

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 (1.5+1+1+1,5 = 5 valores)

A banda de frequências atribuída pelo ITU-T ao sinal de voz vai dos 300 Hz aos 3.4 KHz. Admite-se que este sinal é digitalizado usando o PCM linear com 256 níveis de quantificação.

- Considerando que se utiliza para código de linha com pulsos de Nyquist com um factor de excesso de banda de 25%, calcule a largura de banda mínima necessária para transmitir este sinal em banda base.
- Determine o valor máximo da relação sinal-ruído de quantificação em dB (considere que o sinal de entrada é uma sinusóide).
Determine o valor médio da relação sinal-ruído de quantificação em dB, se o factor de carga do quantificador for igual a 5.
- Em que consiste o ruído de sobrecarga num codificador PCM, nomeadamente as diferenças entre este tipo de ruído e o ruído de quantificação. Indique exemplos de sinais para os quais o ruído de sobrecarga é particularmente grave.
- Explique sucintamente a ideia base do PCM diferencial, as suas vantagens em relação ao PCM não diferencial, e dê justificadamente um exemplo de serviço para o qual esta técnica seja adequada;

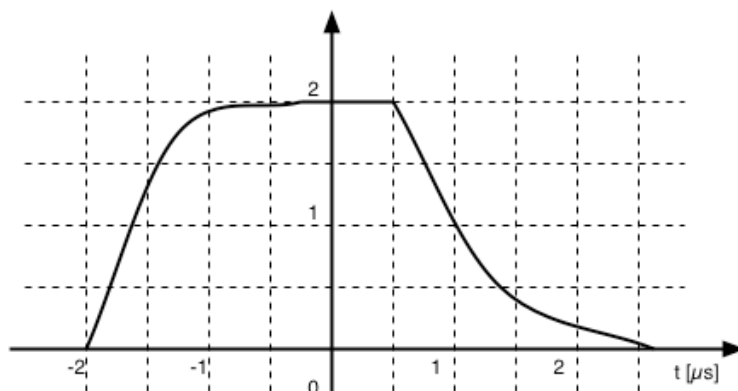
Grupo II (2+3+1+1,5 = 7,5 valores)

Considere um sistema de transmissão digital a 1 Mbps por um par simétrico para cobrir uma distância de 100 Km utilizando 20 repetidores idênticos compensando totalmente as perdas do meio de transmissão e com um factor de ruído 3dB. Os parâmetros primários do par simétrico são (medidos à frequência de operação)

$$L = 65 \text{ mH/Km}, C = 75 \text{ nF/Km}, R = 55 \text{ } \square \text{/Km} \text{ e } G = 10 \text{ nS/Km}$$

Considere que o sistema está à temperatura de 290°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 NRZ unipolar ($a_k=0$ ou A). Nestas condições determine a potência a injectar na entrada do sistema para garantir na recepção uma taxa de erros binários de 10^{-7} considerando que o filtro receptor é de Butterworth de 2ª ordem.
- Resolva a alínea anterior admitindo que o código de linha é o NRZ polar ($\pm A/2$). Retire as respectivas conclusões.
- Considere que o pulso recebido tem a forma apresentada na figura seguinte. Determine, justificadamente, a matriz de onde é possível calcular os coeficientes para o igualador *zero forcing* de 3ª ordem que reduz a interferência intersimbólica.



Grupo III (1+1+1+1,5+2+1 = 7,5 valores)

Considere-se uma ligação óptica com 60 Km de comprimento operando a 455 Mbps e para a qual se pretende uma taxa de erro máxima de 10^{-12} .

Características do sistema constituído pelos seguintes componentes:

Fonte óptica LASER:

- Comprimento de onda de 1550 nm, Largura espectral (FWHM) é 1 nm
- Potência acoplada pelo laser à fibra é de -30 dB (valor de pico).
- Modulação: sinal NRZ com pulsos rectangulares com razão de extinção nula ($r=0$).
- Tempo de subida do LASER e circuito de modulação 10 ps.

Conectores

- Atenuação em cada conector (fonte-fibra e fibra-receptor) 0,5 dB

Fibra óptica

- Atenuação de 0.3 dB/Km
- Parâmetro de dispersão cromática 4 ps/(nm.Km).
- Índice de refração do núcleo 1.3 e da bainha 1.298
- Raio do núcleo 25 μ m

Recepção óptica

- Fotodiodo PIN, responsividade 0.95
- Capacidade equivalente do fotodiodo 5pF.
- Pré-amplificador de baixa-impedância (resistência de polarização 50 Ω),
- Resistência equivalente do circuito pré-amplificador 500 k Ω .
- Capacidade equivalente do circuito pré-amplificador 10 pF.
- Valor do integral de Personick $I_2 = 1.11$

Margem

- Margem de potência 2dB.

- a) Determine se para esta frequência de operação a fibra é mono ou multimodal.
- b) Determine a potência óptica que é entregue pela fibra ao receptor.
- c) Calcule o valor do desvio padrão (dispersão) do atraso.
- d) Determine a potência (da corrente) de ruído de circuito e quântica à saída do filtro no caso de ser emitido o pulso correspondente ao bit "0" e no caso correspondente ao bit "1".
- e) Verifique se os requisitos para esta ligação óptica digital são cumpridos o orçamento de potência e o orçamento de tempo de subida.
(Considere que se utiliza a seguinte relação heurística entre o ritmo binário e o tempo de subida total $r_b < 1/(4T_{total})$).
- f) Explique em que consistem os processos de emissão fotónica espontânea e estimulada.

FIM