

PSI-2432 Projeto e Implementação de Filtros Digitais

Exercícios para Treino

27 de agosto de 2005

1. Projete, usando o método de mínimos quadrados (truncamento da resposta impulsiva), um filtro passa-baixas de comprimento 21 e com frequência de corte em $\pi/3$. Observe os gráficos das respostas em frequência obtidas (com frequências variando entre 0 e π , com escala de frequências normalizada em ω/π e escala de ganhos linear e em dB). Use janela retangular e janela de Hamming.
2. (Modificado de Oppenheim e Schaffer, *Discrete-time Signal Processing*, 1ª ed., ex. 7.24) Às vezes é interessante aplicar um filtro digital repetidamente, para se obter uma transição mais abrupta. Dado um filtro passa-baixas $H(z)$, com oscilação entre $1 + \delta_1$ e $1 - \delta_1$ na faixa $[0, \omega_p]$ e atenuação δ_2 para $[\omega_s, \pi]$:
 - (a) Quais são as características (oscilação na banda passante e atenuação na banda de rejeição) do filtro $H(z)^2$, obtido com a aplicação do filtro original duas vezes?
 - (b) Uma opção diferente foi proposta por Tukey, chamada de “twicing”: o filtro “melhorado” é dado por $H_2(z) = (2 - H(z))H(z)$. Supondo que $H(z)$ é FIR do tipo I, e com fase nula (para simplificar), calcule os valores da atenuação na faixa de rejeição e da oscilação na faixa de passagem do filtro $H_2(z)$. A resposta impulsiva $h_2(n)$ de $H_2(z)$ tem as mesmas simetrias que $h(n)$?
 - (c) Uma outra opção, com desempenho melhor, foi proposta por Hamming e Kaiser (chamada “sharpening”): define-se $H_3(z) = (3 - 2H(z))H(z)^2$. Repita as tarefas do item anterior para $H_3(z)$.
 - (d) Se for considerada a fase em $H(z)$ (isto é, se a resposta impulsiva for causal), o que deve ser modificado na definição das expressões de $H_2(z)$ e $H_3(z)$? Para quais tipos (1, 2, 3 ou 4) os métodos acima funcionam? Quais são os comprimentos equivalentes dos filtros resultantes? E os atrasos?
3. Projete um filtro FIR passa-baixas de fase linear com comprimento $L = 9$ amostras usando truncamento (com janela retangular) da resposta ideal com faixa de transição de largura $\pi/2$ rad/amostra centrada em $\omega_0 = \pi/2$. Qual é seu erro máximo de aproximação da resposta em frequência de amplitude?
4. Projete um filtro FIR passa-baixas de fase linear com comprimento $L = 10$ amostras usando truncamento (com janela retangular) da resposta ideal com faixa de transição de largura $\pi/2$ rad/amostra centrada em $\omega_0 = \pi/2$. Qual é seu erro máximo de aproximação da resposta em frequência de amplitude?
5. Projete filtros FIR passa-faixas de fase linear com frequência central $\pi/2$ rad/amostra, largura de faixa de $\pi/2$ rad/amostra e comprimento $L = 9$ amostras usando

- (a) truncamento (com janela retangular) da resposta ideal com cortes em $\omega_0 = \pi/4$ e $\omega_1 = 3\pi/4$. Qual é o erro máximo de aproximação da resposta em frequência de amplitude?
- (b) truncamento (com janela retangular) da resposta ideal com faixas de transição lineares de largura $\pi/4$ rad/amostra centradas em $\omega_0 = \pi/4$ e $\omega_1 = 3\pi/4$ (isto é, o filtro ideal não tem um corte abrupto, o ganho decresce linearmente de 1 a 0 em torno das frequências ω_0 e ω_1). Qual é o erro máximo de aproximação da resposta em frequência de amplitude?