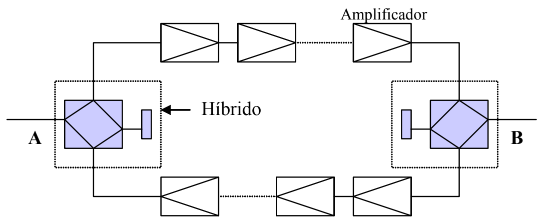
ISCTE – Licenciatura em Engenharia de Telecomunicações e Informática
Sistemas de Telecomunicações Guiados
Exame de 1ª época, Ano lectivo 04/05, 18/01/2005

Duração: 3h. ***Justifique as suas respostas.***

Grupo I (5 valores)

Uma determinada rede analógica usa (em toda a rede) meios de transmissão metálico cuja velocidade de propagação é 0,7c (sendo $c \approx 3\times10^8$m/s) e com atenuação 2 dB/km. Considere uma ligação de voz entre um assinante A e um assinante B ligados a centrais locais distintas distanciadas de 150 km, sendo que as ligações entre as centrais são feitas por cadeias com 15 secções terminadas com amplificadores ideais de ganho 19 dB. Tem-se ainda:



- Comprimento das linhas dos assinantes: 1 km para o A e 2 km para o B;
- Atenuação em cada conversão 2-4 fios: 3 dB
- Atenuação em cada conversão 4-2 fios: 3 dB
- Impedâncias de equilíbrio dos híbridos: 600 Ω
- Impedâncias das linhas de assinante: 400 Ω para o A e 500 Ω para o B.

1- (1,5 valores) Especifique todas as funções necessárias nas interfaces de linha de assinante (ILA).

2- (1,5 valores) Qual a origem dos ecos nesta rede? Descreva com auxílio de diagramas os dois tipos de ecos (do falante e do ouvinte) que ocorrem neste sistema e descreva as técnicas que existem para os suprimir. Quais os valores da atenuação e dos atrasos dos eco do falante A e do eco do falante falante B?

3- (1 valor) Os ecos dos ouvintes (ouvir o emissor mais que uma vez) têm a mesma importância em termos de amplitude e atraso? Discuta quantitativamente estas diferenças.

4- (0,5 valores) Se em vez de uma rede analógica a rede fosse uma rede digital integrada (RDI) ideal, em quanto se alteraria o valor do equivalente de referência numa ligação entre A e B?

5- (0,5 valores) Se nessa RDI o código de linha entre centrais fosse o Manchester, o sincronismo dos sinais digitais poderia ser feito em malha aberta?

Grupo II (5 valores)

Um sinal de voz analógico da largura de banda 10 kHz e potência média normalizada p=0,5 V^2 é amostrado, quantificado e codificado usando PCM uniforme com 8 bits/amostra. Considere que os limites do quantificador são ±1 V.

1- (1 valor) Qual a largura de banda mínima para transmitir este sinal em 4-PAM?

2- (1 valor) Qual a relação sinal-ruído de quantificação, s/n_q, em dB?

3- (1 valor) Demonstre que se em vez de PCM uniforme fosse utilizada a modulação delta a potência do ruído de quantificação granular seria dada por $n_q = \Delta^2/3$. Este seria o único tipo de ruído existente?

4- (1 valor) Sabendo que a relação sinal-ruído de saturação é 50 dB, qual a relação $s/(n_q+n_s)$ em dB? [se não fez 2 considere S/N_q=50dB]

5- (1 valor) Se o sinal PCM for transmitido com o código de linha HDB3, represente a forma de onda do sinal par quando o sinal analógico normalizado que se está a transmitir é o sinal constante $x(t)$= 0V. Inicialmente considere que o número de impulsos bipolares desde a última substituição é par e que a última polaridade foi "+".

ISCTE – Licenciatura em Engenharia de Telecomunicações e Informática
Sistemas de Telecomunicações Guiados
Exame de 1ª época (2º teste), Ano lectivo 04/05, 18/01/2005

Duração: 3h (1,5h para o teste 2). As cotações no 2º teste são o dobro das indicadas.
Justifique as suas respostas.

Grupo III (3 valores)

Uma linha bifilar a 5 kHz é caracterizada pelos seguintes parâmetros primários: R=172 Ω/km, L=0,613 mH/km, G=0,290 μS/km e C=0,052 μF/km

1- (1 valor) Mostre que a constante de propagação, $\gamma(\omega)$, pode ser aproximada tomando para o coeficiente de amplitude e para o coeficiente de fase: $\alpha(\omega)=\beta(\omega)\cong\sqrt{\frac{\omega RC}{2}}$.

2- (1 valor) Obtenha o valor da velocidade de fase e da velocidade de grupo (usando a aproximação anterior) nesta linha.

3- (0,5 valores) Na banda de frequências em que a aproximação é válida, quais as implicações das expressão de $\alpha(\omega)$ e $\beta(\omega)$ na distorção dos sinais nela propagados?

4- (0,5 valores) É possível mostrar que para as altas frequências se tem $\gamma(\omega)\cong\frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}+\frac{G}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}+j\omega\sqrt{LC}$. Que distorções podem ocorrer na linha nestas alta frequências? Descreva a técnica de pupinização das linhas no contexto desta análise da distorção.

Grupo IV (7 valores)

Considere uma ligação ponto a ponto com BER=10^{-10} suportada em 22 fibras ópticas acopladas, tendo-se:

- Fibras ópticas caracterizadas pelos seguintes parâmetros: índice de refracção do núcleo n_1=1,480 e índice de refracção da bainha n_2=1,477; núcleo de raio a= 6 μm com perfil em degrau; janela espectral em [1540 1610] [nm]; parâmetro de dispersão intramodal D_λ=12ps/(km·nm) e atenuação α=0,2 dB/km.
- Um díodo laser radiando o modo central em λ_0=1570 nm com ganho g(λ_0)=250 cm^{-1} e ganho de limiar da zona transparente g_{th}=50 cm^{-1} e com desvio padrão do espectro σ_λ=5 nm; cavidade com região activa de comprimento L=260μm e com índice de refracção n=3,5. A sua potência de emissão é P_E=0 dBm e o tempo de crescimento é 6 ns.
- Conectores no laser-fibra e fibra-detector com atenuação 3 dB
- 21 juntas com atenuação 0,2 dB.
- Um PIN com respostividade R_λ= 0,7 A/W seguido de um amplificador eléctrico ideal. O tempo de crescimento é desprezável no sistema. O integral de Personick é I_2=1,12.

1- (1,5 valores) Calcule para estas fibras a diferença de índices normalizada, Δ, a sua abertura numérica, AN, determine se as fibras estão a operar em regime monomodal ou não e converta o valor da largura de banda da janela para o domínio da frequência.

2- (2 valores) Quantos modos são radiados por este díodo laser?

3- (2 valores) Qual o ritmo binário máximo que se pode alcançar numa ligação de 330 km? Considere que o tempo de crescimento tem de ser inferior a 70% do tempo de bit (transmissão NRZ) e que a margem do sistema deve ser M=3 dB.

4- (1,5 valor) O sinal à saída do díodo laser modulado directamente é, na notação usual, da forma

$$\begin{cases} \text{bit "0":} \quad \left[\sqrt{2P_{\text{ópt}}(0)}+n_a(t)\right]\cos\left(2\pi\upsilon_0 t+2\pi\frac{f_d}{2}t+\phi_0+\phi_n(t)\right) \quad 0\le t\le T_b \\ \text{bit "1":} \quad \left[\sqrt{2P_{\text{ópt}}(1)}+n_a(t)\right]\cos\left(2\pi\upsilon_0 t-2\pi\frac{f_d}{2}t+\phi_0+\phi_n(t)\right) \quad 0\le t\le T_b \end{cases}$$

Nomeie e descreva o significado de cada um dos símbolos da expressão do sinal, explicando a sua origem e quais as suas implicações no sistema de transmissão. O que se teria de alterar no sistema para se eliminar o *chirp* ? Esboce graficamente o espectro deste sinal quando f_d>>R_b.

Formulário para a 1ª época de 2004/2005

1ª parte

Atenuação devido de equilíbrio num híbrido: $B_s = 20\log_{10}\left(\left|\frac{Z+Z_e}{Z-Z_e}\right|\right)$

(Num filtro ideal equilibrado a atenuação trans-híbrido é pois ∞)

A potência do ruído de quantificação num PCM uniforme obtém-se de

$$n_q = \int_{-q/2}^{q/2} \varepsilon^2 p(\varepsilon)d\varepsilon = \frac{q^2}{12},$$

considerando que o erro ε tem uma distribuição uniforme $P(\varepsilon)=\frac{1}{q}$ no intervalo [-q/2 +q/2].

Codificação de linha HDB3:

Nº de impulsos desde a última substituição	
Ímpar	Par
000V	C00V

V - violação da regra das polaridades; C - codificação mantendo a regra das polaridades.

2ª parte (teste 2)

Constante de propagação: $\gamma(\omega) = \alpha(\omega) + j\beta(\omega) = \sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}$

$$\cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = \mathrm{sen}\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Velocidade de grupo: $\left(\frac{d\beta(\omega)}{d\omega}\right)^{-1}$ $\qquad$ $\left(\sqrt{u}\right)' = \frac{u'}{2\sqrt{u}}$

Diferença de índices normalizada $\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$

Abertura numérica: $\mathrm{AN} = n\sin\theta_{0,\max} = n_1 \sin\theta_c = \left(n_1^2 - n_2^2\right)^{1/2} = n_1\sqrt{2\Delta}$

Frequência normalizada $V = \frac{2\pi}{\lambda} a\, n_1 \sqrt{2\Delta}$ $\qquad$ O 2º modo de propagação surge em $V \geq 2.405$

$$\left(\frac{1}{u}\right)' = -\frac{u'}{u^2}$$

$$g(\lambda) = g(\lambda_0)\exp\left(-\frac{(\lambda-\lambda_0)^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$2kL = 2\pi m \quad \text{sendo } k = nk_0 \text{ e } k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} \quad , m \in N_0$$

Razão de extinção: $r = P_{\text{ópt}}(\text{“0”})/P_{\text{ópt}}(\text{“1”})$

Expressão geral para a sensibilidade de um fotodetector com razão de extinção r=0:

$$p_{\acute{o}pt}^{(m\acute{\imath}n)} = \frac{Q}{R_\lambda}\left[\frac{\sqrt{<i_c^2>}}{M} + qQF(M)I_2R_b\right] \qquad q=1{,}602\times10^{-19}\mathrm{C}$$

A função Q(x) passa pelo ponto definido por $Q(6{,}4)=10^{-10}$

$$D_{\text{inter}} = \frac{\sigma_{\text{inter}}}{L} = \frac{1}{2\sqrt{3}}\frac{n_1\Delta}{c} \quad \text{(para imp. rect. e perfil em degrau)} \qquad \sigma_{\text{intra}} = |D_\lambda| L\sigma_\lambda$$

$$P_E = P_r + \alpha L + nA_j + 2A_c + M \qquad T_r^2 = T_{\text{tr}}^2 + T_{\text{fibra}}^2 + T_{\text{rec}}^2$$