

Processamento Digital de Sinal

Miniteste 2 2007/2008

Filtros Digitais.

1. Compare qualitativamente os métodos de síntese de filtros Digitais IIR que conhece. (5 minutos)

IIR
(fase não linear) {

- Método de invariância da resposta impulsional $X(z) = \sum_k \frac{A_k}{1 - z^{-k}}$
 $X(z) = \sum_k \frac{A_k}{1 - z^{-k}}$
- Método da transformação bilinear (tem vantagem de eliminar o aliasing, não tem aliasing).
 $X(z) = f\left(\frac{1}{T} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}\right)$
↳ necessita de pre-warpping $\omega \rightarrow H(\omega)$ partindo do modelo analógico compensado. $\omega = \frac{\Omega}{T} \tan\left(\frac{\Omega}{2}\right)$

IIR - com resposta impulsional infinita.
↳ tem distorção de fase

2. Considere um sinal de vídeo constituído por 2 canais, um em banda base e outro multiplexado em FDM digital, cada um ocupando uma largura de banda de $\pi/2$. Pretende-se retirar do conjunto o canal que ocupa a gama de frequências mais elevada, anulando o canal que se encontra em banda base. Para o efeito pretende-se sintetizar um filtro digital que apresente as seguintes características mínimas:
1. O ganho na banda passante deve ser inferior a 1.01 e superior a 0.99
 2. Atenuação mínima de -40 dB na banda de rejeição

a) Tratando-se de um sinal de vídeo, onde a fase é importante, dos métodos de síntese de filtros digitais que conhece qual é o mais adequado para a aplicação em causa? Justifique.

• $\delta = 0.01$ Ripple na banda passante

• rejeição 40dB

→ Utilizam um filtro FIR baseado no método dos janelas.

Neste problema fazemos de utilizar um filtro FIR, porque este tipo de filtros não tem distorção de fase. (tem ripple na banda passante).

Os filtros **IIR** todos têm distorção de fase, uma das melhorias do Butterworth é que não tem ripple na banda passante

- b) Considere o método das janelas como método de síntese de filtros digitais tipo FIR. Para a aplicação em causa que tipos de janelas podem satisfazer os requisitos do filtro em causa? Justifique.

Rejeição 40dB (ver tabela janelas).

- Neste caso só será possível utilizar os filtros Ham e janela de Hamming e Blackman. (Kaiser).

$$\delta = 0,01 \rightarrow A = 20 \log \delta = -40 \text{ dB}$$

A janela de Hamming cumpre o erro (ripple na banda passante) mas não cumpre a atenuação do flanco secundário. (banda de rejeição).

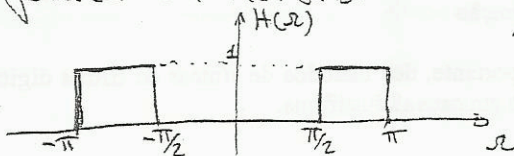
Se não disser mais nada, utiliza-se a janela de ~~Hamming~~ Kaiser elimina a opção de tentativa e erro.

- c) Usando o tipo de janela que achar mais conveniente projecte o filtro requerido. Considere que a banda de transição não deve exceder 10% da banda passante.

Utilizando um filtro passa alto para anular o sinal abaixo de $\frac{\pi}{2}$ (banda base), assim faz-se um filtro passa alto com $\omega_c = \frac{\pi}{2}$.

Utiliza-se então a janela de Kaiser porque evita o método de cálculo tentativa e erro, no método das janelas, devido a ter os dois parâmetros configuráveis.

- com janela de Kaiser:



$$\omega_c = \frac{\pi}{2}$$

$$h[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H(\omega) e^{j\omega n} d\omega$$

$$H(\omega) = 1 - H_{LP}(\omega)$$

$$h[n] = \delta[n] - h_{LP}[n] = \delta[n] - \frac{1}{2} \text{sinc}\left(\frac{n}{2}\right)$$

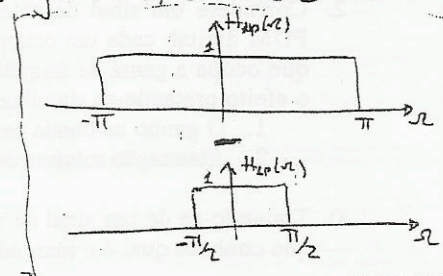
$$\begin{cases} A = -20 \log \delta = 40 \text{ dB} \\ B = (\text{fórmula}) \end{cases}$$

$$B = \begin{cases} 0,5842(A-21)^{0,4} + 0,07886(A-21) & 21 \leq A \leq 50 \end{cases}$$

$$M = \frac{A-8}{2,285 \Delta\omega} = \frac{40-8}{2,285 \cdot \frac{\pi}{20}} = 90 \rightarrow \text{se o filtro é passa alto } M \text{ não pode ser ímpar, fica o valor par acima.}$$

$$\Delta\omega = \frac{\pi}{2} \times 0,1 = \frac{\pi}{20}$$

$$h[n] = \left[\delta[n-45] - \frac{1}{2} \text{sinc}\left(\frac{n-45}{2}\right) \right] \cdot \text{WDM}$$



$$h[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{j\omega n} d\omega$$

$$h[n] = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{jn} \left[e^{j\omega n} - e^{-j\omega n} \right] = \frac{1}{\pi n} \sin(\omega n) = \frac{\omega_c}{\pi} \text{sinc}\left(\frac{n}{2}\right)$$