



Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Santa Catarina
Campus São José
Área de Telecomunicações
PRT60806 - Princípios de Telecomunicações

Lista de Exercícios 07 - Modulações Digitais

Prof. Bruno Fontana da Silva

“Modulações digitais permitem representar sinais digitais em diferentes faixas do espectro em frequências, possibilitando assim que a transmissão desses sinais seja realizada através de canais de banda-passante ou ainda possibilitando a multiplexação de sinais em diferentes faixas de frequência”.

(P1) O padrão Bluetooth v2.0 + EDR utiliza uma modulação 8-PSK para atingir sua taxa máxima de transferência de dados, 3 Mbps. Considere essa taxa de transferência de bits, $R_b = 3$ Mbps, e responda:

- Qual parâmetro da portadora é modulado?
- Quantos símbolos possui a constelação 8-PSK?
- Quantos bits são transmitidos em cada símbolo?
- Qual é a taxa de transferência de símbolos?
- Desenhe a constelação da modulação 8-PSK. Considere o raio da constelação unitário.
- No seu desenho do item (e), faça o mapeamento gray das sequências de bit da constelação.
- Usando a sua constelação do item (e), para um sinal recebido $y = 0.8623 - 0.5064i$, qual será o símbolo estimado pelo receptor? Qual a sequência de bits correspondente?
- Considere uma portadora de 2402 MHz. Usando a sua constelação, desenhe a forma de onda do sinal modulado durante a transição entre os símbolos correspondentes às sequências de bit 010 e 110. Desenhe dois ciclos completos de portadora para cada símbolo e marque no gráfico o momento da transição.

(P2) Em sistemas norte-americanos de televisão digital com distribuição via cabo, o uso de modulações digitais QAM (64-QAM ou 256-QAM) é padronizado pelo órgão SCTE, a fim de respeitar os padrões abertos internacionais de radiodifusão de vídeo digital (DVB - *Digital Video Broadcasting*). Da mesma forma, existe o padrão europeu DVB-T, o qual também utiliza modulações QAM. Nas questões a seguir, considere um esquema de modulação digital para DVB-T com taxa de transmissão $R_b = 29,273$ Mbps usando a modulação digital 64-QAM. .

- (a) Qual(is) parâmetro(s) da portadora é(ão) modulado(s)?
- (b) Quantos símbolos possui a constelação 64-QAM?
- (c) Quantos bits são transmitidos em cada símbolo?
- (d) Qual é a taxa de transferência de símbolos?
- (e) Observe o desenho da modulação digital 64-QAM na Figura 1. No primeiro quadrante, marque a amplitudes e ângulo (na forma polar) de cada símbolo complexo.

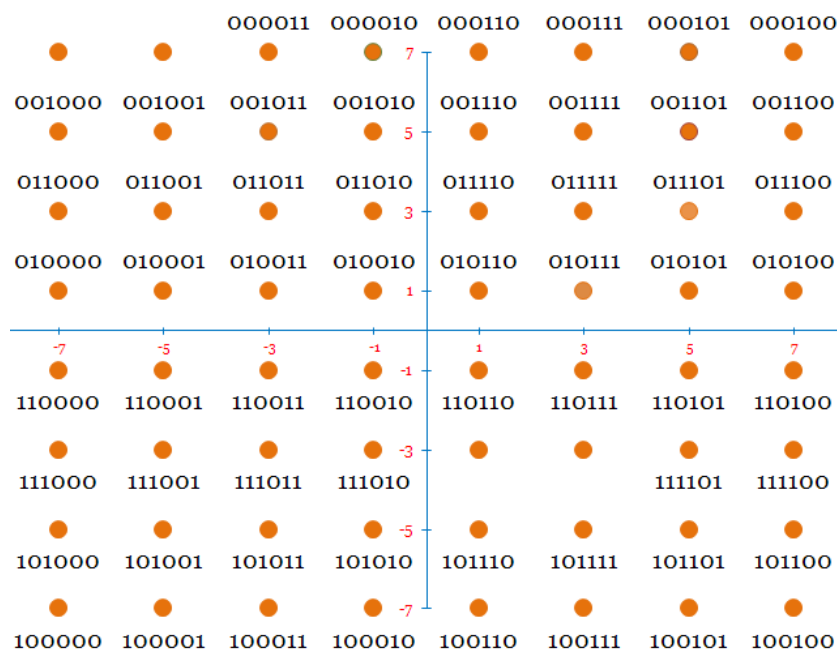


Figura 1: Constelação da modulação digital 64-QAM.

- (f) Na Figura 1, complete as sequências de bit que estão faltando respeitando o mapeamento gray.
- (g) Usando a sua constelação da Figura 1, para um sinal recebido $y = -4.1 + 4.1i$, qual será o símbolo estimado pelo receptor? Qual a sequência de bits correspondente?
- (h) Considere uma portadora de 2402 MHz. Usando a sua constelação, desenhe a forma de onda do sinal modulado durante a transição entre os símbolos correspondentes às sequências de bit 000000 e 111111. Desenhe dois ciclos completos de portadora para cada símbolo e marque no gráfico o momento da transição.

(P3) No padrão de comunicações sem fio IEEE 802.11n (2009), diferentes tipos de modulações digitais (e códigos) são utilizadas para adaptar a taxa de transmissão dependendo da qualidade instantânea do canal de comunicação sem fio. São usadas modulações BPSK, QPSK, 16-QAM e 64-QAM. Com a modulação 64-QAM as taxas de transferência de bits podem alcançar 600 Mbps usando múltiplas antenas (4) e multiplexação na frequência (OFDM com até 108 subportadoras). Nas questões a seguir, considere um esquema de modulação do padrão 802.11n com taxa de transmissão $R_b = 120$ Mbps usando a modulação digital 16-QAM.

- (a) Qual(is) parâmetro(s) da portadora é(ão) modulado(s)?
- (b) Quantos símbolos possui a constelação 16-QAM?
- (c) Quantos bits são transmitidos em cada símbolo?
- (d) Qual é a taxa de transferência de símbolos?
- (e) Desenhe a constelação da modulação 16-QAM (considere espaçamentos de duas unidades entre cada símbolo).
- (f) No seu desenho do item e, faça o mapeamento gray das sequências de bit da constelação.
- (g) Usando a sua constelação do item e, para um sinal recebido $y = -1.5 + 2.1i$, qual será o símbolo estimado pelo receptor? Qual a sequência de bits correspondente?
- (h) Considere uma portadora de 2402 MHz. Usando a sua constelação, desenhe a forma de onda do sinal modulado durante a transição entre os símbolos correspondentes às sequências de bit 0000 e 1111. Desenhe dois ciclos completos de portadora para cada símbolo e marque no gráfico o momento da transição.

(P4) Seja a seguinte sequência de Bits:

00101110010101.

Assuma a taxa de transferência de bits igual a 125 Mbps. Essa sequência deve ser transmitida utilizando modulações digitais com uma portadora de frequência igual a 500 MHz. Desenhe as formas de onda do sinal modulado para as seguintes modulações digitais:

- (a) BPSK
- (b) BFSK
- (c) BASK
- (d) QPSK (ou 4-QAM)
- (e) 16-QAM.

Considere a maior amplitude do sinal modulado igual a 10 Volts.

(P5) Com a taxa de transferência de bits do exercício anterior, calcule a taxa de símbolos para as seguintes modulações:

- (a) 16-QAM
- (b) 64-QAM
- (c) 8-PSK
- (d) 4-ASK.

(P6) Desenhe todas as constelações das modulações dos exercícios anteriores e faça o mapeamento gray das sequências correspondentes a cada símbolo.