

AVALIAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES – ADNP (S12)

ALUNO: Lucas Felipe K. Tanaka

MATRÍCULA: 1862294

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 $P = 0,4$ Watts. Sabe-se ainda que: $A_m = 4,5$ V, $f_c = 200$ kHz, $f_m = 4$ kHz e $k_a = 0,2$ V⁻¹. A potência média de ruído por unidade de faixa, medida na entrada do demodulador, é $N_0 = 5 \cdot 10^{-6}$ 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.

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

$$P_m = \frac{A_m^2}{2} \rightarrow \boxed{P_m = 10,125 \text{ W}}$$

$$a) \mu = k_a \cdot A_m$$

$$\mu = 0,2 \cdot 4,5 \rightarrow \boxed{\mu = 0,9}$$

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

$$A_c^2 = \frac{2 P_m}{\left(1 + \frac{\mu^2}{2} \right)} \rightarrow A_c^2 = \frac{2 \cdot 0,4}{\left(1 + \frac{0,9^2}{2} \right)}$$

$$\boxed{A_c^2 = 0,569}$$

$$SNR_c = \frac{A_c^2 \cdot [1 + k_a^2 \cdot P_m]}{2 W N_0} \rightarrow SNR_c = \frac{0,569 \cdot [1 + 0,2^2 \cdot 10,125]}{2 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}$$

$$\boxed{SNR_c = 19,986} \rightarrow \boxed{SNR_c = 13 \text{ dB}}$$

$$b) SNR_o = \frac{A_c^2 k_a^2 P_m}{2 W N_0} \rightarrow SNR_o = \frac{0,569 \cdot 0,2^2 \cdot 10,125}{2 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}$$

$$\boxed{SNR_o = 5,761} \rightarrow \boxed{SNR_o = 7,605 \text{ dB}}$$

$$c) \frac{A_c}{2} = A_c', \text{ logo se } (A_c')^2 = \frac{A_c^2}{4}$$

$$SNR_c' = \frac{SNR_c}{4} \rightarrow \boxed{SNR_c' = 4,997} \quad SNR_o' = \frac{SNR_o}{4} \rightarrow \boxed{SNR_o' = 1,440}$$

Condição de Funcionamento: $SNR_c' > SNR_o'$

logo, o sistema se mantém em funcionamento

- 2) O sinal $g(t) = 4 \cdot \cos(2\pi 30t) \cdot \cos(2\pi f_1 t)$, é amostrado de forma ideal, onde $f_1 = \underline{70}$ Hz.
- Determine a expressão de $G(f)$ e faça um esboço (mostrando valores de frequência e amplitude).
 - Determine a expressão do espectro do sinal amostrado $G_s(f)$, sabendo que $f_s = 300$ Hz;
 - Esboce o espectro de $G_s(f)$ considerando a faixa de frequências $|f| \leq 750$ Hz (mostrando valores de frequência e amplitude).
 - 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)?

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

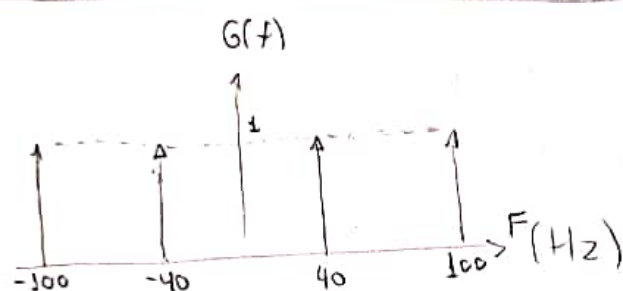
$$2) g(t) = 4 \cdot \cos(2\pi \cdot 30t) \cdot \cos(2\pi \cdot 70t)$$

$$a) \cos a \cos b = \frac{1}{2} [\cos(a+b) + \cos(a-b)]$$

$$g(t) = 4 \cdot \frac{1}{2} [\cos(2\pi \cdot 100t) + \cos(2\pi \cdot 40t)]$$

$$g(t) = 2 \cos(2\pi \cdot 100t) + 2 \cos(2\pi \cdot 40t)$$

$$G(f) = \delta(f-100) + \delta(f+100) + \delta(f-40) + \delta(f+40)$$



$$b) f_s = 300 \text{ Hz}$$

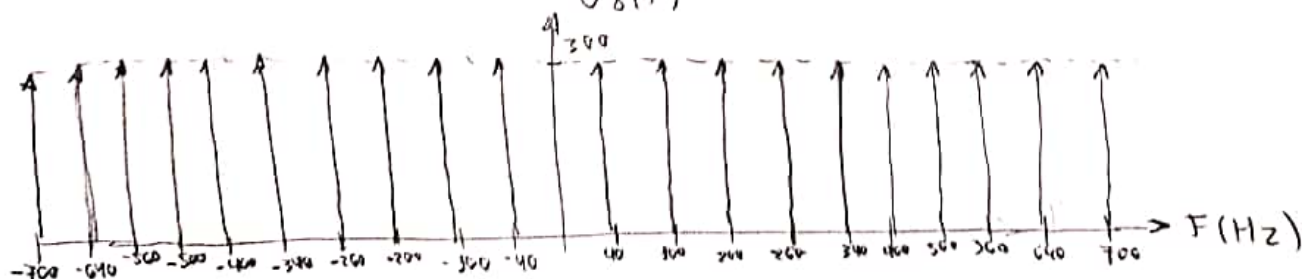
$$G_s(f) = f_s \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - n f_s) \rightarrow G_s(f) = 300 \sum_{n=-\infty}^{\infty} [\delta(f-100-300n) + \delta(f+100-300n) + \delta(f-40-300n) + \delta(f+40-300n)]$$

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

$$f = \begin{cases} 300n - 100 \\ 300n - 40 \\ 300n + 40 \\ 300n + 100 \end{cases}$$

	$n=-2$	$n=-1$	$n=0$	$n=1$	$n=2$
-100	-700	-400	-100	200	500
-40	-640	-340	-40	260	560
40	-560	-260	40	340	640
100	-500	-200	100	400	700

$$G_s(f)$$



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

Atenuação em 12 dB: $10 \log x = -12$

$$x = 0,063$$

$$f_{3dB} \Rightarrow |H(200)| = 0,063 = H$$

$$\frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_{3dB})^6}} = H \rightarrow H^2 = \frac{1}{1 + (f/f_{3dB})^6}$$

$$1 + \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^6 = \frac{1}{H^2} \rightarrow \frac{f}{f_{3dB}} = \sqrt[6]{\left(\frac{1}{H^2} - 1\right)}$$

$$f_{3dB} = \frac{f}{\sqrt[6]{\frac{1}{H^2} - 1}} \rightarrow f_{3dB} = \frac{200}{\sqrt[6]{\frac{1}{0,063^2} - 1}} \rightarrow f_{3dB} = 79,634 \text{ Hz}$$

3) Um sistema TDM-PCM, sem compressor, apresenta em sua entrada os sinais mostrados abaixo, onde $f_2 = 2,0$ kHz.

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

- 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.

3) TDM-PCM, $f_2 = 2,0 \text{ KHz}$

$2 \cos(2\pi \cdot 2 \text{ KHz} \cdot t), 5 \cos(2\pi \cdot 2 \text{ KHz} \cdot t), 3 \cos(2\pi \cdot 1 \text{ KHz} \cdot t), 1 \cos(2\pi \cdot 1,7 \text{ KHz} \cdot t)$

a) $f_s \geq 2W \rightarrow f_s \geq 2 \cdot f_2 \rightarrow \boxed{f_s \geq 4 \text{ KHz}}$

b) $T_s = \frac{1}{f_s} \rightarrow T_s = \frac{1}{4 \text{ K}} \rightarrow \boxed{T_s = 0,25 \text{ ms}}$

$\tau = \frac{T_s}{N} = \frac{0,25 \cdot 10^{-3}}{4} \rightarrow \boxed{\tau = 62,5 \text{ ns}}$

$B_{\text{mux}} = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{62,5 \cdot 10^{-6}} \rightarrow \boxed{B_{\text{mux}} = 16 \text{ KHz}}$

c) $Q = 2^V \rightarrow 32 = 2^V \rightarrow \boxed{V = 5}$

$B_{\text{cod}} = V \cdot B_{\text{mux}} \rightarrow B_{\text{cod}} = 5 \cdot 16 \text{ K} \rightarrow \boxed{B_{\text{cod}} = 80 \text{ Kbps}}$

d) $B = \left(\frac{1+p}{2} \right) \cdot r_b \rightarrow B = \left(\frac{1+0,7}{2} \right) \cdot 80 \text{ K} \rightarrow \boxed{B = 68 \text{ KHz}}$

$r_b = \frac{1}{T_b} = B_{\text{cod}} \rightarrow \boxed{r_b = 80 \text{ K}}$