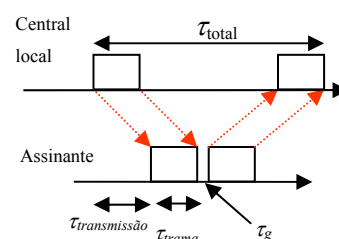


Duração: 1h30; **Justifique as suas respostas.**

Grupo I

Considere um sinal aleatório em banda de base com uma distribuição uniforme entre $-0,8$ V e $+0,8$ V e com uma largura de banda de 15 kHz. Este sinal é digitalizado em PCM limitado a ± 1 V e com $N_b=8$ bits/amostra.

- 1- (2 valores) Qual a largura de banda mínima para ser possível a transmissão binária deste sinal?
- 2- (2 valores) Se for usado um codificador uniforme, qual será a relação sinal-ruído de quantificação?
- 3- (3 valores) E se fosse usado um codificador não uniforme implementando a Lei A pura (isto é, não segmentada) com $A=87,6$, qual seria essa relação sinal-ruído? O ganho foi elevado? Comente este caso.
- 4- (3 valores) Se, para assegurar a bidireccionalidade, se usar na ligação a técnica TCM (*Time Compressed Multiplexing* ou pingue-pong), qual seria o comprimento máximo possível para uma linha de ligação de 500 kbit/s e tramas com 1000 bits? Considere: velocidade de propagação do sinal de 200×10^6 m/s e tempo de guarda antes da comutação de sentidos $\tau_g = 10 \mu s$.



Grupo II

Pretende-se efectuar uma transmissão digital com um ritmo binário $R_b= 200$ kbit/s e com um código de linha NRZ binário ($\pm A/2$). Considere que à temperatura $T=293$ K meio de transmissão é definido por

$$H_c(f) = (F + f)^2 \cdot \exp \left[j \left(-2\pi f \tau_1 - \text{sen} \left(\frac{2\pi}{F} f \right) \right) \right], \quad f > 0$$

- 1- (3 valores) Pretende-se obter no receptor o mesmo sinal emitido mas sem distorção e com um atraso τ_2 . Exprima analiticamente e represente graficamente (em função de F e de $\tau_2 - \tau_1$) o igualador pretendido no domínio da frequência.
- 2- (2 valores) O impulso suporte emitido, $p(t)$, é tal que, após $H_c(f)$, se tem um impulso distorcido $\tilde{p}(t)$ com $\tilde{p}(-3T_s) = 0,1$; $\tilde{p}(-2T_s) = 0,1$; $\tilde{p}(-T_s) = 0,2$; $\tilde{p}(0) = 0,8$; $\tilde{p}(T_s) = -0,3$; $\tilde{p}(2T_s) = 0,2$; $\tilde{p}(3T_s) = 0,1$ e com $\tilde{p}(kT_s) = 0$ para os restantes valores de k . Defina e represente o igualador *zero-forcing* de 3 baixadas.
- 3- (3 valores) Considere que a comunicação é suportada numa cadeia com 5 repetidores com igualadores perfeitos e com factores de ruído $f_r= 20$. O ganho de cada secção (cabo+repetidor) é unitário, sendo que as perdas em cada cabo são de 40 dB. Sendo $A=150 \mu V$, qual é a probabilidade de erro de bit no fim da cadeia?
- 4- (2 valores) O que esperaria do desempenho do sistema (BER) se os repetidores fossem substituídos por regeneradores? Descreva o esquema de blocos de um regenerador e indique se em cada um deles usaria im circuito em malha aberta ou em malha fechada para a recuperação do sincronismo com este código de linha.

Sinais estocásticos:

$$s = \int_{-1}^1 x^2 p(x) dx$$

PCM uniforme:

$$n_q = \frac{q^2}{12}$$

PCM não uniforme:

$$\frac{s}{n_q} = 3L^2 \frac{s}{\int_{-1}^1 \left(\frac{dx}{dy}\right)^2 p(x) dx} \quad \text{Lei A: } y = \begin{cases} \operatorname{sgn}(x) \left[\frac{A|x|}{1 + \ln(A)} \right] & 0 \leq |x| \leq \frac{1}{A} \\ \operatorname{sgn}(x) \left[\frac{1 + \ln(A|x|)}{1 + \ln(A)} \right] & \frac{1}{A} \leq |x| \leq 1 \end{cases}$$

Cadeias de transmissão:

Ruído térmico: $n_i = kTB$

Constante de Boltzmann: $k = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

$10 \log(293K \times k) = -204 \text{ dB}_j$

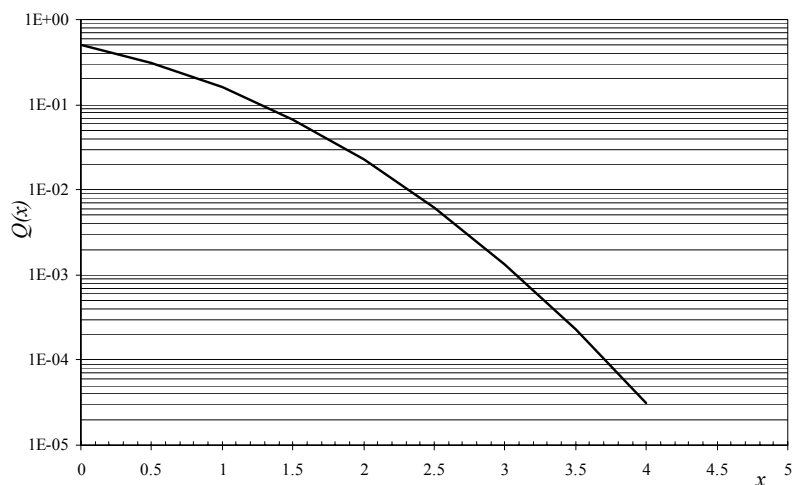
$$f = f_1 + \frac{f_2 - 1}{g_1} + \frac{f_3 - 1}{g_1 g_2} + \dots + \frac{f_m - 1}{g_1 g_2 \dots g_{m-1}}$$

$f_{sis} \approx m f_{cr}$ (quando $g_{cr} = 1$ e $m \gg 1$).

Probabilidade de erro para uma cadeia com regeneradores: $P_e \approx m \cdot \alpha$ (quando $m \gg 1$)

Transmissão digital em banda de base

BER para 2-PAM com impulsos NRZ e $a_k = \pm \frac{A}{2}$: $P_b = Q\left(\frac{A}{2\sigma}\right)$



Geral

$$\frac{d}{dx} \ln(Ax) = \frac{A}{x}$$