

Exercícios – capítulo 5

Filtros Digitais

1. Para cada um dos seguintes filtros estabeleça a ordem e identifique os seus coeficientes:

- (a) $y(n) = 2x(n) - x(n-1) + y(n-1)$
- (b) $y(n) = x(n-1) - x(n-2) - y(n-1)$
- (c) $y(n) = x(n) + x(n-1) - y(n-1) - 0.5y(n-3)$
- (d) $y(n) = 2x(n) - x(n-1)$
- (e) $y(n) = 0.5x(n-3)$
- (f) $y(n) = x(n) - x(n-1) + x(n-2) + x(n-3)$

2. Determine as funções de transferência de cada um dos filtros do exercício 1.

3. Um filtro digital é descrito pela seguinte equação de diferenças:

$$y(n) = x(n) - x(n-1) + 0.4y(n-1)$$

- (a) O filtro é recursivo ou não recursivo. Justifique a resposta.
- (b) Qual a ordem do filtro?
- (c) Determine a resposta em frequência e desenhe o espectro de amplitudes.
- (d) Sendo $\{1 \ 4 \ 6 \ 2 \ -1 \ 0\}$ a sequência aplicada na entrada do filtro, determine a sequência de saída desde $y(0)$ até $y(6)$.

4. Um filtro digital apresenta a seguinte função de transferência:

$$H(z) = \frac{1}{1 + 0.9z^{-1}}$$

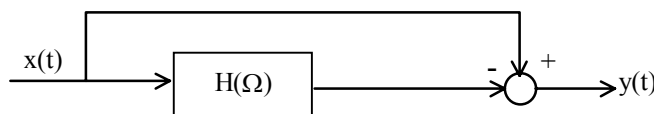
- (a) Desenhe o diagrama de pólos e zeros.
- (b) Desenhe o módulo da função de transferência
- (c) Determine a fórmula de recursão que relaciona os valores das amostras de saída e de entrada.
- (d) Determine e esboce a resposta ao impulso do filtro

5. Um filtro analógico apresenta a seguinte função de transferência:

$$H(s) = \frac{2}{(s+1)(s+2)}$$

- (a) Utilize transformação bilinear para converter o filtro no seu equivalente digital (admita $T = 0.5$).
- (b) Encontre a equação de recursão do filtro.
- (c) Desenhe o módulo da resposta em frequência para ambos os filtros e compare os resultados.

6. A figura abaixo é um sistema utilizado para obter um filtro passa-altas a partir de um filtro passa baixas.



- Demonstre graficamente que se $H(\Omega)$ é um passa baixas ideal com frequência de corte Ω_{lp} então o sistema todo será um passa altas ideal; e se $H(\Omega)$ é um passa altas ideal com

frequência de corte Ω_{hp} então o sistema todo será um passa baixas ideal e determine sua frequência de corte.

7. Projete um filtro digital IIR de primeira ordem, com característica de Butterworth e frequência de corte $\omega_c = 0.3\pi$.
8. Projete um filtro digital passa-baixas com característica de Butterworth que satisfaça as seguintes especificações:
 - (a) Banda de passagem: 0 – 1 kHz e atenuação máxima de 1 dB.
 - (b) Banda de atenuação: a partir de 3 kHz com atenuação mínima de 20 dB.
 - (c) Frequência de amostragem: 10 kHz.
9. Repita o exercício anterior utilizando característica de Chebyshev.
10. Projete um filtro FIR passa-baixas utilizando o método por janelas que satisfaça as seguintes especificações:

Frequência da banda de passagem: 1.5 kHz

Largura da banda de transição: 0.5 kHz

Atenuação na banda de atenuação: > 50 dB

Frequência de amostragem: 10 kHz

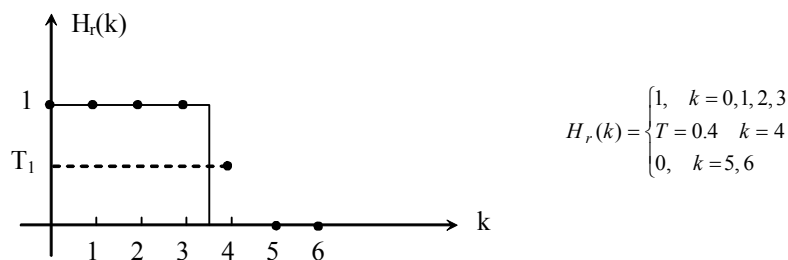
11. Projete um filtro FIR passa-baixas, com $f_c = 0.4$ ($\omega_c = 0.8\pi$) utilizando janela de Hamming e $M = 9$.

OBS: $\frac{\sin x}{x} = 1 \quad x \rightarrow 0$

12. Determine a resposta de amplitude e de fase de um filtro FIR causal cuja função de transferência é dada por:

$$H(z) = \sum_{m=0}^3 h(m)z^{-m} \quad \text{em que: } h(m)=h(M-m) \quad M=3$$

13. Projete um filtro FIR passa-baixas, com fase linear e ordem 14, pelo método de amostragem em frequência, que aproxima a característica de frequência dada abaixo. Desenhe o módulo da função de transferência.



14. Considere as seguintes especificações para um filtro digital passa-baixas:

$$\begin{cases} 0.99 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 1.01, & 0 \leq |\omega| \leq 0.25\pi \\ |H(e^{j\omega})| \leq 0.01, & 0.35\pi \leq |\omega| \leq \pi \end{cases}$$

- a) Projete um filtro FIR com fase linear utilizando o método de janelas.
- b) Repita o projeto utilizando a janela de Kaiser.

15. Considere as seguintes especificações para um filtro FIR passa-banda:

$$\begin{cases} |H(e^{jw})| \leq 0.005, & 0 \leq |w| \leq 0.2\pi \\ 0.95 \leq |H(e^{jw})| \leq 1.05, & 0.3\pi \leq |w| \leq 0.6\pi \\ |H(e^{jw})| \leq 0.01, & 0.7\pi \leq |w| \leq \pi \end{cases}$$

Projete o filtro utilizando o método por janelas.

16. Um filtro digital FIR, passa-baixas, foi projetado utilizando janela de Kaiser com as seguintes especificações:

Ordem $M = 50$

Frequência da banda de passagem: $w_p = 0.4\pi$

Frequência da banda de atenuação: $w_s = 0.5\pi$

Determine a atenuação mínima na banda de atenuação para este filtro.