



Exercícios sobre Transmissão Digital – 9ª ficha de exercícios

Sumário:

- Transmissão em Banda Base.
 - Resolução de exercícios sobre probabilidade de erros.
-

1. Determine o valor da *Bit Error Rate* (BER), sabendo que se dispõe de uma fonte de informação binária, que gera símbolos equiprováveis e os transmite a uma taxa de 100 kbaud. Na transmissão do canal é utilizado um código de linha do tipo bipolar NRZ.
Assuma que o nível de decisão óptimo se encontra a meio dos níveis de tensão a que corresponde cada símbolo transmitido no canal e que o valor da relação sinal ruído, medida à entrada do circuito detector, vale 12 dB.

2. Considere um sistema de transmissão quaternário, com símbolos equiprováveis e transmitidos num canal, em banda base, utilizando impulsos rectangulares NRZ. A atenuação do canal vale 15 dB e o valor da potência de ruído à entrada de um detector, com impedância de entrada de 50Ω , vale $10\ \mu\text{W}$.
Determine a potência média de sinal a transmitir, para que se mantenha como objectivo de qualidade da transmissão um *Symbol Error Rate* (SER) de 10^{-4} .

3. Considere uma fonte de informação que gera símbolos binários com iguais probabilidades de ocorrência e que os transmite a uma taxa de 4 Mbps, num canal com ruído do tipo gaussiano com uma potência de 10 mW. Para tal, os dígitos binários são codificados com valores de tensão de -0.4V e $+0.4\text{V}$, respectivamente para o '0' e para o '1'. Considere $r = 1\Omega$.
 - a. Determinar o valor da probabilidade de bit errado.
 - b. Determinar o valor da BER.
 - c. Pelo agrupamento de dois dígitos binários, dois a dois, se pode obter um conjunto de quatro símbolos quaternários, reduzindo, assim, a taxa de transmissão de símbolos para metade (2 Mbaud); além disso, considera-se que os símbolos ocorrem com igual probabilidade. Considerando que os dígitos quaternários são codificados com os valores de tensão, $V_0=+0.6\text{V}$, $V_1=+0.2\text{V}$, $V_2=-0.2\text{V}$ e $V_3=-0.6\text{V}$, correspondendo aos agrupamentos binários '00', '01', '10' e '11', respectivamente. Nestas condições, determine:
 - i. A probabilidade de símbolo quaternário errado.
 - ii. Considerando os símbolos quaternários, calcule a SER.
 - iii. A probabilidade de bit errado.
 - iv. Considerando os símbolos binários, calcule a BER.



4. Considere uma ligação ponto a ponto, constituída por 15 secções idênticas em termos de ruído e comprimento, e ligadas em cascata. Determine o valor da BER, sabendo que se transmitem dígitos binários a uma cadência de 10 Mbps e que se intercalam, entre cada duas secções, os seguintes dispositivos:
- Um amplificador linear, que garante uma relação sinal ruído (SNR) de 12 dB
 - Um repetidor regenerativo, que garante uma probabilidade de bit errado inferior a 3.45×10^{-5}
 - Comparar os resultados obtidos nas alíneas anteriores.
5. Considere-se um canal de transmissão corrompido de ruído do tipo Rayleigh, em que a sua função densidade de probabilidade é caracterizada por um valor de variância $\sigma = 2\text{mV}$. Dispõe-se de uma fonte de informação binária, que gera dígitos '0' e '1' equiprováveis e codificados por impulsos unipolares NRZ com amplitudes de 0V e 5mV, respectivamente.
- Se o nível de decisão, no sentido de se discriminar entre os dígitos '0' e '1' na descodificação, se situar em $\gamma = 5.1 \text{ mV}$, determine a probabilidade de se cometer um erro na interpretação em relação ao dígito '0'.
 - Para dígitos equiprováveis, demonstre que para a probabilidade de erro global (P_e) ser mínima, o nível de decisão óptimo, $\gamma_{\text{óptimo}}$, deve situar-se na intersecção das duas funções densidade de probabilidade, qualquer que ela seja.

$$\text{Nota: } f_R(n) = \frac{n}{\sigma^2} \cdot \ell^{-\frac{n^2}{2\sigma^2}}, \quad n > 0$$

6. Por vezes, os sistemas de transmissão digital, são corrompidos por ruído impulsional, devido a causas internas e externas ao sistema, e cuja função densidade de probabilidade pode ser aproximada da seguinte forma:

$$f_N(n) = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \sigma} \cdot \ell^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma}|n|}$$

Determine a probabilidade de erro mínima, admitindo que este ruído tem um valor eficaz de 50 mV e que os símbolos binários são equiprováveis, gerados pela fonte de informação, são codificados utilizando um código polar NRZ com amplitude $A = \pm 200 \text{ mV}$.



7. Considere a transmissão de impulsos bipolares $\pm A$, acompanhados de ruído $n(t)$, com função densidade de probabilidade:

$$p_N(n) = \begin{cases} k \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{12A} \cdot n\right), & -3A \leq n \leq +3A \\ 0, & \text{outros valores de } n \end{cases}$$

As probabilidades de erro dos bits '0' e '1' são, respectivamente, $P_0=0.4$ e $P_1=0.6$; os bits são codificados utilizando os valores de tensão $+A$ e $-A$, respectivamente.

- Se o nível de decisão for tomado nos 0 V, qual será o valor da probabilidade de erro do sistema?
- Será o nível de decisão da alínea anterior, o mais indicado para a recepção e identificação dos impulsos? Justificar a resposta.