

Lembre-se que:

$$\frac{E_s}{N_0} = 10^{\frac{E_b}{N_0}} \text{ [dB]}$$

$$E_s = E_b \log_2(M)$$

$$P_B = Q\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$$

- Banda base:

$$BW = \frac{R_s}{2}(1+r)$$

- Banda passante:

$$BW = R_s(1+r)$$

- Probabilidade de erro de símbolo
 - MDPSK coerente

$$P_E(M) = 2Q\left(\sqrt{\left(\frac{2E_s}{N_0}\right) \text{sen}\left(\frac{\pi}{\sqrt{2}M}\right)}\right)$$

4.14 (1)

$$P_B = 1 \times 10^{-3}$$

$$R_b = 100 \text{ kbps}$$

MPSK coerente

$$BW = 50 \text{ kHz}$$

$$r = 1$$

Usa código gray

Qual é $\frac{E_s}{N_0}$?

Resposta:

Sabendo que:

$$P_E(M) = 2Q\left(\sqrt{\frac{2E_s}{N_0} \text{sen}\left(\frac{\pi}{M}\right)}\right)$$

$$P_B = \frac{P_E}{\log_2(M)}$$

$$\log_2(M) = \frac{R_b}{R_s} = \frac{100k}{25k} = 4$$

$$BW = R_s(1+r)$$

$$R_s = \frac{50k}{2} = 25k \text{ sim/s}$$

4.15 (2) Um sistema MPSK diferencialmente coerente opera sobre um canal AWGN com $\frac{E_b}{N_0} = 10$ dB. Qual a probabilidade de erro de símbolo para $M = 8$.

Resposta:

Fazendo (MDPSK):

$$E_b = 10N_0$$

$$E_s = E_b \log_2(M)$$

$$E_s = 10N_0 \log_2(M) = 10N_0 \log_2(8) = 10N_0 * 3 = 30N_0$$

$$E_s = 30N_0$$

$$P_E(M) = 2Q\left(\sqrt{\left(\frac{2E_s}{N_0}\right)} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{\sqrt{2}M}\right)\right)$$

$$P_E(8) = 2Q\left(\sqrt{\left(\frac{2 * 30N_0}{N_0}\right)} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{\sqrt{2} * 8}\right)\right) = 2Q\left(\sqrt{60} \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{11,314}\right)\right)$$

$$P_E(8) = 2Q(\sqrt{60} \operatorname{sen}(0,2777)) = 2Q(\sqrt{60} * 0,2741) = 2Q(2,1233)$$

$$P_E(8) = 0,033728$$

4.16 (3) Se o critério de principal de desempenho de um sistema é a probabilidade de erro de bit, qual dos dois esquemas de modulação a seguir deve ser selecionada para transmissão sobre um canal AWGN?

- FSK 8-ária ortogonal coerente com $\frac{E_b}{N_0} = 8$ dB

ou

- PSK 8-ária coerente com $\frac{E_b}{N_0} = 13$ dB

(Assuma que um código Gray foi usado na associação MPSK símbolo para bit e mostre os cálculos.)

Resposta:

- Para FSK 8-ária ortogonal coerente com $\frac{E_b}{N_0} = 8$ dB

$$P_E(M) \leq (M - 1)Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right)$$

$$P_E(8) \leq (8 - 1)Q\left(\sqrt{\frac{E_s}{N_0}}\right)$$

$$\frac{E_b}{N_0} = 8 \text{ dB} \rightarrow \frac{E_b}{N_0} = 10^{\frac{8}{10}} = 6,31$$

$$E_s = E_b \log_2(M) \rightarrow E_b = \frac{E_s}{3} \rightarrow E_b = 6,31 * N_0$$

$$\frac{E_s}{3} = 6,31 * N_0 \rightarrow \frac{E_s}{N_0} = 18,93$$

$$P_E(8) \leq 7Q(\sqrt{18,93}) = 7Q(4,35) = 7 * 6,78 \times 10^{-6}$$

$$P_E(8) = 4,74 \times 10^{-5}$$

$$P_B = P_E * \frac{\frac{M}{2}}{M-1} \rightarrow P_B = P_E * \frac{4}{7} = 2,71 \times 10^{-5}$$

- Para PSK 8-ária coerente

$$P_E(M) = 2Q\left(\sqrt{\left(\frac{2E_s}{N_0}\right) \text{sen}\left(\frac{\pi}{M}\right)}\right)$$

$$\frac{E_b}{N_0} = 13 \text{ dB} \rightarrow \frac{E_b}{N_0} = 10^{\frac{13}{10}} = 19,95$$

$$E_b = \frac{E_s}{3} \rightarrow E_b = 19,95 * N_0 \rightarrow \frac{E_s}{3} = 19,95 * N_0 \rightarrow \frac{E_s}{N_0} = 59,85$$

$$P_E(8) = 2Q\left(\sqrt{2 * 59,85} \text{sen}\left(\frac{\pi}{8}\right)\right) = 2Q(\sqrt{119,7} * \text{sen}(0,3927))$$

$$P_E(8) = 2,82 \times 10^{-5}$$

$$P_B = \frac{P_E}{\log_2(M)} \rightarrow P_B = \frac{2,82 \times 10^{-5}}{3} = 9,41 \times 10^{-6}$$

Logo, a PSK 8-ária coerente é a melhor opção.

$$4.13 = 5 \times 10^{-3}$$