

Sistemas de Comunicação I

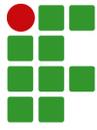
Engenharia de Telecomunicações

Professor: Roberto Wanderley da Nóbrega

Semestre: 2025.1

Lista de Exercícios 2

- Esboce a forma de onda relativa à sequência binária **01001110** para cada código de linha indicado abaixo. Em seguida, assumindo 0s e 1s independentes e equiprováveis, estime a largura de banda necessária para enviar cada sinal, supondo uma taxa de bits de 100 kb/s. *Sugestão:* pesquise a densidade espectral de potência de cada sinal e considere a largura de banda de primeiro lóbulo.
 - Polar NRZ.
 - Polar RZ.
 - On-off NRZ.
 - On-off RZ.
 - AMI NRZ.
 - Manchester.
- Uma sequência de bits independentes e equiprováveis é transmitida por um canal em banda base utilizando o código de linha AMI (alternate mark inversion) com pulso RZ (retorna a zero). A taxa de transmissão é de 40 kb/s a energia média de bit utilizada na transmissão é de $10^{-4} \text{ V}^2/\text{s}$. Esboce o sinal transmitido relativo aos bits **0111001001** indicando cuidadosamente as amplitudes de tensão no eixo vertical e os instantes de tempo no eixo horizontal.
- Para cada caso abaixo, esboce a saída do filtro casado, supondo a sequência de bits **01101**. Desconsidere o ruído.
 - Polar NRZ.
 - Polar RZ.
 - Manchester.
- Considere um sistema de comunicação em banda base que transmite bits a uma taxa de 10 kb/s utilizando código de linha polar NRZ cuja amplitude do pulso é de 2 V. Assuma canal AWGN com densidade espectral de potência do ruído de $N_0 = 32 \cdot 10^{-6} \text{ V}^2/\text{Hz}$ e recepção com filtro casado.
 - Determine a probabilidade de erro de bit do sistema.
 - Suponha agora que a probabilidade de erro de bit deva de ser no máximo 10^{-8} . Mantendo a mesma amplitude do pulso, determine a máxima taxa de bits possível para o sistema.



5. [1, 3.14] Um sistema de comunicação em banda base possui as seguintes características:

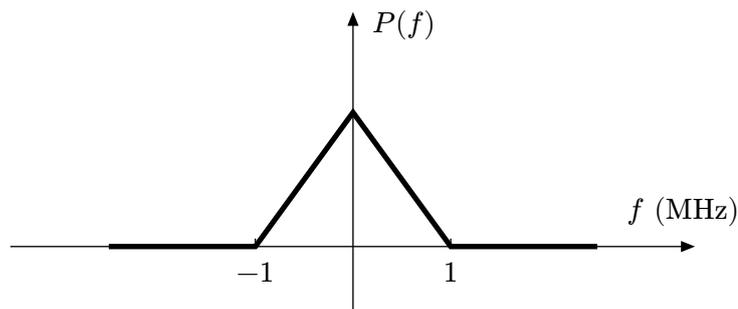
- Taxa de dados de 56 kb/s.
- Transmissão binária com pulso polar NRZ.
- Atenuação da potência do sinal de 3 dB (do transmissor ao receptor).
- Ruído gaussiano branco aditivo com $N_0 = 10^{-6}$ W/Hz no receptor.
- Detecção com filtro casado.
- Probabilidade de erro de bit de no máximo 10^{-3} .

Determine a mínima potência de transmissão que atende os requisitos do sistema.

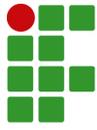
6. Determine a probabilidade de erro de símbolo e a probabilidade de erro de bit de um sistema de comunicação em banda base que utiliza modulação 4-PAM com pulso retangular RZ de amplitudes ± 1 V e ± 3 V e mapeamento Gray. A taxa de bits é de 200 kb/s. Assuma canal AWGN com densidade espectral de potência do ruído de $N_0 = 10^{-5}$ V²/Hz e recepção com filtro casado.

7. [2, 6.10] Um sinal polar quaternário é transmitido em um canal passa-baixa cuja largura de banda é de 75 kHz. A duração do bit é de 5 μ s. Determine o fator de roll-off e o excesso de banda de um pulso cosseno levantado que satisfaz tais requisitos.

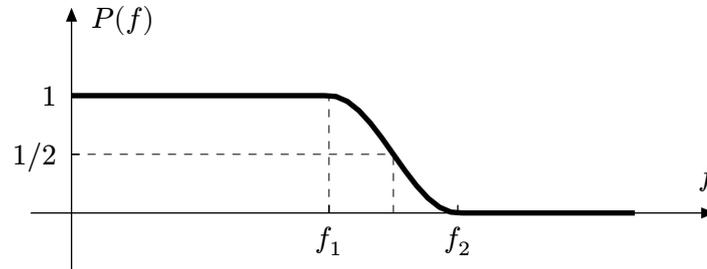
8. [3, 7.3-4] O espectro $P(f)$ de um pulso utilizado em um sistema de comunicação é mostrado abaixo.



- (a) Para qual taxa de símbolos o pulso satisfaz o critério de Nyquist para ISI nula? Nesse caso, qual é o fator de roll-off?
- (b) Determine a forma de onda $p(t)$ do pulso e, considerando a resposta da letra (a), calcule os valores de $p(nT_s)$ para n inteiro.



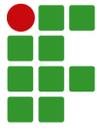
9. [3, 7.3-5 e 7.3-6] O espectro $P(f)$ de um pulso utilizado em um sistema de comunicação é mostrado abaixo.



- (a) Deseja-se transmitir dados a uma taxa de 1 Mbaud sem interferência intersimbólica utilizando este pulso. Determine as frequências f_1 e f_2 , sabendo que o canal disponível para transmissão tem largura de banda de 700 kHz. Qual é o fator de roll-off?
- (b) Supondo agora que $f_1 = 0,8$ MHz e $f_2 = 1,2$ MHz, determine a máxima taxa na qual símbolos podem ser transmitidos sem interferência intersimbólica. Qual é o fator de roll-off?
10. [4, 4.16 e 4.17] Uma fonte emite bits a uma taxa de 56 kb/s. Deseja-se transmitir tais dados utilizando um sistema PAM digital com o pulso cosseno levantado. Determine a largura de banda necessária para a transmissão considerando os fatores de roll-off 0, 1/4, 1/2, 3/4 e 1 e assumindo (a) PAM binário e (b) PAM octário (oito níveis).

Bibliografia

- [1] Bernard Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd ed. Prentice Hall PTR, 2001.
- [2] S. Haykin and M. Moher, *Introduction to Analog and Digital Communications*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2007.
- [3] B. P. Lathi and Z. Ding, *Modern Digital and Analog Communication Systems*, 4th ed. Oxford University Press, 2009.
- [4] S. Haykin, *Communication Systems*, 4th ed. John Wiley & Sons, 2001.



Respostas

1. (a) 100 kHz. (b) 200 kHz. (c) 100 kHz. (d) 200 kHz. (e) 100 kHz. (f) 200 kHz.
2. A forma de onda tem $A = 4 \text{ V}$ e $T_b = 25 \mu\text{s}$.
3. —.
4. (a) $2,867 \cdot 10^{-7}$. (b) 7,938 kb/s.
5. 535 mW.
6. 0,238 e 0,119.
7. 0,5 e 25 kHz.
8. (a) $R_s = 1 \text{ Mbaud}$ e $\alpha = 1$.
(b) $p(t) = \text{sinc}^2(t/T_s)$, com $p(nT_s) = \delta[n]$.
9. (a) $f_1 = 300 \text{ kHz}$ e $f_2 = 700 \text{ kHz}$. Fator de roll-off: 0,4.
(b) $R_s = 2 \text{ Mbaud}$. Fator de roll-off: 0,2.
10. (a) 28 kHz, 35 kHz, 42 kHz, 49 kHz e 56 kHz.
(b) 9,33 kHz, 11,67 kHz, 14 kHz, 16,33 kHz e 18,67 kHz.