

AVALIAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES – ADNP (S12)

ALUNO: Felipe Nahhas Scandelari

MATRÍCULA: 1760262

INSTRUÇÕES:

- Esta avaliação consta de três questões.
- As questões valem: 3,4 pontos (1), 3,3 pontos (2), e 3,3 pontos (3).
- Cada questão depende do número de matrícula do estudante (ver Tabela-S12.pdf).
- Avaliações com uso de número de matrícula incorreto serão anuladas.
- Resolva cada questão de forma manuscrita legível e organizada. Não serão consideradas respostas sem o desenvolvimento completo da solução.
- Não faça arredondamentos, utilize sempre três (3) casas decimais de precisão.
- Faça sempre uso das unidades: Hz, kHz, MHz, Volt e Watt. Exemplo: $f = 12985,0$ Hz deve ser grafado $f = 12,985$ kHz (não 13 kHz).
- As soluções podem ser incluídas como imagem neste documento que então deve ser salvo em um único arquivo formato pdf.
- O arquivo deve ser nomeado “Prova2_Nome_Completo.pdf” e não pode exceder a 15 MB de dimensão.
- A entrega deve ser feita via e-mail até às 18h00 de 27/11/2020.
- Dúvidas podem ser sanadas on-line na primeira meia-hora da data da prova.

IMPORTANTE:

- Primeiro passo: Obtenha os valores necessários a cada questão na Tabela-S12.pdf disponível na pasta dropbox. As unidades constam no enunciado das questões.
- Segundo passo: O Valor 1 será usado na Questão 1, o Valor 2 na Questão 2, e o Valor 3 na Questão 3. Exemplo: Valor 1 = 0,6 corresponde à $P = 0,6$ Watts.
- Terceiro passo: resolva as questões.

BOA PROVA !!

- 1) Um sinal modulado recebido (tipo AM-DSB tonal) é demodulado com uso de um detector de envoltória. Sabe-se que o sinal modulado apresenta potência média de $P = \underline{\hspace{2cm}}$ Watts. Sabe-se ainda que: $A_m = 4,5 \text{ V}$, $f_c = 200 \text{ kHz}$, $f_m = 4 \text{ kHz}$ e $k_a = 0,2 \text{ V}^{-1}$. A potência média de ruído por unidade de faixa, medida na entrada do demodulador, é $N_0 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Watt/Hz}$. Pede-se:
- a) Determine a relação sinal-ruído de canal SNR_c (em dB).
 - b) Determine a relação sinal-ruído de saída SNR_o (em dB).
 - c) Ao reduzir à metade a amplitude de portadora o sistema se mantém em funcionamento? Justifique.

- 2) O sinal $g(t) = 4 \cdot \cos(2\pi 30t) \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t)$, é amostrado de forma ideal, onde $f_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ Hz.
- a) Determine a expressão de $G(f)$ e faça um esboço (mostrando valores de frequência e amplitude).
 - b) Determine a expressão do espectro do sinal amostrado $G_\delta(f)$, sabendo que $f_s = 300$ Hz;
 - c) Esboce o espectro de $G_\delta(f)$ considerando a faixa de frequências $|f| \leq 750$ Hz (mostrando valores de frequência e amplitude).
 - d) Considere o uso de um filtro real tipo Butterworth de 3ª ordem (dado pela equação abaixo) para recuperar o sinal $g(t)$. Qual deve ser a frequência de corte de modo a atenuar as componentes indesejadas em 12 dB (no mínimo)?

$$|H(f)| = 1 / \sqrt{1 + (f/f_{3dB})^6}$$

3) Um sistema TDM-PCM, sem compressor, apresenta em sua entrada os sinais mostrados abaixo, onde $f_2 = \underline{\hspace{1cm}}$ kHz.

$$2.\cos(2\pi.2k.t), \quad 5.\cos(2\pi.f_2.t), \quad 3.\cos(2\pi.1k.t), \quad 1.\cos(2\pi.1,7k.t)$$

- a) Determine a menor frequência de amostragem possível para o sistema.
- b) Qual a largura de espectro do sinal após o multiplexador? Considere a frequência de amostragem obtida no item anterior.
- c) Qual a taxa de transmissão (em bps) do sistema se o sinal multiplexado é quantizado em 32 níveis e codificado?
- d) Sabendo que o fator de roll-off utilizado no sistema de transmissão é $\rho = 0,7$ determine a largura de faixa permitida ao canal.

Helipe hakhar Scardelari - n12 Valor 1 → 0,65

1) AM-DSB Tonal demod c/ det enfeiteira

$$P = 0,65 \text{ W}, A_m = 4,5 \text{ V}, f_c = 200 \text{ kHz}, f_m = 4 \text{ kHz}, k_a = 0,2 \text{ V}^{-1}, N_0 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ W/Hz}$$

a) SNR_c (em dB)

$$\mu = k_a A_m = 0,2 \cdot 4,5$$

$$\mu = 0,9$$

$$P = \frac{A_c^2}{2} \left(1 + \frac{\mu^2}{2}\right) \Rightarrow A_c^2 = \frac{2P}{\left(1 + \frac{\mu^2}{2}\right)}$$

$$A_c^2 = \frac{2 \cdot 0,65}{\left(1 + \frac{0,9^2}{2}\right)} = 0,925$$

$$P_m = \frac{A_m^2}{2} = \frac{4,5^2}{2} = 10,125$$

$$\text{SNR}_c = \frac{A_c^2 [1 + k_a^2 P_m]}{2W N_0}$$

$$\text{SNR}_c = \frac{0,925 [1 + 0,2^2 \cdot 10,125]}{2 \cdot 4 \text{ kHz} \cdot 5 \cdot 10^{-6}}$$

$$\text{SNR}_c = 32,509$$

$$\text{SNR}_{c(\text{dB})} = 10 \cdot \log_{10}(\text{SNR}_c) = 15,120 \text{ dB}$$

$$\text{b) } \text{SNR}_0 = \frac{A_c^2 k_a^2 P_m}{2W N_0} = \frac{0,925 \cdot 0,2^2 \cdot 10,125}{2 \cdot 4 \text{ kHz} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 9,365$$

$$\text{SNR}_{0(\text{dB})} = 10 \log_{10}(\text{SNR}_0) = 9,715 \text{ dB}$$

c) condição de funcionamento: $\text{SNR}_c \geq \text{SNR} = 6,6 \text{ dB}$ (efeito limiar)

$$A_c' = \frac{A_c}{2} \rightarrow (A_c')^2 = \frac{A_c^2}{4}$$

$$\text{SNR}_c = \frac{(A_c')^2 [1 + k_a^2 P_m]}{2W N_0} = \frac{A_c^2}{4} \cdot \frac{[1 + k_a^2 P_m]}{2W N_0}$$

$$\text{SNR}_c = \frac{0,925}{4} \cdot \frac{[1 + 0,2^2 \cdot 10,125]}{2 \cdot 4 \text{ kHz} \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 8,122$$

$$\text{em dB} \rightarrow \text{SNR}_c = 9,096 \text{ dB}$$

$$\text{SNR}_c \geq 6,6 \text{ dB}$$

$9,096 \text{ dB} > 6,6 \text{ dB}$, portanto o sistema se mantém em funcionamento

2) Felipe Nakhas Scandiani - 112 Valor 2 → 990

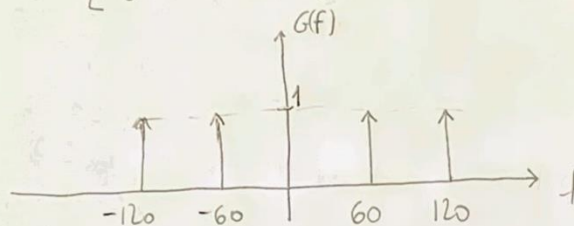
$$g(t) = 4 \cos(2\pi \cdot 30t) \cdot \cos(2\pi f_1 t) \quad f_1 = 90 \text{ Hz}$$

a) $g(t) = 4 \cos(2\pi \cdot 30t) \cdot \cos(2\pi \cdot 90t)$

• utilizando $\cos x \cdot \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$

$$g(t) = \frac{4}{2} [\cos(2\pi \cdot 120t) + \cos(2\pi \cdot 60t)]$$

$$G(f) = 1 \cdot [\delta(f-120) + \delta(f+120)] + 1 \cdot [\delta(f-60) + \delta(f+60)]$$



b)

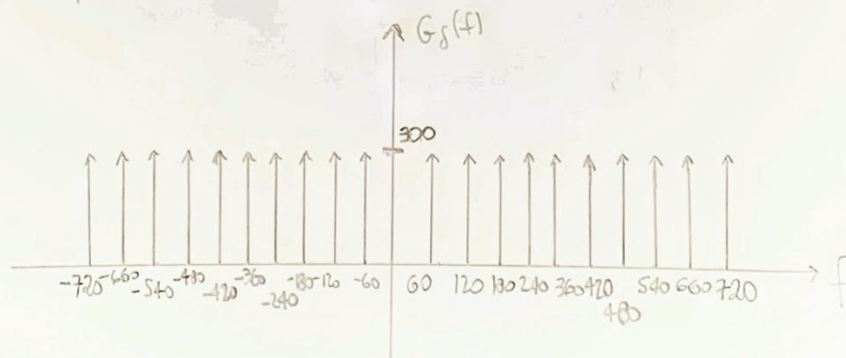
$$T_s = \frac{1}{F_s} \quad G_s(f) = \frac{1}{T_s} \sum_{m=-\infty}^{\infty} G(f - \frac{m}{T_s})$$

↓ 300Hz

$$G_s(f) = 300 \cdot \sum [\delta(f-120-300m) + \delta(f+120-300m) + \delta(f-60-300m) + \delta(f+60-300m)]$$

c) $|f| < 750 \text{ Hz}$

f	m	-2	-1	0	1	2
• $300m - 120$		-720	-420	-120	180	480
• $300m - 60$		-660	-360	-60	240	540
• $300m + 60$		-540	-240	60	360	660
• $300m + 120$		-480	-180	120	420	720



2 d) Butterworth 3º orden

$f_{3dB} = ?$ p/ atenuar comp. indesejados em 12 db (no mín)?

$$|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_{3dB})^6}}$$

$$G_{dB} = 20 \log_{10}(G)$$

$$-12 = 20 \log_{10}(G) \rightarrow -\frac{12}{20} = \log_{10} G \rightarrow 10^{-\frac{12}{20}} = G \rightarrow G = 0,251$$

$$|H(f)| = 0,251$$

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^6}} = 0,251 \rightarrow 1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^6 = 15,848$$

$$\frac{f}{f_{3dB}} = (14,848)^{\frac{1}{6}}$$

$$f_{3dB} = \frac{f}{(14,848)^{\frac{1}{6}}} = \frac{180}{1,567}$$

$$\underline{f_{3dB} = 114,869 \text{ Hz}}$$

Felipe Naffar Scandolari - 12 Valor 3 \rightarrow 3,8

3) TDM-PCM

$$f_2 = 3,8 \text{ kHz}$$

sinais na entrada: $2 \cos(2\pi \cdot 2 \text{ kHz} \cdot t)$, $5 \cos(2\pi \cdot \overbrace{3,8 \text{ kHz}}^{f_2} \cdot t)$, $3 \cos(2\pi \cdot 1 \text{ kHz} \cdot t)$, $1 \cos(2\pi \cdot 1,7 \text{ kHz} \cdot t)$

a) Determine a menor frequência de amostragem possível p/ o sistema

$$f_s \geq 2W$$

$$\rightarrow f_2 = 3,8 \text{ kHz}$$

$$f_s \geq 2 \cdot 3,8 \text{ kHz} = 7,6 \text{ kHz}$$

b) Qual a largura de espectro do sinal após o multiplexador? Considere a freq. de amostragem obt. da no item anterior

$$T_s = 1/f_s = 1/7,6 \text{ kHz} \quad T_s = 1,316 \cdot 10^{-4} \text{ s} \Rightarrow T_s = 131,579 \mu\text{s}$$

$$T = T_s/N = \frac{131,579 \mu\text{s}}{4} = 32,895 \mu\text{s} \quad B_{\text{mux}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{32,895 \mu\text{s}} = 30,400 \text{ kHz}$$

c) Qual a taxa de transmissão (em bps) do sistema se o sinal multiplexado é quantizado em 32 níveis e codificado?

$$B_{\text{cod}} = V \cdot B_{\text{mux}} \quad Q = 32 \quad Q = 2^V \Rightarrow 32 = 2^V \Rightarrow V = 5$$

$$B_{\text{cod}} = 5 \cdot 30,4 \text{ kHz}$$

$$B_{\text{cod}} = 152 \text{ kHz}$$

d) Sabendo que o fator de roll-off utilizado no sistema de transmissão é $p = 0,7$ determine a largura de faixa permitida ao canal

$$B = \left(\frac{1+p}{2} \right) \cdot \overset{B_{\text{cod}}}{\pi_b}$$

$$B = \left(\frac{1+0,7}{2} \right) \cdot 152 \text{ kHz}$$

$$B = 129,200 \text{ kHz}$$