AVALIAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES – ADNP (S12)

ALUNO: Felipe Nahhas Scandelari

MATRÍCULA: 1760262

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 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: 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.

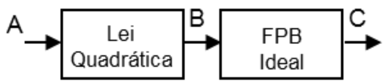
IMPORTANTE:

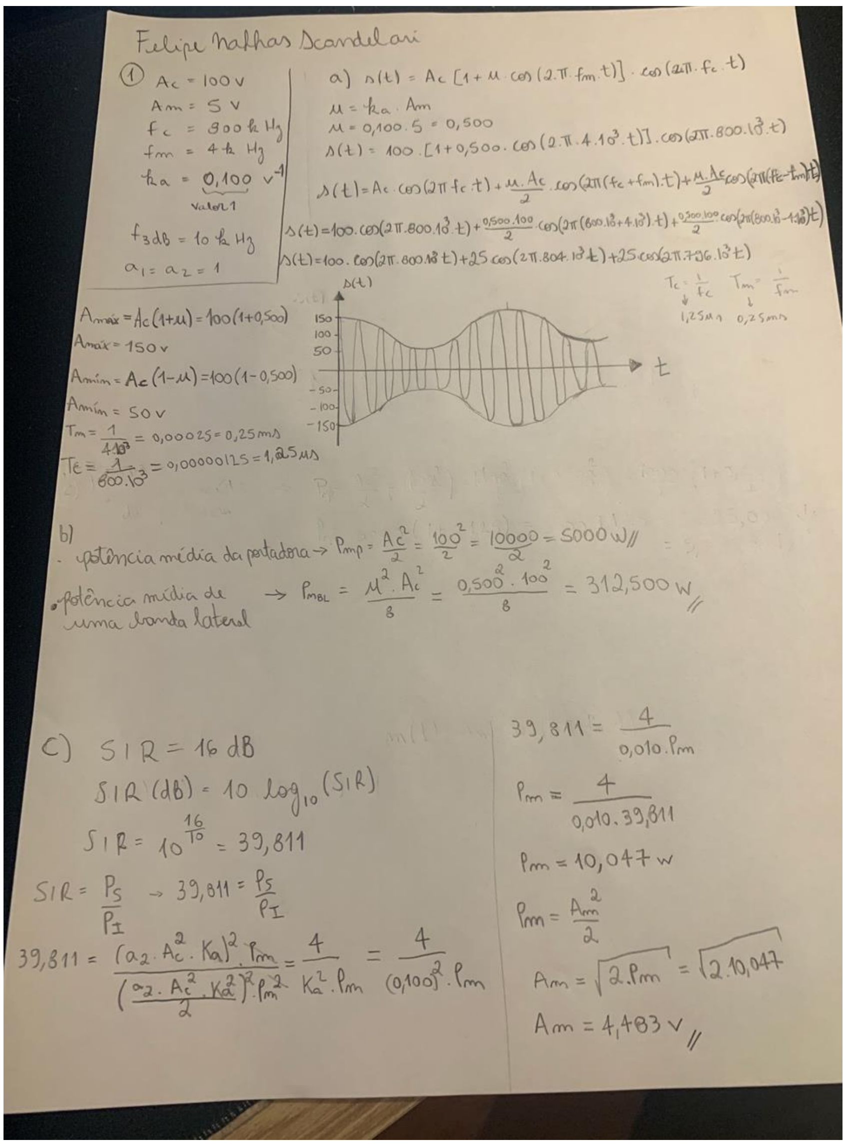
- Primeiro passo: Obtenha os valores necessários a cada questão na Tabela-S12.pdf disponível na pasta dropbox. As unidades constam no enunciado das questões.
- Segundo passo: O Valor 1 será usado na Questão 1, o Valor 2 na Questão 2, e o Valor 3 na Questão 3. Exemplo: Valor 1 = 0,102 corresponde à k_a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

BOA PROVA !!

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 = _____ 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?





Felipe Nahhas Scandelari

① $A_c = 100\,V$
$A_m = 5\,V$
$f_c = 800\,kHz$
$f_m = 4\,kHz$
$k_a = \underbrace{0{,}100}_{\text{Valor 1}}\,V^{-1}$
$f_{3dB} = 10\,kHz$
$a_1 = a_2 = 1$

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

$\mu = k_a \cdot A_m$

$\mu = 0{,}100 \cdot 5 = 0{,}500$

$s(t) = 100 \cdot [1 + 0{,}500 \cdot \cos(2\pi \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot t)] \cdot \cos(2\pi \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot t)$

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

$s(t) = 100 \cdot \cos(2\pi \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot t) + \frac{0{,}500 \cdot 100}{2} \cos(2\pi(800 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3) \cdot t) + \frac{0{,}500 \cdot 100}{2} \cos(2\pi(800 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^3) t)$

$s(t) = 100 \cdot \cos(2\pi \cdot 800 \cdot 10^3 t) + 25 \cos(2\pi \cdot 804 \cdot 10^3 t) + 25 \cos(2\pi \cdot 796 \cdot 10^3 t)$

$T_c = \frac{1}{f_c} \to 1{,}25\,\mu s$ $T_m = \frac{1}{f_m} \to 0{,}25\,ms$

$s(t)$: 150, 100, 50, −50, −100, −150; t

$A_{máx} = A_c(1 + \mu) = 100(1 + 0{,}500)$
$A_{máx} = 150\,V$
$A_{mín} = A_c(1 - \mu) = 100(1 - 0{,}500)$
$A_{mín} = 50\,V$
$T_m = \frac{1}{4 \cdot 10^3} = 0{,}00025 = 0{,}25\,ms$
$T_c = \frac{1}{800 \cdot 10^3} = 0{,}00000125 = 1{,}25\,\mu s$

b)
- potência média da portadora $\to P_{mp} = \frac{A_c^2}{2} = \frac{100^2}{2} = \frac{10000}{2} = 5000\,W$ //
- potência média de uma banda lateral $\to P_{mBL} = \frac{\mu^2 \cdot A_c^2}{8} = \frac{0{,}500^2 \cdot 100^2}{8} = 312{,}500\,W$ //

c) $SIR = 16\,dB$

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

$SIR = 10^{\frac{16}{10}} = 39{,}811$

$SIR = \frac{P_S}{P_I} \to 39{,}811 = \frac{P_S}{P_I}$

$39{,}811 = \frac{(a_2 \cdot A_c^2 \cdot K_a)^2 \cdot P_m}{\left(\frac{a_2 \cdot A_c^2 \cdot K_a^2}{2}\right)^2 \cdot P_m^2} = \frac{4}{K_a^2 \cdot P_m} = \frac{4}{(0{,}100)^2 \cdot P_m}$

$39{,}811 = \frac{4}{0{,}010 \cdot P_m}$

$P_m = \frac{4}{0{,}010 \cdot 39{,}811}$

$P_m = 10{,}047\,W$

$P_m = \frac{A_m^2}{2}$

$A_m = \sqrt{2 \cdot P_m} = \sqrt{2 \cdot 10{,}047}$

$A_m = 4{,}483\,V$ //

2) O sinal modulante m(t) = $A.\cos(2\pi.1k.t) + 5.\cos(2\pi.3k.t)$, onde A = _____ 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 $m(t) = \overset{1,8}{A} \cos(2\pi \cdot 1k \cdot t) + 5\cos(2\pi \cdot 3k \cdot t)$

$A = 1,8\,V \longrightarrow$ Valor 2

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

a) sinal modulado $s(t) \rightarrow$ DSB/SC

$s(t) = c(t) \cdot m(t)$

$s(t) = 100\cos(2\pi \cdot 50k \cdot t) \cdot [1,8\cos(2\pi \cdot 1k \cdot t) + 5\cos(2\pi \cdot 3k \cdot t)]$

$s(t) = 180\cos(2\pi \cdot 50k \cdot t) \cdot \cos(2\pi \cdot 1k \cdot t) + 500\cos(2\pi \cdot 50k \cdot t) \cdot \cos(2\pi \cdot 3k \cdot t)$

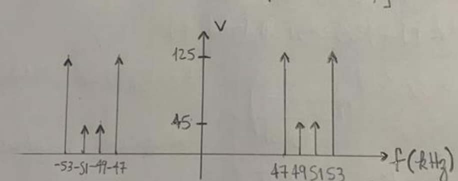
utilizando $\cos(x)\cos(y) = \frac{1}{2}[\cos(x+y) + \cos(x-y)]$

$s(t) = 90[\cos(2\pi \cdot 51k \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 49k \cdot t)] + 250[\cos(2\pi \cdot 53k \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 47k \cdot t)]$

$s(t) = 90\cos(2\pi \cdot 51k\,t) + 90\cos(2\pi \cdot 49k\,t) + 250\cos(2\pi \cdot 53k \cdot t) + 250\cos(2\pi \cdot 47k\,t)$

utilizando a transformada $\cos(2\pi \cdot f_c \cdot t) \Longleftrightarrow \frac{1}{2}[\delta(f-f_c) + \delta(f+f_c)]$

$S(f) = 45[\delta(f-51k) + \delta(f+51k)] + 45[\delta(f-49k) + \delta(f+49k)] + 125[\delta(f-53k) + \delta(f+53k)] + 125[\delta(f-47k) + \delta(f+47k)]$



b)

FPF

50 kHz, BW = 4 kHz: mín → 48 kHz; máx → 52 kHz

Logo, após o filtro teremos:

$s_{FPF}(t) = 90[\cos(2\pi \cdot 51k \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 49k \cdot t)]$

~~47~~ ~~53~~

Então,

$P = 90^2/2 = 4050\,W$

c) detector coerente

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

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

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

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

$v(t) = [90\cos(2\pi . 51 k t) + 90\cos(2\pi . 49 k t) + 250\cos(2\pi . 53 k t) + 250\cos(2\pi . 47 k t)]$
$\cdot [1 . \cos(2\pi . 50 . k . t)]$

$v(t) = 90\cos(2\pi\, 51\, k t) . \cos(2\pi . 50 . k t) + 90\cos(2\pi . 49 k t) . \cos(2\pi\, 50 k t) +$
$+ 250\cos(2\pi . 53 k . t) . \cos(2\pi . 50 k . t) + 250\cos(2\pi . 47 k . t) . \cos(2\pi\, 50 k\, t)$

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

$\cos(-2\pi k t) = \cos(+2\pi k t)$

$v(t) = 45[\cos(2\pi . 101 k t) + \underline{\cos(2\pi . 1 k . t)}] + 45[\cos(2\pi . 99 k . t) + \underline{\cos(2\pi . 1 k . t)}] +$
$+ 125[\cos(2\pi . 103 k t) + \underline{\cos(2\pi . 3 k . t)}] + 125[\cos(2\pi . 97 k t) + \underline{\cos(2\pi . 3 k . t)}]$

$v(t) = 90\cos(2\pi . 1 k . t) + 250\cos(2\pi . 3 k . t) + 125\cos(2\pi . 97 k t) + 45\cos(2\pi . 99 k t) +$
$+ 45\cos(2\pi . 101 k t) + 125\cos(2\pi . 103 k . t)$

$$|H(f)| = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2}} = 20\log\left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2}}\right)$$

$$-3\cancel{0} = 2\cancel{0}\log_{10}\left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2}}\right) \rightarrow -1{,}5 = \log 1 - \log\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2}$$

$$\log_{10}\left(1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2\right)^{1/2} = 1{,}5 \rightarrow 1{,}5 = \frac{1}{2}\log\left(1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2\right)$$

$$3 = \log_{10}\left(1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2\right) \rightarrow 10^3 = 1+\left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2$$

$$999 = \left(\frac{f}{f_{3dB}}\right)^2 \rightarrow f_{3dB} = \frac{f}{\sqrt{999}}$$

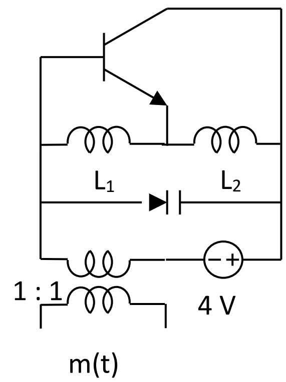
frequências: 1 kHz, 3 kHz, 97 kHz, 99 kHz, 101 kHz e 103 kHz

$\underbrace{97\,kHz, 99\,kHz, 101\,kHz \text{ e } 103\,kHz}_{\text{componentes indesejadas mais críticas}}$

$$f_{3dB} = \frac{97 k}{\sqrt{999}} = 3068{,}944\,Hz$$

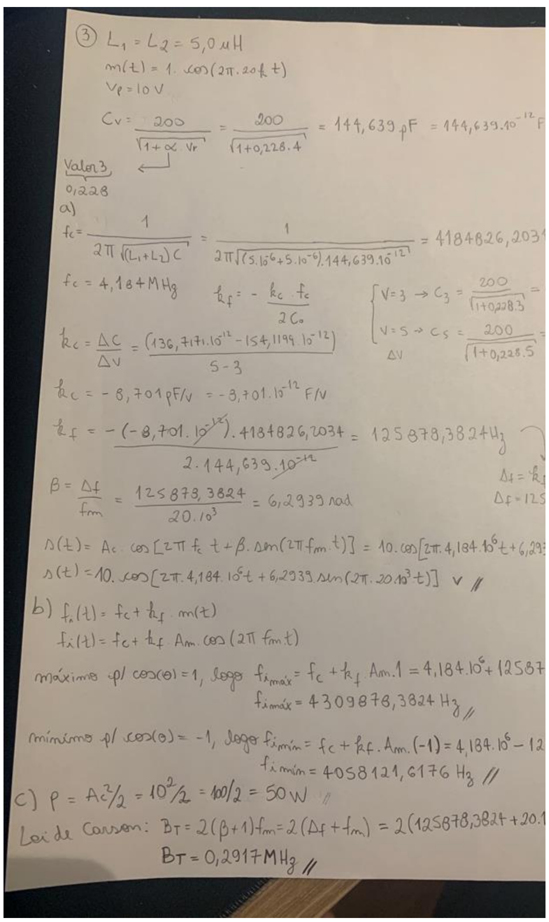
3) O circuito abaixo representa um modulador em frequência pelo método direto, onde $L_1 = L_2 = 5{,}0\ \mu H$. O sinal $m(t) = 1.\cos(2\pi.20k.t)$ é aplicado à entrada do circuito. Sabe-se que o sinal modulado apresenta amplitude de 10 V de pico. O varicap tem uma capacitância de junção, C_V (em pF),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

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



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).



③ $L_1 = L_2 = 5{,}0\,\mu H$

$m(t) = 1.\cos(2\pi.20k\,t)$

$V_p = 10\,V$

$C_v = \dfrac{200}{\sqrt{1+\alpha\, V_r}} = \dfrac{200}{\sqrt{1+0{,}228.4}} = 144{,}639\,pF = 144{,}639.10^{-12}\,F$

Valor 3

0,228

a)

$f_c = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{(5.10^{-6}+5.10^{-6}).144{,}639.10^{-12}}} = 4184826{,}203$

$f_c = 4{,}184\,MHz$

$k_f = -\dfrac{k_c\,.\,f_c}{2C_0}$

$V=3 \rightarrow C_3 = \dfrac{200}{\sqrt{1+0{,}228.3}} =$

$V=5 \rightarrow C_5 = \dfrac{200}{\sqrt{1+0{,}228.5}} =$

ΔV

$k_c = \dfrac{\Delta C}{\Delta V} = \dfrac{(136{,}7171.10^{-12} - 154{,}1199.10^{-12})}{5-3}$

$k_c = -8{,}701\,pF/V = -8{,}701.10^{-12}\,F/V$

$k_f = -\dfrac{(-8{,}701.\cancel{10^{-12}}).4184826{,}2034}{2.144{,}639.\cancel{10^{-12}}} = 125878{,}3824\,Hz$

$\Delta f = k_f$

$\Delta f = 125$

$\beta = \dfrac{\Delta f}{f_m} = \dfrac{125878{,}3824}{20.10^3} = 6{,}2939\,rad$

$s(t) = A_c\,.\cos[2\pi f_c\,t + \beta.\mathrm{sen}(2\pi f_m\,t)] = 10.\cos[2\pi.4{,}184.10^6 t + 6{,}29$

$s(t) = 10.\cos[2\pi.4{,}184.10^6 t + 6{,}2939.\mathrm{sen}(2\pi.20.10^3 t)]$ V //

b) $f_i(t) = f_c + k_f\,.\,m(t)$

$f_i(t) = f_c + k_f\,.\,A_m.\cos(2\pi f_m t)$

máximo p/ $\cos(\theta) = 1$, logo $f_{i\,máx} = f_c + k_f\,.A_m.1 = 4{,}184.10^6 + 12587$

$f_{i\,máx} = 4309878{,}3824\,Hz$ //

mínimo p/ $\cos(\theta) = -1$, logo $f_{i\,mín} = f_c + k_f\,.A_m.(-1) = 4{,}184.10^6 - 12$

$f_{i\,mín} = 4058121{,}6176\,Hz$ //

c) $P = A_c^2/2 = 10^2/2 = 100/2 = 50\,W$ //

Lei de Carson: $B_T = 2(\beta+1)f_m = 2(\Delta f + f_m) = 2(125878{,}3824 + 20.1$

$B_T = 0{,}2917\,MHz$ //

d)