

PSI 3432 - Processamento de Áudio e Imagem
Projeto de filtros de fase linear

Vítor H. Nascimento

23 de agosto de 2021

1 Máscara

Suponha que você tenha um sinal de interesse na faixa de 0 a ω_p , e uma interferência na faixa de ω_r a π . Você quer atenuar a interferência por ao menos δ_r , mas sem distorcer muito o sinal de interesse: você deseja que o ganho do filtro na faixa de interesse fique na faixa de $1 \pm \delta_p$.

A máscara de projeto da Figura 1 mostra o que se deseja da resposta em frequência do filtro.

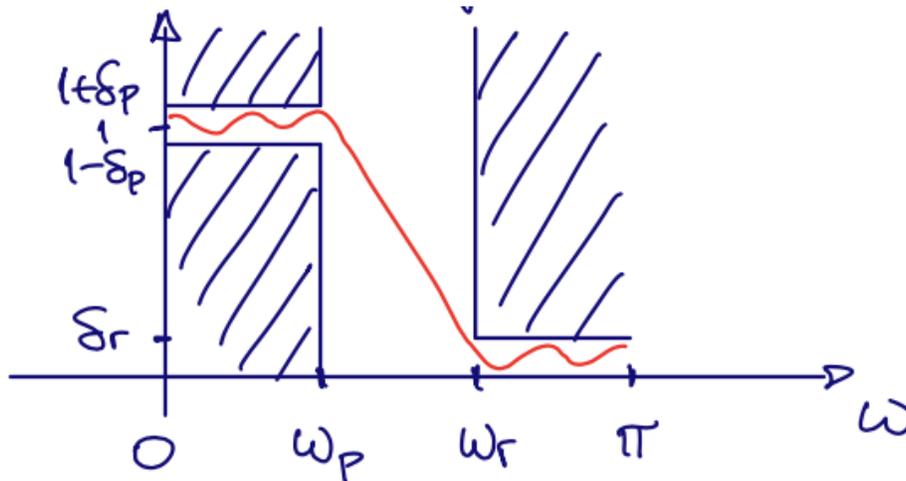


Figura 1: Máscara de projeto com especificações de um filtro passa-baixas.

Dois parâmetros importantes são

$$\omega_c = \frac{\omega_p + \omega_r}{2}, \quad \Delta\omega = |\omega_r - \omega_p|. \quad (1)$$

2 Projeto com janela de Kaiser

Uma forma de se obter um filtro que obedeça às especificações desejadas é usando janelas de Kaiser e mínimos quadrados. Lembre que a resposta ao impulso do filtro ideal é a anti-

transformada da resposta ideal, ou seja,

$$h_d[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_c}^{\omega_c} 1 \cdot e^{-j\omega L} \cdot e^{j\omega n} d\omega = \frac{\omega_c}{\pi} \operatorname{sinc}\left(\frac{\omega_c}{\pi}(n - L)\right),$$

em que $L = (N - 1)/2$ é o atraso e N é o comprimento do filtro. A resposta ao impulso do filtro final é a resposta do filtro ideal multiplicada pela janela, para $0 \leq n \leq N - 1$, em que o comprimento do filtro é $N = 2L + 1$. Os parâmetros da janela de Kaiser são

$$A = \max\{-20 \log_{10}(\delta_p), -20 \log_{10}(\delta_r)\},$$

$$\beta = \begin{cases} 0,1102(A - 8,7), & \text{se } A > 50, \\ 0,5842(A - 21)^{0,4} + 0,07886(A - 21), & \text{se } 21 \leq A \leq 50, \\ 0, & \text{se } A < 21, \end{cases} \quad N \approx \frac{A - 8}{2,285\delta\omega} + 1.$$

O filtro é dado por $h[n] = h_d[n]w[n]$, em que $w[n]$ é a janela de Kaiser obtida com o comando `w = kaiser(N, beta/pi)` (em Julia) ou `w = kaiser(N, beta)` (Matlab). Note que o valor de N é aproximado, e o resultado deve ser conferido levantando-se a resposta em frequência do filtro resultante.

3 Projeto com algoritmo de Parks-McClellan (min-max)

Uma outra opção é usar o método min-max e o algoritmo de Parks-McClellan. No caso de um filtro passa-baixas, em Julia use `h = remez(N, [(0, omega_p/pi) => (1, 1), (omega_r/pi, 1.0) => (0, delta_p/delta_r)])`. Em Matlab, use `h = firpm(N-1, [0 omega_p/pi omega_r/pi 1], [1 1 0 0], [1 delta_p/delta_r])`.

O valor de N pode ser aproximado pela função

$$N \approx \frac{-10 \log_{10}(\delta_p \delta_r) - 13}{2,324\delta\omega} + 1. \quad (2)$$

Mais detalhes podem ser encontrados na bibliografia do curso ou nas notas de aula do curso PSI3431.