AVALIAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES – ADNP (S12)

ALUNO: Lucas Felipe Harada Tanaka

MATRÍCULA: 1862294

INSTRUÇÕES:

- Esta avaliação consta de três questões.
- As questões valem: 3,3 pontos (1), 3,3 pontos (2), e 3,4 pontos (3).
- Cada questão depende do número de matricula do estudante (ver Tabela-S12.pdf).
- Avaliações com uso de número de matrícula incorreto serão anuladas.
- Resolva cada questão de forma manuscrita legivel 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: kHz, MHz, μF, pF, 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 "Prova1_Nome_Completo.pdf" e não pode exceder a 15 MB de dimensão.
- A entrega deve ser feita via e-mail até às 18h00 de 09/10/2020.
- Dúvidas podem ser sanadas on-line na primeira meia-hora da data da prova.

IMPORTANTE:

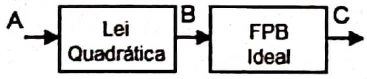
- Primeiro passo: Obtenha os valores necessários a cada questão na Tabela-S12.pdf disponível na pasta dropbox. As unidades constam no enunciado das questões.
- Segundo passo: O Valor 1 será usado na Questão 1, o Valor 2 na Questão 2, e o Valor 3 na Questão 3. Exemplo: Valor 1 = 0,102 corresponde à k_a = 0,102 V^{-1}.
- Terceiro passo: resolva as questões.

BOA PROVA !!

Valor 1: 0,102
Valor 2: 2,6
Valor 3: 0,232

1) Um sinal modulado AM-DSB tonal é aplicado ao *detector de lei quadrática* mostrado na figura. Sabe-se que: A_c = 100 V, A_m = 5 V, f_c = 800 kHz, f_m = 4 kHz e k_a = 0,102 V^{-1}. O FPB ideal tem frequência de corte f_{3dB} = 10 kHz, os coeficientes da lei quadrática valem $a_1 = a_2 = 1$. Pede-se:

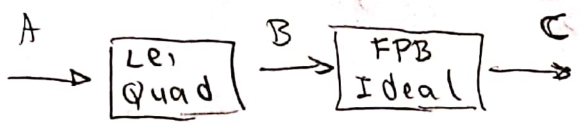
a) Um esboço do sinal modulado (no tempo), com valores de amplitude máximo e mínimo da envoltória (ponto A).
b) A potência média da portadora e a potência média de uma banda lateral (ponto A).
c) Qual deve ser o valor da amplitude da mensagem para que a *razão sinal-interferência* (SIR) no ponto C corresponda a 16 dB?



Digitalizado com CamScanner

1) $\begin{cases} A_c = 100V \\ A_m = 5V \\ f_c = 800kHz \\ f_m = 4kHz \\ K_a = 0{,}102\ V^{-1} \\ f_{3dB} = 10kHz \end{cases}$

$a_1 = a_2 = 1$



AM - DSB

a) $s(t) = A_c\,[1 + \mu . \cos(2\pi f_m t)] . \cos(2\pi f_c t)$

$\mu = K_a . A_m \rightarrow \mu = 0{,}102 . 5 \rightarrow \boxed{\mu = 0{,}51}$

$s(t) = 100 . [1 + 0{,}51 . \cos(2\pi\, 4 . 10^3 t)] . \cos(2\pi . 800 . 10^3 t)$

$s(t) = A_c . \cos(2\pi f_c t) + \frac{\mu A_c}{2} \cos[2\pi (f_c + f_m) t] + \frac{\mu A_c}{2} \cos(2\pi (f_c - f_m) t)$

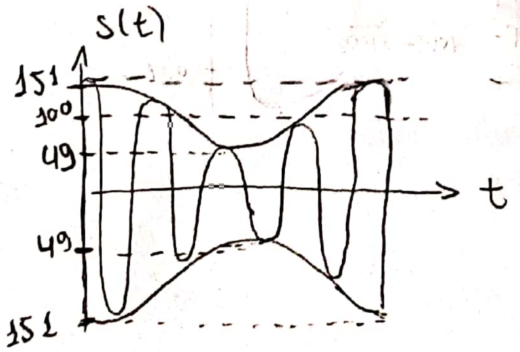
$s(t) = 100 . \cos(2\pi\, 800 . 10^3 t) + \frac{0{,}51 . 100}{2} . \cos[2\pi (800 . 10^3 + 4 . 10^3) t] +$

$+ \frac{0{,}51 . 100}{2} . \cos[2\pi (800 . 10^3 - 4 . 10^3) t]$

$s(t) = 100 . \cos(2\pi . 800 . 10^3) + 25{,}5 . \cos(2\pi\, 804 . 10^3 t) +$

$+ 25{,}5 \cos(2\pi\, 796 . 10^3 t)$

$\begin{cases} A_{máx} = A_c (1 + \mu) \rightarrow A_{máx} = 100 (1 + 0{,}51) \rightarrow A_{max} = 151V \\ A_{mín} = A_c (1 - \mu) \rightarrow A_{mín} = 100 (1 - 0{,}51) \rightarrow A_{mín} = 49V \end{cases}$



b) Pot Média Portadora:

$$P_c = \frac{Ac^2}{2} \rightarrow P = \frac{100^2}{2} \rightarrow \boxed{P_c = 5KW}$$

Pot Média Banda Lateral:

$$P_{BL} = Ac^2 \cdot \frac{\mu^2}{8} \rightarrow P_{BL} = 100^2 \cdot \frac{0,51^2}{8} \rightarrow \boxed{P_{BL} = 325,125W}$$

c) $SIR(dB) = 10 \log_{10}(SIR)$

$$16 = 10 \log_{10}(SIR) \rightarrow SIR = 10^{\frac{16}{10}} \rightarrow SIR = 39,811$$

$$39,811 = \frac{P_S}{P_I} = \frac{(a_2 \cdot Ac^2 \cdot Ka)^2 \cdot Pm}{\left(\frac{a_2 \cdot Ac^2 \cdot Ka^2}{2}\right)^2 \cdot Pm^2}$$

$$39,811 = \frac{4}{(0,102)^2 \cdot Pm} \rightarrow Pm = 9,657W$$

$$Pm = \frac{Am^2}{2} \rightarrow \boxed{Am = 4,395V}$$

2) O sinal modulante m(t) = $A.\cos(2\pi.1k.t) + 5.\cos(2\pi.3k.t)$, onde A = 2,6 V, é multiplicado pela portadora c(t) = $100.\cos(2\pi.50k.t)$, gerando um sinal modulado s(t) do tipo DSB/SC.

a) Determine a expressão do espectro do sinal modulado e apresente seu esboço (com valores de amplitude e frequência).

b) O sinal modulado s(t) é aplicado a um filtro passa-faixa ideal de frequência central = 50 kHz e largura de faixa = 4 kHz, determine a potência média do sinal de saída.

c) O mesmo sinal modulado s(t) é aplicado a um *detector coerente* com portadora local c'(t) = $1.\cos(2\pi.50k.t)$ e filtro passa-baixa real tipo Butterworth (equação abaixo). Determine a frequência de corte (f_{3dB}) deste filtro considerando que as componentes indesejadas mais críticas devem ser atenuadas em pelo menos 30 dB.

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

2) DSB/SC

$$m(t) = A.\cos(2\pi\, 1.k.t) + 5.\cos(2\pi\, 3k\, t)$$

$$A = 2{,}6$$

$$c(t) = 100.\cos(2\pi\, 50k.t)$$

a) $$m(t) = 2{,}6.\cos(2\pi.10^3 t) + 5\cos(2\pi.3.10^3 t)$$

$$s(t) = m(t).c(t)$$

$$s(t) = [2{,}6.\cos(2\pi\, 10^3 t) + 5.\cos(2\pi.3.10^3 t)]\,[100.\cos(2\pi\, 50.10^3 t)]$$

$$s(t) = \frac{2{,}6.100}{2}[\cos(2\pi\, 51.10^3 t)] + \frac{2{,}6.100}{2}[\cos(2\pi\, 49.10^3 t)] +$$

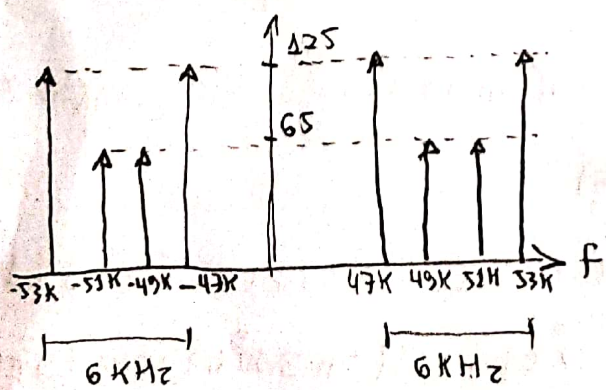
$$+ \frac{5.100}{2}[\cos(2\pi\, 53.10^3 t)] + \frac{5.100}{2}[\cos(2\pi\, 47.10^3 t)]$$

$$s(t) = 130\,[\cos(2\pi\, 51.10^3 t)] + 130\,[\cos(2\pi\, 49.10^3 t)] +$$

$$+ 250\,[\cos(2\pi\, 53.10^3 t)] + 250\,[\cos(2\pi\, 47.10^3 t)]$$

$$S(f) = 65\,\{[\delta(f - 51.10^3) + \delta(f + 51k)] + [\delta(f - 49k) + \delta(f + 49k)]\}$$

$$+ 125\,\{[\delta(f - 53k) + \delta(f + 53k)] + [\delta(f - 47k) + \delta(f + 47k)]\}$$



Digitalizado com CamScanner

b) $f_c = 50\,kHz$

$BW = 4\,kHz$

Como o filtro, apenas passarão as frequências entre $48\,kHz$ e $52\,kHz$, logo temos:

$$s(t) = 130.\left[\cos(2\pi\, 51.10^3 t) + \cos(2\pi\, 49.10^3 t)\right]$$

$$P = \frac{130^2}{2} + \frac{130^2}{2} = 16{,}9\,kW$$

c) $s(t) \rightarrow \boxed{\times} \xrightarrow{v(t)} \boxed{FPB} \rightarrow v_o(t)$, com $c'(t)$ entrando no multiplicador

$c'(t) = 1.\cos(2\pi.\,50\,K\,t)$

$$At(dB) = 20\log_{10}(At)$$

$$-30 = 20\log_{10}(At) \rightarrow \boxed{At = 10^{-3}}$$

$$|H(f_x)| = 10^{-3}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f_x}{f_{3dB}}\right)^2}} = 10^{-3} \rightarrow 1+\left(\frac{f_x}{f_{3dB}}\right)^2 = 10^6$$

$$f_x \approx 10^3 f_{3dB}$$

$$f_{3dB} \approx \frac{f_x}{10^3}$$

$$v(t) = s(t).\,c'(t)$$

$$v(t) = \left\{130\left[\cos(2\pi\, 51.10^3 t) + \cos(2\pi\, 49.10^3 t)\right] + 250.\left[\cos(2\pi\, 53.10^3 t) + \cos(2\pi\, 47.10^3 t)\right]\right\}$$

$$\times 1\cos(2\pi\, 50\, 10^3 t)$$

$$v(t) = 65\left[\cos(2\pi\, 101.10^3 t) + \cos(2\pi\, 10^3 t) + \cos(2\pi\, 99.10^3 t) + \cos(2\pi\, 10^3 t)\right]$$

$$+ 125\left[\cos(2\pi\, 103.10^3 t) + \cos(2\pi\, 3.10^3 t) + \cos(2\pi\, 97.10^3 t) + \cos(2\pi\, 3.10^3 t)\right]$$

freq: $\begin{cases} 1\,kHz \\ 3\,kHz \\ 97\,kHz \\ 99\,kHz \\ 101\,kHz \\ 103\,kHz \end{cases}$

Filtrando, pelo FPB:

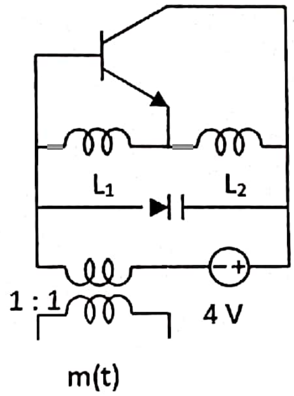
$$f_{3dB} \approx 97\,kHz.\,10^{-3} \rightarrow \boxed{f_{3dB} = 97\,Hz}$$

3) O circuito abaixo representa um modulador em frequência pelo método direto, onde $L_1 = L_2 = 5{,}0\ \mu H$. O sinal $m(t) = 1.\cos(2\pi.20k.t)$ é aplicado à entrada do circuito. Sabe-se que o sinal modulado apresenta amplitude de 10 V de pico. O varicap tem uma capacitância de junção, Cv (em pF), que varia com a tensão de polarização inversa, v_r (em Volts), de acordo com a expressão dada abaixo, onde α = 0,232

$$C_V = 200/(1 + \alpha.v_r)^{1/2}$$

Pede-se:

a) A expressão matemática (no tempo) que representa o sinal FM tonal.
b) Os valores máximo e mínimo da frequência instantânea do sinal FM.
c) A potência media do sinal modulado, e a largura de espectro do sinal modulado (por Carson).



→ Oscilador Hartley

3) $\begin{cases} L_1 = L_2 = 5\,\mu H \\ m(t) = 1\cos(2\pi\, 20.10^3 t) \\ A_m = 10\ V_p \\ C_v = \dfrac{200}{(1+0{,}232\, V_r)^{1/2}} \end{cases}$

a) $V_r = 4$

$$C_0 = \frac{200}{\sqrt{1+0{,}232 \cdot 4}} \rightarrow \boxed{C_0 = 144{,}038\,pF}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)\,C_0}} \rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{10.10^{-6} \cdot 144{,}038.10^{-12}}} \rightarrow \boxed{f_c = 4{,}193548\,MHz}$$

$$K_C = \frac{\Delta C}{\Delta V_r} \rightarrow \frac{153{,}574p - 136{,}083p}{3 - 5} \rightarrow \boxed{K_C = -8{,}7455\,pF/V}$$

$$K_f = -\frac{f_c \cdot K_C}{2\,C_0} = \frac{-4{,}193548.10^6 \cdot (-8{,}7455.10^{-12})}{2.(144{,}038.10^{-12})} \rightarrow \boxed{K_f = 127{,}309\,K}$$

$$\beta = \frac{K_f \cdot A_m}{f_m} \rightarrow \boxed{\beta = 6{,}36545}$$

$$\boxed{S(t) = 10\cos\left[2\pi \cdot 4{,}193548.10^6 t + 6{,}36545 \cdot \mathrm{Sen}\left(2\pi\, 20.10^3 t\right)\right]}$$

b) $f_i(t) = f_c + K_f \cdot m(t)$

$$f_i(t) = 4{,}193548.10^6 + 127{,}309.10^3 \cos(2\pi\, 20.10^3 t)$$

$$\begin{cases} f_{i\,max} = 4{,}193548.10^6 + 127{,}309.10^3 \rightarrow \boxed{f_{i\,max} = 4{,}320857\,MHz} \\ f_{i\,min} = 4{,}193548.10^6 - 127{,}309.10^3 \rightarrow \boxed{f_{i\,min} = 4{,}066239\,MHz} \end{cases}$$

c) $P = \dfrac{A_c^2}{2} \rightarrow P = \dfrac{10^2}{2} \rightarrow \boxed{P = 50\,W}$

$$B_T = 2(\Delta f + f_m) \rightarrow B_T = 2(127{,}309K \cdot 1 + 20K)$$

$$\boxed{B_T = 294{,}618\,kHz}$$