = \int_0^{\pi} (\sin(x) - 1)^2 dx \Rightarrow \int_0^{\pi} \frac{1 - \cos(2x)}{2} - 2\sin(x) + \int_0^{\pi} 1 dx = \frac{\pi}{2} - 4 + \pi = \frac{3\pi}{2} - 4$$

## 1.4 Item d

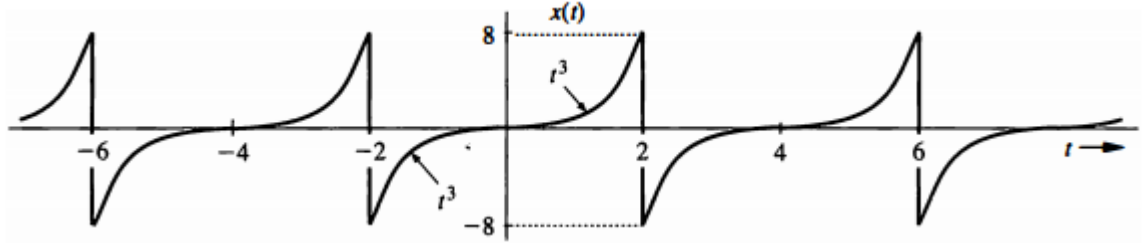


Figura 4: Sinais utilizados no Item D

$$P(x) = \frac{1}{4} \int_{-2}^2 (x^3)^2 dx = \frac{64}{7}$$

Percebe-se, que a inversão do sinal não altera a potência, entretanto a multiplicação por um escalar  $C$ , altera a potência em  $C^2$ , um comportamento igual ao já provado no cálculo de energia.

### 1.4.1 Sinais (a)

$$P(-x) = \frac{1}{4} \int_{-2}^2 (-x^3)^2 dx = \frac{64}{7}$$

### 1.4.2 Sinais (b)

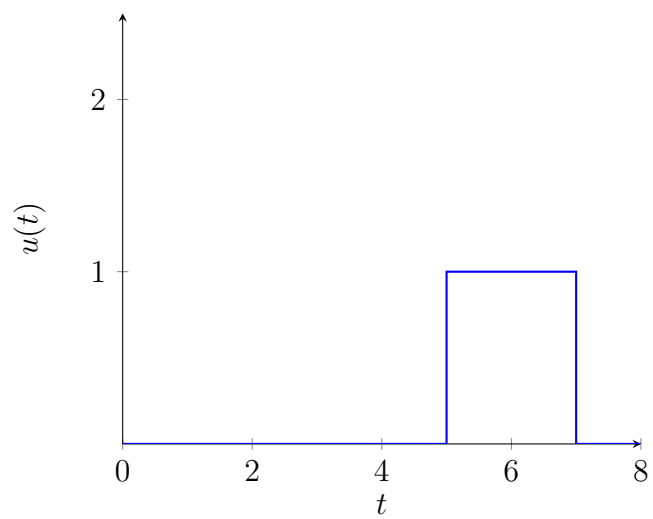
$$P(2x) = \frac{1}{4} \int_{-2}^2 (2x^3)^2 dx = \frac{256}{7}$$

### 1.4.3 Sinais (c)

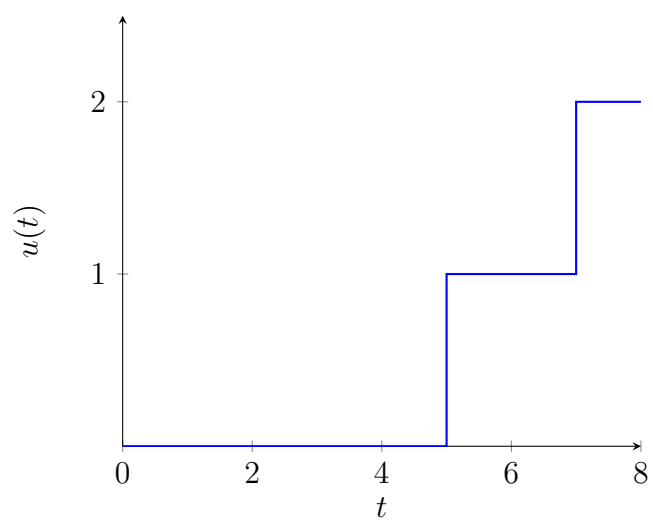
$$P(Cx) = \frac{1}{4} \int_{-2}^2 (Cx^3)^2 dx = \frac{64C^2}{7}$$

## 1.5 Item e

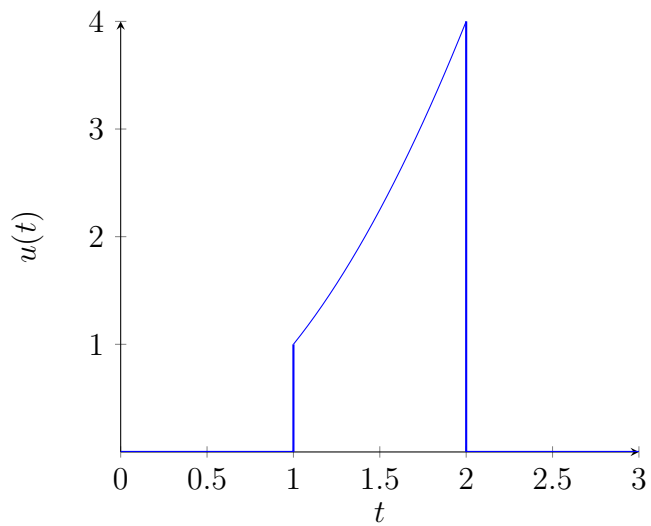
### 1.5.1 Sinais (a)



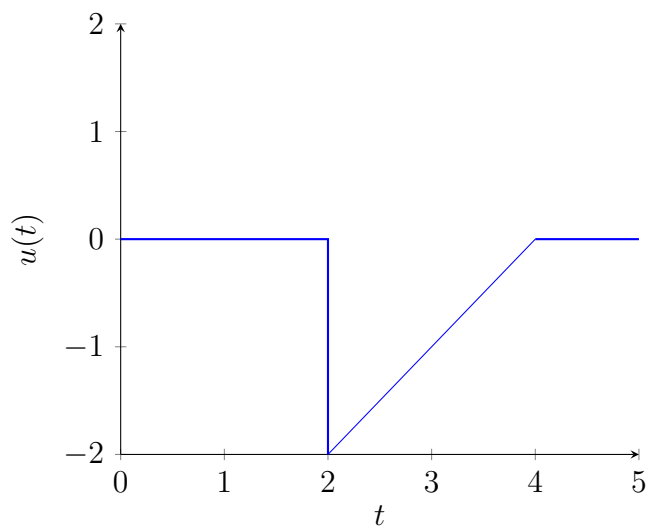
### 1.5.2 Sinais (b)



### 1.5.3 Sinais (c)



### 1.5.4 Sinais (d)



## 1.6 Item f

### 1.6.1 Sinais (a)

Impulso unitário em  $\sin(0) = 0$

### 1.6.2 Sinais (b)

$$\frac{2}{9}\delta(\omega)$$

### 1.6.3 Sinais (c)

$$1(\cos(-60)) = \frac{1}{2}\delta(t)$$

### 1.6.4 Sinais (d)

$$\frac{\sin(\frac{-\pi}{2})}{(1)^2+4} = \frac{-1}{5}\delta(1-t)$$

### 1.6.5 Sinais (e)

Substituindo-se  $\omega + 3$  em  $\omega$ , teremos:  $\frac{1}{-3j+2}\delta(\omega + 3)$

### 1.6.6 Sinais (f)

Usando L'hôpital em  $\frac{\sin(k\omega)}{\omega}$ , temos:  $k\cos(k\omega)$  que com  $\omega = 0$  temos:  $k\delta(\omega)$

## 1.7 Item g

### 1.7.1 Sinais (a)

Como o impulso é localizado em  $\tau = t$ , nesse caso temos  $x(\tau) = x(t)$  logo, essa integral é igual a  $x(t)$ .

### 1.7.2 Sinais (b)

Em  $\delta(\tau)$  o impulso é realizado em  $\tau = 0$ , sendo  $\tau = 0$ , temos o resultado  $= x(t)$ .

### 1.7.3 Sinais (c)

O impulso ocorre em  $t=0$  nesta caso temos  $e^0 = 1$ .

### 1.7.4 Sinais (d)

O impulso ocorre em  $t = 0$ , logo  $\sin(3\pi) = 0$ .

### 1.7.5 Sinais (e)

O impulso ocorre em  $t = -3$ , logo o resultado será  $e^3$ .

### 1.7.6 Sinais (f)

O impulso ocorre em  $t = 1$ , logo o resultado sera  $1^3 + 4 = 5$ .

### 1.7.7 Sinais (g)

O impulso ocorre em  $t = 3$ , logo o resultado sera  $x(2 - 3) = x(-1)$ .

### 1.7.8 Sinais (h)

O impulso ocorre quando  $t = 3$ , logo o resultado sera  $e^{3-1}\cos(-\pi) = -e^2$ .

## 1.8 Item h

### 1.8.1 Sinais (a)

$\cos(\omega t) = \frac{e^{\alpha t + j\omega t} + e^{\alpha t - j\omega t}}{2}$ ,  $\alpha = 0$  pois a função é uma senoide e  $\omega = 3$ , sabendo-se que  $s = \alpha + j\omega$  temos:  $s_1 = j3$  e  $s_2 = -j3$

### 1.8.2 Sinais (b)

Nesse caso, temos  $\alpha = -3$  e  $\omega = 3$ , logo  $s_1 = -3 + j3$  e  $s_2 = -3 - j3$

### 1.8.3 Sinais (c)

Nesse caso, temos  $\alpha = 2$  e  $\omega = 3$ , logo  $s_1 = 2 + j3$  e  $s_2 = 2 - j3$

### 1.8.4 Sinais (d)

Nesse caso, temos  $\alpha = -2$  e  $\omega = 0$ , logo  $s = -2$

### 1.8.5 Sinais (e)

Nesse caso, temos  $\alpha = 2$  e  $\omega = 0$ , logo  $s = 2$

### 1.8.6 Sinais (f)

Nesse caso, temos  $\alpha = 0$  e  $\omega = 0$ , logo  $ke^0$  tendo  $k = 5$

## 1.9 Item i

### 1.9.1 Sinais (a)

Pode se dizer que  $x(t)_{par} = \frac{x(t)}{2} + \frac{x(-t)}{2}$  e  $x(t)_{impar} = \frac{x(t)}{2} - \frac{x(-t)}{2}$ , logo  $\int_{-\infty}^{\infty} [\frac{x(t)}{2} + \frac{x(-t)}{2}][\frac{x(t)}{2} - \frac{x(-t)}{2}] = \int_{-\infty}^{\infty} (\frac{x(t)}{2})^2 - (\frac{x(-t)}{2})^2$  como o modulo de  $x(t)$  é igual ao modulo de  $x(-t)$  essa integral resultara em 0.

### 1.9.2 Sinais (b)

Pode se dizer que  $x(t)_{par} = \frac{x(t)}{2} + \frac{x(-t)}{2}$ , logo  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(t)}{2} + \frac{x(-t)}{2}$  como  $x(t) = x(-t) \int_{-\infty}^{\infty} x(t)$ .

## 1.10 Item j

### 1.10.1 Sinais (a)

$$x_1(t) \Rightarrow ay_1'(t) + 2ay_1(t) = ax_1^2(t)$$

$$x_2(t) \Rightarrow by_2'(t) + 2by_2(t) = bx_2^2(t)$$

$x_3(t) \Rightarrow y_3'(t) + 2y_3(t) = x_3^2(t) \Rightarrow (ax_1(t) + bx_2(t))^2 \Rightarrow a^2x_1^2(t) + 2abx_1(t)x_2(t) + b^2x_2^2(t)$   
 $a^2x_1^2(t) + 2abx_1(t)x_2(t) + b^2x_2^2(t)$  não é igual à  $ax_1^2(t) + bx_2^2(t)$ , logo o sistema não é linear.

### 1.10.2 Sinais (b)

$$x_1(t) \Rightarrow ay_1'(t) + 3aty_1(t) = ax_1t^2(t)$$

$$x_2(t) \Rightarrow by_2'(t) + 3bt y_2(t) = bx_2t^2(t)$$

$$x_3(t) \Rightarrow y_3'(t) + 3ty_3(t) = x_3t^2(t) \Rightarrow (ax_1(t) + bx_2(t))t^2$$

$(ax_1(t) + bx_2(t))t^2$  é igual à  $ax_1t^2(t) + bx_2t^2(t)$ , logo o sistema é linear

### 1.10.3 Sinais (c)

$$x_1(t) \Rightarrow a3y_1(t) + 2 = ax_1(t)$$

$$x_2(t) \Rightarrow b3y_2(t) + 2 = bx_2(t)$$

$$x_3(t) \Rightarrow y_3(t) + 2 = x_3(t) \Rightarrow [a3y_1(t) + b3y_2(t)] + 2 = [ax_1(t) + bx_2(t)]$$

isso é diferente de  $a3y_1(t) + b3y_2(t) + 4 = [ax_1(t) + bx_2(t)]$  logo não é linear

#### 1.10.4 Sinais (d)

$$x_1(t) \Rightarrow ay_1'(t) + ay_1^2(t) = ax_1(t)$$

$$x_2(t) \Rightarrow by_2'(t) + by_2^2(t) = bx_2(t)$$

$$x_3(t) \Rightarrow y_3'(t) + y_3^2(t) = x_3(t) \Rightarrow [ay_1'(t) + by_2'(t)] + [ay_1(t) + by_2(t)]^2 = [ax_1(t) + bx_2(t)]$$

, o valor quadrático gerará um termo que fara com que esse sistema não seja linear.

#### 1.10.5 Sinais (e)

$$x_1(t) \Rightarrow ay_1'^2(t) + 2ay_1(t) = ax_1(t)$$

$$x_2(t) \Rightarrow by_2'^2(t) + 2by_2(t) = bx_2(t)$$

$$x_3(t) \Rightarrow y_3'^2(t) + 2y_3(t) = x_3(t) \Rightarrow [ay_1'(t) + by_2'(t)]^2 + 2[ay_1(t) + by_2(t)] = [ax_1(t) + bx_2(t)]$$

o valor quadrático gerará um termo que fara com que esse sistema não seja linear.

#### 1.10.6 Sinais (f)

$$x_1(t) \Rightarrow ay_1'(t) + a\sin(t)y_1(t) = ax_1'(t) + 2ax_1(t)$$

$$x_2(t) \Rightarrow by_2'(t) + b\sin(t)y_2(t) = bx_2'(t) + 2bx_2(t)$$

$$x_3(t) \Rightarrow y_3'(t) + \sin(t)y_3(t) = x_3'(t) + 2x_3(t) \Rightarrow$$

$$[ay_1'(t) + by_2'(t)] + \sin(t)[ay_1(t) + by_2(t)] = [ax_1'(t) + bx_2'(t)] + 2[ax_1(t) + bx_2(t)]$$

. O sistema é linear.

#### 1.10.7 Sinais (g)

$$x_1(t) \Rightarrow ay_1'(t) + 2ay_1(t) = ax_1(t)x_1'(t)$$

$$x_2(t) \Rightarrow by_2'(t) + 2by_2(t) = bx_2(t)x_2'(t)$$

$$x_3(t) \Rightarrow y_3'(t) + 2y_3(t) = x_3(t)x_3'(t) \Rightarrow [ay_1'(t) + by_2'(t)] + 2[ay_1(t) + by_2(t)] = [ax_1(t) + bx_2(t)][x_1'(t) + x_2'(t)]$$

. A multiplicação cruzada do ultimo termo gerará um valor tal que o sistema não será linear.



### 1.10.8 Sinais (h)

$$x_1(t) \Rightarrow ay_1(t) = \int_{-\infty}^t x_1(\tau) d\tau$$

$$x_2(t) \Rightarrow by_2(t) = \int_{-\infty}^t x_2(\tau) d\tau$$

$$x_3(t) \Rightarrow y_3(t) = \int_{-\infty}^t x_3(\tau) d\tau \Rightarrow [ay_1(t) + by_2(t)] = \int_{-\infty}^t [x_1(\tau) + x_2(\tau)] d\tau$$

. O Sistema é linear.

## 1.11 Item k

### 1.11.1 Sinais (a)

$y_1(t) = x_1(t - 2)$  considerando  $x_2(t) = x_1(t - 2 - t_0)$ , temos:  $y_2(t) = x_2(t) = x_1(t - 2 - t_0)$ .  $y_1(t - t_0) = x_1(t - 2 - t_0)$ , logo pode-se concluir que  $y_2(t) = y_1(t - t_0)$  com isso o sistema é invariante no tempo.

### 1.11.2 Sinais (b)

$y_1(t) = x_1(-t)$ , considerando  $x_2(t) = x_1(-t - t_0)$ , temos:  $y_2(t) = x_2(-t) = x_1(-(-t) - t_0) = x_1(t - t_0)$ , logo  $y_1(-t - t_0) = x_1(t + t_0)$ . O sistema é variante com o tempo.

### 1.11.3 Sinais (c)

$y_1(t) = x_1(at)$ , considerando  $x_2(at) = x_1(at - t_0)$ , temos:  $y_2(t) = x_2(at) = x_1(at - t_0)$ , logo  $y_1(at - t_0) = x_1(a(at + t_0))$ . O sistema é variante com o tempo.

### 1.11.4 Sinais (d)

$y_1(t) = tx_1(t - 2)$  considerando  $x_2(t) = x_1(t - 2 - t_0)$ , temos:  $y_2(t) = tx_2(t) = tx_1(t - 2 - t_0)$ .  $y_1(t - t_0) = (t - t_0)x_1(t - 2 - t_0)$ , logo pode-se concluir que é variante no tempo.

### 1.11.5 Sinais (e)

$y_1(t) = \int_{-5}^5 x_1(\tau) d\tau$  considerando  $x_2(\tau) = x_1(\tau - t_0)$ , temos:  $y_2(t) = \int_{-5}^5 x_2(\tau) d\tau = \int_{-5}^5 x_1(\tau - t_0) d\tau$ .  $y_1(\tau - t_0) = \int_{-5}^5 x_1(\tau - t_0) d\tau$ , logo pode-se concluir que é invariante no tempo.

### 1.11.6 Sinais (f)

$y_1(t) = x_1'^2(t)$  considerando  $x_2(t) = x_1(t - t_0)$ , temos:  $y_2(t) = x_2'^2(t) = x_1'^2(t - t_0)$ .  $y_1(t - t_0) = x_1'^2(t - t_0)$ , logo pode-se concluir que é invariante no tempo.

### 1.12 Item l

$$y_1 = \frac{x_1^2(t)}{x_1'(t)}$$

$$y_2 = \frac{x_2^2(t)}{x_2'(t)}$$

$$y_3 = \frac{x_3^2(t)}{x_3'(t)} \Rightarrow [y_1 + y_2] = \frac{(x_1(t) + x_2(t))^2}{x_1'(t) + x_2'(t)}$$

não é aditiva.

$$ay_1 = \frac{(ax_1)^2(t)}{ax_1'(t)} \Rightarrow y_1 = a\left[\frac{(x_1)^2(t)}{x_1'(t)}\right] = ay_1$$

é homogênea.

### 1.13 Item m

Pode-se reorganizar essa funcao da seguinte forma:  $\int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\tau)\delta(t-\tau)}{2} - \frac{x(\tau)\delta(t+\tau)}{2}$   
ou seja,  $\frac{x(t)-x(-t)}{2}$ .

#### 1.13.1 Sinais (a)

E um sistema que extra a parte impar do sinal.

#### 1.13.2 Sinais (b)

O sistema é BIBO estável.

#### 1.13.3 Sinais (c)

$$y_1(t) \Rightarrow ay_1(t) = \frac{ax_1(t) - ax_1(-t)}{2}$$

$$y_2(t) \Rightarrow by_2(t) = \frac{bx_2(t) - bx_2(-t)}{2}$$

$$y_3(t) \Rightarrow y_3(t) = \frac{[ax_1(t) + bx_2(t)] - [ax_1(-t) + bx_2(-t)]}{2}$$

é linear.

#### 1.13.4 Sinais (d)

Não, no instante  $t$  ele precisa conhecer o  $-t$ .

#### 1.13.5 Sinais (e)

Não, pois ele pode depender de valores no futuro. p.e: quando  $t = -10$  ele precisará conhecer o instante  $t = 10$

#### 1.14 Item n

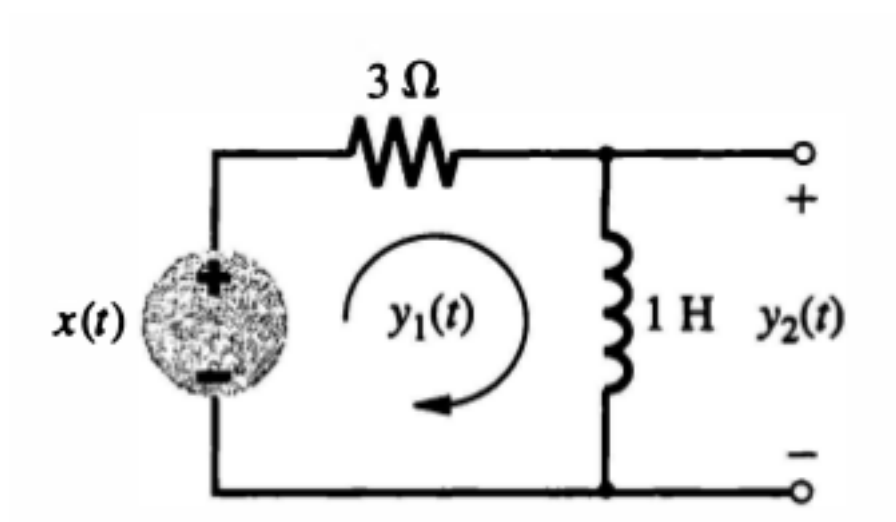


Figura 5: Circuito 1

$$x(t) = y_1'(t) + 3y_1(t)$$

## 2 Questão 2 - Conhecimentos Básicos

### 2.1 Item a

#### 2.1.1 Sinais (a)

$$n < 1 \text{ e } n > 7$$

#### 2.1.2 Sinais (b)

$$n < -6 \text{ e } n > 0$$

#### 2.1.3 Sinais (c)

$$n > 2 \text{ e } n < -4$$

#### 2.1.4 Sinais (d)

$$n > 4 \text{ e } n < -2$$

#### 2.1.5 Sinais (e)

$$n > 0 \text{ e } n < -6$$

### 2.2 Item b

#### 2.2.1 Sinais (a)

Não é periodico pois como é multiplicado por um degrau é 0 para todo o valor menor que 0.

#### 2.2.2 Sinais (b)

Esse sinal é 1 para todo o dominio, logo é periodico com periodo = 1.

### 2.3 Item c

#### 2.3.1 Sinais (a)

$$2A^{0t} \cos(0t + \pi)$$

### 2.3.2 Sinais (b)

$\sqrt{2}[\cos(\frac{\pi}{4}) + j\sin(\frac{\pi}{4})]\cos(3t + 2\pi)$  removendo a parte imaginária composta por seno e fazendo as devidas substituições, temos:  $\sqrt{2}\frac{1}{\sqrt{2}}e^0\cos(3t + 2\pi)$  como cosseno é periódico em  $2\pi$ , o resultado é:  $e^0\cos(3t)$

### 2.3.3 Sinais (c)

$$e^{-1t}\cos(3t + \frac{\pi}{2})$$

### 2.3.4 Sinais (d)

Por essa exponencial ter um "j" multiplicando, sabe-se que é um seno, sabe-se também que  $e^{(a+jw)t} = e^{at}\cos(wt + \phi)$ , logo  $e^{-2t}\cos(100t + \frac{\pi}{2})$

## 2.4 Item d

sabe-se que  $T = \frac{2\pi}{\omega}$

### 2.4.1 Sinais (a)

$\omega = 10$ , logo é periódico e o período fundamental é:  $T = \frac{2\pi}{10} = \frac{\pi}{5}$

### 2.4.2 Sinais (b)

$\omega = 1$ , seria periódico e o período fundamental é:  $T = \frac{2\pi}{1} = 2\pi$ , entretanto a multiplicação de  $\alpha$  por -1 faz com que se transforme em uma exponencial decrescente.

### 2.4.3 Sinais (c)

$\omega = 7\pi n$ , logo é periódico e o período fundamental é:  $T = \frac{2\pi}{7\pi n} = \frac{2}{7n}$

## 2.5 Item e

O período da primeira parte da função é  $T = \frac{2\pi}{10} = \frac{\pi}{5}$ , na segunda função temos:  $T = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2}$ . Logo a soma das funções será periódica com período igual a MMC dos períodos que é  $\pi$

## 2.6 Item f

$$t < -2 = 0$$

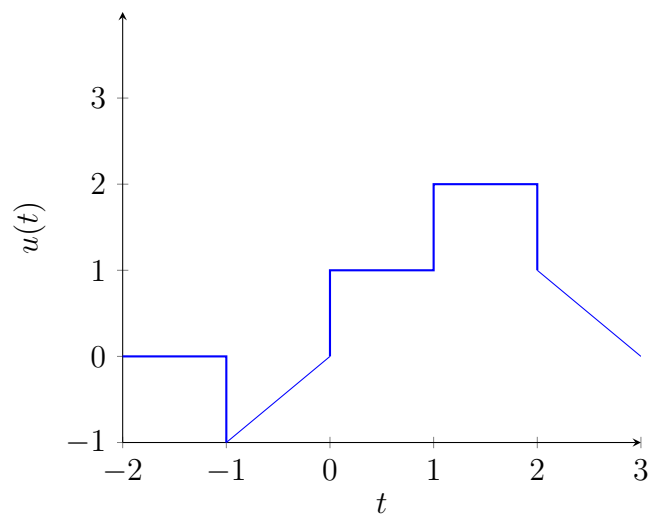
$$t > 2 = 0$$

$$-2 \leq t \leq 2, = 1$$

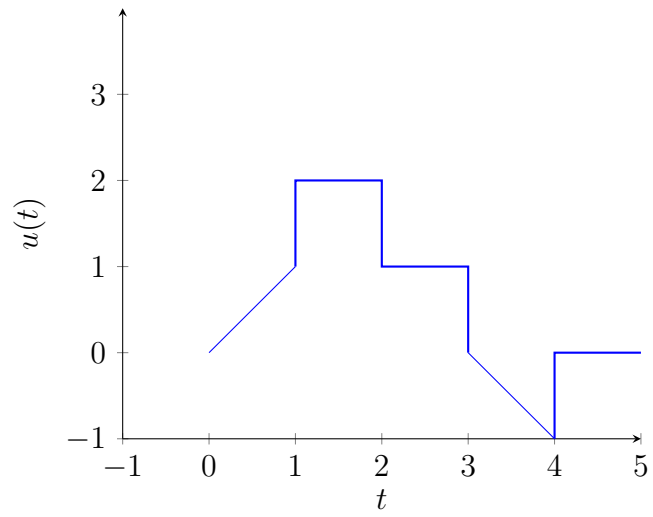
$$E = \int_{-2}^2 dt = 4$$

## 2.7 Item g

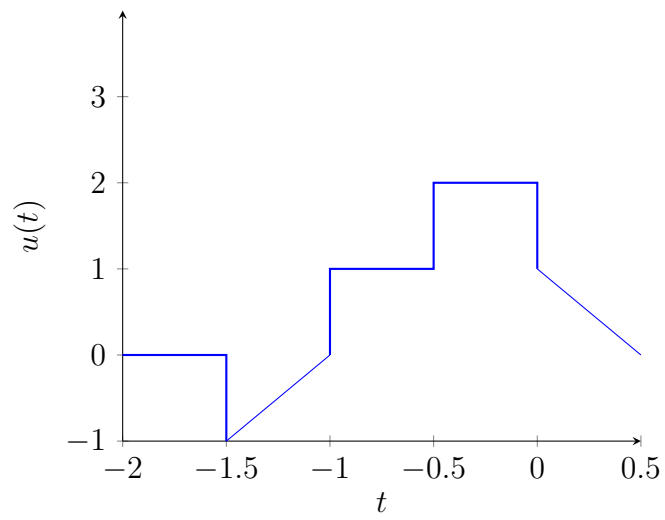
### 2.7.1 Sinais (a)



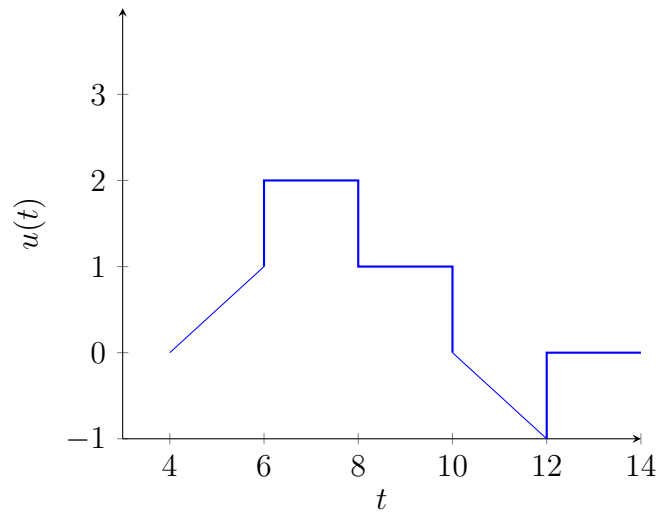
### 2.7.2 Sinais (b)



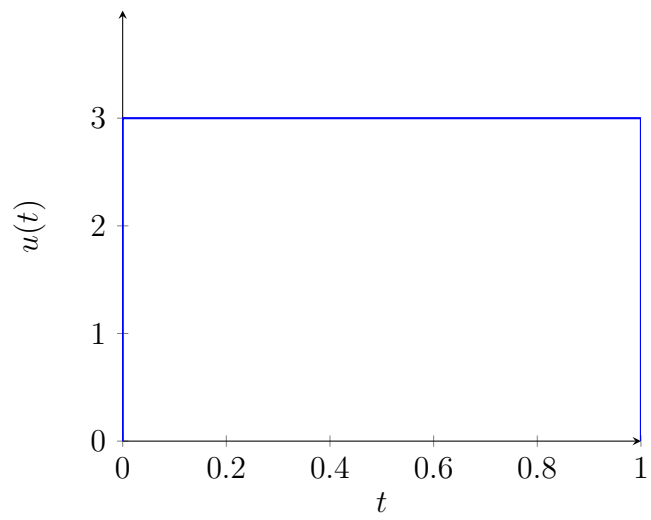
### 2.7.3 Sinais (c)



#### 2.7.4 Sinais (d)

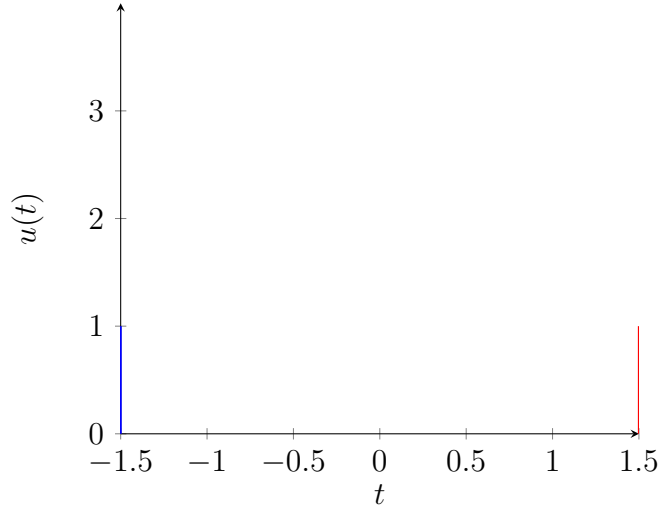


#### 2.7.5 Sinais (e)





### 2.7.6 Sinais (f)



## 3 Questão 3 - Conhecimentos Básicos

Equação de Euler  $e^{j\theta} = \cos(\theta) + j\sin(\theta)$

### 3.1 Item a

$$|a|e^{j\phi_a} = |a|[\cos(\phi_a) + j\sin(\phi_a)] = |a|\cos(\phi_a) + |a|j\sin(\phi_a)$$

### 3.2 Item b

$|a|e^{-j\phi_a} = |a|[\cos(-\phi_a) + j\sin(-\phi_a)]$  pelas propriedades de funções pares e ímpares temos:  $|a|\cos(\phi_a) - |a|j\sin(\phi_a)$

### 3.3 Item c

Somando os dois itens anteriores, temos  $e^{j\phi_a} + e^{-j\phi_a} = 2\cos(\phi_a)$ , logo  $\cos(\phi_a) = \frac{e^{j\phi_a} + e^{-j\phi_a}}{2}$

### 3.4 Item d

Subtraindo o item a e o item b, temos  $e^{j\phi_a} - e^{-j\phi_a} = 2j\sin(\phi_a)$ , logo  $\sin(\phi_a) = \frac{e^{j\phi_a} - e^{-j\phi_a}}{2j}$

### 3.5 Item e

Sabe-se que  $\cos^2(\phi) = \frac{1}{2}(e^{j\phi_a} + e^{-j\phi_a})^2 = \frac{1}{2}(e^{2j\phi_a} + 1 + e^{-2j\phi_a}) = \frac{1+\cos(2\phi)}{2}$

## 4 Questão 4 - Conhecimentos Básicos

### 4.1 Item a

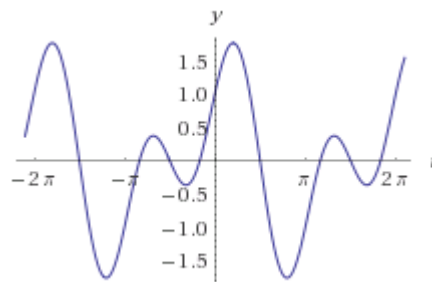


Figura 6: Questao 4 - Item A

### 4.2 Item b

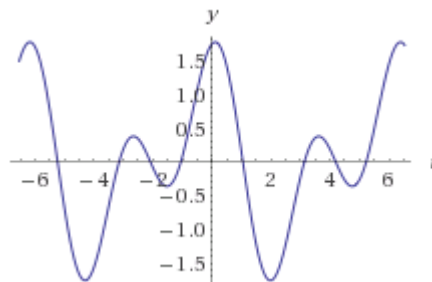


Figura 7: Questao 4 - Item B

### 4.3 Item c

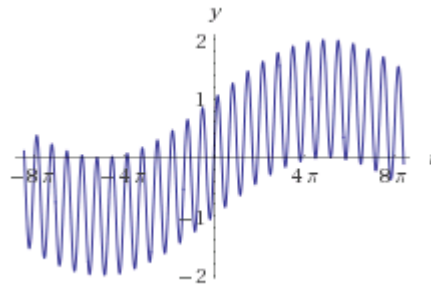


Figura 8: Questao 4 - Item C

## 5 Questão 5 - Classificação de Sinais

### 5.1 Item a

Digital, contínuo, periódico, determinístico

### 5.2 Item b

Digital, contínuo, periódico, determinístico

### 5.3 Item c

Digital, discreto, periódico, determinístico

### 5.4 Item d

Digital, discreto, não periódico, determinístico

### 5.5 Item e

Analógico, contínuo, periódico, determinístico

## 6 Questão 6 - Classificação de Sistemas

### 6.1 Item a

$$\begin{aligned} ay_1'(t) + a \sin(t)y_1(t) &= af_1'(t) + 2af_1(t) \\ by_2'(t) + b \sin(t)y_2(t) &= bf_2'(t) + 2bf_2(t) \\ y_3'(t) + \sin(t)y_3(t) &\Rightarrow f_3'(t) + 2f_3(t) = [ay_1'(t) + by_2'(t)] + \sin(t)[ay_1(t) + by_2(t)] = \\ &[af_1'(t) + bf_2'(t)] + 2[af_1(t) + bf_2(t)] \end{aligned}$$

É linear.

### 6.2 Item b

$$\begin{aligned} ay_1'(t) + ay_1^2(t) &= af_1(t) \\ by_2'(t) + by_2^2(t) &= bf_2(t) \\ y_3'(t) + y_3^2(t) = f_3(t) &\Rightarrow [ay_1' + [by_2']] + [ay_1(t) + by_2(t)]^2 = [af_1(t) + bf_2(t)] \end{aligned}$$

Não é linear.

### 6.3 Item c

$$\begin{aligned} ay_1'(t) + 3aty_1(t) &= at^2f_1(t) \\ by_2'(t) + 3bt y_2(t) &= bt^2f_2(t) \\ y_3'(t) + 3ty_3(t) = t^2f_3(t) &\Rightarrow [ay_1'(t) + by_2'(t)] + 3t[ay_1(t) + by_2(t)] = t^2[af_1(t) + bf_2(t)] \end{aligned}$$

É linear.

## 7 Questão 7 - Classificação de Sistemas

### 7.1 Item a

### 7.2 Item b

## 8 Questão 8 - Energia e Potência de Sinais

### 8.1 Item a

A energia pode ser calculada como :

$$\int_{-\infty}^{-4} dt = 0$$

$$\int_{-4}^{\infty} dt = 0$$

$$\int_{-2}^2 dt = 0$$

$$\int_{-4}^{-2} dt = 2$$

$$\int_2^4 dt = 2$$

Logo a energia é:  $2 + 2 = 4$

## 8.2 Item b

A energia pode ser calculada como :

$$\int_{-\infty}^{-4} dt = 0$$

$$\int_{-4}^{\infty} dt = 0$$

$$\int_{-2}^2 dt = 0$$

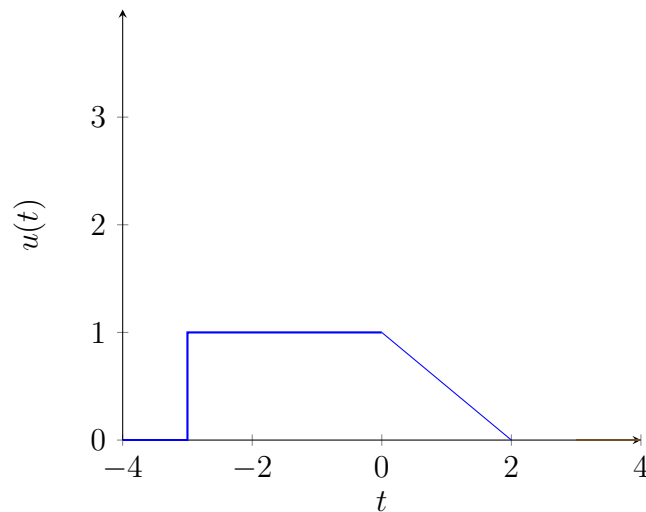
$$\int_{-4}^{-3} \left(\frac{-x}{2} - 1\right)^2 dt = \frac{7}{12}$$

$$\int_{-3}^{-2} \left(\frac{x-1}{2}\right)^2 dt = \frac{37}{12}$$

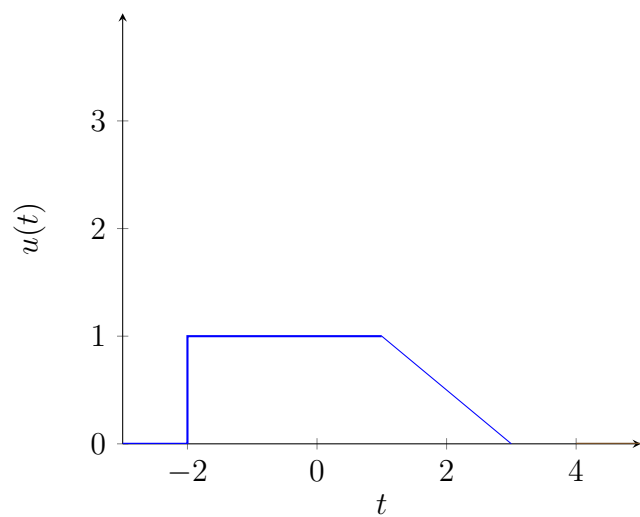
$$\int_2^3 \left(\frac{x}{2}\right)^2 dt = \frac{19}{12}$$

$$\int_3^4 \left(\frac{-x}{2} + 3\right)^2 dt = \frac{19}{12}$$

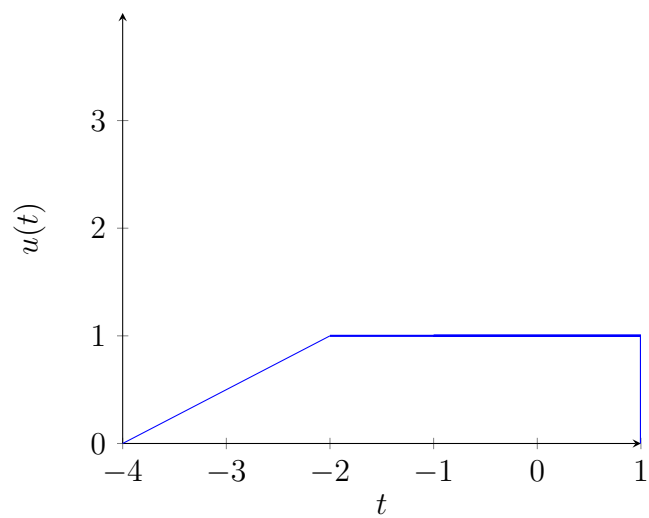
## 9 Questão 9 - Operação com Sinais



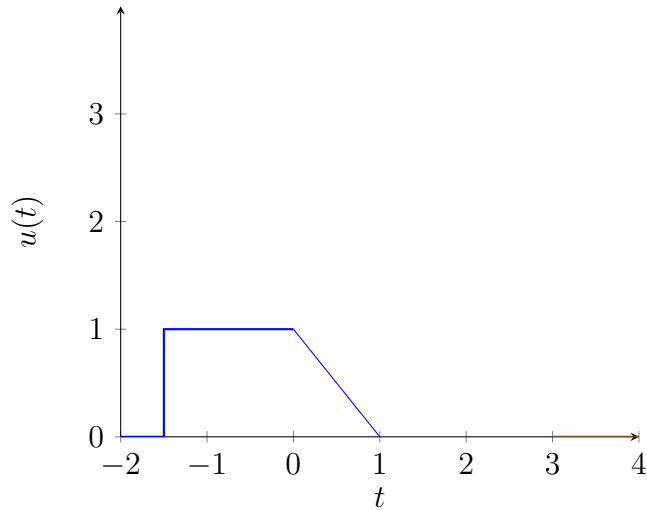
### 9.1 Item a



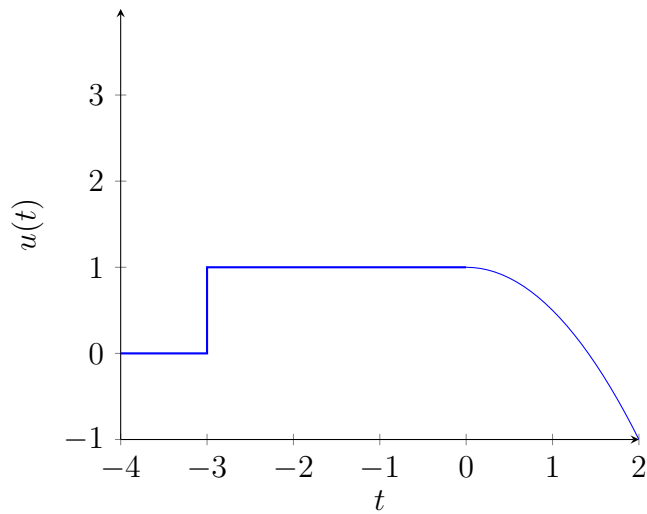
### 9.2 Item b



### 9.3 Item c



### 9.4 Item d



## 10 Questão 10 - Operação com Sinais

### 10.1 Item a

$[\cos(-\theta t) + j\sin(-\theta t)]\cos(-\theta t)$ , utilizando as propriedades de funções pares em ímpares, temos:

Real  $\Rightarrow \cos^2(\theta t)$

Imaginária  $\Rightarrow -(\sin(\theta)\cos(\theta))$

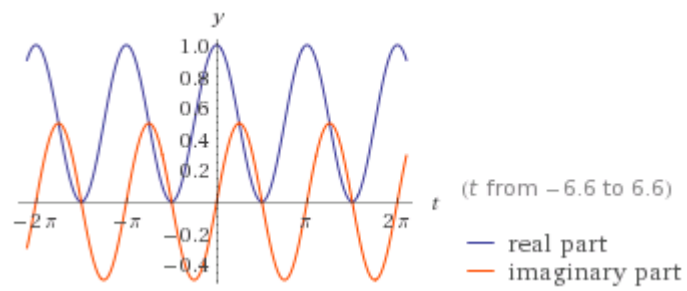


Figura 9: Questao 10 - Plot item a

## 10.2 Item b

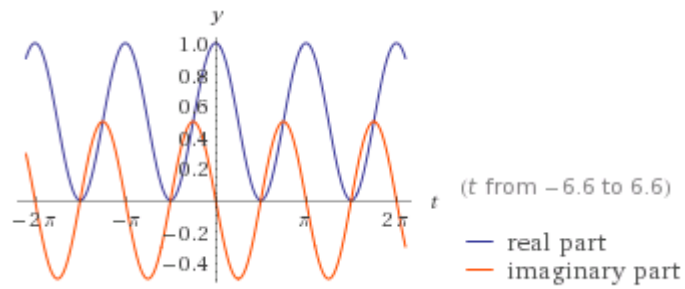


Figura 10: Questao 10 - Plot item b

$$[\cos(\theta t) + j\sin(\theta t)]\cos(\theta t)$$

Real  $\Rightarrow \cos^2(\theta t)$

Imaginaria  $\Rightarrow (\sin(\theta)\cos(\theta))$