

# Processamento Digital de Sinal

## Miniteste1 2014/2015

1. Considere o sistema LTI discreto cuja resposta impulsional é:

$$h[n] = \left(\frac{1}{4}\right)^{n-2} u[n-1]$$

- a) Determine a transformada z da resposta impulsional do sistema especificando a respectiva ROC. Esboce ainda o diagrama de pólos e zeros do sistema identificando no diagrama a ROC.
- b) Determine a equação de diferenças do sistema.
- c) Codifique em Matlab um programa que calcule a saída do sistema assumindo que a entrada existe na variável x.
- d) Determine a resposta do sistema à entrada

$$x[n] = \left(\frac{1}{3}\right)^n u[n+1]$$

2. Na UC de projecto foi-lhe pedido que desenvolvesse um sistema de aquisição de ECG. O sinal de ECG é amostrado à frequência de 1 kHz. Após a aquisição o sinal é filtrado digitalmente, usando um filtro digital de Butterworth.
- a) Supondo que utiliza a transformação bilinear, determine a ordem mínima do filtro digital. No seu projecto deve garantir uma atenuação de 1dB à frequência de 35 Hz e de 40 dB à frequência de 130 Hz.
  - b) Determine a frequência para a qual atenuação é superior a 10, sabendo que o filtro anterior foi projectado para otimizar a banda de rejeição.
  - c) Determine os polos do filtro digital na forma polar.
  - d) Realize o filtro em Matlab apresentando todas as linhas de código comentadas.
3. Considere um sinal contínuo de voz comercial filtrado passa-baixo a 4 kHz e amostrado a 8 kHz. Considere ainda que pretende filtrar o sinal discreto de modo a retirar as frequências entre 2kHz e 3 kHz permanecendo no sinal as restantes frequências.
- a. Esboce a resposta em frequência do filtro digital desejado. Justifique.
  - b. Considere a realização de um filtro FIR com ganho na banda de rejeição de -40dB, ganho máximo e mínimo na banda passante respectivamente de 1.01 e 0.99 e diga quais as janelas que permitem a implementação do filtro. De todas qual a mais adequada à síntese do filtro. Justifique.
  - c. Deduza, justificando todos os passos que efectuar, a resposta impulsional do filtro FIR desejado que não causa distorção harmónica.

- Usando o método que achar mais adequado sintetize um filtro FIR que permita servir a corrente aplicação. Considere uma banda de transição de 10% da banda passante. Justifique todos os passos que efectuar.
- Qual a ordem do filtro de ordem mais baixa que permite efectuar o pretendido. Justifique.
- Sintetize o filtro em Matlab apresentando todas as linhas de código comentadas.

TABLE 7.2 COMPARISON OF COMMONLY USED WINDOW'S

Window Type	Peak Sidelobe Amplitude (Relative)	Approximate Width of Mainlobe	Peak Approximation Error $20 \log_{10} \delta$ (dB)	Equivalent Kaiser Window $\beta$	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	$9.19\pi/M$

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

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

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

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

$$s = \frac{2}{T} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}$$

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

$$w = \frac{2}{T} \tan(\Omega/2)$$

$$a^n u[n] \xleftrightarrow{Z} \frac{1}{1 - az^{-1}} \quad ROC \equiv |z| > |a|$$

$$na^n u[n] \xleftrightarrow{Z} -z \frac{d}{dz} \left( \frac{1}{1 - az^{-1}} \right) = \frac{az^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}, \quad |z| > |a|$$