

Lista de Exercícios VI
(Projeto de Filtros)
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.

7.7 Problema 1 Estamos interessados em implementar um filtro passa-baixas LIT de tempo contínuo $H(j\Omega)$ usando o sistema mostrado na Figura 1 quando o sistema de tempo discreto tem resposta em frequência $H_d(e^{j\omega})$. O período de amostragem é $T = 10^{-4}$ segundos, e o sinal de entrada $x_c(t)$ é apropriadamente limitado em banda com $X_c(j\Omega) = 0$ para $|\Omega| \geq 2\pi(5000)$. Sejam as especificações sobre $|H(j\Omega)|$

$$0,99 \leq |H(j\Omega)| \leq 1,01, \quad |\Omega| \leq 2\pi(1000) \quad (1)$$

$$|H(j\Omega)| \leq 0,01, \quad |\Omega| \leq 2\pi(1100) \quad (2)$$

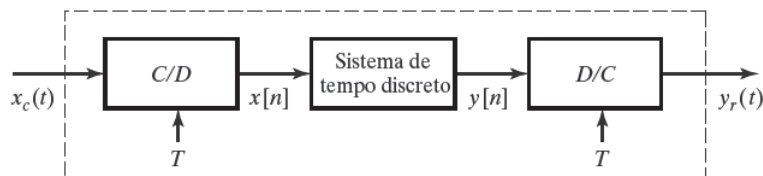


Figura 1: Figura auxiliar da questão 1

7.12 Problema 2 Um filtro passa-altas de tempo discreto ideal com frequência de corte $\omega_c = \pi/2$ foi projetado usando a transformação bilinear com $T = 1ms$. Qual era a frequência de corte Ω_c do filtro passa-altas ideal de tempo contínuo prototípico?

Resposta

- 7.13 Problema 3** Um filtro passa-baixas de tempo discreto ideal com frequência de corte $\omega_c = 2\pi/5$ foi projetado usando invariância ao impulso a partir de um filtro passa-baixas de tempo contínuo ideal com frequência de corte $\Omega_c = 2\pi(4000)$ rad/s. Qual era o valor de T ? Esse valor é único? Se não, encontre outro valor de T que seja consistente com a informação dada.

Resposta

- 7.15 Problema 4** Queremos projetar um filtro passa-baixas FIR que satisfaça as especificações

$$0,95 < |H(e^{j\omega})| < 1,05, \quad 0 \leq |\omega| \leq 0,25\pi \quad (3)$$

$$-0,1 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 0,1, \quad 0,35 \leq |\omega| \leq \pi \quad (4)$$

aplicando uma janela $\omega[n]$ à resposta ao impulso $h_d[n]$ do filtro passa-baixas de tempo discreto ideal com frequência de corte $\omega_c = 0,3\pi$. Quais das janelas listadas na Seção 7.5.1 podem ser usadas para atender a essa especificação? Para cada janela que você afirmar que vai satisfazer a especificação, dê o comprimento mínimo $M + 1$ requerido para o filtro.

Resposta

- 7.16 Problema 5** Queremos projetar um filtro passa-baixas FIR satisfazendo as especificações

$$0,98 < |H(e^{j\omega})| < 1,02, \quad 0 \leq |\omega| \leq 0,63\pi \quad (5)$$

$$-0,15 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 0,15, \quad 0,65 \leq |\omega| \leq \pi \quad (6)$$

aplicando uma janela de Kaiser à resposta ao impulso $h_d[n]$ do filtro passa-baixas de tempo discreto ideal com frequência de corte $\omega_c = 0,64\pi$. Encontre os valores de β e M requeridos para satisfazer essa especificação.

Problema 6 Especifique se a afirmação a seguir é verdadeira ou falsa. Justifique sua resposta.

Afirmação: Se a transformação bilinear for usada para transformar um sistema passa-tudo de tempo contínuo em um sistema de tempo discreto, o sistema de tempo discreto resultante também será um sistema passa-tudo.

Resposta

- 7.25 Problema 7** Seja $h_d[n]$ a resposta ao impulso de um sistema desejado ideal com resposta em frequência correspondente $H_d(e^{j\omega})$, e sejam $h[n]$ e $H(e^{j\omega})$

a resposta ao impulso e a resposta em frequência, respectivamente, de uma aproximação FIR para o sistema ideal. Suponha que $h[n] = 0$ para $n < 0$ e $n > M$. Queremos escolher as $(M + 1)$ amostras da resposta ao impulso de modo a minimizar o erro médio quadrático da resposta em frequência definido como

$$\epsilon^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |H_d(e^{j\omega}) - H(e^{j\omega})|^2 d\omega$$

(a) Use a relação de Parseval para expressar a função de erro em termos das sequências $h_d[n]$ e $h[n]$.

(b) Usando o resultado do item (a), determine os valores de $h[n]$ para $0 \leq n \leq M$ que minimizam ϵ^2 .

(c) O filtro FIR determinado no item (b) poderia ter sido obtido por uma operação de janelamento. Isto é, $h[n]$ poderia ter sido obtido pela multiplicação da sequência de comprimento infinito desejada $h_d[n]$ por uma certa sequência de comprimento finito $w[n]$. Determine a janela $w[n]$ necessária para que a resposta ao impulso ótima seja $h[n] = w[n]h_d[n]$.

Resposta

7.27 Problema 8 Suponha que seja dado um filtro de tempo discreto passa-baixas ideal com resposta em frequência

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} 1, & |\omega| < \pi/4 \\ 0, & \pi/4 < |\omega| \leq \pi. \end{cases}$$

Queremos deduzir novos filtros a partir desse protótipo por manipulações da resposta ao impulso $h[n]$.

(a) Faça um gráfico da resposta em frequência $H_1(e^{j\omega})$ para o sistema cuja resposta ao impulso seja $h_1[n] = h[2n]$.

(b) Faça um gráfico da resposta em frequência $H_2(e^{j\omega})$ para o sistema cuja resposta ao impulso seja

$$h_2[n] = \begin{cases} h[n/2], & n = 0, \pm 2, \pm 4, \dots, \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

(c) Faça um gráfico da resposta em frequência $H_3(e^{j\omega})$ para o sistema cuja resposta ao impulso seja $h_3[n] = e^{j\pi n} h[n] = (-1)^n h[n]$.

Resposta

7.28 Problema 9 Considere um filtro passa-baixas de tempo contínuo $H_c(s)$ com especificações para as faixas de passagem e de rejeição

$$1 - \delta_1 \leq |H_c(j\Omega)| \leq 1 + \delta_1, \quad |\Omega| \leq \Omega_p \quad (7)$$

$$|H_c(j\Omega)| \leq \delta_2, \quad \Omega_S \leq |\Omega|. \quad (8)$$

Esse filtro é transformado em um filtro de tempo discreto passa-baixas $H_1(Z)$ pela transformação

$$H_1(Z) = H_c(S) \Big|_{s=(1+z^{-1})/(1-z^{-1})}.$$

(a) Determine uma relação entre a frequência de corte da faixa de passagem Ω_p do filtro passa-baixas de tempo contínuo e a frequência de corte da faixa de passagem ω_{p1} do filtro passa-baixas de tempo discreto.

(b) Determine uma relação entre a frequência de corte da faixa de passagem Ω_p do filtro passa-baixas de tempo contínuo e a frequência de corte ω_{p2} da faixa de passagem do filtro passa-altas de tempo discreto.

(c) Determine uma relação entre a frequência de corte da faixa de passagem ω_{p1} do filtro passa-baixas de tempo discreto e a frequência de corte da faixa de passagem ω_{p2} do filtro passa-altas de tempo discreto.

Resposta