

Processamento Digital de Sinal (MIETI) Teste 1 2020-2021

1. Considere o sistema LTI discreto e causal caracterizado pela equação de diferenças: $y[n] = 1/2y[n-1] + 1/16y[n-2] + 1/4x[n-2]$
 - a) Codifique em Matlab um programa que lhe permita determinar a saída do sistema supondo a entrada na variável (vector) x .
 - b) Determine a transformada z da resposta impulsional do sistema.
 - c) Faça o diagrama de pólos e zeros do sistema assinalando a respectiva ROC. Com base no diagrama refira-se à estabilidade do sistema.
 - d) Determine a resposta impulsional do sistema.
 - e) Determine a resposta do sistema à entrada $x[n] = \delta[n-1]$.
 - f) Determine a entrada do sistema cuja saída é $y[n] = \delta[n]$.
2. Considere que dispõe de um sinal analógico filtrado passa-baixo a 2kHz e amostrado a 5kHz e pretende transformá-lo num sinal de largura de banda de 1.25kHz.
 - a) Apresente em forma de diagrama de blocos um sistema capaz de efectuar o pretendido. Justifique a necessidade e função de cada bloco.
 - b) Qual o ritmo mínimo de amostras por segundo necessário para representar o novo sinal? Justifique com base na análise espectral do sinal ao longo do modelo de amostragem discreto.
 - c) Implemente o filtro passa baixo de Butterworth requerido para este processo de sub-amostragem com um ganho mínimo na banda passante de -1 dB e ganho máximo unitário. Utilize justificando, o método de síntese que achar mais conveniente. Considere uma banda de transição de 10% da banda passante, um ganho máximo na banda de rejeição de -40 dB. Determine a ordem e a frequência de corte do filtro e estabeleça os restantes passos necessários enunciando as equações correspondentes que permitam projetar o filtro requerido. Suponha o caso de um filtro de ordem par e o caso de um filtro de ordem ímpar e explique as diferenças em termos de projecto. Justifique todos os passos que efetuar.
 - d) Apresente um programa comentado que sintetize o filtro em Matlab.
 - e) Deduza, justificando todos os passos que efetuar, a resposta impulsional do filtro rejeita banda FIR desejado que não causa distorção harmónica.
 - f) Usando o método que achar mais adequado e os requisitos básicos descritos em c) sintetize um filtro FIR que elimine do sinal as componentes de frequência entre 0.75 e 1 kHz. Justifique todos os passos que efetuar. Codifique e comente o seu filtro em Matlab.

- g) Conhece algum método mais eficiente de cálculo de um filtro FIR? Se sim diga em que se baseia e determine a ordem deste filtro de ordem mais baixa que permite executar o filtro.

TABLE 7.2 COMPARISON OF COMMONLY USED WINDOWS

Window Type	Peak Sidelobe Amplitude (Relative)	Approximate Width of Mainlobe	Peak Approximation Error $20 \log_{10} \delta$ (dB)	Equivalent Kaiser Window β	Transition Width of Equivalent Kaiser Window
Rectangular	-13	$4\pi/(M+1)$	-21	0	$1.81\pi/M$
Bartlett	-25	$8\pi/M$	-25	1.33	$2.37\pi/M$
Hanning	-31	$8\pi/M$	-44	3.86	$5.01\pi/M$
Hamming	-41	$8\pi/M$	-53	4.86	$6.27\pi/M$
Blackman	-57	$12\pi/M$	-74	7.04	$9.19\pi/M$

$$M = \frac{-10 \log(\delta_1 \delta_2) - 13}{2.324 \Delta \Omega}$$

$$M = \frac{A - 8}{2.285 \Delta \Omega}$$

$$|H_c(w)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{jw}{jw_c}\right)^{2N}}$$

$$s = \frac{2}{T} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \quad w = \frac{2}{T} \tan(\Omega/2)$$

$$\beta = \begin{cases} 0.1102(A - 8.7); & A > 50 \\ 0.5842(A - 21)^{0.4} + 0.07886(A - 21); & 21 \leq A \leq 50 \\ 0.0; & A < 21 \end{cases}$$

$$w[n] = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{M}\right) + 0.08 \cos\left(\frac{4\pi n}{M}\right); & 0 \leq n \leq M \\ 0; & \text{outros casos} \end{cases}$$

$$w[n] = \begin{cases} \frac{I_0 \left[\beta \left(1 - \left[\frac{n - \alpha}{\alpha} \right]^2 \right)^{1/2} \right]}{I_0(\beta)}; & 0 \leq n \leq M \\ 0; & \text{outros casos} \end{cases}$$

$$S_p(w) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} S_c(w - kw_s)$$

$$X_p(\Omega) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(\Omega - k\Omega_s)$$