

Lista de Exercícios III
(Amostragem)
Processamento Digital de Sinais
Engenharia de Telecomunicações
INSTRUÇÕES

- A lista deve ser enviada para o instrutor de apoio da disciplina.
- A lista deve ser feita de próprio punho não podendo, portanto, fazer uso de editores de texto.
- As listas deverão ser enviadas no formato pdf legível.
- Na solução, o aluno deve apresentar o desenvolvimento matemático em detalhes para todas soluções.

4.3 Problema 1 O sinal de tempo contínuo $x_c(t) = \cos(4000\pi t)$ é amostrado com um período T resultando no sinal de tempo discreto $x[n] = \cos\left(\frac{\pi n}{3}\right)$.

- (a) Determine uma escolha para T consistente com esta informação.
- (b) A escolha que você fez para T no item anterior é única? Caso afirmativo, explique o porquê. Caso negativo, especifique uma outra escolha para T consistente com a informação dada.

4.10 Problema 2 Cada um dos sinais de tempo contínuo listados abaixo é utilizado como sinal de entrada $x_c(t)$ de um conversor C/D ideal (vide Figura 4.1 do livro-texto) com período de amostragem especificado. Para cada caso, obtenha a expressão do sinal discreto $x[n]$.

- (a) $x_c(t) = \cos(2\pi(1000)t)$, $T = (1/3000)$ seg.
- (b) $x_c(t) = \cos(2\pi(1000)t)$, $T = (1/1500)$ seg.
- (c) $x_c(t) = \cos(2\pi(1000)t)/(\pi t)$, $T = (1/5000)$ seg.

4.25 Problema 3 Dois sinais de banda limitada, $x_1(t)$ e $x_2(t)$, são multiplicados, produzindo o sinal produto $w(t) = x_1(t)x_2(t)$. Esse sinal é amostrado por um trem de impulsos periódico que gera o sinal

$$w_p(t) = w(t) \sum_{-\infty}^{\infty} \delta(t - nT) = \sum_{-\infty}^{\infty} w(nT) \delta(t - nT). \quad (1)$$

Suponha que $x_1(t)$ seja de banda limitada a Ω_1 e que $x_2(t)$ seja de banda limitada a Ω_2 ; isto é,

$$\begin{aligned} X_1(j\Omega) &= 0, |\Omega| \geq \Omega_1 \\ X_2(j\Omega) &= 0, |\Omega| \geq \Omega_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Determine o intervalo de amostragem máximo T , tal que $w(t)$ seja recuperável a partir de $w_p(t)$ por meio do uso de um filtro passa-baixas ideal.

Problema 4 Considere o sistema mostrado na Figura 1, em que o sistema discreto é um filtro passa baixas ideal com frequência de corte $\pi/8$ rad/s.

(a) Se $x_c(t)$ tem banda limitada a 5kHz, qual o valor máximo de T que evitará *aliasing* no conversor C/D?

(b) Se escolhermos $1/T = 10$ kHz, que frequência de corte terá do sistema contínuo efetivo?

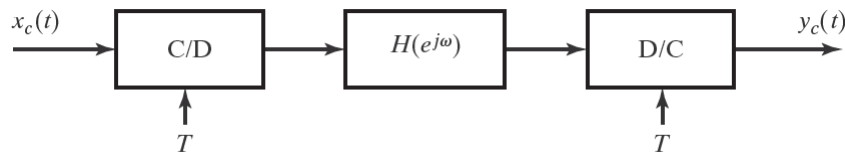


Figura 1: Figura para solução do problema 4

4.19 **Problema 5** O sinal de tempo contínuo $x_c(t)$ com transformada de Fourier $X_c(j\Omega)$ mostrado na Figura 2 é entrada do sistema mostrado na Figura 3. Determine um intervalo de valores para T para os quais $x_r(t) = x_c(t)$.

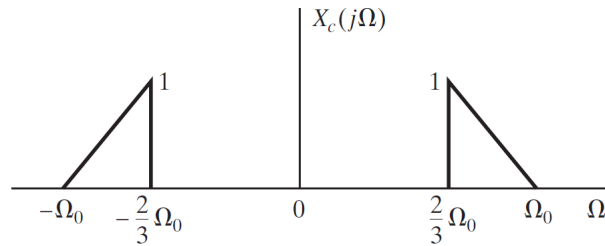


Figura 2: Figura para solução do problema 5

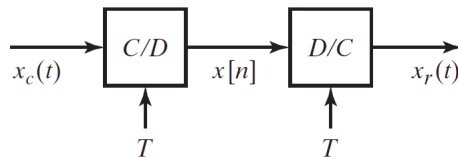


Figura 3: Figura para solução do problema 5

4.26 **Problema 6** O sistema da Figura 4 deve ser usado para filtrar sinais de música em tempo contínuo usando uma taxa de amostragem de 16 kHz.

$H(e^{j\omega})$ é um filtro passa-baixas ideal com um corte de $\pi/2$. Se a entrada for limitada em banda de modo que $X_C(j\Omega) = 0$ para $|\Omega| > \Omega_C$, como Ω_C deve ser escolhido de modo que o sistema global na Figura 4 seja LIT?

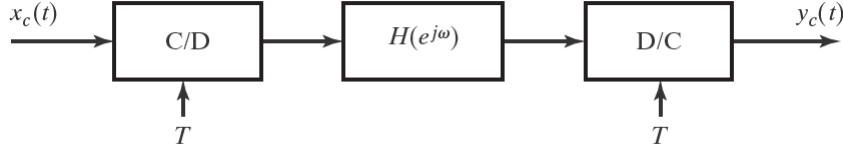


Figura 4: Figura para solução do problema 6

4.27 Problema 7 O sistema mostrado na Figura 5 tem como finalidade aproximar um diferenciador para formas de onda de entrada de tempo contínuo de banda limitada.

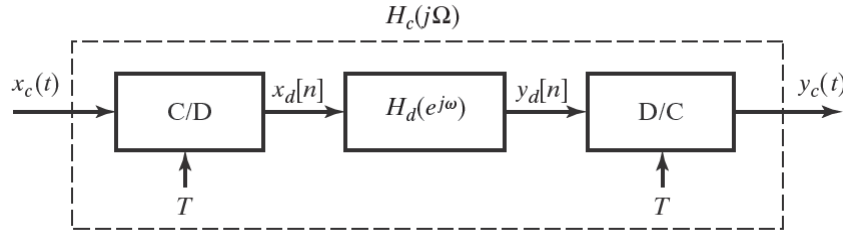


Figura 5: Figura para solução do problema 7

- O sinal de entrada $x_c(t)$ tem banda limitada a $|\Omega| < \Omega_M$.
- O conversor C/D utiliza $T = \frac{\pi}{\Omega_M}$ e produz o sinal $x_d[n] = x_c(nT)$.
- O filtro de tempo discreto tem resposta em frequência

$$H_d(e^{j\omega}) = \frac{e^{j\omega/2} - e^{-j\omega/2}}{T}, \quad |\omega| \leq \pi \quad (3)$$

- O conversor D/C ideal é tal que $y_d[n] = y_c(nT)$.

(a) Encontre a resposta em frequência de tempo contínuo $H_c(j\omega)$ do sistema de ponta a ponta.

(b) Encontre $x_d[n]$, $y_c(t)$ e $y_d[n]$, quando o sinal de entrada é

$$x_c(t) = \frac{\sin(\Omega_M t)}{\Omega_M t} \quad (4)$$

4.29 Problema 8 Na Figura 6, suponha que $X_C(j\omega) = 0, |\Omega| \geq \pi/T_1$. Para o caso geral em que $T_1 \neq T_2$ no sistema, expresse $Y_C(t)$ em termos de $X_C(t)$. A relação básica é diferente para $T_1 > T_2$ e $T_1 < T_2$?

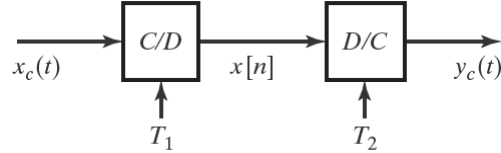


Figura 6: Figura para solução do problema 8

4.33 Problema 9 Para o sistema mostrado na Figura 7, encontre uma expressão para $y[n]$ em termos de $x[n]$. Simplifique a expressão ao máximo.

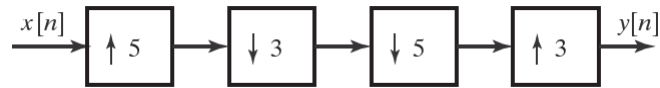


Figura 7: Figura para solução do problema 9

4.38 Problema 10 Considere os dois sistemas da Figura 8.

(a) Para $M = 2$, $L = 3$ e $x[n]$ arbitrário qualquer, $y_A[n] = y_B[n]$? Se a sua resposta for sim, justifique. Se for não, explique com clareza ou dê um contra exemplo.

(b) Como M e L devem estar relacionados para garantir $y_A[n] = y_B[n]$ para um $x[n]$ arbitrário?

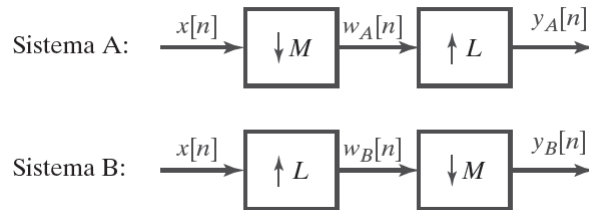


Figura 8: Figura para solução do problema 10