

2. Deseja-se projetar um sistema para monitoramento simultâneo de eletrocardiogramas (ECG) de 12 pacientes em um hospital. Os dados dos pacientes são enviados a um centro de processamento onde são amostrados, multiplexados no tempo, quantizados, e codificados binariamente. O sinal digital é então transmitido para a estação de monitoramento. Os sinais de ECG tem largura de espectro de 200 Hz. O erro máximo aceitável relativo à amplitude de pico das amostras é de 1,6%. A frequência de amostragem deve ser igual à taxa de Nyquist. Determinar:

- A taxa de transmissão do sistema em amostras/segundo.
 - O número de níveis de quantização necessário.
 - A taxa de transmissão do sistema em bits/segundo.
 - A largura de espectro do sinal codificado (digital) transmitido.
- 2) O sinal modulante $m(t)$ tem uma frequência máxima de 6 kHz e o seu conteúdo de potência é de 1 Watt. A portadora $A \cdot \cos(2\pi \cdot 200k \cdot t)$, tem um conteúdo de potência de 100 Watt.
- Se $m(t)$ modula a portadora usando a modulação de amplitude DSB/SC, qual será a largura de espectro e o conteúdo de potência do sinal modulado?
 - Considerando modulação tonal, determine a equação para o espectro do sinal modulado da parte a).
 - Se o esquema de modulação for AM-DSB com sensibilidade em amplitude de $0,6 \text{ V}^{-1}$ qual será a resposta para a parte a) ?
 - Considerando modulação tonal e demodulação por detecção de envoltória para o sinal AM-DSB, determine o valor do capacitor no FPB para reduzir a distorção de corte diagonal ($R_L = 5k \text{ ohm}$).
- 3) Em um sistema de comunicação por radiodifusão, a potência do transmissor é de 4 kWatt, a atenuação do canal é de 50 dB, e a densidade espectral de potência $N_0 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Watt/Hz}$. O sinal de mensagem tem uma frequência máxima de 4 kHz. Considerando o sinal que chega ao receptor, determine:
- A potência média do sinal modulado recebido (em Watt).
 - A razão sinal-ruído de canal SNR_c (em dB).
 - A razão sinal-ruído de saída SNR_o (em dB) se a modulação for DSB.
 - A SNR_o (em dB) se a modulação for FM com sensibilidade em frequência de 1 kHz/V e potência de mensagem de 10^{-2} Watt .
- 4) Um sinal modulado em ângulo tem a forma $s(t) = 20 \cdot \cos[2\pi \cdot f_c \cdot t + 5 \cdot \sin(4000\pi t)]$, onde $f_c = 100 \text{ MHz}$.
- Determinar a potência média transmitida.
 - Determinar o desvio (de pico) de fase.
 - Determinar a equação da frequência instantânea e o desvio de frequência.
 - O sinal é FM ou PM? Explicar.

1) 12 PACIENTES = N $B = 2W \Rightarrow W = 100\text{Hz}$

a) $f_s = 2W = 2 \cdot 100 = 200\text{Hz}$

$r_s = \frac{N}{T_s} : N \cdot f_s = 12 \cdot 200 = 2,4k \text{ AMOSTRAS/SEGUNDO}$

b) $e_{\text{máx}} = \frac{1}{Q} \Rightarrow Q = \frac{1}{0,016}$

$Q = 62,5 \rightarrow 64 \text{ NÍVEIS DE QUANTIZAÇÃO}$

c) $rb = W \cdot r_s = 6,2,4k = 14,4k \text{ bps}$

$Q = 2^6 \Rightarrow 64 = 2^6 \Rightarrow W = 6$

d) $B_{\text{cod}} = N \cdot W \cdot f_s = 12 \cdot 6 \cdot 200 = 14,4k \text{ Hz}$

2) a) $f_{\text{máx}} = W = 6 \text{ kHz}, P_m = 1W, P_c = 100W, c(t) = A \cdot \cos(2\pi 200kt)$

$B_f = 2W = 2 \cdot 6k = 12 \text{ kHz} \quad P = \frac{A_c^2}{2} \cdot P_m \quad P_c = \frac{A_c^2}{2} \quad P = P_c \cdot P_m = 100 \cdot 1 = 100W$

b) $P_m = \frac{A_m^2}{2} \Rightarrow A_m = \sqrt{2} \quad P_c = \frac{A_c^2}{2} \Rightarrow A_c = \sqrt{200}$

$s(t) = c(t) \cdot m(t) = A_c \cdot \cos(2\pi 200kt) \cdot A_m \cdot \cos(2\pi 6kt) = \sqrt{200} \cdot \cos(2\pi 200kt) \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(2\pi 6kt)$

$s(t) = 400 \cdot \left(\frac{\cos(2\pi \cdot 194kt) + \cos(2\pi \cdot 206kt)}{2} \right)$

$s(t) = 200 [\cos(2\pi \cdot 194kt) + \cos(2\pi \cdot 206kt)]$

$S(f) = \frac{200}{2} [\delta(f - 194k) + \delta(f + 194k) + \delta(f - 206k) + \delta(f + 206k)]$

$S(f) = 100 \cdot \delta(f - 194k) + 100 \cdot \delta(f + 194k) + 100 \cdot \delta(f - 206k) + 100 \cdot \delta(f + 206k)$

c) AM-DSB

$$K_a = 0,6 \text{ V}^{-1}$$

$$B_T = 2W = 2,6 \text{ k} = 12 \text{ kHz}$$

$$P = \frac{A_c^2}{2} [1 + k_a P_m]$$

$$P = 100 [1 + 0,6 \cdot 1] = 160 \text{ W}$$

$$d) R_L C = \frac{\sqrt{1 + \mu^2}}{2\pi f_m \mu}$$

$$C = \frac{\sqrt{1 + 0,849^2}}{2\pi \cdot 6,5 \text{ k} \cdot 0,849} = 8,199 \text{ nF}$$

$$\mu = k_a A_m$$

$$\mu = 0,6 \sqrt{2} = 0,849$$

$$P = \frac{A_m^2}{2} \Rightarrow A_m = \sqrt{2}$$

3) a) $P = 4 \text{ kW}$

$$A_t = 50 \text{ dB}$$

$$N_0 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ W/Hz}$$

$$f_{max} = 4 \text{ k} = 4 \text{ kHz}$$

$$P_{RdB} = P_T dB - 50$$

$$= 36,021 - 50 = -13,979 \text{ dB}$$

$$P_{RdB} = 10 \log_{10} P_R = 40 \text{ mW}$$

$$P_T = 10 \log_{10} (4 \text{ k})$$

$$P_T = 36,021 \text{ dB}$$

$$P = \frac{A_c^2 P_m}{2}$$

$$b) SNR_c = \frac{P_R}{W \cdot N_0} = \frac{40 \text{ m}}{4 \text{ k} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 500$$

$$SNR_c (dB) = 10 \log_{10} 500 = 26,989 \text{ dB}$$

$$c) SNR_o = \frac{A_c^2 P_m}{2W N_0} = \frac{P}{WN_0} = \frac{4 \text{ k}}{4 \text{ k} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 50 \text{ M}$$

$$SNR_o (dB) = 10 \log_{10} (50 \text{ M}) = 76,99 \text{ dB}$$

d) $k_f = 1 \text{ kHz/V}$

$$P_m = 10^{-2} \text{ W}$$

$$SNR_o = \frac{3 A_c^2 k_f^2 P_m}{2 N_0 W^3} = \frac{3 \cdot P_R \cdot k_f^2 \cdot P_m}{N_0 W^3} = \frac{3 \cdot 40 \text{ m} \cdot (1 \text{ k})^2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-2} \cdot (4 \text{ k})^3} = 0,9375$$

$$SNR_o (dB) = 10 \log_{10} 0,9375 = -0,280 \text{ dB}$$

$$4) a) P = \frac{A_c^2}{2} = \frac{20^2}{2} = 200 \text{ W}$$

$$s(t) = 20 \cos [2\pi f_c t + \underbrace{5}_{\beta} \cdot \underbrace{\sin(2\pi \cdot 2000 t)}_{f_m}] \quad f_c = 100 \text{ MHz}$$

$$b) \phi(t) = \frac{2\pi k_f A_m}{W_n} \cdot \sin(W_n t) = \beta \cdot \sin(W_n t) = 5 \cdot \sin(2\pi \cdot 2000 t)$$

$$c) f_i = \frac{1}{2\pi} \frac{d\phi(t)}{dt} = \frac{1}{2\pi} \cdot (2\pi f_c + 5 \cdot 2\pi \cdot 2000 \cdot \cos(2\pi \cdot 2000 t)) = 100 \text{ M} + 10 \text{ k} \cos(2\pi \cdot 2 \text{ kHz})$$

$$\Delta f = \beta \cdot f_m = 5 \cdot 2000 = 10 \text{ kHz}$$

d) FM, pois o sinal modulado se assemelha ao sinal modulado da modulação tonal FM:

$$x_c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + \beta \sin(2\pi f_m t))$$