

# UNIDAD 4

1

4.1 -  $\phi_{FM} = E_c \sin \phi_i = E_c \sin(\omega_c t + k \int f(t) dt)$

$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega_i = \omega_c + k \cdot f(t)$$

$$\phi_i = \int \omega_i dt = \omega_c t + k \int f(t) dt.$$

4.2  $f(t) = E_m \sin \omega_m t$

$$\phi_{FM} = E_c \sin \phi_i = E_c \sin(\omega_c t - mf \cdot \cos \omega_m t)$$

$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega_i = \omega_c + k E_m \sin \omega_m t$$

$$k E_m = \Delta \omega_c \text{ (desviación en frecuencia)}$$

$$\phi_i = \int \omega_i dt = \omega_c t - \frac{\Delta \omega_c}{\omega_m} \cos \omega_m t$$

$$\frac{\Delta \omega_c}{\omega_m} = mf \text{ (índice de modulación)}$$

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

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

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

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

B)  $mf = \frac{\Delta f_c}{f_m} \Rightarrow \Delta f_c = mf \cdot f_m = 5 \cdot 10^3 \text{ Hz}$

4.5

A) -  $e_m(t) = 20V \cdot \sin 2\pi 10^4 t$ .

B) -  $e_c(t) = 20V \cdot \sin 2\pi 10^5 t$ .

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

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

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

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

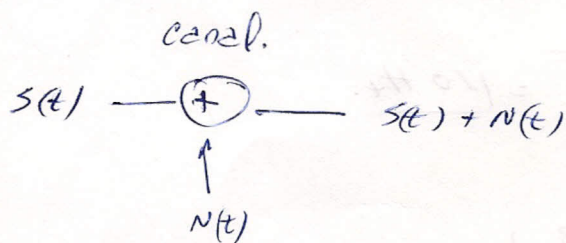
F)  $\phi_{FM} = 20 \left[ \sin 2\pi 10^5 t - 2 \cos 2\pi 10^4 t \right]$

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

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

I)  $B_{FM} = 2(m_f + 1)f_m = 2(2 + 1) \cdot 10 \text{ kHz} = 60 \text{ kHz} \text{ (Carson)}$   
 $2(\Delta f_c + f_m) = 2(20k + 10k) = 60 \text{ kHz}$ .

4.6



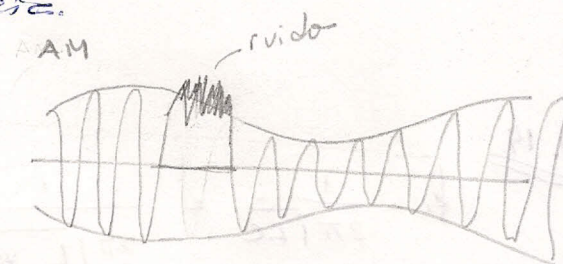
Modulo en Amplitud y fase



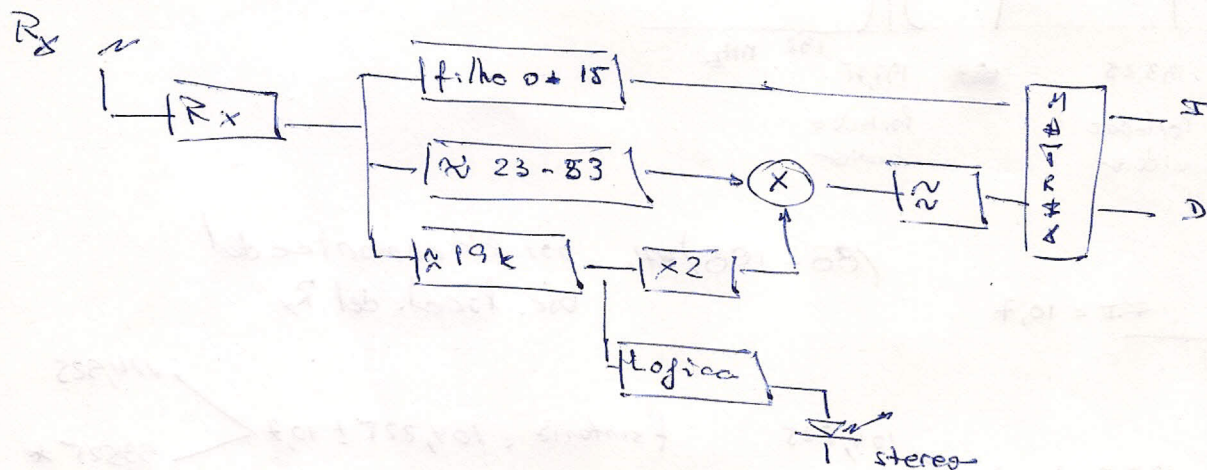
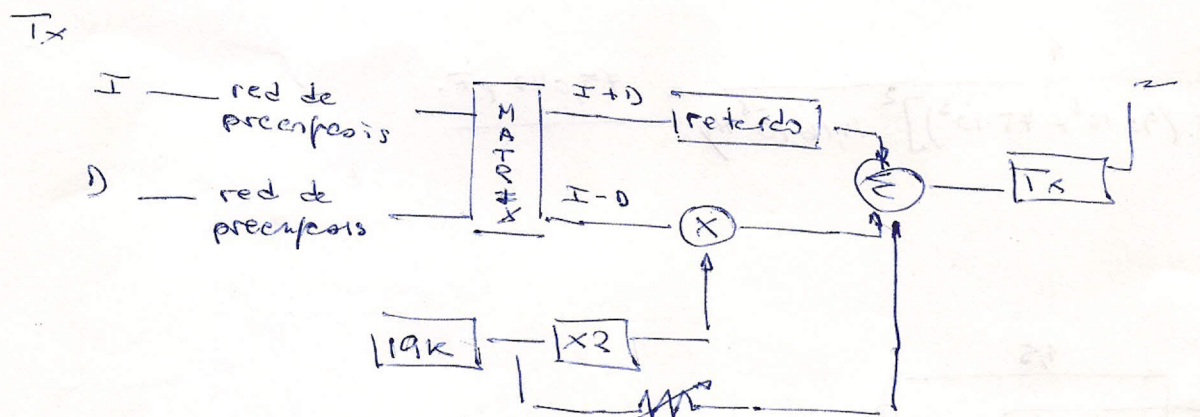
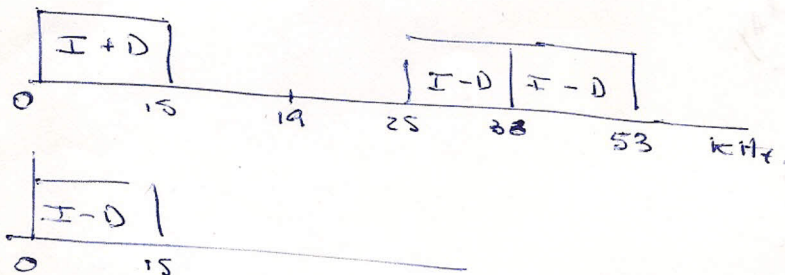


4.7

En los 2 casos varía la amplitud y la fase  
 La solución es transmitir con mas potencia.  
 La  $S/N$  disminuye.



4.11-12



4.10

(88-108) MHz.

$B = 15 \text{ kHz.}$

$\Delta f_c = 75 \text{ kHz.}$

$m_f = 5$

$B_{fm} = 200 \text{ kHz.}$

la real  $2(\Delta f_c + B) = 2(75 + 53) = 256 \text{ kHz.}$

4.13

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

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

4.14

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

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

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

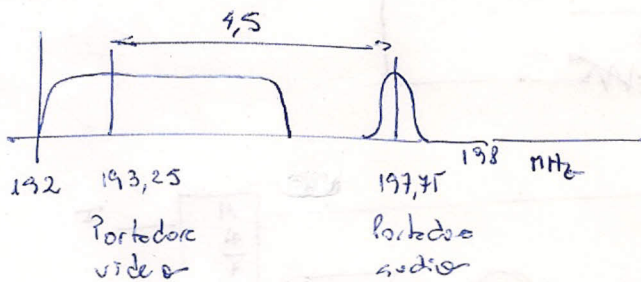
$$L = 4,16 \cdot 10^{-8} \text{ H} \quad 90 \text{ MHz} \begin{cases} + 75 \text{ kHz} \\ - 75 \text{ kHz} \end{cases}$$

$$C = 75 \text{ pF}$$

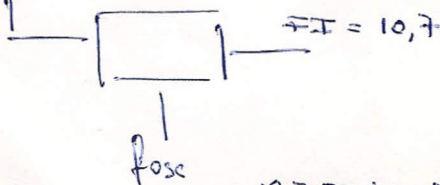
$$C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{[2\pi \cdot (90 \cdot 10^6 + 75 \cdot 10^3)]^2 \cdot 4,16 \cdot 10^{-8} \text{ H}} = 75,047 \text{ pF}$$

4.15

Canal 10



197,75 MHz



(88 - 108) MHz por 2da armónica del osc. local. del Rx

$$\frac{197,75 \pm 10,7}{2} \begin{cases} 104,225 \\ 93,525 \end{cases}$$

$$f_{sintoniz} = 104,225 \pm 10,7 \begin{cases} 114,925 \\ 93,525 * \end{cases}$$

$$93,525 \pm 10,7 \begin{cases} 104,225 * \\ 82,825 \end{cases}$$

\* están no detectados



4.16

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

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

B) -  $f_{\text{image}} = f_{\text{interfer}} \pm 2 FI = 100 \pm 2 \cdot 10,7$   
 $\begin{matrix} 121,4 \text{ MHz} \\ 78,6 \text{ MHz} \end{matrix}$

C)  $\left. \begin{matrix} B_{RF} = 200 \text{ kHz} \\ B_{FI} = 200 \text{ kHz} \\ B_{AF} = 15 \text{ kHz} \end{matrix} \right\} \text{ por Norma}$

4.17

A -  $e_m(t) = 10 \cdot V \cdot \text{Sen } 2\pi \cdot 10^4 t$

B -  $e_c(t) = 10 \text{ V Sen } 2\pi \cdot 10^7 t$

C -  $\Delta f_c = m_f \cdot f_m \Rightarrow m_f = \frac{\Delta f_c}{f_m} = \frac{40 \text{ kHz}}{10 \text{ kHz}} = 4 \Rightarrow J_4$

$\varphi_{FM} = E_c (\text{Sen } \omega_c t - m_f \cos \omega_m t) = 10 (\text{Sen } 2\pi \cdot 10^7 t - 4 \cdot \cos 2\pi \cdot 10^4 t)$

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

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

$= 10 \text{ V} [-1,6 \text{ Sen } 2\pi \cdot 10^7 t + 0,28 \cos^{2\pi} (10^7 \pm 10^4) t - 1,44 \text{ Sen }^{2\pi} (10^7 \pm 2 \cdot 10^4) t + 1,72 \cos^{2\pi} (10^7 \pm 3 \cdot 10^4) t$   
 $+ 1,12 \text{ Sen }^{2\pi} (10^7 \pm 4 \cdot 10^4) t - 0,52 \cos^{2\pi} (10^7 \pm 5 \cdot 10^4) t + 0,2 \text{ Sen }^{2\pi} (10^7 \pm 6 \cdot 10^4) t +$   
 $0,08 \cos^{2\pi} (10^7 \pm 7 \cdot 10^4) t.$

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

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

otros.

$$B_{FM} \text{ Bessel} = 2\pi \cdot f_m = 2 \cdot 7 \cdot 10^4 \text{ Hz} = \underline{140 \text{ kHz}}$$

$$B_{FM \text{ Carter}} = n = m_f + 1 = 4 + 1 = 5$$

$$2 \cdot 5 \cdot 10^4 \text{ Hz} = \underline{100 \text{ kHz}}$$

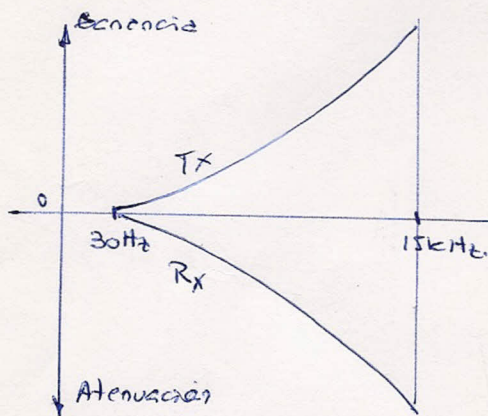


4.7 <sup>dis</sup>

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 4 kHz 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 frecuencias de la modulante el  $m_f$  será pequeño, se trata de aumentar la potencia de las altas frecuencias en la Tx y compensar el bajo  $m_f$ ; proceso que se denomina "pre-enfasis" que permite incrementar la potencia de energía correspondiente a las señales de altas frecuencias. En el Rx deberá haber un proceso inverso denominado "de-enfasis". La frecuencia máxima que puede transmitirse es de 15 kHz.  $\therefore m_f = \frac{\Delta F}{m_f} = \frac{75 \text{ kHz}}{15 \text{ kHz}} = 5$

El  $\Delta F$  no será constante y aumentará en la medida que crezca la frecuencia de la información p/ tratar de mantener uniforme el índice de modulación.