

# INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DO TRABALHO E DA EMPRESA

Departamento de Ciências e Tecnologias de Informação

Engenharia de Telecomunicações e Informática

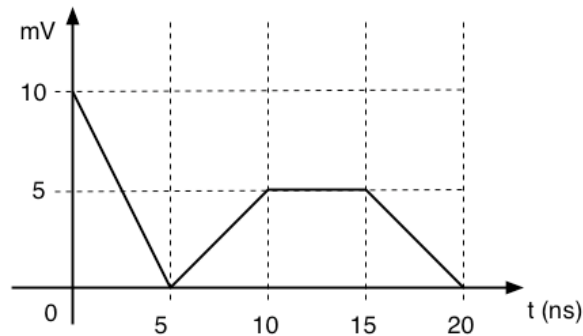
Sistemas de Telecomunicações Guiados

20 de Janeiro de 2004 – Exame

Escreva o nome e número de aluno em todas as folhas de resposta. Justifique sempre todos os cálculos.  
A prova termina com a palavra FIM e a duração da prova é de 2,5 horas + 0.5 hora.

## Grupo I ( 1+1,5+1+1+1,5 = 6 valores )

Considere que se pretende codificar utilizando modulação Delta com uma relação sinal ruído de quantificação de 34.8dB um sinal de potência de  $16\text{mV}^2$  e representado na figura seguinte para 0 a 20 ns.



Nestas circunstâncias determine:

- A largura de banda mínima necessária para transmitir este sinal se for usado o código de linha NRZ utilizando pulsos de Nyquist com um factor de excesso de banda  $\alpha=0.25$ .
- Indique, justificadamente (i.e., esboçando o valor do sinal quantificado), valor do erro de quantificação para o instante  $t=10\text{ns}$ , e o valor do tempo de inicialização do modulador para este sinal.
- Indique razão pela qual no circuito receptor se utiliza um um filtro passa baixo e calcule a relação ruído de quantificação à saída desse filtro se este tiver uma frequência de corte de 100kHz.
- Em que consiste o ruído de saturação de declive num modulador Delta? Compare-o com o ruído de quantificação utilizando o sinal deste problema para dar um exemplo desse ruído.
- Explique sucintamente a ideia base do PCM não-linear e as suas vantagens e desvantagens em relação ao PCM linear. Dê justificadamente um exemplo de serviço para o qual esta técnica seja adequada.

## Grupo II (1,5+3+1+1+1 = 7,5 valores)

Considere um sistema de transmissão digital a 50kbps utilizando um par simétrico para cobrir uma distância de 50 Km com regeneradores colocados a cada 2,5km (considere a versão mais simples de um regenerador em que este não possui qualquer amplificação do sinal). Os parâmetros do par simétrico são:

$$L = 0.5 \text{ dB/Km}, C = 200 \text{ nF/Km}, R = 40 \text{ } \Omega/\text{Km} \text{ e } G = 10 \text{ nS/Km}$$

Considere que a temperatura de ruído de entrada no sistema é de 500°K.

- Calcule os valores para: o coeficiente de atenuação, a velocidade de grupo e de fase para a frequência mínima de Nyquist. Indique justificadamente se este meio de transmissão apresenta distorção.
- Considere que é utilizado um código AMI unipolar ( $a_k = -A, 0, +A$ ). Nestas condições determine a potência a injectar na entrada do sistema para garantir na recepção uma taxa de erros binários de  $3 \times 10^{-5}$  considerando que o filtro receptor é de Butterworth de 3ª ordem.
- Calcule o valor da bobine de pupinização considerando que utiliza agora cada troço de linha para a transmissão de um sinal de voz analógico em banda base. Indique qual o objectivo da pupinização da linha e porque esta técnica é adequada para sinais de voz mas desadequada para sinais digitais de médio/alto ritmo binário ?
- Compare, justificadamente, em termos de densidade espectral, componente DC, sincronismo e detecção de erros os códigos de linha NRZ (0, +A) e AMI (-A, 0, +A).
- Indique o conjunto símbolos obtidos da codificação B3ZS para seguinte sequência binária:

10100111000101000000111

(Considere que a ultima polaridade utilizada foi + e que ocorreu um número **par** de bits 1 desde a última substituição.)

### Grupo III (1+1+1,5+3+1 = 7,5 valores)

Considere-se uma ligação óptica com 150 Km de comprimento operando a 10Mbps e para a qual se pretende uma taxa de erro máxima de  $10^{-9}$ .

Características do sistema constituído pelos seguintes componentes:

#### Fonte óptica LASER:

- Ganho na zona activa do laser dada por  $g(L) = g(L_0) \exp\left[\frac{(L - L_0)^2}{2L^2}\right]$ , com  
 $L_0 = 1,350 \mu\text{m}$  e  $L = 3\text{nm}$ .
- Potência média emitida pelo laser: 0.1mW.
- Modulação: sinal NRZ com pulsos rectangulares com razão de extinção nula ( $r=0$ ).
- Tempo de subida do LASER e circuito de modulação 50 ns.

#### Conectores e junções

- Atenuação em cada conector (fonte-fibra e fibra-receptor) 1 dB
- Atenuação em cada junção 0.2 dB

#### Fibra óptica

- Monomodal
- Atenuação de 0.2 dB/Km
- Parâmetro de dispersão cromática 5 ps/(nm.Km)
- Índice de refração do núcleo 1.3 (em degrau), e da bainha 1.275
- Tamanho máximo de cada fibra 10 Km

#### Recepção óptica

- Fotodiodo PIN, com uma eficiência quântica igual a 0.8
- Capacidade equivalente do fotodiodo 20pF
- Pré-amplificador de alta-impedância (resistência de polarização 5k $\Omega$ )
- Capacidade equivalente do circuito pré-amplificador 25 pF.
- Resistência equivalente do circuito pré-amplificador 1M $\Omega$
- Valor do integral de Personick  $I_2 = 1,2$

#### Margem

- Margem de potência 1,5dB.

- a) Determine a largura espectral de meia potência (*FWMH*) do LASER.
- b) Calcule, justificadamente, a largura de banda óptica de toda a ligação em fibra óptica (não entre em linha de conta com a emissão e recepção óptica).
- c) Calcule o valor da corrente fótonica produzida pelo fotodiodo no caso do bit 0 e do bit 1.
- d) Verifique se os requisitos para esta ligação óptica digital são cumpridos (considere que se utiliza a seguinte relação heurística entre o ritmo binário e o tempo de subida total  $r_b < 1/4T_{total}$ ).
- e) Em que consiste o processo de avalanche dos fotodiodos APD (*Avalanche PhotoDiode*)?

**FIM**