UNIDAD 4

4.1 - $\phi_{FM} = E_c \operatorname{sen} \varphi_i = E_c \operatorname{Sen}(w_c t + K \int f(t)\, dt)$

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = w_i = w_c + K \cdot f(t)$$

$$\varphi_i = \int w_i\, dt = w_c t + k \int f(t)\, dt.$$

4.2

$$f(t) = E_m \operatorname{Sen} w_m t$$

$$\phi_{FM} = E_c \operatorname{Sen} \varphi_i = E_c \operatorname{Sen}(w_c t - m_f \cos w_m t)$$

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = w_i = w_c + K\, E_m \operatorname{Sen} w_m t$$

$K\, E_m = \Delta w_c$ (desviación en fase)

$$\varphi_i = \int w_i\, dt = w_c t - \frac{\Delta w_c}{w_m} \cos w_m t$$

$\frac{\Delta w_c}{w_m} = m_f$ (índice de modulación)

4.3 A) $10 \cos(200\pi t + \frac{\pi}{3}) \Rightarrow \frac{200\pi}{2\pi} = 100\ Hz.$ $\quad w = 2\pi f.$

B) $10 \cos(20\pi t + \frac{\pi}{3}) \Rightarrow \frac{20\pi}{2\pi} = 10\ Hz.$

4.4 $\phi_{FM} = 10 \cos(10^8 \pi t + 5 \operatorname{Sen} 2\pi\, 10^3 t)$

A) - $f_c = \frac{w_c}{2\pi} = \frac{10^8 \pi}{2\pi} = \frac{1}{2} 10^8 = 0{,}5 \cdot 10^8\ Hz.$

4.5

A) - $e_m(t) = 20\,V \cdot \operatorname{Sen} 2\pi\, 10^4 t$.

B) - $e_c(t) = 20\,V \cdot \operatorname{Sen} 2\pi\, 10^5 t$.

C) - $\Delta f_c = m_f \cdot f_m = k \cdot E_m = 1 \frac{kHz}{V} \cdot 20\,V = 20\,kHz$.

D) - $m_f = \frac{\Delta f_c}{f_m} = \frac{20\,kHz}{10\,kHz} = 2$.

E) $f_{max} = f_c + \Delta f_c = 100k + 20k = 120k\,Hz$.

$f_{min} = f_c - \Delta f_c = 100k - 20k = 80\,kHz$.

$\omega_c t - \frac{\Delta f_c}{f_m} \cdot \cos \omega_m t$

F) $\phi_{FM} = 20 \left[\operatorname{Sen} 2\pi\, 10^5 t - 2 \cos 2\pi\, 10^4 t \right]$

G) $P_T = \frac{E_c^2}{2 Z_L} = \frac{20^2}{2 \cdot 50} = \frac{400}{100} = 4\,W$

bandas laterales.

H) $B_{FM} = 2\, n \cdot f_m = 2 \cdot 4 \cdot 10\,kHz = 80\,kHz$ (Bessel)

I) $B_{FM} = 2(m_f + 1) f_m = 2(2+1) \cdot 10\,kHz = 60\,kHz$ (Carson)

$2(\Delta f_c + f_m) = 2(20k + 10k) = 60\,kHz$.

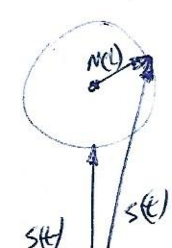
4.6

canal.

$s(t) \longrightarrow (+) \longrightarrow s(t) + N(t)$

$N(t)$

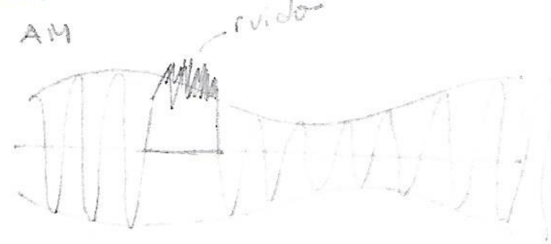
Modula en Amplitud y fase



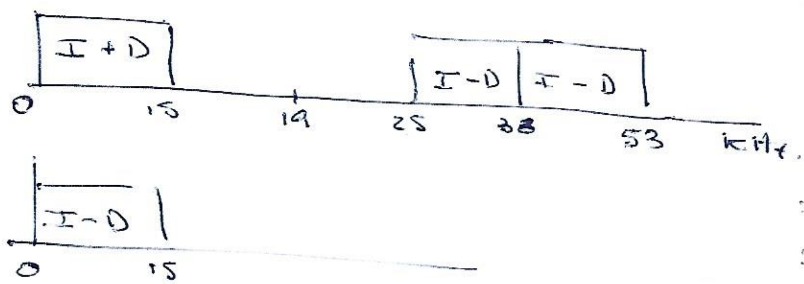
4.7 En los 2 casos varía la amplitud y la fase

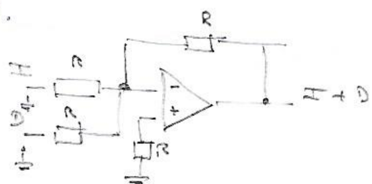
La solución es transmitir con mas potencia.

La S/N disminuye.

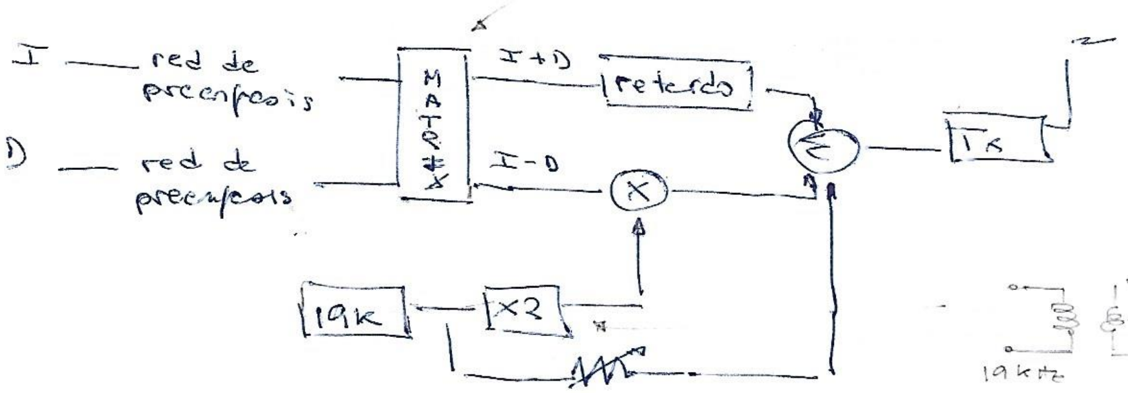


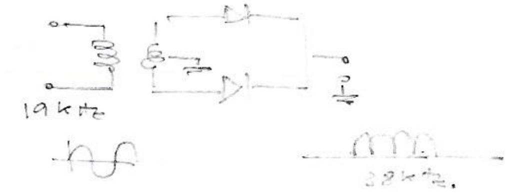
4.11-12



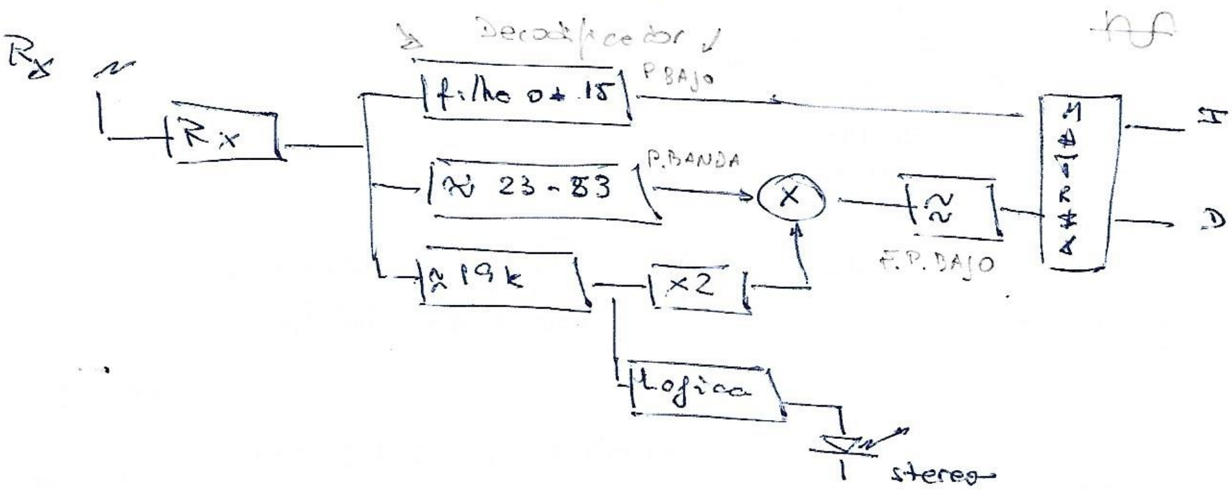


Tx





Rx



4.10 (88-108) MHz.

B = 15 kHz.

la real $2(\Delta fc + B) = 2(75 + 53) = 256$ kHz.

4.13

$$FI_{min} = \frac{108-88}{2} = 10\ MHz$$

$$10\ MHz + K = 10{,}7\ MHz$$

4.14

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot 75 \cdot 10^{-12}}} \qquad \omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi \cdot 90\ MHz)^2 \cdot 75\ 10^{-12}} = \underline{4{,}16\ 10^{-8}\ Hy}$$

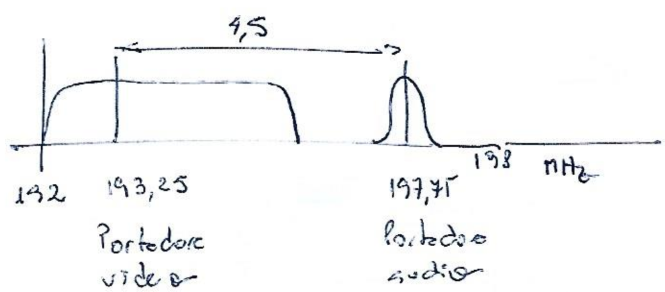
$L = 4{,}16\ 10^{-8}\ Hy$ — $90\ MHz$ < $+75\ kHz$ / $-75\ kHz$

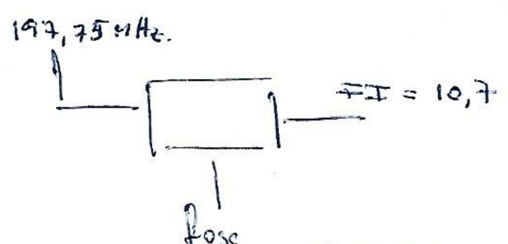
$C = 75\ pF$

$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{\left[2\pi \cdot (90\ 10^6 + 75\ 10^3)\right]^2 \cdot 4{,}16\ 10^{-8}\ Hy} = \underline{75{,}047\ pF}$$

4.15

Canal 10





$(88-108)\ MHz$ por 2ª armonica del osc. local del R_x

$$\frac{197{,}85 \pm 10{,}7}{2} \begin{cases} 104{,}225 \\ 93{,}525 \end{cases}$$

f. del osc

$f_{OL} = f_{sint} \pm FI$

$f_{sintonia} = 104{,}225 \pm 10{,}7$ < $114{,}925$ / $93{,}525$ *

$93{,}525 \pm 10{,}7$ < $104{,}225$ * / $82{,}825$

* estas son detectadas

4.16

$$\frac{f_{max} - f_{min}}{2} + k = \frac{108 - 88}{2} + 0{,}7 = 10{,}7\ MHz.$$

A) - $f_{osc} = f_{sintonia} \pm FI = 100 + 10{,}7 = 110{,}7\ MHz.$

B) - $f_{imagen} = f_{sintonia} \pm 2\,FI = 100 \pm 2 \cdot 10{,}7$ < 121,4 MHz / 78,6 MHz.

c) $B_{RF} = 200\ KHz$
$B_{FI} = 200\ kHz$
$B_{AF} = 15\ kHz.$
} por Norma

4.19

A - $e_m(t) = 10.V.\ Sen\ 2\pi\, 10^4\, t$

B - $e_c(t) = 10\,V\ Sen\ 2\pi\, 10^7\, t$

C - $\Delta f_c = m_f \cdot f_m \Rightarrow m_f = \frac{\Delta f_c}{f_m} = \frac{40\,kHz}{10\,kHz} = 4. \Rightarrow J_7$

$$e_{FM} = E_c(Sen\,\omega_c t - m_f \cos \omega_m t) = 10(Sen\ 2\pi\, 10^7 t - 4.\cos 2\pi\, 10^4 t)$$

$$e_{FM} = E_c\left[J_0(m_f)\,Sen\,\omega_c t - J_1(m_f)\cos(\omega_c \pm \omega_m)t - J_2(m_f)\,Sen(\omega_c \pm 2\omega_m)t + J_3(m_f)\cos(\omega_c \pm 3\omega_m)t\right.$$
$$+ J_4(m_f)\,Sen(\omega_c \pm 4\omega_m)t - J_5(m_f)\cos(\omega_c \pm 5\omega_m)t + J_6(m_f)\,sen(\omega_c \pm 6\omega_m)t +$$
$$J_7(m_f)\cos(\omega_c \pm 7\omega_m)t.$$

$$e_{FM} = 10V\left[(-0{,}4)\ sen\ 2\pi\,10^7 t - (-0{,}07)\cdot \cos 2\pi(10^7 \pm 10^4)t - 0{,}36.\ Sen\,2\pi(10^7 \pm 2.10^4)t + 0{,}43.\ \cos 2\pi\right.$$
$$(10^7 \pm 3\,10^4)t + 0{,}28.\ Sen\,2\pi(10^7 \pm 4.10^4)t - 0{,}13..\cos 2\pi(10^7 \pm 5\,10^4)t - 0{,}05.\ .sen\ 2\pi$$
$$(10^7 \pm 6\,10^4)t + 0{,}02..\cos 2\pi(10^7 \pm 7\,10^4)t.$$

$$= -4\ sen\ 2\pi\,10^7 t + 0{,}7\cos 2\pi(10^7 \pm 10^4)t - 3{,}6\ Sen\,2\pi(10^7 \pm 2\,10^4)t + 4{,}3\cos 2\pi(10^7 \pm 3\,10^4)t$$
$$+ 2{,}8\ Sen\,2\pi(10^7 \pm 4\,10^4)t - 1{,}3.\cos 2\pi(10^7 \pm 5\,10^4)t - 0{,}5\ Sen\ 2\pi(10^7 \pm 6\,10^4)t +$$
$$0{,}2\cos 2\pi(10^7 \pm 7\,10^4)t.$$

E) $P_c = \frac{(J_0\, m_f\, E_c)^2}{2 Z_L} = \frac{((-0{,}4) \cdot 4 \cdot 10)^2}{2 \cdot 50\Omega} = \underline{2{,}56\ W}$

F) $P_c = \frac{(J_0\, m_f\, E_c)^2}{2 \cdot Z_L}$ si no modulo $\Rightarrow J_0 = 1$ $\therefore$ $P_c = \frac{(1 \cdot 4 \cdot 10)^2}{2 \cdot 50\Omega} = \underline{16\ W}$

otros.

$B_{FM\,Bessel} = 2n \cdot f_m = 2 \cdot 7 \cdot 10^4 t = \underline{140\ kHz}$

$B_{FM\,Carson} = n = m_f + 1 = 4 + 1 = 5$

$2 \cdot 5 \cdot 10^4 t = \underline{100\ kHz}$ Cuantas potencia tengo en 100kHz

---

4.18

5MHz $\Rightarrow$ 50MHz

$\Delta f_c = 4$kHz. 40kHz.

5MHz $\longrightarrow \boxed{\times 10} \longrightarrow$ 50MHz.

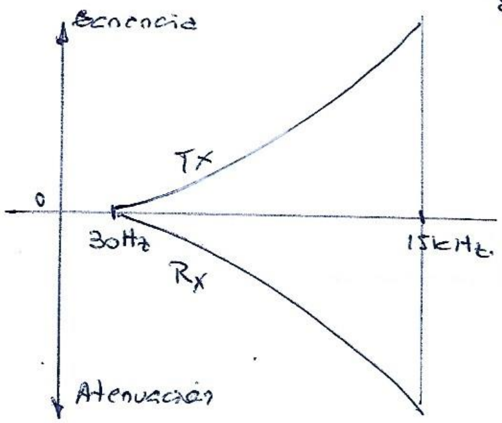
Δf_c 4kHz $\longrightarrow \boxed{\times 10} \longrightarrow$ 40kHz.

4.7 bis

En AM gran parte de las señales de ruido pueden eliminarse si se colocan en el Rx filtros supresores de ruido cuya misión es silenciar al receptor cuando la portadora presente variaciones bruscas de nivel o cuando la frecuencia de la información supere los 4kHz por entenderse que estas señales corresponden a ruidos indeseados

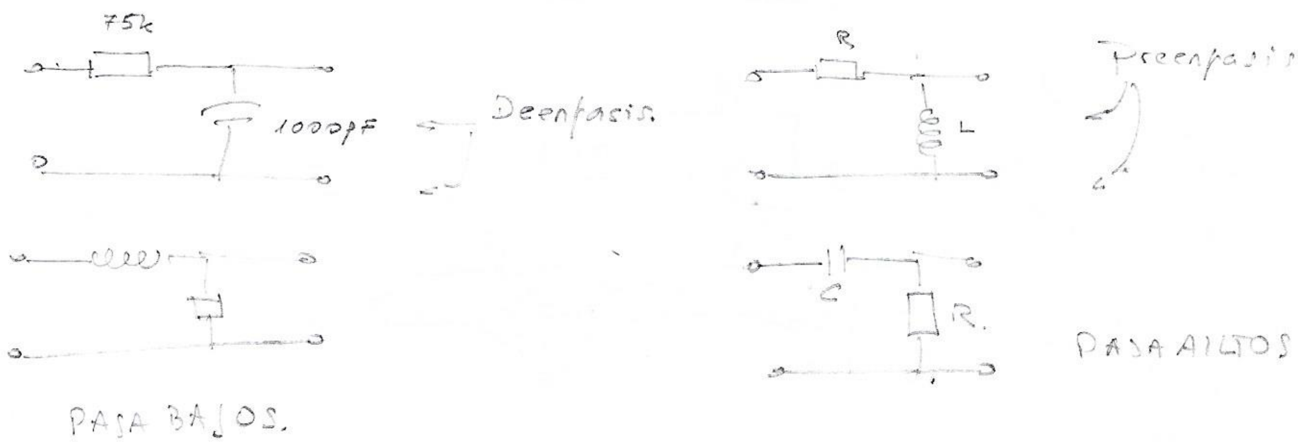
En FM la amplitud de la portadora permanece constante durante la Tx, en el receptor el circuito limitador de amplitud evita las sobremodulaciones que el ruido provoca en la amplitud.

4.8



En altas frec. de la modulante el mf será pequeño, se trata de aumentar la ganancia de las altas frec. en la Tx p/compensar el bajo mf; proceso que se denomina "pre-énfasis" que permite incrementar la potencia de energía correspondiente a las señales de altas frec. En el Rx deberá haber un proceso inverso denominado "de-énfasis". La frec. máxima que puede transmitirse es de 15 kHz. Si $m_f = \frac{\Delta F}{f_m} = \frac{75\,kHz}{15\,kHz} = \underline{5}$

El ΔF no será constante y aumentará en la medida que crezca la frec. de la información p/tratar de mantener uniforme el índice de modulación.



4.20

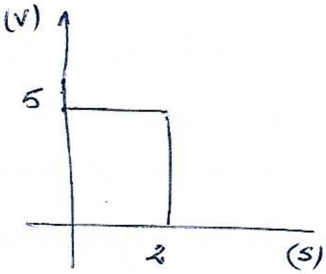
$\phi_{FM} = E_c . \operatorname{Sen} \varphi_i$

$\frac{d\varphi_i}{dt} = w_i = w_c + k\, f(t)$

$\varphi_i = w_c t + k \int f(t)\, dt.$

$\phi_i = E_c . \operatorname{Sen}(w_c t + k \int f(t).dt)$

$\phi_i = 40 \operatorname{Cos}\left[2\pi\, 10^4 t + 2\pi k \int m(t)\, dt\right]$



$K E_m = \Delta w_c$

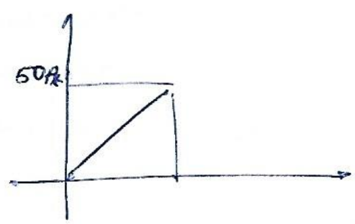
$V(t) = 40 \operatorname{Cos}\left[2\pi 10^4 t + 2\pi k \int_0^T m(t) dt\right]$

$K = 10 \frac{Hz}{V.}$ $\Delta f_c = 50 Hz.$

$= 2\pi\, 10^4 t + 2\pi k \int_0^2 5\, dt = 2\pi\, 10^4 t + 10\pi\, 10 \int_0^2 dt.$

A) $\phi_i = 2\pi\, 10^4 t + 200\pi$

B) $\Delta f_c = E. K = 5V. 10 \frac{Hz}{V} = 50 Hz.$

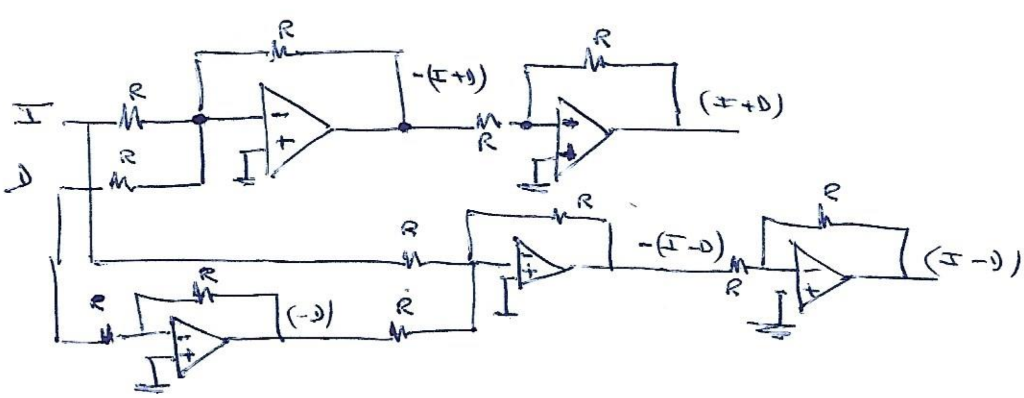


c) $f_{max} = f_c + \Delta f_c = 10K. + 50 Hz.$

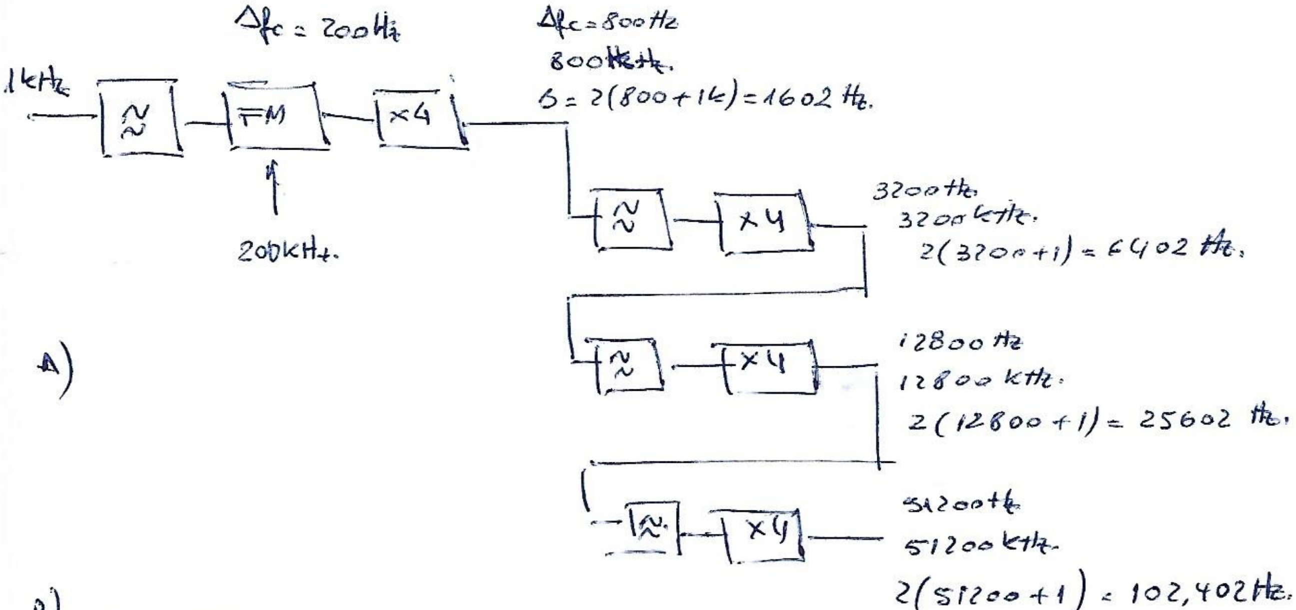
$f_{min} = f_c - \Delta f = 10k - 50 Hz$

D) $P_T = \frac{E_c^2}{2 Z_2} = \frac{40^2}{2.1\Omega.} = 800 W$

4.24



4.23

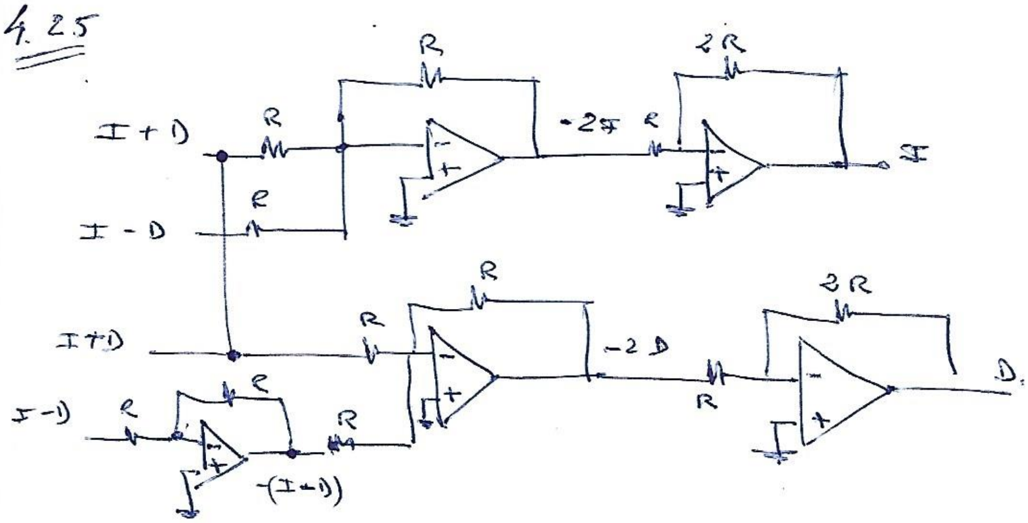


A)

B) 51,2 MHz.

1602 Hz
6402 Hz
25602 Hz.
102402 Hz.

4.25



FM

Ejemplos. p/ dos

pág 236. Determine la desviación de frec Δf y el índice de modulación p/ un modulador de FM con una sensibilidad de desviación $k = 5\ kHz/V$ y una señal modulante $V_m(t) = 2 \cos 2\pi\, 2000 t$.

$$\Delta f = k \cdot E_m = \frac{5 kHz}{V} \cdot 2V = 10 kHz.$$

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{10 kHz}{2000 Hz} = 5.$$

---

pág 242 Para un modulador de FM con una desviación de frec pico $\Delta f = 10 kHz$ una $f_m = 10 kHz$, $V_c = 10 V$ y una $f_c = 500 kHz$ Determine

A) mínimo ancho de banda real empleando la función Bessel

B) " " " " aproximado empleando Carson

C) gráfica de espectro.

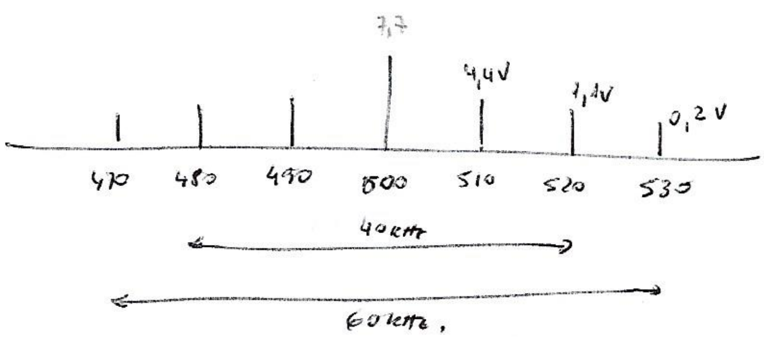
A) $m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{10 kHz}{10 kHz} = 1 \Rightarrow$ 3 bandas laterales.

$$B = 2 . n . f_m = 2 . 3 . 10 kHz = 60 kHz.$$

$J_0 = 0,77$
$J_1 = 0,44$
$J_2 = 0,11$
$J_3 = 0,02$

B) $B = 2(\Delta f + f_{m\,max}) = 2 . 10k . 10 kHz = 40 kHz.$

C)



$J_0 . V_c = 0,77 . 10 = 7,7V$
$J_1 = 4,4V$
$J_2 = 1,1V$
$J_3 = 0,2V$

pag 240 Para un modulador de FM con $m = 1$ una señal modulante.

$E_m(t) = V_m \, sen(2\pi \, 1000 t)$ y una $E_c(t) = 10 \, sen(2\pi \, 5 \cdot 10^5 t)$ Determine

A) Nº de bandas laterales

B) sus amplitudes

C) espectro.

D) potencia de portadora no modulada

E) potencia total

A) $m = 1 \Rightarrow$ 3 bandas laterales

$J_0 = 0{,}77$

$J_1 = 0{,}44$

$J_2 = 0{,}11$

$J_3 = 0{,}02$

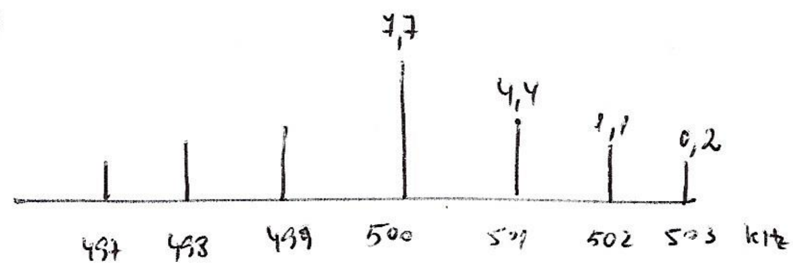
B) $J_0 \cdot E_c = 0{,}77 \cdot 10 = 7{,}7 V$

$J_1 \quad 0{,}44 \cdot 10 = 4{,}4 V$

$J_2 \quad 0{,}11 \cdot 10 = 1{,}1 V$

$J_3 \quad 0{,}02 \cdot 10 = 0{,}2 V$

C)



D) $P_T = \frac{E_c^2}{2 Z_c} = \frac{10V^2}{2 \cdot 50\Omega} = 1 W$ cuando no modula

E) $P_C = \frac{[J_0(mf) \, E_c]^2}{2 Z_c} = \frac{(0{,}77 \cdot 10)^2}{2 \cdot 50} = 0{,}59 W$

$P_{2BL1} = \frac{J_1^2(mf) 2 \cdot P_T}{} = \frac{0{,}44^2 \cdot 1W \cdot 2}{} = 0{,}38 W$

$P_{2BL2} = \frac{J_2^2(mf) 2 P_T}{} = \frac{0{,}11^2 \cdot 1W \cdot 2}{} = 0{,}024 W$

$P_{2BL3} = \frac{J_3^2(mf) 2 P_T}{} = \frac{0{,}02^2 \cdot 1W \cdot 2}{} = 0{,}0008 W.$

$+ \quad 0{,}9948 W \approx 1 W$

pag 268 ejemplo 6.7

Para un modulador de FM con $m = 2$, señal modulante $V_m(t) = V_m \, sen \, 2\pi \, 2000 t$. y una portadora $V_c(t) = 8 \, sen \, 2\pi \cdot 800 kHz \, t$. Determinar.

A. nº de bandas laterales significativas

B. sus amplitudes

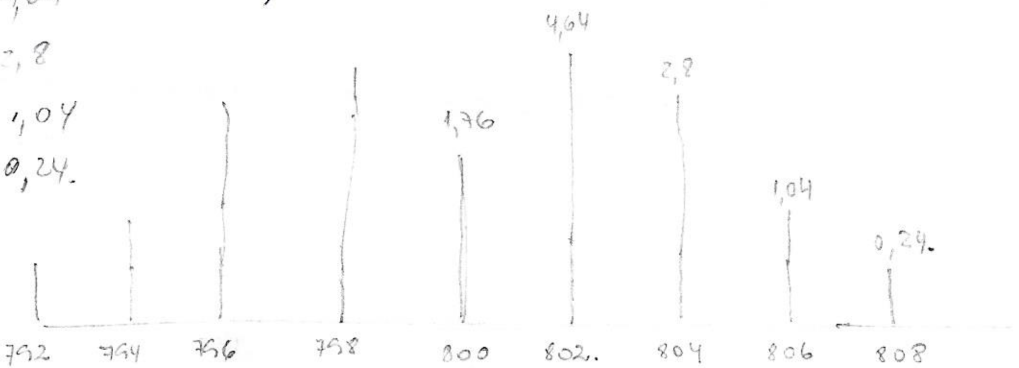
A) si $m_f = 2$. $\rightarrow$ 4 bandas

$J_0 = 0,22$
$J_1 = 0,58$
$J_2 = 0,35$
$J_3 = 0,13$
$J_4 = 0,03$.

Ec. $\begin{cases} J_0(m) \cdot \text{Sen}\ w_c t - J_1(m_f) \cos(w_c \pm w_m)t - J_2(m_f) \cdot \text{Sen}(w_c \pm 2w_m)t \\ + J_3(m_f) \cdot \cos(w_c \pm 3w_m)t + J_4(m_f) \text{ Sen}(w_c \pm 4w_m)t \end{cases}$

B) $8 \cdot 0,22 = 1,76$
$8 \cdot 0,58 = 4,64$
$8 \cdot 0,35 = 2,8$
$8 \cdot 0,13 = 1,04$
$8 \cdot 0,03 = 0,24$.

C)



D.)

$BW = 2(n \cdot f_m) = 2(4 \cdot 2000\ Hz) = 16.000\ Hz$. Bessel

$BW = 2(m_f + 1) \cdot f_m = 2(2+1) \cdot 2000\ Hz = 12.000\ Hz$ Carson o $2(\Delta f + f_{m\,max})$

E)

$\boxed{\Delta w_c = m_f \cdot w_m}$

pag. 269 ejem 6.9

Para una señal de entrada dada, un transmisor de FM tiene una desviación de frec. $\Delta f = 20\ kHz$. Determine la desviación de frec. si la amplitud de la modulante se incrementa en un factor de 2,5.

$\Delta f = K \cdot E_m$

$\Delta f = 2,5 \cdot 20\ kHz = 50\ kHz$

$\Delta f = K \cdot E_m$ $K = 2,5$.

$20\ kHz \cdot = 2,5$.

pag 268 ejemplo 6.13

Para un modulador de FM con una amplitud $V_c = 20V$; $m_f = 1$ y $R_L = 10\ \Omega$ Determine potencia en portadora modulada y c/frec. lateral y espectro de potencias.

Si $m = 1 \Rightarrow n = 3$

$J_0 = 0,77$
$J_1 = 0,44$

$P = \frac{V^2}{} \quad \frac{20V^2}{} \quad 20V$

$$P_{2BL1} = 2J_1^2 \cdot P_T = 0{,}44^2 \cdot 20W \cdot 2 = 7{,}74W$$

$$P_{2BL2} = 2J_2^2 \cdot P_T = 0{,}11^2 \cdot 20W \cdot 2 = 0{,}48W$$

$$P_{3BL3} = 2J_3^2 \cdot P_T = 0{,}02^2 \cdot 20W \cdot 2 = 0{,}016W$$

$$P_C = \frac{(J_0 \cdot E_C)^2}{2Z_L} = \frac{(0{,}77 \cdot 20V)^2}{2 \cdot 10\Omega} = 11{,}858\,W.$$

$$P_T = P_C + P_{BL} = (11{,}58 + 7{,}74 + 0{,}48 + 0{,}016)\,W \approx 20W.$$