

Processamento Digital de Sinal

MIECOM Exame de Recurso 2011/2012

1. Considere um transmultiplexador digital TDM para FDM com 2 canais áudio comercial de 4 KHz de largura de banda amostrados à frequência de Nyquist. Suponha que a rede FDM dispõe de uma largura de banda que permite acomodar apenas 1 KHz de cada canal.
 - a. Quais as operações a efectuar sobre os sinais de modo a reduzir para metade a sua largura de banda efectiva? Justifique.
 - b. Determine a resposta a impulso do filtro ideal que não causa distorção harmónica e permite efectuar o pretendido. Justifique convenientemente todos os passos que efectuar.
 - c. Suponha que pretende que o filtro seja FIR e apresente um ganho na banda passante superior a 0.995 e inferior a 1.005 e uma atenuação na banda de rejeição de 40 dB. Implemente este filtro usando o método que achar mais conveniente. Justifique a sua opção.
 - d. Explique o que é um filtro IIR. Apresente a transformada-z da resposta a impulso de um destes filtros à sua escolha. Justifique.
 - e. Apresente as vantagens e desvantagens de 2 filtros IIR (um relativamente ao outro) que tenha estudado. Justifique.
 - f. Apresente e comente as vantagens e desvantagens dos filtros IIR relativamente aos filtros FIR. Justifique.
 - g. Refaça a alínea c) admitindo que não se aceita ripple na banda passante mas tolera-se distorção harmónica. Neste caso quais os métodos adequados? Justifique. Suponha um filtro de 3ª ordem e enumere todos os passos necessários à sua implementação.

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	$9.19\pi/M$

2. Considere um sinal discreto $s[n]$ de média m_s e desvio padrão σ_s corrompido de modo multiplicativo por um sinal ruído branco $e[n]$ de média m_e e desvio padrão σ_e .
 - a. Determine a média e a variância do processo $x[n]=s[n].e[n]$ admitindo que os processos são não correlados.

- b. Determine a sequência de autocorrelação e a densidade espectral de potência de $x[n]$ em função dos parâmetros conhecidos dos processos $s[n]$ e $e[n]$.
- c. Considere que $s[n]$ é um sinal sinusoidal com fase aleatória e uniformemente distribuída em $[0, 2\pi[$ ou seja $s[n] = A \cos(w_0 n + \phi)$. Mostre que nestas circunstâncias, se os processos são não correlados então

$$\Phi_{xx}[m] = \frac{A^2}{2} \cos w_0 m. [\sigma_e^2 \delta[m] + m_e^2]$$

- d. Determine e esboce justificando, no contexto da alínea c) a densidade espectral de potência do processo $x[n]$.

3. Considere um sinal discreto aleatório $x[n]$ e a estimativa da sequência de autocorrelação dada por:

$$C_{xx}(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-|m|-1} x(n) \cdot x^*(n+m)$$

- a. Escreva a expressão da outra estimativa da sequência de autocorrelação que estudou. Determine a polarização de cada uma delas e diga quais as vantagens e desvantagens de uma relativamente à outra. Justifique.
 - b. Enuncie e justifique o método de Bartlett para a estimação da densidade espectral de potência. Mostre que este método diminui a resolução espectral. Justifique.
4. Suponha o caso da detecção da direcção de fontes radiantes ou puras superfícies reflectoras através de um agregado linear e uniforme de sensores.
- a. Uma das desvantagens da DSFT é o aparecimento de direcções de chegada que não existem. Explique convenientemente este fenómeno.
 - b. Um dos algoritmos de DoA mais usado é o MUSIC. Descreva convenientemente o algoritmo. Justifique todas as suas afirmações.
 - c. Suponha um sistema de comunicações móveis onde o sinal chega à antena receptora degradado por 1 eco. Suponha que o ângulo de chegada do sinal directo é θ sendo os ângulos de chegada da reflexão θ_1 relativamente à perpendicular ao eixo do agregado. Desenhe o diagrama de blocos com o nº mínimo de elementos espaçados de $\lambda/8$ e escreva neste caso um conjunto de equações lineares que lhe permitam determinar as amplitudes dos sinais provenientes de cada elemento do agregado necessárias para garantir a aniquilação da réplica. Justifique os cálculos que efectuar.
 - d. Que alterações efectuar no agregado se pretendesse servir 2 utilizadores em vez de um só admitindo que o 2º utilizador apresenta também um caminho alternativo (eco). Justifique.

$$a^nu[n]\overset{\mathbf{Z}}{\longleftrightarrow}\frac{1}{1-az^{-1}}\qquad ROC\equiv|z|>|a|$$

$$-a^nu[-n-1]\overset{\mathbf{Z}}{\longleftrightarrow}\frac{1}{1-az^{-1}}\qquad ROC\equiv|z|<|a|$$

$$na^nu[n]\overset{\mathbf{Z}}{\longleftrightarrow}-z\frac{d}{dz}\bigg(\frac{1}{1-az^{-1}}\bigg)=\frac{az^{-1}}{\big(1-az^{-1}\big)^2},\qquad |z|>|a|$$

$$x_p(t)=p(t)x(t)\overset{\mathbf{T.F.}}{\longleftrightarrow}X_p(w)=\frac{1}{2\pi}[P(w)*X(w)]\qquad M=\frac{A-8}{2.285\Delta\Omega}$$

$$X_p(w)=\frac{1}{T}\sum_{k=-\infty}^{+\infty}X(w-kw_s)\qquad w[n]=\left\{\begin{array}{l}I_0\left[\beta\left(1-\left[\frac{n-\alpha}{\alpha}\right]^2\right)^{1/2}\right] \\[10pt] \frac{\hspace{1.5cm}}{I_0(\beta)};\\[10pt] 0;\hspace{1.5cm}outros\hspace{0.2cm}casos\end{array}\right.,\qquad 0\leq n\leq M$$

$$\beta=\left\{\begin{array}{ll}0.1102(A-8.7); & A>50 \\ 0.5842(A-21)^{0.4}+0.0788(A-21); & 21\leq A\leq 50 \\ 0.0; & A<21\end{array}\right.\qquad M=\frac{-10\log(\delta_1\delta_2)-13}{2.324\Delta\Omega}$$