Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Toledo
Curso de Engenharia Eletrônica
ET45A – Sinais e Sistemas
Prof. Eduardo Vinicius Kuhn

7ª LISTA DE EXERCÍCIOS

1) Determine se os seguintes sinais são periódicos; caso afirmativo, encontre o período fundamental.

a) $x(n)=\cos\left(\frac{\pi}{5}n\right)\operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{3}n\right)$ b) $x(n)=\cos\left(\frac{8\pi}{15}n\right)$ c) $x(n)=\cos\left(\frac{2}{3}n\right)$

2) Para o sistema descrito por

$$y(n)=\sum_{k=-\infty}^{+\infty}(n-k)x(k)u(n-k)$$

a) Obtenha a resposta ao impulso $h(n)$.

b) Verifique se o sistema é i) linear, ii) invariante no tempo, iii) causal, iv) sem memória e v) BIBO estável.

3) Para o sinal ilustrado na Figura 1, esboce

a) $x(3-n)$ b) $x\left(\frac{n}{3}\right)$ c) $x(3n)$

4) Determine a energia do sinal mostrado na Figura 2.

5) Determine a potência do sinal na Figura 3.

6) Calcule a resposta ao impulso do sistema representado pela seguinte equação a diferença:

$$y(n+1)+2y(n)=x(n)$$

7) Um sistema LTI tem a resposta ao impulso dada por $h(n)=u(n)-u(n-10)$. Diante disso, obtenha a saída $y(n)$ assumindo que a entrada seja $x(n)=u(n-2)-u(n-7)$.

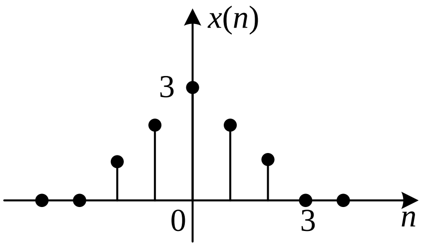

Figura 1.

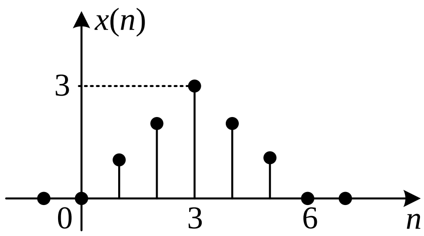

Figura 2.

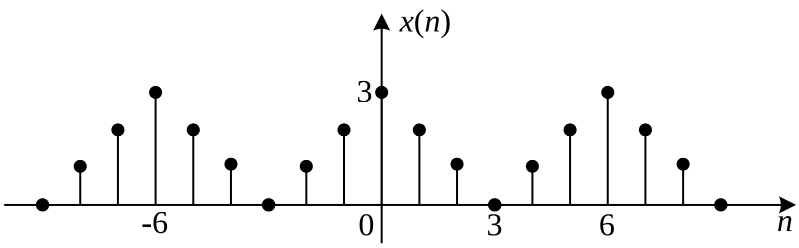

Figura 3.

8) É sabido que um sinal arbitrário $x(n)$ pode ser expresso como

$$x(n) = x_{\text{par}}(n) + x_{\text{ímpar}}(n)$$

onde

$$x_{\text{par}}(n) = \frac{x(n) + x(-n)}{2}$$

e

$$x_{\text{ímpar}}(n) = \frac{x(n) - x(-n)}{2}$$

denotam a componente par e a componente ímpar do sinal, respectivamente. Diante disso, assumindo que $x(n)$ é um sinal de energia, demonstre que a energia do sinal é dada pela soma da energia das componentes par e ímpar. Vale salientar que o desenvolvimento deve ser realizado no domínio do tempo, isto é, sem o auxílio da transformada z e da transformada de Fourier. Também, é importante destacar que as respostas apresentadas devem ser adequadamente justificadas.

9) Obtenha uma equação de diferença com coeficientes constantes cuja resposta $y(n)$ a entrada nula [com condições auxiliares $f(1) = 0$ e $f(2) = 1$] resulta na sequência de Fibonacci $\{0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, \ldots\}$.

10) Demonstre os seguintes resultados:

a) $u(n) * u(n) = (n+1)u(n)$

b) $\gamma_1^n u(n) * \gamma_2^n u(n) = \left[\dfrac{\gamma_1^{n+1} - \gamma_2^{n+1}}{\gamma_1 - \gamma_2}\right] u(n), \quad \gamma_1 \neq \gamma_2$

c) $u(n) * nu(n) = \dfrac{n(n+1)}{2} u(n)$

11) Demonstre os seguintes resultados:

a) $\gamma^n u(n) * nu(n) = \left[\dfrac{\gamma(\gamma^n - 1) + n(1-\gamma)}{(1-\gamma)^2}\right] u(n)$

b) $nu(n) * nu(n) = \dfrac{1}{6} n(n-1)(n+1)u(n)$

c) $\gamma^n u(n) * \gamma^n u(n) = (n+1)\gamma^n u(n)$

12) Demonstre que

$$n\gamma_1^n u(n) * \gamma_2^n u(n) = \frac{\gamma_1 \gamma_2}{(\gamma_1 - \gamma_2)^2} \left[\gamma_2^n - \gamma_1^n + \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{\gamma_2} n \gamma_1^n\right] u(n), \quad \gamma_1 \neq \gamma_2.$$

13) Considere que um dado sistema LIT causal S pode ser representado em função de seus subsistemas S_1, S_2 e S_3 conforme ilustrado na Figura 4. Então, assumindo que a relação de entrada $x(n)$ e saída $y_1(n)$ do subsistema S_1 é dada por

$$y_1(n) = x(n) + x(n-1)$$

a resposta ao impulso do subsistema S_2, por

$$h_2(n) = (-\alpha)^n u(n)$$

e a relação de entrada $x(n)$ e saída $y_3(n)$ do subsistema S_3, por

$$y_3(n) + \alpha y_3(n-1) = x(n)$$

determine:

a) resposta ao impulso $h(n)$ do sistema S expressa em função de $h_1(n)$, $h_2(n)$ e $h_3(n)$;
b) a resposta ao impulso dos subsistemas S_1 e S_3; e
c) a resposta ao impulso $h(n)$ do sistema S dado $h_1(n)$, $h_2(n)$ e $h_3(n)$.

Vale salientar que o desenvolvimento deve ser realizado no domínio do tempo, isto é, sem o auxílio da transformada *z* ou da transformada de Fourier.

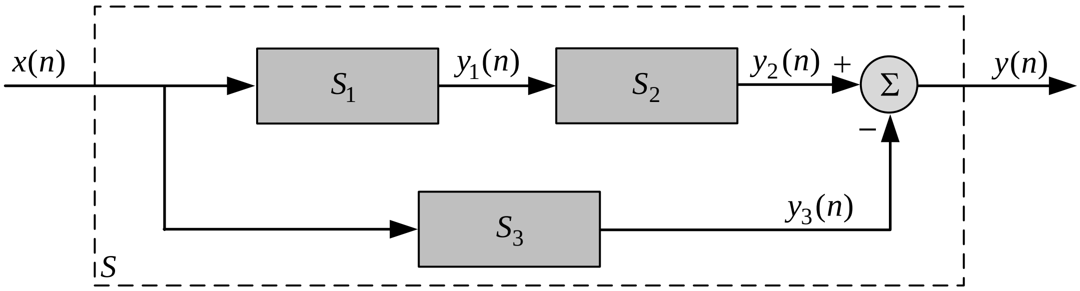

Figura 4.

RESPOSTAS

1) a) Periódico, $N_0 = 15$. b) Periódico, $N_0 = 15$. c) Não periódico.

2) a) $h(n) = nu(n)$
b) Linear, invariante no tempo, causal, com memória e instável.

3) --

4) $E_x = 19$

5) $P_x = \dfrac{19}{6}$

6) $$\begin{aligned} h(n) &= \frac{1}{2}\delta(n) - \frac{1}{2}(-2)^n u(n) \\ &= (-2)^{n-1} u(n-1) \end{aligned}$$

7) $y(n) = (n-1)u(n-2) - (n-6)u(n-7) - (n-11)u(n-12) + (n-16)u(n-17)$

8) Veja o material complementar.

9) Veja o material complementar.

10) Veja o material complementar.

11) Veja o material complementar.

12) Veja o material complementar.

13) Veja o material complementar.