

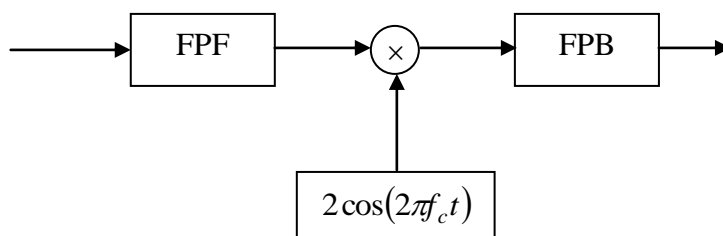
TE – 060: PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÃO
PROF: EVELIO M. G. FERNÁNDEZ

LISTA DE EXERCÍCIOS Nº. 2

1 – Um sinal AM convencional é dado por $s_{AM}(t) = A_c [1 + k_a m(t)] \cos(2\pi f_c t)$ quando o sinal modulador $m(t)$ é um tom senoidal, isto é, $m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$, onde $f_m \ll f_c$. Define-se o índice de modulação μ como $\mu = k_a A_m$.

- Considerando $A_m = 1$ mV, encontre o máximo valor de k_a que permite demodular este sinal AM usando um detector de envoltória.
- Para o valor de k_a obtido no item (a), encontre a parcela da potência total que está sendo usada para transmitir a faixa lateral superior do sinal AM (supor que a potência esteja sendo dissipada por uma carga de 1Ω).
- Quais os valores máximo e mínimo do sinal $s_{AM}(t)$ quando o índice de modulação é $\mu = 50\%$?
- Esboce o sinal modulado considerando que o índice de modulação é aquele do item (c).

2 – Considere que um sistema de modulação AM-DSB/SC sofre interferência de um sistema AM-SSB/SC. O sinal à entrada do demodulador DSB (mostrado na figura abaixo), correspondente à transmissão desejada é, $s(t) = a \cos(2\pi f_a t) \cos(2\pi f_c t)$ onde $f_a = 1$ kHz; $f_c = 1$ MHz, e o sinal interferente é $s_I(t) = y(t) \cos(2\pi f_c t) - \hat{y}(t) \sin(2\pi f_c t)$, onde $y(t) = b \cos(2\pi f_b t)$ com $f_b = 0.5$ kHz e $f_c = 1$ MHz (O FPF à entrada do demodulador e o FPB são ideais e ambos têm largura de banda $B = 8$ kHz).



- Calcule a relação $RSI_i = P_s / P_I$ entre a potência P_s do sinal desejado e a potência P_I do sinal interferente, medidas na saída do FPF, considerando $a = b$.
- Calcule a relação $RSI_o = P_d / P_{dI}$ entre a potência P_d do sinal desejado e a potência P_{dI} do sinal interferente, medidas na saída do demodulador, considerando $a = b$.

3 – Suponha um sinal $x(t)$ com transformada de Fourier,

$$X(f) = \frac{1}{400} \Pi\left(\frac{f - f_c}{200}\right) + \frac{1}{400} \Pi\left(\frac{f + f_c}{200}\right)$$

onde $f_c \gg 1000$ Hz.

- Determine os sinais passa-baixas $x_1(t)$ e $x_2(t)$ tais que,

$$x(t) = x_1(t) \cos(2\pi f_c t) - x_2(t) \sin(2\pi f_c t)$$

- Supor que $x(t)$ seja filtrado por um filtro com função de transferência,

$$H(f) = \begin{cases} 1, & |f| \leq f_c \\ 0, & |f| > f_c \end{cases}$$

Seja a saída deste filtro $y(t) = h(t) * x(t)$. Encontre os sinais reais $y_I(t)$ e $y_Q(t)$ tais que,

$$y(t) = y_I(t)\cos(2\pi f_c t) - y_Q(t)\sin(2\pi f_c t)$$

4 – Um transmissor AM-DSB convencional irradia 10 kW de potência com portadora não modulada e 10,125 kW quando modulado por um sinal senoidal.

- Determine o índice de modulação em amplitude.
- Se um segundo sinal com índice de modulação de 40% é adicionado ao primeiro, sendo os dois transmitidos simultaneamente, qual será a potência de sinal irradiada?

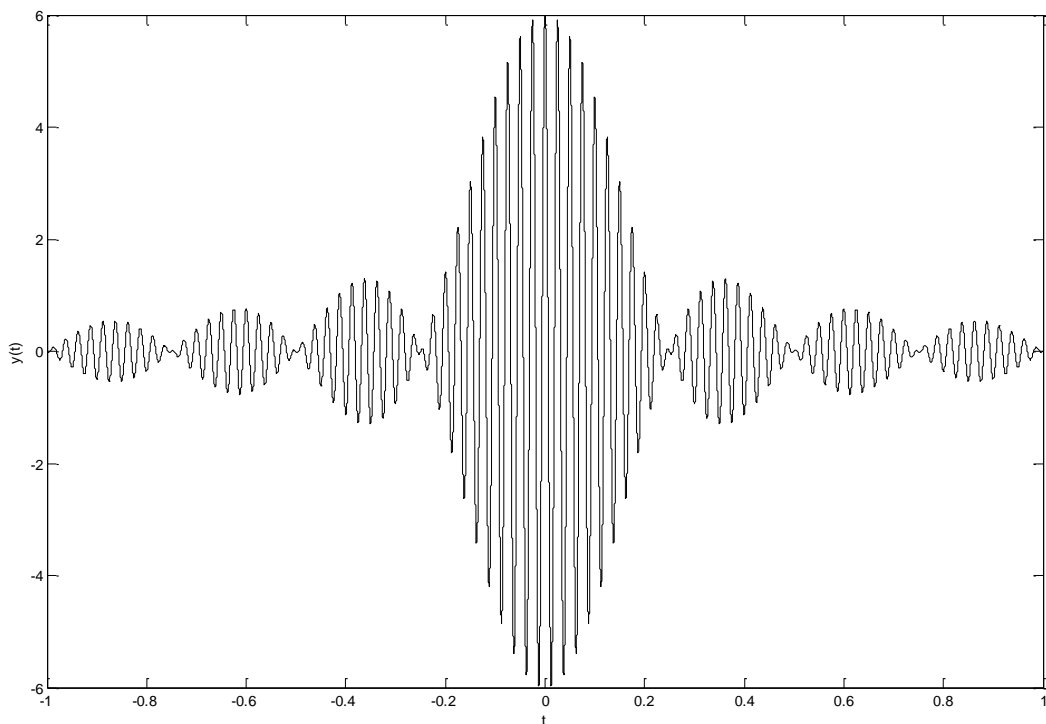
5 – Num modulador AM-DSB convencional aplica-se um sinal modulador senoidal de 1 kHz com 8,5 V de amplitude e uma portadora de 1 MHz com 50V de amplitude, obtendo-se um sinal modulado com índice de modulação $\mu = 85\%$.

- Represente graficamente o sinal modulado, no domínio do tempo e no domínio da frequência, indicando os valores significativos de tempo, frequência e tensão.
- Qual a potência dissipada pelo sinal AM sobre uma resistência de 50 Ω ?
- Qual a amplitude máxima admissível para o sinal modulador para que não ocorra sobremodulação?
- Represente graficamente no domínio do tempo, o sinal modulado com $\mu = 120\%$.

6 – A corrente na antena de um transmissor AM é de 8A quando somente é transmitida a portadora, e aumenta para 8,93A quando a portadora é modulada por um tom senoidal. Calcule o índice de modulação. Calcule a corrente na antena quando a portadora for modulada com $\mu = 80\%$.

7 – A figura abaixo mostra um sinal passa-faixa $y(t)$. Assuma que a forma de onda que somente está mostrada entre -1 e 1 continua nos dois sentidos.

- Diga se $y(t)$ é um sinal AM ou FM.
- Determine a energia do sinal $y(t)$.
- Determine o índice de modulação e a largura de banda do sinal $y(t)$.



8 – Um sinal com modulação DSB-SC, $y(t) = A_c m(t) \cos(2\pi f_c t)$, é o sinal presente na entrada de um demodulador coerente cujo oscilador local gera o sinal $\cos(2\pi f_c t + \theta)$. A potência do sinal DSB é denotada por P_Y e a potência na saída do demodulador coerente por P_{out} . Faça um gráfico (com ajuda do MATLAB) da relação P_Y/P_{out} em função de θ para $0 \leq \theta \leq \pi$.

9 – Problemas 2.2, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.16, 2.18 do Haykin.

10 – Uma portadora de frequência 1 MHz e amplitude 3V é modulada em frequência por um tom senoidal de 500 Hz e amplitude 1V. O desvio de frequência do modulador é de 1 kHz.

a) Se o nível do sinal modulador passa a ser de 5V e a sua frequência de 2 kHz, escreva a expressão do novo sinal FM.

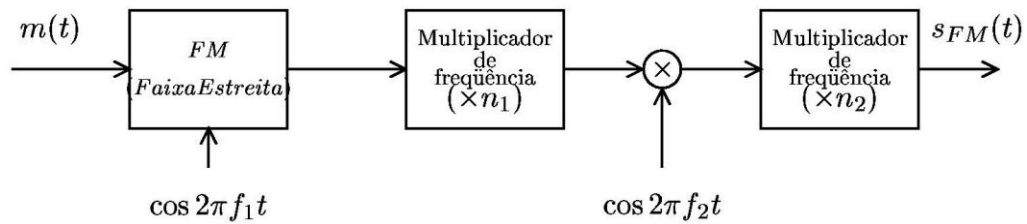
b) Determine a largura de banda do sinal modulado nas duas situações descritas.

11 – O desvio de frequências de 75 kHz de um sinal FM é obtido com um sinal modulador senoidal de amplitude unitária. Suponha que a mesma portadora é modulada em FM por um outro sinal senoidal de amplitude igual a 80% do valor do primeiro sinal e de frequência 15 kHz. O sinal FM obtido é aplicado a um filtro passa-banda ideal de largura de banda $B = (2\beta + 1)f_m$, onde β é o índice de modulação. Qual fração da potência do sinal modulado é deixada passar por esse filtro?

12 – Considere um sistema FM em que $\Delta f = 90$ kHz e $f_m = 15$ kHz. Calcule a largura de banda de transmissão necessária de forma a incluir 95% da potência na banda ocupada pelo sinal FM.

13 – O modulador mostrado na figura é usado para transmitir sinais de áudio, $m(t)$, na faixa ($50\text{Hz} \leq f \leq 15\text{kHz}$). Quando $m(t) = A_m \cos 2\pi(50)t$ o índice de modulação do sinal FM na

saída do modulador de faixa estreita é 0,5. Na saída do modulador a frequência da portadora é, nesta situação, 100 MHz e o desvio de frequência 500 kHz (considere $f_1 = 0,1\text{MHz}$).



- Especifique valores apropriados para n_1 , n_2 e f_2 para que os valores acima sejam obtidos.
- Determine a banda ocupada pelo sinal modulado $s_{FM}(t)$ quando o sinal modulador é $m(t) = A_m \cos 2\pi(15000)t$.
- Para o sinal modulador acima, encontre a potência da componente espectral do sinal modulado situada na frequência da portadora.

14 – Um modulador FM tem uma sensibilidade de frequência de 4 MHz/V. Na ausência de sinal modulador temos na saída um sinal senoidal de 100 MHz com 2V de amplitude. Se aplicarmos à entrada desse modulador um sinal senoidal de 1 MHz:

- Qual a máxima amplitude que esse sinal pode ter de modo a que a largura de banda ocupada, pelo critério de Carson, não exceda 10 MHz?
- Para esse sinal modulador de amplitude máxima, entre que limites máximo e mínimo varia a frequência instantânea do sinal FM?
- Qual o índice de modulação angular nessa condição?
- Qual o valor, em dBm, da potência média dissipada pelo sinal FM sobre uma resistência de 150 Ω, nessa condição?

15 – Um sinal modulado em fase (PM) com sinal modulador senoidal tem espectro de amplitude com raias de 5,2 V de amplitude nas frequências 199 e 201 kHz; 4,3 V em 198 e 202 kHz; 2,0 V em 197 e 203 kHz; 0,6 V em 196 e 204 kHz; 0,2 V em 195 e 205 kHz.

- Qual a frequência da portadora?
- Qual a frequência do sinal modulador?
- Se, mantendo-se constante a amplitude do sinal modulador, é alterada sua frequência para o dobro do valor original, como ficará o espectro de amplitude do sinal PM nessa nova condição? Represente-o graficamente indicando valores significativos.

16 – Um sinal FM modulado por um tom senoidal possui os seguintes parâmetros:

$$f_m = 1,5 \text{ kHz}$$

$$\Delta f = 3 \text{ kHz}$$

$$A_c = 5 \text{ V}$$

- Represente graficamente o espectro deste sinal considerando a largura de banda segundo a regra de Carson.

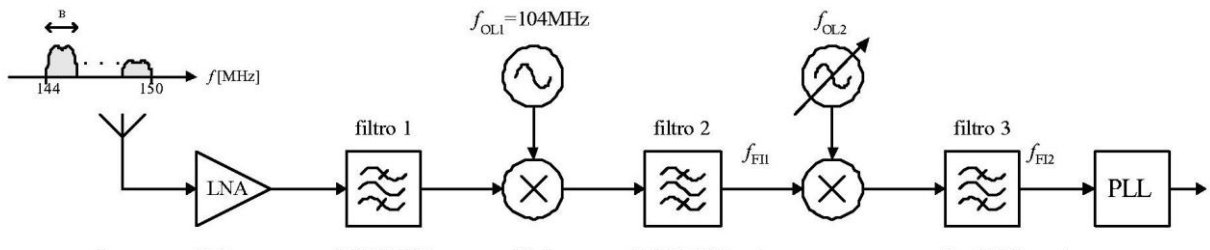
17 – O sinal $m(t) = 2 \cos 2\pi(50)t$ Volts é o sinal modulador contido num sinal de radiofrequência da forma:

$$x(t) = 5 \cos[2\pi f_c t + \Delta_\phi m(t)] \text{ Volts}$$

onde $\Delta_\phi = \pi \text{ rad/V}$ e $f_c = 100 \text{ kHz}$.

- Que tipo de modulação se trata e qual a potência deste sinal em radiofrequência?
- Qual a frequência instantânea deste sinal em $t = 15 \text{ ms}$?

18 – O diagrama seguinte representa um receptor de canais FM, para a banda de 144 MHz a 150 MHz. O bloco LNA representa o amplificador de RF de baixo ruído (*low-noise amplifier*). A demodulação é feita pelo método indireto no bloco PLL. A frequência central do filtro n.º 3 é de 5 MHz e sua banda de passagem 1 MHz.



- Determine a banda passante dos filtros 1 e 2 e a banda de frequências imagem.
- Determine a faixa de frequências do oscilador local OL2, de modo a sintonizar todos os canais.

19 – Um tom de amplitude 2V e frequência 5,8 kHz modula em amplitude uma portadora de 5V, sendo transmitida a portadora e as bandas laterais. Sabendo que a densidade espectral de potência de ruído na entrada do detector é $0,1 \mu\text{W/Hz}$, determine a relação sinal ruído na saída do detector coerente. A largura de banda do receptor é 10 kHz. Considere $\mu = 1$.

20 – Um sinal de mensagem com amplitude normalizada ($|m(t)| \leq 1 \text{ V}$) tem 8 kHz de largura de banda e potência média 0,5 W. Deseja-se transmitir este sinal através de um canal com 60 kHz de largura de banda e atenuação de 40 dB. O canal é Gaussiano com $\frac{N_0}{2} = 10^{-12}$. Será utilizado um esquema de modulação FM.

- Para que a SNR na saída do discriminador de frequências seja de no mínimo 60 dB, qual deve ser a mínima potência a ser transmitida e qual o valor correspondente do coeficiente de desvio de frequências?
- Se forem utilizados filtros de pré-ênfase e deênfase com constante de tempo de $75 \mu\text{s}$, como se altera a resposta do item anterior?

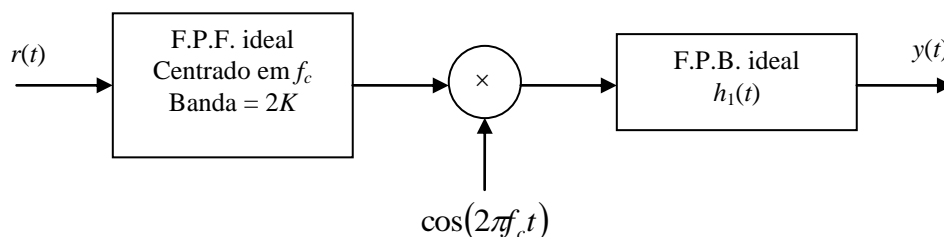
21 – Um transmissor irradia um sinal AM-DSB (convencional) com índice de modulação de 45% quando modulado por um tom senoidal de 15 kHz, produzindo uma SNR de 40 dB na saída de um receptor por detector de envoltória que dista 3 km do transmissor. Se o transmissor for comutado para FM, irradiando a mesma potência total e com um desvio máximo de frequência de 60 kHz, determine a que distância se deve encontrar um receptor FM para apresentar na saída uma SNR igual à do sistema AM-DSB. Assuma que a densidade espectral de potência de ruído na entrada dos receptores é a mesma e que a potência recebida decresce com o quadrado da distância ao transmissor.

22 – Considere que o sinal de mensagem $m(t) = \text{sinc}(5t)$ modula em amplitude a portadora $15\cos(2\pi f_c t)$ sendo transmitido o sinal,

$$x(t) = 15\text{sinc}(5t)\cos(2\pi f_c t)$$

- a) Determine (em qualquer ordem)
- A potência de $x(t)$.
 - A energia de $x(t)$.
 - $X(f)$, a Transformada de Fourier de $x(t)$.
 - Esboce $X(f)$.
 - A largura de banda de $x(t)$.

O sinal recebido, $r(t) = x(t) + W(t)$, onde $W(t)$ é um processo de ruído branco Gaussiano de média zero e densidade espectral de potência $S_w(f) = \frac{N_0}{2}$, é a entrada do seguinte receptor:



onde $h_1(t)$ tem uma resposta em frequência dada por:

$$H_1(f) = \begin{cases} 1, & |f| \leq K \\ 0, & \text{fora} \end{cases}$$

e K é a largura de banda de $m(t)$.

- b) Caracterize o componente de sinal de $y(t)$ no domínio da frequência (utilize a ferramenta de domínio da frequência adequada para este tipo de sinal). Determine a potência do componente de sinal de $y(t)$.
- c) Caracterize o componente de ruído de $y(t)$ no domínio da frequência (utilize a ferramenta de domínio da frequência adequada para este tipo de sinal). Determine a potência do componente de sinal de $y(t)$.

RESPOSTAS

- 1 – a) $k_a = 1000 \text{ V}^{-1}$ b) $P_{USB} = \frac{1}{6} P_T$ c) $A_{\max} = 1,5A_c$, $A_{\min} = 0,5A_c$
- 2 – a) $RSI_i = 0,5$ b) $RSI_o = 1$
- 3 – a) $x_I(t) = \text{sinc}(200t)$, $x_Q(t) = 0$ b) $y_I(t) = \text{sinc}(200t)$, $y_Q(t) = -\text{sinc}(100t)\sin(2\pi 50t)$
- 4 – a) $\mu = 0,1581$ b) $P_T = 10,925 \text{ kW}$
- 5 – b) $P_T = 34,03 \text{ W}$ c) $A_m = 10 \text{ V}$
- 6 – $\mu = 0,701$, $I = 9,19 \text{ A}$
- 7 – b) $E = 4,5 \text{ J}$ c) $\mu = \infty$, $B = 4 \text{ Hz}$
- 8 –

