

## Experiência E7: Projeto e implementação de filtros FIR

### Objetivos

- Projeto e implementação de filtros digitais FIR.
- Prática na utilização do MATLAB para análise e projeto de sistemas em tempo discreto.

### Introdução

Os filtros digitais FIR são caracterizados por possuírem resposta ao impulso finita, são sempre estáveis e podem ser projetados com característica de fase linear. As formas gerais da função de transferência (1), da resposta em frequência (2), da equação de diferenças (3) e da resposta ao impulso (4) de um filtro FIR são apresentadas abaixo.

$$H(z) = \sum_{k=0}^q b_k z^{-k} \quad (1) \quad H(f) = \sum_{k=0}^q b_k e^{-jk2\pi f / f_a} \quad (2)$$

$$y[n] = \sum_{k=0}^q b_k x[n-k] \quad (3) \quad h[n] = \sum_{k=0}^q b_k \delta[n-k] \quad (4)$$

O projeto de filtros digitais FIR utilizando a técnica das janelas consiste na multiplicação da resposta à amostra unitária do filtro ideal ( $h[n]$ ) por uma função de ponderação (janela  $w_L[n]$ ) de duração finita igual a  $L$  amostras. A resposta obtida é então atrasada para tornar o filtro causal, resultando em uma característica de fase linear. Para o caso de  $L$  ímpar:

$$\tilde{b}_k = h[k - (L-1)/2]w_L[k], \quad 0 \leq k \leq L \quad (5) \quad \tilde{h}[n] = \sum_{k=0}^{L-1} \tilde{b}_k \delta[n-k] \quad (6)$$

### Atividade Teórica

- Determinar os coeficientes da função de transferência do filtro FIR passa-banda com as características abaixo. Utilizar uma janela de Blackman ( $\alpha_p = 0,002$  dB e  $\alpha_s = 74$  dB). **(3,0 pontos)**

Grupo	$f_{is}$ (kHz)	$f_i$ (kHz)	$f_s$ (kHz)	$f_{ss}$ (kHz)	$f_a$ (kHz)
1	1,5	1,8	2,2	2,5	32,0
2	2,5	2,8	3,2	3,5	32,0
3	3,5	3,8	4,2	4,5	32,0
4	4,5	4,8	5,2	5,5	32,0
5	1,5	1,8	2,2	2,5	48,0
6	2,5	2,8	3,2	3,5	48,0
7	3,5	3,8	4,2	4,5	48,0
8	4,5	4,8	5,2	5,5	48,0
9	4,5	4,8	5,2	5,5	64,0

Equações para o projeto do filtro passa-banda:

$$\Omega_1 = 2\pi(f_i + f_{is})/2f_a \quad (7) \quad \Omega_2 = 2\pi(f_s + f_{ss})/2f_a \quad (8)$$

$$\Omega_0 = (\Omega_1 + \Omega_2)/2 \quad (9) \quad \Omega_c = (\Omega_2 - \Omega_1)/2 \quad (10)$$

$$\Delta\Omega = 2\pi(f_{ss} - f_s)/f_a \quad (11)$$

Para a janela de Blackman:

$$N = \lceil 12\pi/\Delta\Omega \rceil \quad (12)$$

- b) Plotar a resposta em frequência do filtro calculado (módulo e fase). O módulo deverá ser plotado com escala de amplitudes em dB. Determinar o ganho em módulo (dB) para as frequências especificadas na tabela e comparar com as características da janela utilizada. Utilizar a função *fvtool* do MATLAB. **(2,0 pontos)**

#### Atividade Prática (utilizando o MATLAB)

- a) Executar a sequência de atividades abaixo:
1. Conectar um gerador de sinais na entrada de linha da placa de áudio do PC (conector P2 azul de 3,5 mm). Ajustar a saída do gerador para fornecer um sinal senoidal com frequência dentro da banda de passagem do filtro projetado e amplitude de pico igual a 500 mV.
  2. Conectar um osciloscópio na saída de áudio do PC (traseira ou frontal) utilizando um plugue P2 estéreo de 3,5 mm.
- b) Modificar o M-file *ExpE7.m* juntamente com a função *FuncaoE7.m* para implementar o filtro projetado. Implementar o filtro em Forma Direta utilizando a equação (3) **(3,0 pontos)**
- c) Repetir o item anterior, implementando o filtro com a função *filter* do MATLAB.
- d) Medir as amplitudes das senóides de entrada e de saída e calcular o ganho em módulo do filtro em para as frequências utilizadas no projeto (ver tabela). Comparar com os resultados obtidos teoricamente. **(2,0 pontos)**