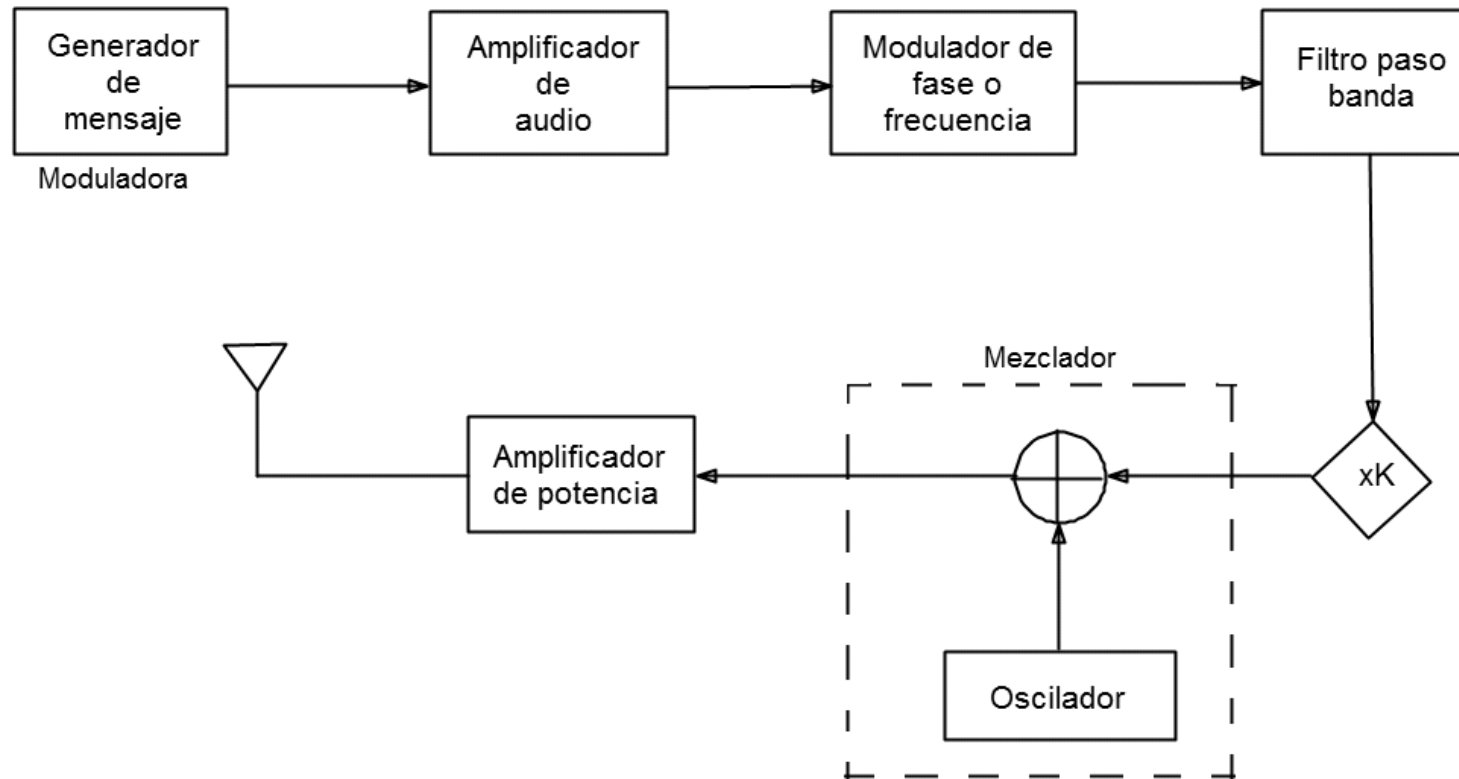
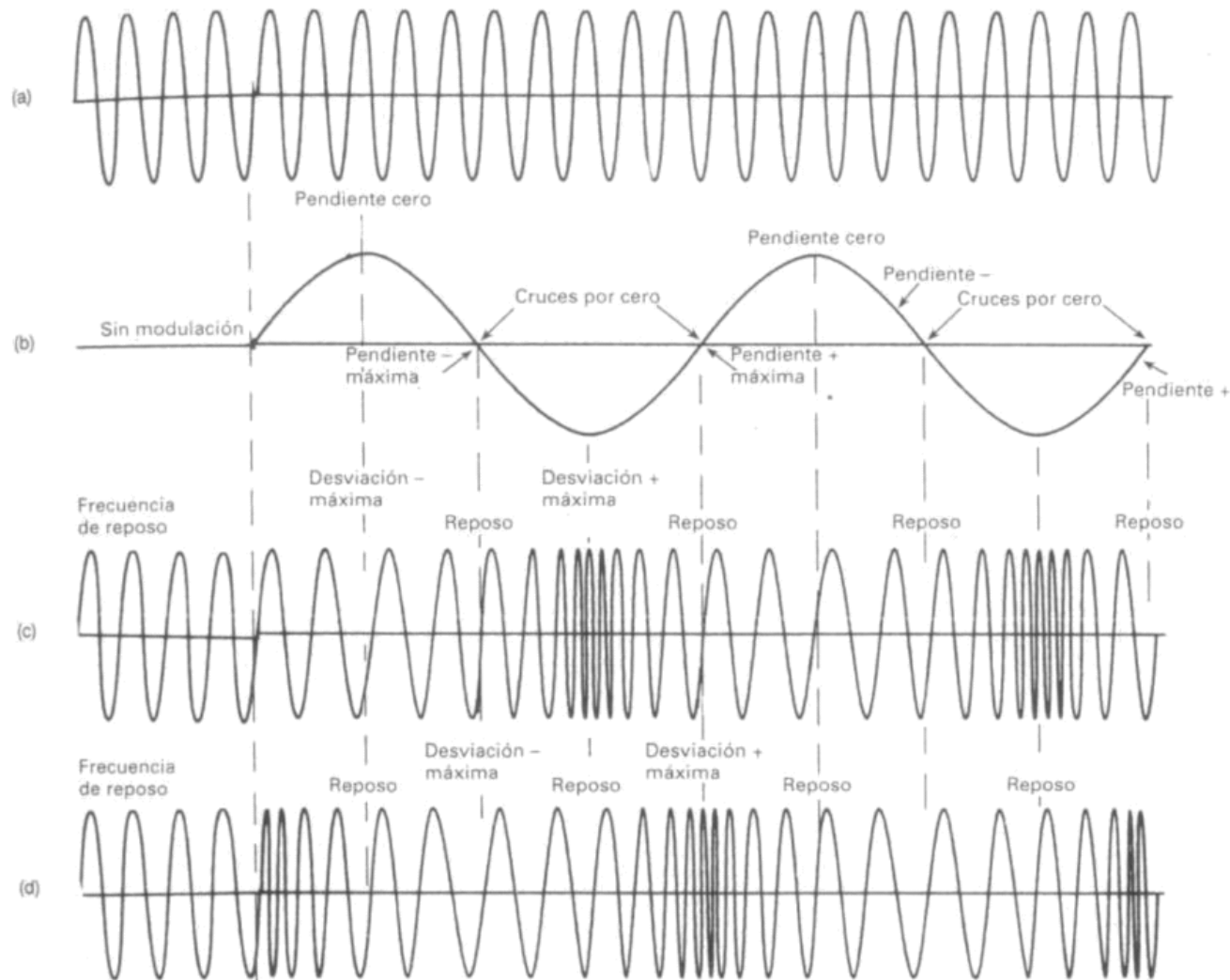


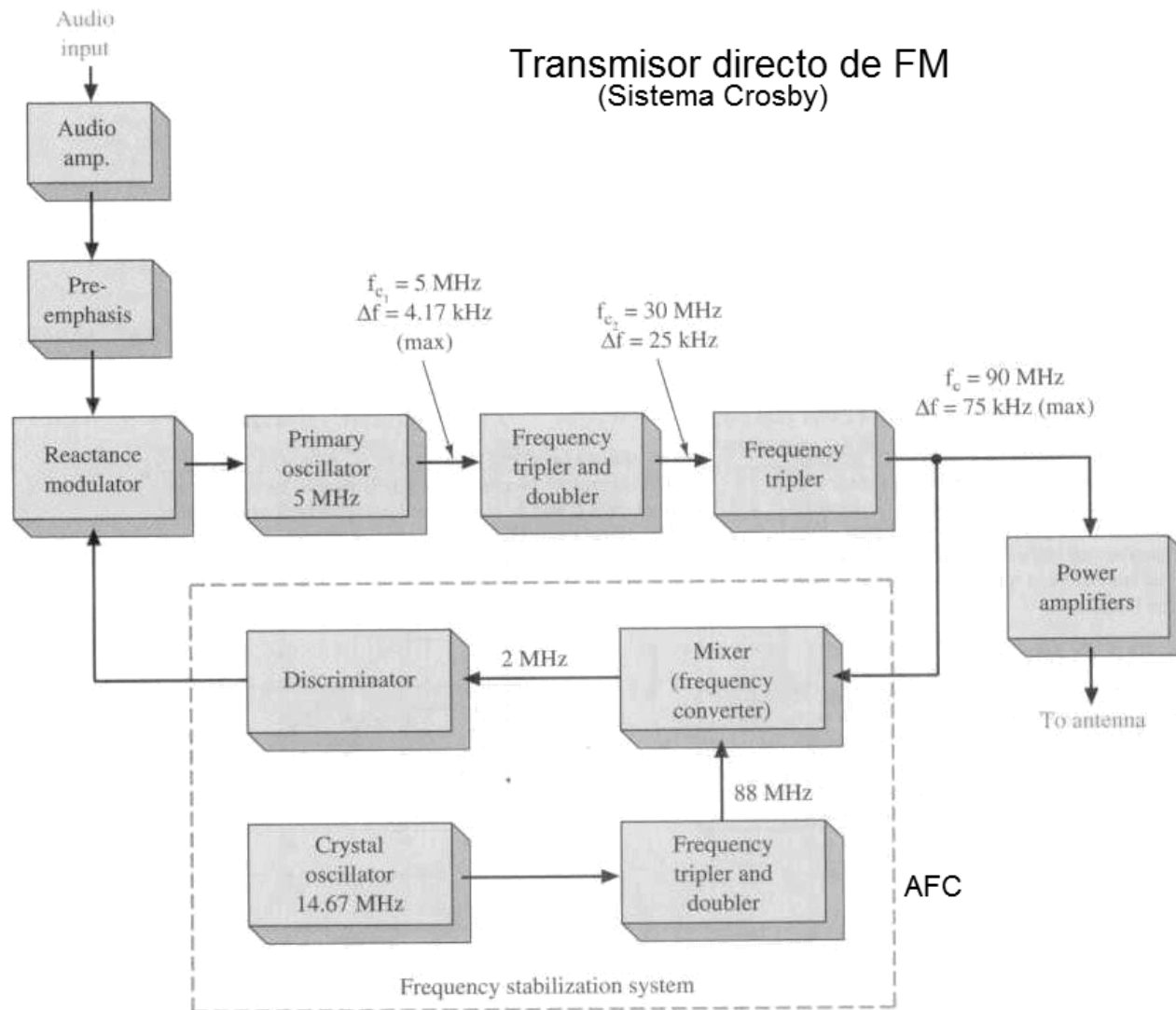
Diagrama a bloques de un transmisor genérico de FM





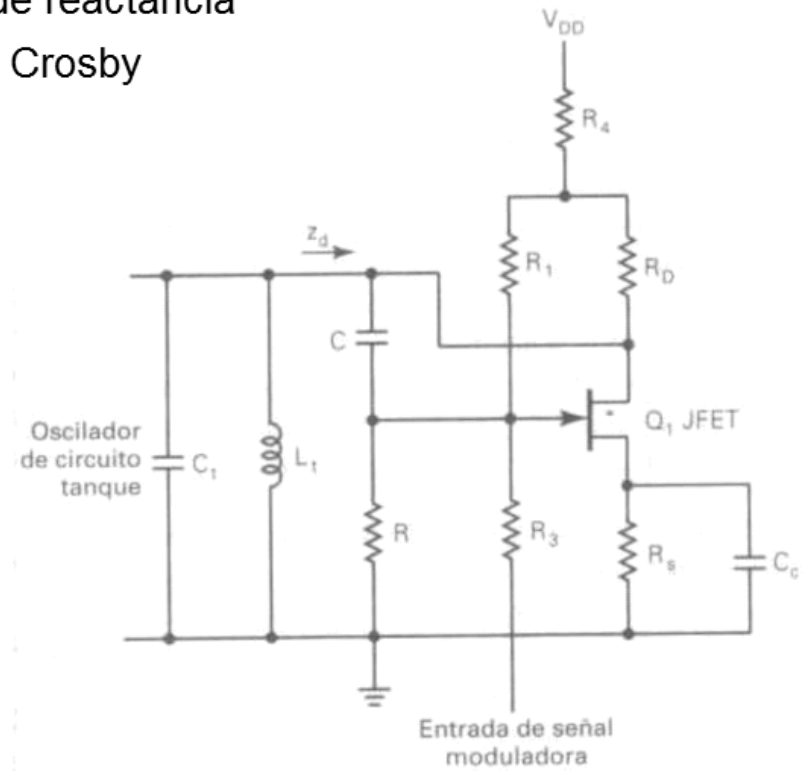
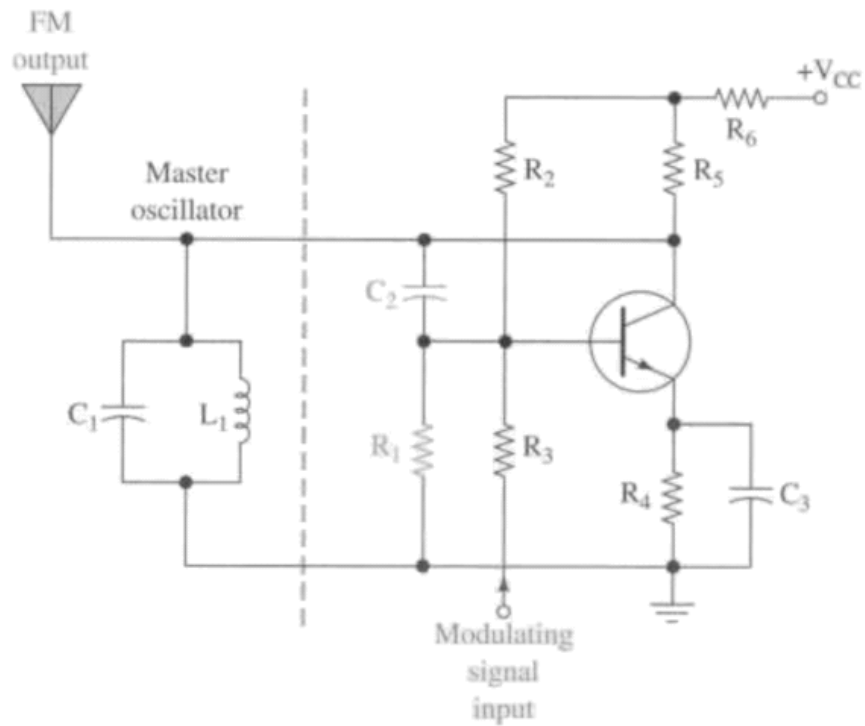
**FIGURA 6-3** Modulación de fase y de frecuencia de una onda portadora senoidal por una señal de onda senoidal: [a] portadora no modulada; [b] señal moduladora; [c] onda con frecuencia

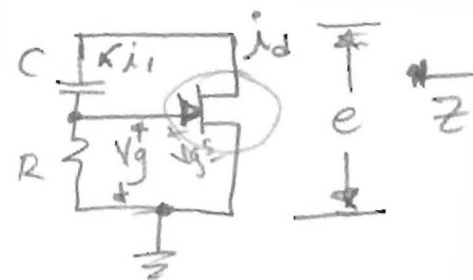
## Transmisor directo de FM (Sistema Crosby)



## Moduladores de reactancia

### Modulador Crosby





$$Z = \frac{e}{i_d} \quad \text{pero } i_d = g_m V_g$$

$$V_g = \frac{R}{R - jX_c} e$$

entonces:

$$Z = \frac{e}{g_m \left( \frac{R}{R - jX_c} e \right)} = \frac{R - jX_c}{g_m R}$$

$$Z = \frac{1}{g_m} - j \frac{X_c}{g_m R}$$

si  $R \ll X_c$

entonces:

$$Z \approx -j \frac{X_c}{g_m R} = -j \frac{1}{g_m (2\pi f_0 C) R}$$

$$Z = -j \frac{1}{2\pi f_0 C_{eq}}$$

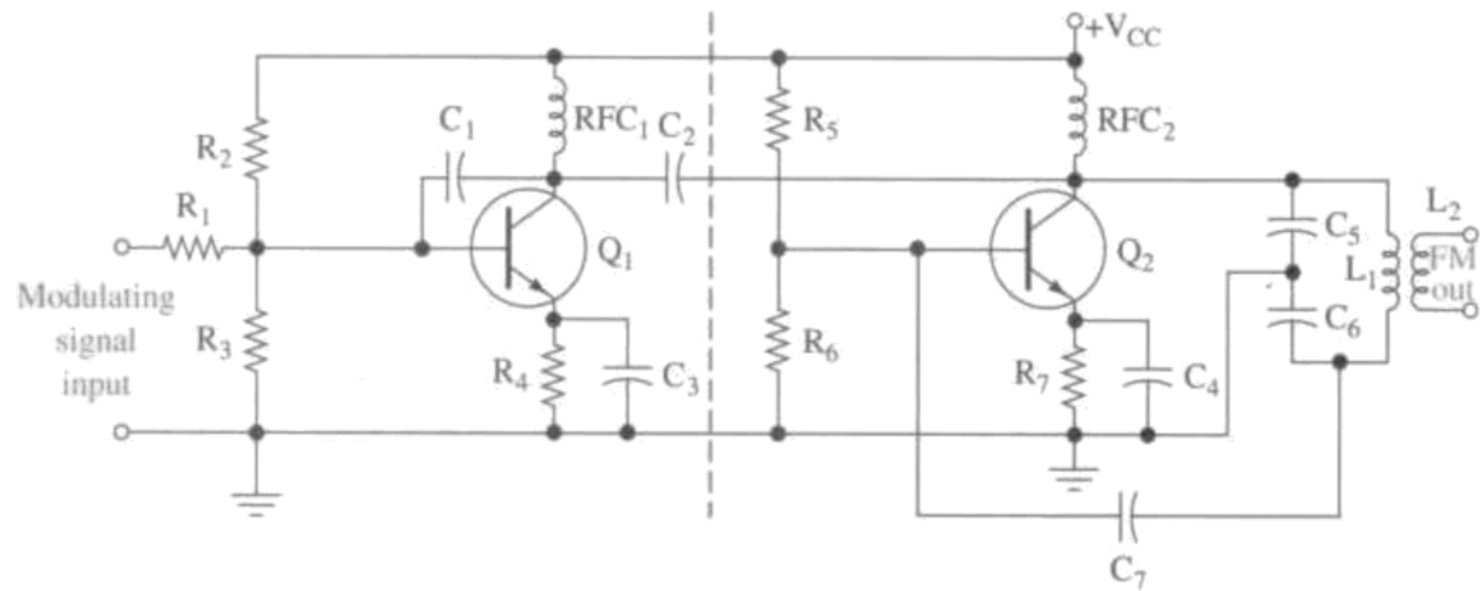
$$\text{donde } C_{eq} = g_m R C$$

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{V_{po}} \left( 1 - \frac{V_{gs}}{V_{po}} \right)$$

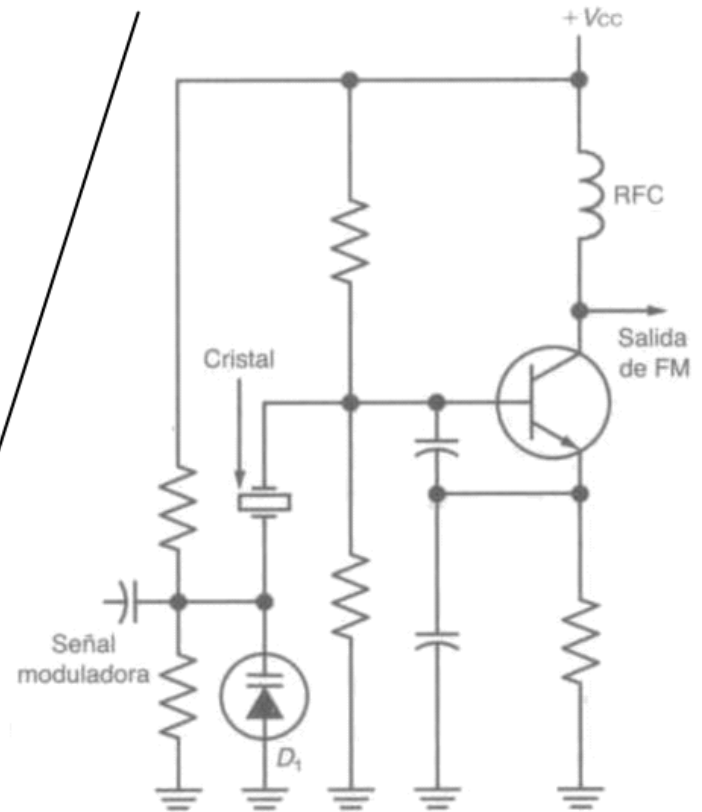
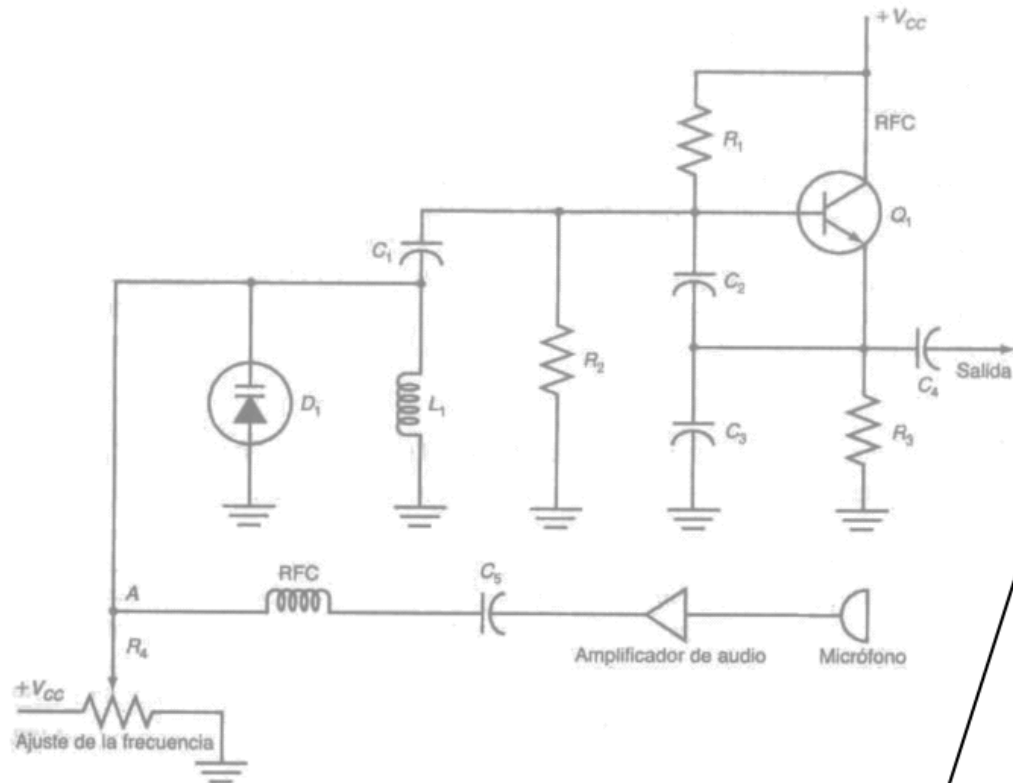
Para TBJ se sigue el mismo procedimiento, resultando:

$$Z = -j \frac{1}{2\pi f_0 C_{eq}}$$

$$\text{donde } C_{eq} = \frac{\beta R C}{\beta R e + R}$$



## Moduladores con diodo varactor



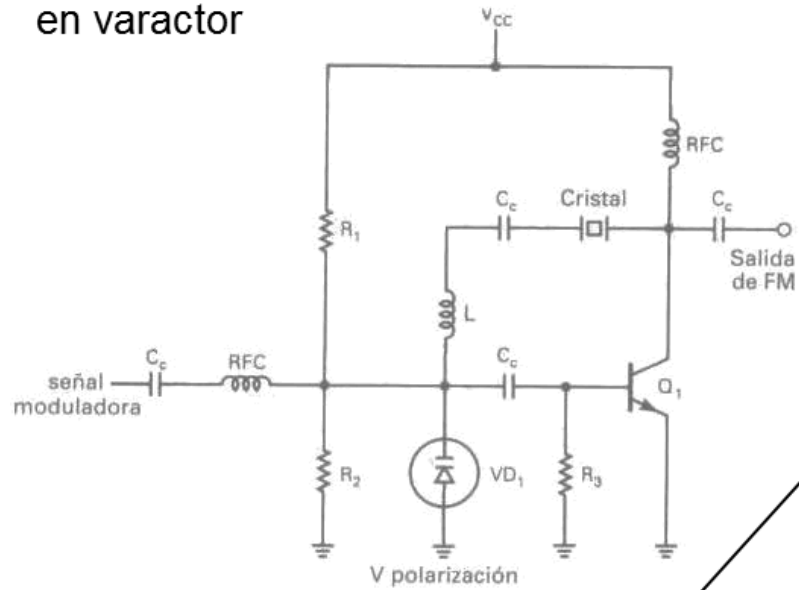
Ejemplo:

Un transmisor de FM directa trabaja con un modulador basado en varactor cuya sensibilidad a la desviación de frecuencia es de  $K_f = 2\text{KHz/v}$  y puede producir una desviación máxima de 300Hz. Al modulador le sigue un amplificador aislador y tres etapas de multiplicación de frecuencia (un triplicador, un duplicador y otro triplicador), posteriormente un preamplificador y un amplificador de potencia.

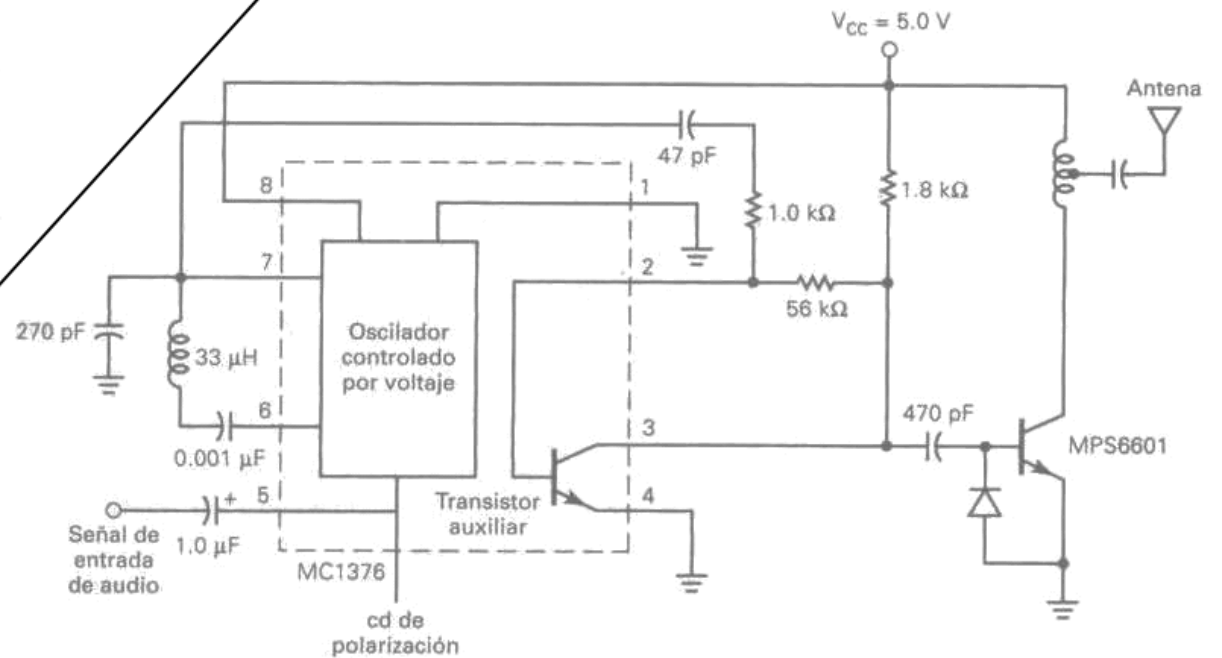
- a) Dibujar el diagrama a bloques del transmisor.
- b) ¿El transmisor será capaz de proporcionar una desviación de 5kHz a la señal de salida?
- c) ¿Cuál debe ser la frecuencia del oscilador si el transmisor va a funcionar a una frecuencia de portadora de 150MHz?
- d) ¿Qué voltaje de la señal de audio se requiere a la entrada del modulador para lograr la desviación deseada?



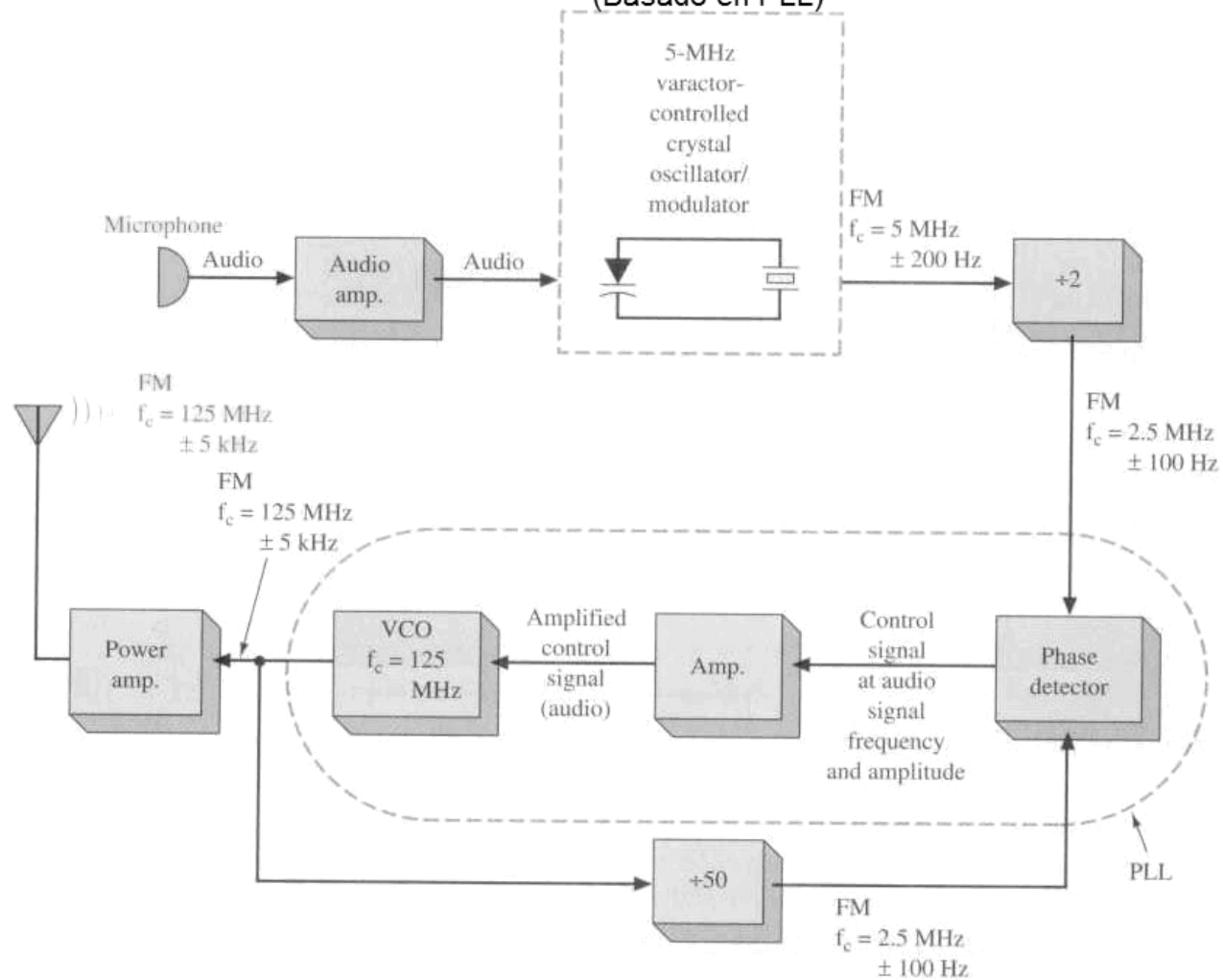
## Modulador basado en varactor

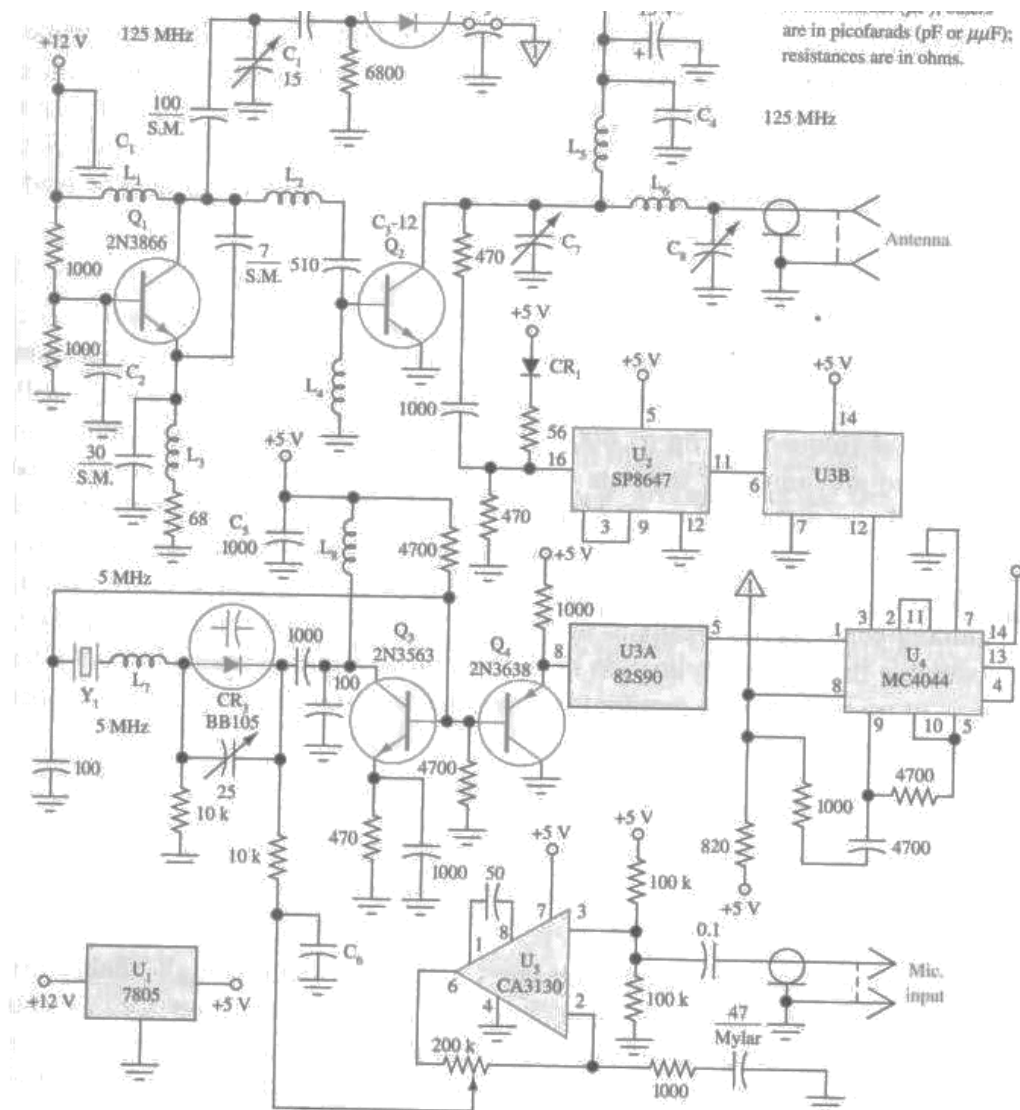


## Modulador de FM por circuito integrado lineal



## Transmisor directo de FM (Basado en PLL)

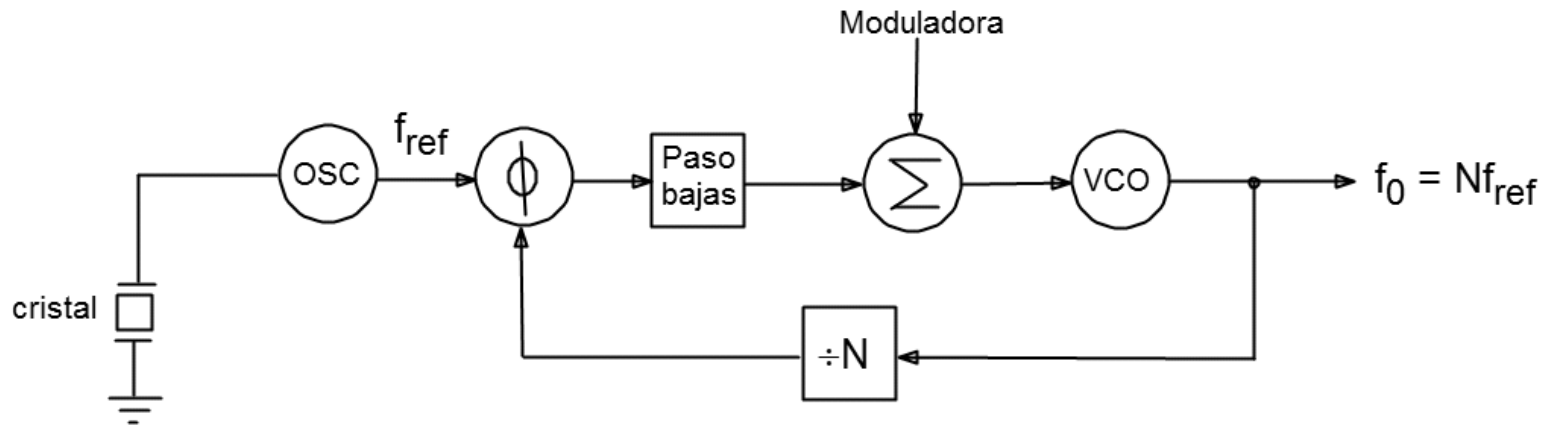




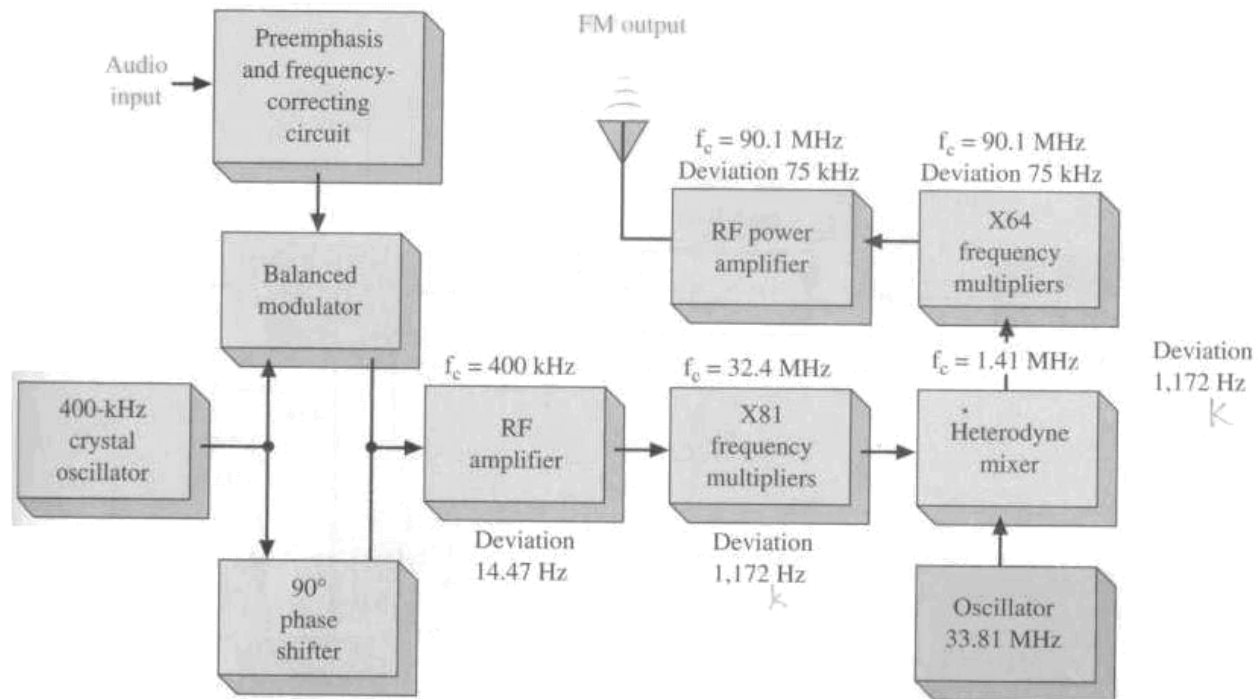
Ejemplo:

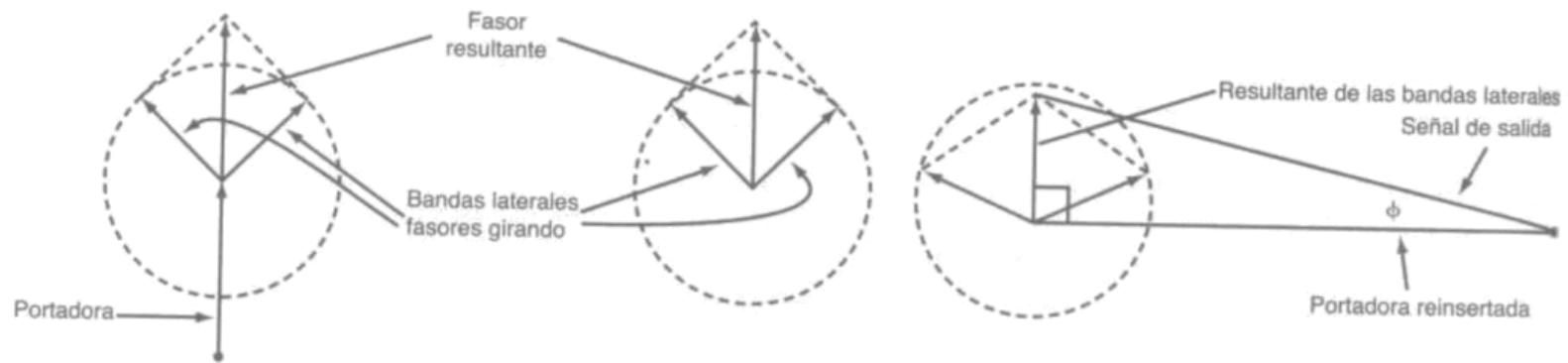
Para el generador de FM basado en PLL mostrado en la figura, se tiene que  $f_{\text{ref}} = 100\text{KHz}$ ,  $N=200$  y  $K_f = 50\text{KHz/v}$ .

- a) Calcular la frecuencia portadora de la señal de salida
- b) ¿Qué voltaje de la señal moduladora se requiere para una desviación de 10KHz en la frecuencia portadora?

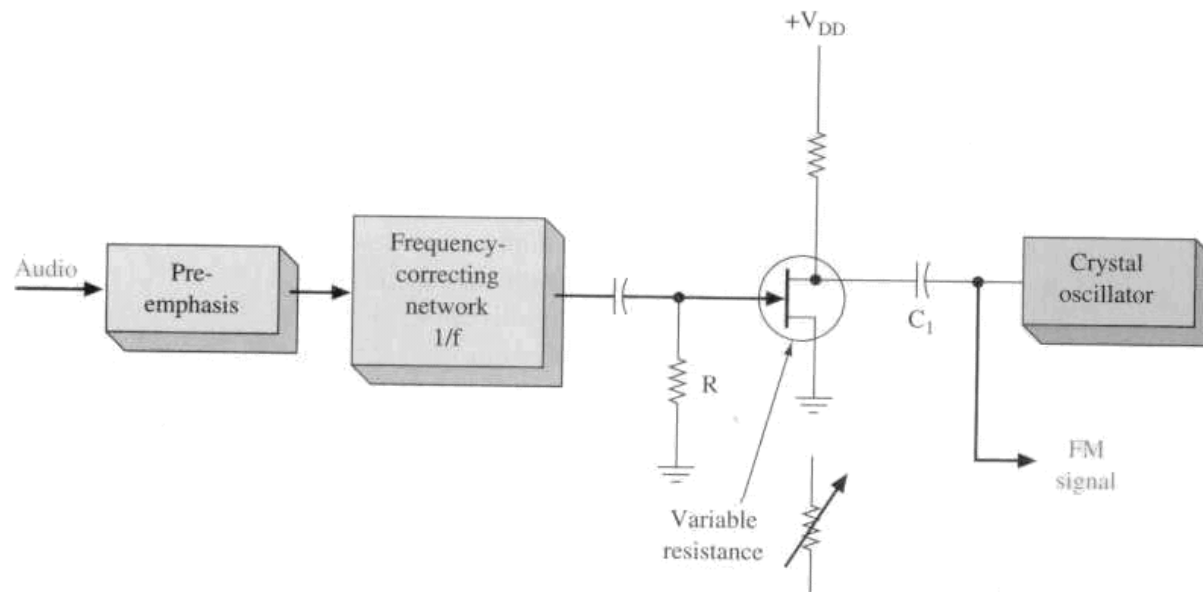


## Transmisor indirecto de FM (Tipo Armstrong)

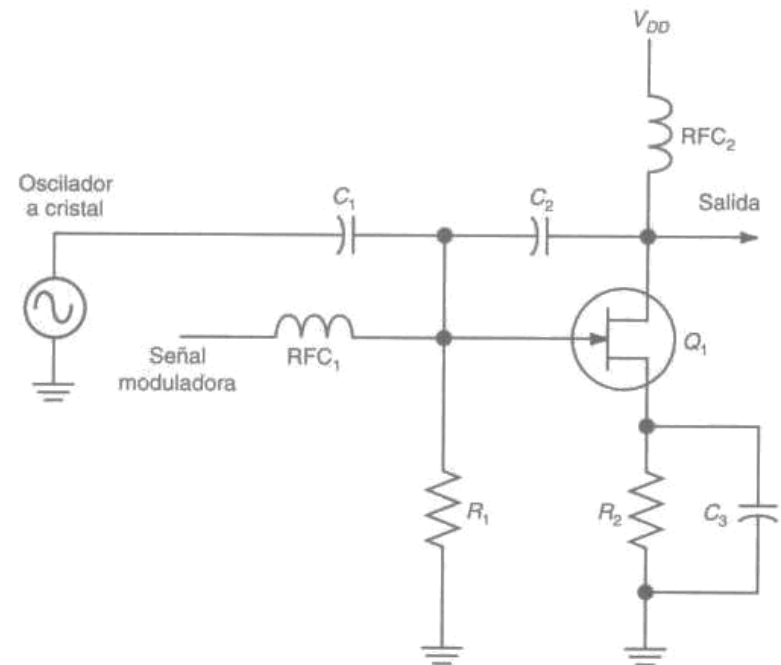
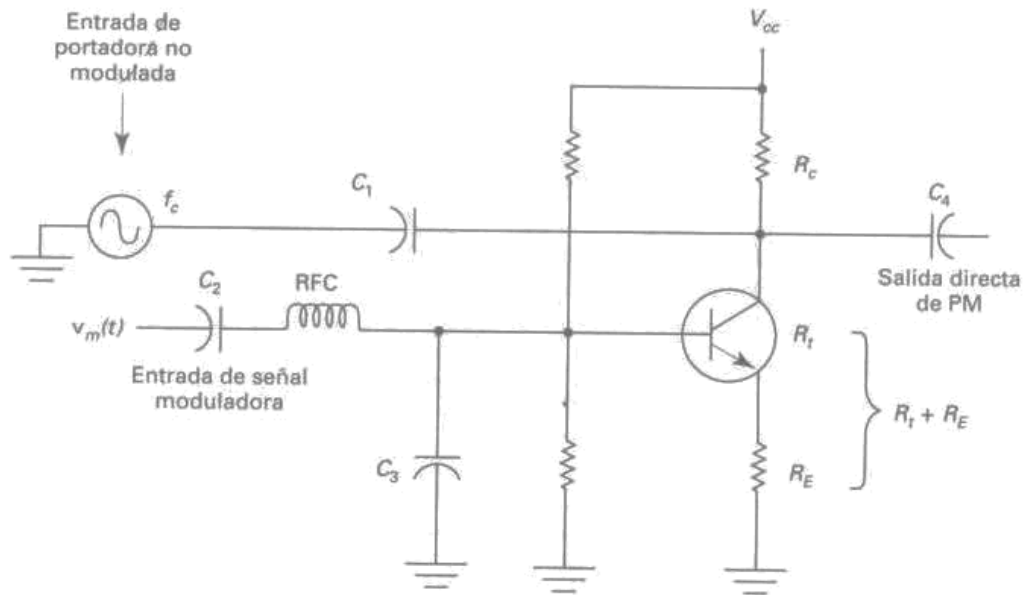




# Modulador indirecto de FM (Modulador de E.H. Armstrong) Basado en transistor

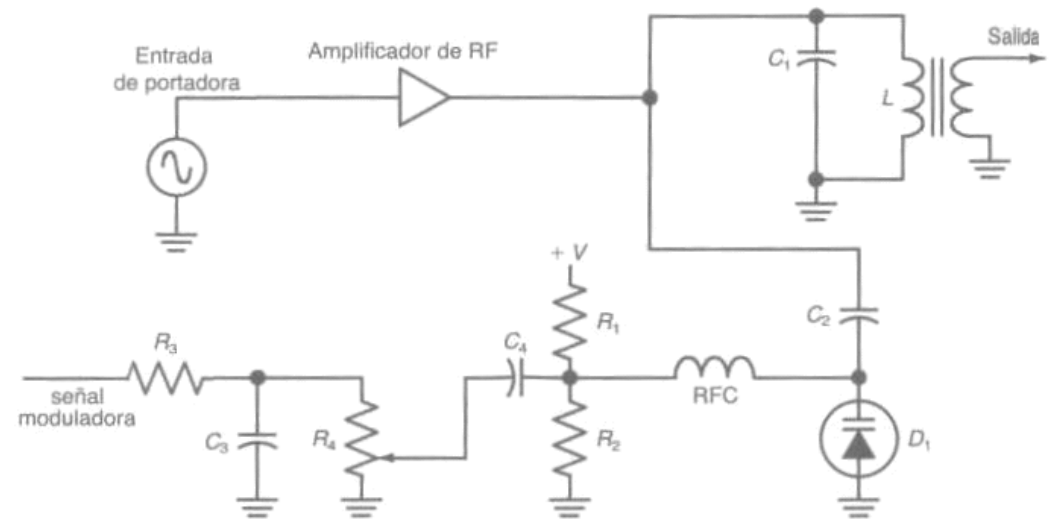
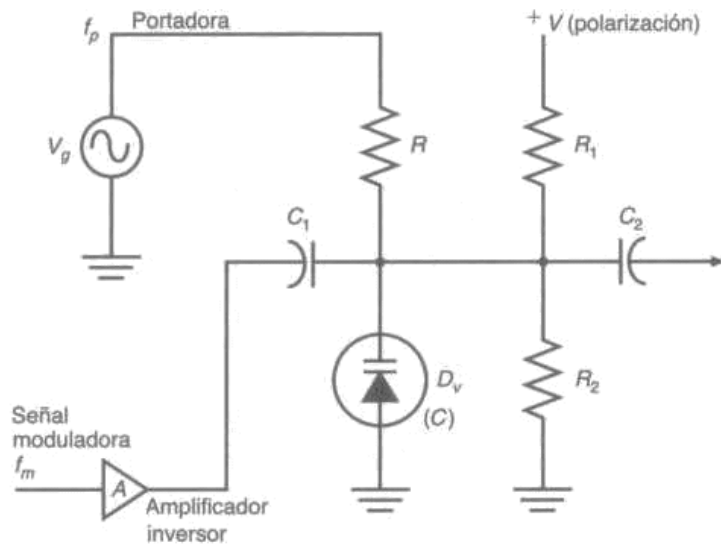


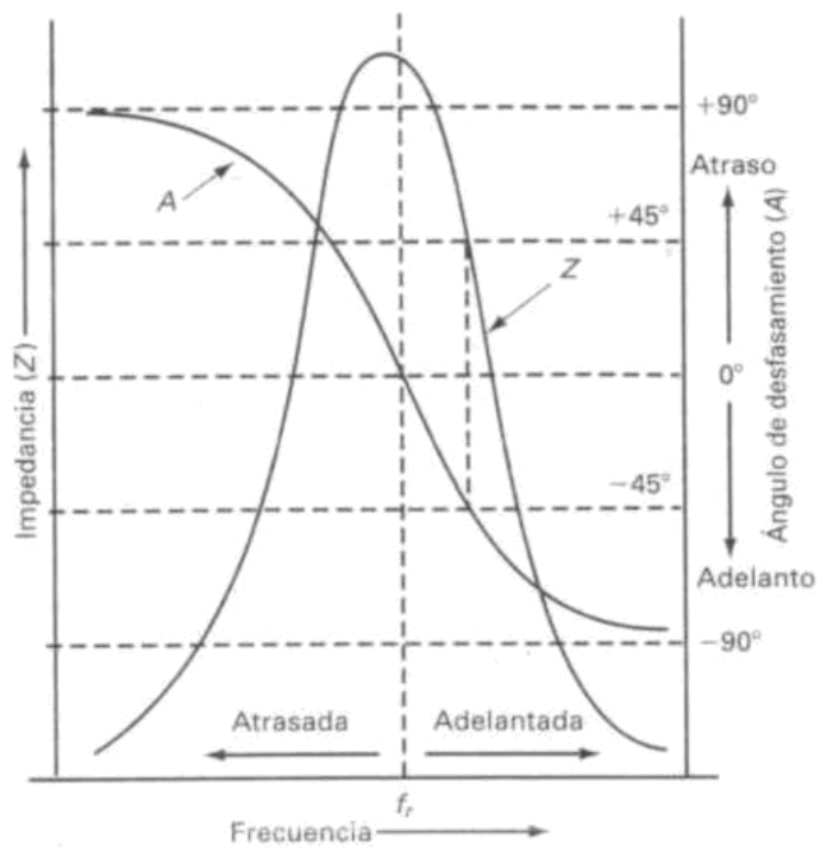
## Moduladores indirectos de FM Por transistor





## Moduladores indirectos de FM Por varactor





## Potencia de una onda de modulación angular

La potencia de la portadora no modulada se distribuye entre la portadora y las bandas laterales de una onda con modulación angular.

La potencia promedio de una onda con modulación angular es independiente de la señal moduladora, del índice de modulación y de la desviación de frecuencia.

La potencia promedio de una onda con modulación angular es igual a la potencia promedio de la portadora no modulada y es igual a la suma de las potencias de cada uno de sus componentes espectrales.

Ejemplo:

Para un modulador de FM con  $m = 1$ ,  $V_m(t) = V_m \sin(2\pi 1000t)$ ,  $V_c(t) = 10 \sin(2\pi 500kt)$

y  $R_L = 50\Omega$

- a) Determinar la potencia de la portadora no modulada para el modulador de FM
- b) Calcular la potencia total en la onda con modulación angular