

## Processamento Digital de Sinal

### 2ª Chamada 2004/2005 (Eng. das Comunicações)

1. Considere um sistema de difusão TV onde o sinal de vídeo ocupa 4 MHz e o sinal de áudio com 20 kHz de largura de banda é modulado em amplitude por uma portadora de 4,5 MHz e somado ao sinal de vídeo. O conjunto assim obtido forma o sinal TV em banda base a enviar, pelo que este conjunto necessita de ser modulado para posterior emissão. Considere que dispõe deste sinal já em banda base (depois de recebido na antena receptora e desmodulado) à saída de um sistema de recepção. O passo seguinte consiste na separação do áudio e do vídeo. Considere que pretende aproveitar apenas o sinal de áudio.
  - a) Dos tipos de filtros analógicos que conhece qual o mais apropriado para a aplicação em causa? Justifique
  - b) Analise comparativamente em termos de vantagens/desvantagens os filtros de Chebyshev e elípticos.
  - c) Descreva os métodos que conhece de síntese de filtros digitais a partir de filtros analógicos. Quais as vantagens e desvantagens de cada um deles.
  - d) Suponha que o sinal TV é amostrado a 15 MHz. Determine a resposta impulsional do filtro capaz de retirar o áudio do vídeo admitindo que uma atenuação mínima de 29 dB na banda de rejeição é suficiente independentemente do "ripple" na banda passante. Admita que a frequência de corte é no limite da banda do áudio e projecte o filtro mais eficiente em termos de rejeição do ruído.

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 $\beta$	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	$9.19\pi/M$

2. Considere um sistema discreto LTI caracterizado pela função de transferência

$$H(z) = \frac{1}{1 - \sum_{k=1}^N a_k z^{-k}}$$

e ao qual é aplicado um sinal ruído branco de média nula.

- a) Mostre que a autocorrelação do sinal de saída é dada por

$$\varphi_{xx}(m) = \sum_{k=1}^N a_k \varphi_{xx}(m-k)$$

- b) Considere que dispõe de uma amostra do sinal de saída de 5 pontos  $\{-1, 0, 1, 0, -1\}$ . Estime a sequência de autocorrelação do processo de saída para  $-4 \leq m \leq 4$ .  
c) Determine o erro do preditor.  
d) Estime a sequência de autocorrelação do processo de saída para  $m > 4$  e  $m < -9$ .  
e) Determine o espectro de máxima entropia do sinal de saída do sistema.

3. Suponha o caso da detecção da direcção de fontes radiantes ou puras superfícies reflectoras através de um agregado linear e uniforme de sensores.

- a) Em sua opinião o método da decomposição da matriz correlação espacial dos dados em valores singulares (SVD) é adequado para a resolução deste problema? Justifique.  
b) Escreva na forma matricial, à luz do método SVD, um conjunto de equações lineares que permitam calcular as frequências espaciais das sinusoides que constituem o sinal. Justifique os cálculos que efectuar. Refira-se à relação entre o número de elementos do agregado, o número de fontes radiantes e eventualmente outros parâmetros, que garante a resolução do problema.  
c) Explique quais os fundamentos do método de máxima verosimilhança de Capon.  
d) Determine o espectro de potência espacial obtido pelo método MLM de Capon.