

Respostas à Lista de Exercícios 2

1) Projete um filtro passa-altas com as seguintes características:

- Limite superior da banda de rejeição: $\omega_r = 0,2\pi$,
- Limite inferior da banda-passante: $\omega_p = 0,4\pi$,
- Oscilação máxima na banda-passante: $\delta_p = 0,006$,
- Oscilação máxima na banda de rejeição: $\delta_r = 0,004$.

Pede-se o seguinte.

- Determine a resposta ao impulso do filtro ideal para esse caso (passa-altas). Ache a janela adequada para resolver o problema (retangular, von Hann, Hamming, Blackman).

Resposta: Janela de Hamming com comprimento ajustado em $L = 35$ a partir do estimado $\hat{L} = 41$.

- Determine a janela de Kaiser para este caso.

Resposta: Janela de Kaiser com comprimento $L = 29$ e $\beta = 4,3079$.

- Faça o projeto de Parks-McClellan de filtro FIR Chebyshev (com ondulação de amplitude constante) pelo algoritmo de Remez. Pode ser usadas as funções `firpmord` e `firpm` do MATLAB. Verifique em detalhes com gráficos adequados a ondulação nas faixas de passagem e de rejeição, determinando as frequências extremantes e a amplitude das ondulações.

Resposta: A resposta impulsiva de comprimento $L = 25$ é $h_{pm} =$

$$\begin{bmatrix} 0,0038 \\ 0,0071 \\ 0,0001 \\ -0,0107 \\ -0,0197 \\ -0,0095 \\ 0,0201 \\ 0,0494 \\ 0,0413 \\ -0,0280 \\ -0,1448 \\ -0,2562 \\ 0,6978 \\ -0,2562 \\ -0,1448 \\ -0,0280 \\ 0,0413 \\ 0,0494 \\ 0,0201 \\ -0,0095 \\ -0,0197 \\ -0,0107 \\ 0,0001 \\ 0,0071 \\ 0,0038 \end{bmatrix}.$$

As

frequências extremantes obtidas, em ciclo/amostra, são $f_{ex} =$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0,0340 \\ 0,0656 \\ 0,0900 \\ 0,1006 \\ 0,2003 \\ 0,2107 \\ 0,2384 \\ 0,2722 \\ 0,3116 \\ 0,3517 \\ 0,3953 \\ 0,4416 \\ 0,5 \end{bmatrix}$$

e os desvios

máximos da amplitude $A(\omega)$ em relação à desejada são $\hat{\delta}_p = 0,003$ e $\hat{\delta}_r = 0,005$.

Em cada caso, determine o comprimento do filtro necessário, calcule os coeficientes do filtro e a resposta em frequência resultante. Verifique se as condições de projeto são atendidas e se é possível reduzir a ordem ou o comprimento da resposta ao impulso obtidos pelo seu projeto.

2) Projete um filtro passa-baixas para resolver o seguinte problema:

- O sinal $x(t) = 0,5s(t) + r(t)$ precisa ser filtrado para separar o sinal de interesse, $s(t)$, da interferência $r(t)$. $s(t)$ ocupa a faixa entre 0 e 100 Hz, enquanto $r(t)$ ocupa a faixa entre 400 Hz e 500 Hz. $x(t)$ é amostrado a 1 kHz.
- Deseja-se recuperar o sinal $s(t)$ a partir de $x(t)$, de modo que $r(t)$ seja atenuado por pelo menos 50 dB, e que a oscilação na banda passante seja de no máximo 0,005.

Escolha uma janela adequada e projete um filtro que atenda a essas especificações.

Resposta: Janela de Hamming com comprimento ajustado em $L = 33$ a partir do estimado $\hat{L} = 41$.