



FEUP

# EEC4164 —Telecomunicações 2

(2005/2006)

1ª Parte – Duração: 1h30m (sem consulta)

Exame de Época Normal – 10 de Janeiro de 2006

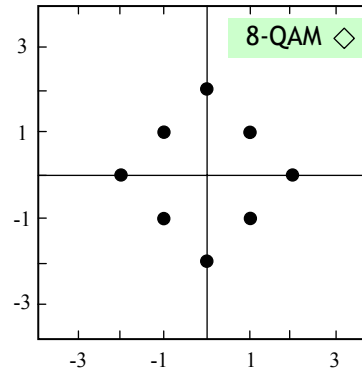
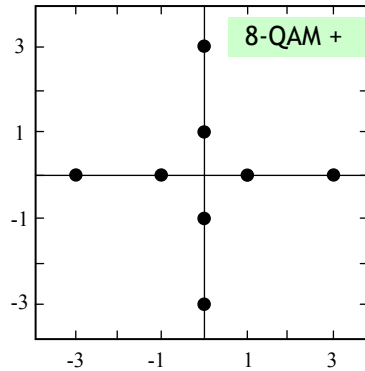
1. Um sinal analógico  $A \cos 2\pi \cdot 4000t$  é amostrado à frequência de Nyquist e convertido numa sequência binária PCM, após o que sofre uma codificação de linha 2B1Q. Os símbolos resultantes são então formatados com impulsos de cosseno elevado com  $\alpha = 0,5$  passando a ocupar uma largura de banda de 36 kHz.
- a) (1 p.) Determine o número de bits,  $N$ , do conversor A/D do bloco PCM se a quantização for uniforme.
- b) (1 p.) Suponha agora que o sinal analógico tem uma potência muito baixa, que é usada a lei A na codificação PCM e que a relação sinal-ruído de quantização é a mesma da alínea a). Determine o número de bits do conversor A/D.
- c) (1 p.) Admita que  $A = \sqrt{20}$  mV e que  $N = 10$  bits com quantização uniforme normalizada. Calcule a relação sinal-ruído de quantização, em dB.
2. Duas formas de onda de amplitudes constantes,  $X_1 = 1$  e  $X_2 = 2$ , de probabilidades  $P(X_1) = 1/3$  e  $P(X_2) = 2/3$ , são enviadas através de um canal afectado de ruído branco gaussiano  $N$ . O sinal recebido é  $Y = X_i + N$ , onde  $N$  representa ruído branco gaussiano de média nula e desvio padrão proporcional à amplitude do sinal  $X_i$ , isto é,  $\sigma_i^2 = \alpha^2 X_i^2$ ,  $i = 1,2$ , com  $\alpha$  constante.
- a) (3 p.) Determine o(s) limiar(es) de decisão óptimo(s)) que minimiza(m) a probabilidade de erro e apresente a regra de estimação de  $X_i$ .
- b) (2 p.) Calcule a correspondente probabilidade de erro em função da constante  $\alpha$ .
3. (2 p.) Um receptor equipado de um igualizador adaptativo de dois coeficientes é colocado à saída de um canal de comunicações. Foram medidos os valores que constam da tabela seguinte:

Contagem de iterações	$n$	100	101	102	103	104	105	...
Saída do canal	$a(n)$	1	-2	-5	4	3	-3	...
Resposta desejada	$d(n)$	1	-1	1	-1	-1	1	...
Coeficientes do igualizador	$\mathbf{c}(n)$	...	...	$\begin{bmatrix} 1/6 \\ -4/3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} ?? \\ ?? \end{bmatrix}$	...	...

O igualizador usa o algoritmo LMS com um passo de adaptação  $\mu = 0,1$ . Determine o valor dos coeficientes do igualizador adaptativo na iteração 104.

Continua  
(vsff)

4. Considere a transmissão de informação à taxa binária de 200 kbits/s através de um canal de comunicações AWGN com  $N_0 = 10^{-12}$  W/Hz.
- a) (2 p.) Suponha que se usa QPSK e que a probabilidade de símbolo errado no receptor é  $P_e = 8 \cdot 10^{-6}$ . Determine a potência do sinal recebido.
- b) (2 p.) Considere 4-FSK em vez de QPSK. Se a potência do sinal recebido for -59 dBW e a detecção for coerente qual é a probabilidade de bit errado prevista?
5. Considere as duas constelações 8-QAM da figura. A unidade de medida dos eixos é  $d/2$  e os símbolos são equiprováveis.



Para ambas as constelações:

- a) (2 p.) Determine a energia média  $\langle E \rangle$  em função de  $d$  e a distância mínima entre pontos se  $\langle E \rangle = 1$ .
- b) (2 p.) Desenhe as regiões de decisão.
6. (2 p.) Esboce adequadamente um diagrama de blocos de um receptor coerente de 64-QAM.

Nota: tenha em atenção os valores da tabela seguinte:

dB	Factor
0	1
3,0	2
4,8	3
6,0	4
7,0	5
7,8	6
8,5	7
9,0	8
9,5	9