



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DO TRABALHO E DA  
EMPRESA

Departamento de Ciências e Tecnologias de Informação

## Engenharia de Telecomunicações e Informática

# Modulação e Codificação

Ano Lectivo 2001/2002

2º Semestre - Frequência ou Exame Tipo

Escreva o seu **nome** e **número de aluno** na sua folha de resposta. Justifique sempre todos os cálculos. A **duração do exame** é de **2h + 30 mn de tolerância**. Boa sorte!

A frequência está dividida em duas partes. A primeira parte consiste em 2 problemas que valem 14 valores. A segunda consiste em 10 perguntas de escolha múltipla. **O exame deve ser resolvido nas folhas do enunciado** apresentando todos os cálculos que efectuar e justificando sempre todas as respostas.

### Identificação do Aluno

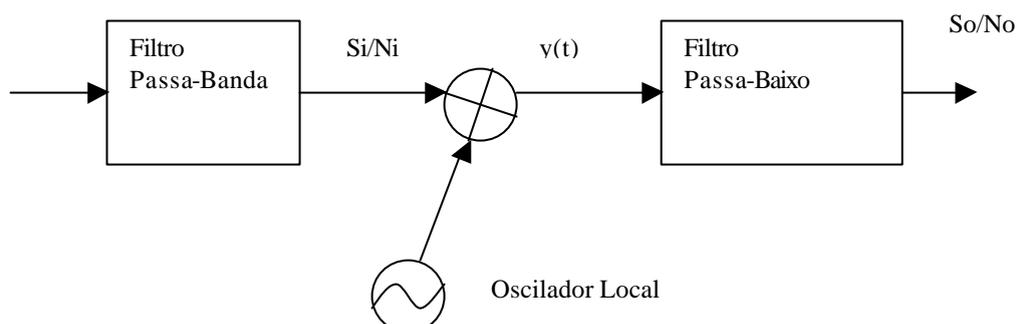
Nome: \_\_\_\_\_

Nº \_\_\_\_\_

### PARTE I <sup>3</sup>/<sub>4</sub> Problemas

A (1+1,5+1+1+1+1+1+1,5=9 val.)

Considere uma mensagem descrita por  $x(t)=\text{rect}[(t+T/2)/T]-\text{rect}[(t-T/2)/T]$  com  $T=0.1$  ms. Esta mensagem modula em banda lateral dupla uma portadora  $x_p(t)=A_c \cos(2\pi f_c t)$  com  $f_c = 2$  MHz. No receptor, este sinal é desmodulado por um desmodulador síncrono com a seguinte estrutura:



O filtro passa-banda tem uma função de transferência rectangular, largura de banda 30 KHz e uma amplitude igual a 2. A densidade espectral de potência unilateral do ruído na entrada do desmodulador é  $G_n(f) = 6 \times 10^{-12} \text{ A}^2/\text{Hz}$ .

- a) Indique um esquema para o modulador DSB e represente a variação do sinal no domínio do tempo.

- b) Obtenha uma expressão para o espectro de  $x(t)$  e represente graficamente o seu módulo.

c) Calcule o espectro do sinal modulado e represente graficamente o seu módulo.

d) Represente graficamente a função de transferência do filtro passa-banda.

- e) Determine uma expressão para o sinal  $y(t)$  à saída do oscilador local e represente o seu espectro.

- f) Represente a função de transferência do filtro passa-baixo e o espectro do sinal na saída.

- g) Calcule a potência de ruído na saída do filtro passa-banda e exprima o resultado em dBm.

- h) Sabendo que  $S_o/N_o=2.S_i/N_i$  determine o valor de  $A_c$  em Volt de modo a garantir uma relação sinal-ruído na saída de 40 dB. Faça as hipóteses que achar convenientes e admita que a impedância de saída do filtro passa-baixo é igual a  $50 \Omega$ .

**B(1,5+1,5+2=5 val.)**

Considere uma fonte binária que gera dados a um ritmo de 8 Kbits/s.

- a) Admitindo que os dados vão ser transmitidos numa linha usando um código polar de Manchester, deduza e desenhe de uma forma aproximada o espectro do sinal codificado dizendo a partir deste resultado qual deverá ser a largura de banda mínima da linha.

- b) Admita agora que os dados são ligados a um modem que utiliza a técnica de modulação digital QPSK. O factor de excesso de banda do filtro de Nyquist utilizado é de 0.6. Calcule qual deve ser a largura de banda mínima a exigir à linha e diga se esse valor é compatível com o de uma linha telefónica normal.

- c) Determine a probabilidade de erro do sinal recebido pelo modem sabendo que este tem uma potência de 0 dBm. Admita que o sinal é apenas corrompido por ruído do tipo AWGN.

Nota: use o gráfico anexo para PSK sem codificação (curva **Uncoded PSK**)

## PARTE II $\frac{3}{4}$ Perguntas de escolha múltipla

Para responder às perguntas de escolha múltipla faça **apenas uma cruz** no quadrado junto da resposta que achar mais correcta. Cada questão vale 0.6 valores mas cada resposta marcada no local errado desconta 0.2 valores.

1. Se a amplitude de uma portadora local é de 2 Vpp podemos dizer que a sua potência vale:

- 0,5 dBV.
- 27 dBm
- 3 dBm.
- 6 dB.

2. Quando se calcula a largura de banda de ruído num sistema digital modulado necessitamos de conhecer:

- O ritmo binário e o factor de excesso de banda do filtro de Nyquist.
- Em primeiro lugar a probabilidade de erro desejada para determinarmos quanta potência de ruído Gaussiano vamos injectar no canal.
- O índice M da modulação e o factor de excesso de banda do filtro de Nyquist.
- O factor de excesso de banda do filtro de Nyquist e o ritmo de símbolo.

3. Um dos objectivos da modulação é:

- Adaptar as características do canal às do sinal para se propagar a grandes distâncias.
- Utilizar um índice de modulação M tão baixo quanto possível para diminuir o ritmo binário do sinal transmitido.
- Conseguir que a relação S/N do sinal desmodulado seja o melhor possível.
- Enviar informação a grandes distâncias.

4. Uma das desvantagens da Comunicação Digital é:

- A necessidade de ter conversores A/D de alta velocidade em ambos os terminais da ligação.
- A necessidade de ter uma largura de banda que aumenta com o índice M da modulação digital.
- A necessidade de ter uma largura de banda superior à necessária num sistema equivalente analógico para transmitir a mesma informação.
- A necessidade de ter que usar filtros de Nyquist.

5. A largura de banda de ruído de um sistema BPSK é :

- Um triplo da ocupada por um sistema 8-PSK equivalente.
- O dobro da ocupada por um sistema QPSK equivalente.
- O quádruplo da ocupada por um sistema BPSK equivalente.
- Metade da ocupada por um sistema QPSK equivalente.

6. Diga qual das seguintes afirmações é verdadeira:

- Numa cadeia digital com regeneradores, a probabilidade de erro aumenta com o número de secções.
- A largura de banda real de um sistema digital obtém-se dividindo a largura de banda de ruído pelo factor  $(1+a)$  do filtro de Nyquist.
- A largura de banda de um sistema FSK é menor ou igual que a de um sistema PSK com o mesmo índice  $M$ .
- Quanto maior a velocidade de transmissão menor a probabilidade de erro no receptor.

7. A codificação de Gray:

- Usa-se para codificar os bits na fonte..
- Usa-se em bits alternados numa constelação de forma que os símbolos difiram em pelo menos um bit.
- Usa-se em bits adjacentes numa constelação de forma que os símbolos difiram apenas num bit.
- Usa-se em bits alternados numa constelação de forma que os símbolos difiram apenas num bit.

8. Uma vantagem da modulação de frequência (FM) é:

- A sua baixa complexidade quando comparada com AM.
- A grande qualidade de som devida a técnicas de modulação digital.
- O facto de conseguir boas relações sinal-ruído, embora à custa de uma maior largura de banda.
- Poder-se calcular facilmente a sua largura de banda através da regra de Carlson.

9. Pelo teorema da amostragem podemos dizer que:

- Para recuperar um sinal com largura de banda máxima  $F$  temos que o amostrar a um ritmo de pelo menos  $F/2$ .
- Se o ritmo de amostragem for de  $F$  então a máxima frequência do sinal deverá ser de  $F/2$ .
- Se o ritmo de amostragem for de  $F/2$  então a máxima frequência do sinal deverá ser de  $F$ .
- Podemos sempre recuperar um sinal desde que usemos códigos correctores de erros.

10. Qual das seguintes afirmações está correcta:

- O ruído AWGN é, normalmente, a pior causa para o mau desempenho dos sistemas de telecomunicações.
- Quanto mais se aumenta o índice  $M$  da modulação num modem para ligar à linha telefónica menos largura de banda é necessária e pior o desempenho do receptor.
- Uma solução possível para enviar um sinal em banda base num canal em que existem transformadores (caso da linha telefónica) é codificar o sinal com o código unipolar NRZ.
- O código Manchester tem menos informação de relógio que o código AMI.