

Comunicações Digitais - Lista de Exercícios 01

Prof. Bruno Sens Chang

1. (Sklar 2.14) A informação em um onda analógica, cuja máxima frequência é $f_m = 4000$ Hz, será transmitida usando modulação 16-PAM. A distorção devido à quantização não deverá ser maior do que 1% do valor de pico-a-pico do sinal analógico.
 - (a) Qual é o mínimo número de bits por amostra que devem ser usados neste esquema?
 - (b) Qual é a mínima taxa de amostragem e a mínima taxa de bits a ser transmitida?
 - (c) Qual é a mínima taxa de símbolos do sistema 16-PAM neste caso?
2. (Sklar 2.16) Um sinal de áudio é digitalizado de modo que a razão entre o valor pico-a-pico do sinal e a distorção máxima seja de 96dB. A taxa de amostragem é de 44100 amostras/s.
 - (a) Quantos níveis de quantização são necessários?
 - (b) Quantos bits por amostra são gerados no mínimo?
 - (c) Qual é a taxa de dados mínima gerada pela fonte em bits/s?
3. Qual é a potência de ruído N vista em uma banda de $B = 10$ MHz, considerando-se a temperatura de ruído padrão $T_0 = 290$ K?
4. O receptor ótimo para o canal AWGN contém o chamado filtro casado. Por que? Qual é a resposta ao impulso de um filtro casado? Prove.
5. O que é relação sinal ruído? Qual é a relação sinal ruído na saída do filtro casado?
6. Outra maneira de implementar o receptor ótimo é via um banco de correladores. Qual a relação entre o receptor por correlação e o filtro casado?
7. O que aconteceria se no receptor fosse usado um filtro qualquer ao invés de um filtro casado ao pulso que se quer detectar?
8. Como determinar a saída de um sistema linear invariante no tempo quando o sinal na sua entrada é aleatório?
9. Prove que a probabilidade de erro de bit da modulação 2-PAM é $P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$.
10. Prove que a probabilidade de erro de bit da modulação binária ortogonal é $P_b = Q\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$.
11. No 2-PAM as amplitudes dos pulsos são A e $-A$. Usando a mesma E_b que no caso 2-PAM é possível considerar outras amplitudes (assimétricas) e obter $P_b < Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$?
12. Como fica a probabilidade de erro de bit no caso da modulação OOK (on-off keying), em que um pulso de amplitude A é transmitido para o bit 1 e nada é transmitido para o bit 0 (ou vice versa)?

13. Por que a probabilidade de erro de bit da modulação binária 2-PAM é menor do que a da modulação binária ortogonal para a mesma relação sinal ruído?
14. Descreva modelos discretos para o processo de transmissão e detecção de bits para as modulações binária 2-PAM e ortogonal.
15. Qual é a relação entre Energia de Bit e Energia de Símbolo?
16. Prove que a probabilidade de erro de símbolo da modulação 4-PAM é $P_e = \frac{3}{2}Q\left(\sqrt{\frac{4E_b}{5N_0}}\right)$.
17. Prove que a probabilidade de erro de símbolo para o M-PAM pode ser escrita de forma geral como $P_e = \frac{2(M-1)}{M}Q\left(\sqrt{\frac{6(\log_2 M)E_b}{(M^2-1)N_0}}\right)$.
18. O que é mapeamento Gray? Que relação aproximada pode ser feita entre as probabilidades de erro de símbolo e de bit de uma modulação M-ária como o M-PAM se mapeamento Gray for usado? É possível fazer melhor do que com mapeamento Gray?
19. Desenhe as constelações das modulações 2-PAM, 4-PAM, 8-PAM e binária ortogonal, todas com a mesma energia média de bit. O que podemos falar sobre as probabilidades de erro de símbolo entre essas modulações?
20. Qual é a razão sinal ruído E_b/N_0 necessária para se obter probabilidades de erro de bit de 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} para as modulações 2-PAM, 4-PAM, 8-PAM e binária ortogonal? Como se garante um certo valor de E_b/N_0 visto no receptor na prática? Compare as diferentes modulações sobre este ponto de vista.
21. Que tipo de informação podemos obter a partir da análise de um diagrama de constelação?
22. O que é um detector a distância mínima? Ilustre usando uma constelação.
23. Como ficaria a constelação de uma modulação com quatro símbolos ortogonais? A modulação 4-FSK tem esta característica.
24. O que são os sincronismos de frequência/fase, frame e símbolo? Por que cada um deles é necessário?
25. Seja um canal com largura de faixa de $B = 3$ kHz. Qual a máxima taxa de bits que pode ser transmitida por este canal usando 2-PAM? E se for usado 8-PAM?
26. (Sklar 3.8) Qual é a mínima largura de faixa teórica necessária para transmitir a 10Mbps usando 16-PAM? Qual o máximo valor de α possível se pulsos cosseno levantado forem utilizados e se $B = 1,375$ MHz?
27. (Sklar 3.10) Dados são transmitidos a 9600bps usando 8-PAM e pulsos cosseno levantado. O sinal ocupa uma largura de faixa de 2,4 kHz. a) Qual é a baud rate? b) Qual é o fator de excesso de faixa α ?

28. Um sinal analógico é amostrado e quantizado em 16 níveis. O resultado é transmitido usando 2-PAM e cosseno levantado com $\alpha = 0,25$.
- (a) Qual é a máxima taxa de bits sabendo que o canal tem 100kHz?
 - (b) Qual é a máxima largura de faixa do sinal analógico original?
 - (c) E se fosse usado 16-PAM?
29. (Sklar 3.12) Um sinal analógico é amostrado e quantizado para ser transmitido por um canal com $B = 100$ kHz. Assuma que 32 níveis de quantização e modulação binária 2-PAM com pulsos cosseno levantado com $\alpha = 0.6$ são usados.
- (a) Qual é máxima taxa de bits para este sistema.
 - (b) Qual é a máxima largura de faixa do sinal analógico original?
 - (c) E se modulação 8-PAM fosse utilizada?
30. O que é um diagrama de olho? Que tipo de informação pode ser extraída de um diagrama de olho? Desenhe diagramas de olho para modulação 2-PAM e 4-PAM, em cenários com pouco e muito ruído.
31. O que é um canal seletivo em frequência? O que é interferência entre os símbolos (IES)?
32. O que é um equalizador? Qual a diferença entre um equalizador ZF e um MMSE?
33. (Sklar 3.18) A resposta ao impulso de um canal é dada por $[0.1, 0.3, -0.2, 1.0, 0.4, -0.1, 0.1]$, onde as amostras estão separadas por períodos de símbolo e a mais à esquerda é a primeira amostra. A amostra 1.0 corresponde à parte desejada da resposta ao impulso, e as demais correspondem ao efeito da IES (deveriam ser zero). Projete um equalizador com 3 coeficientes que force a IES a ir a zero nas amostras exatamente antes e exatamente depois da amostra 1.0. Calcule a resposta ao impulso final do sistema considerando a ligação em série entre o canal e o equalizador. Qual é o máximo valor de uma amostra contribuindo com IES depois da equalização?