

Amplificadores de RF sintonizados

Amplificación de señales de RF



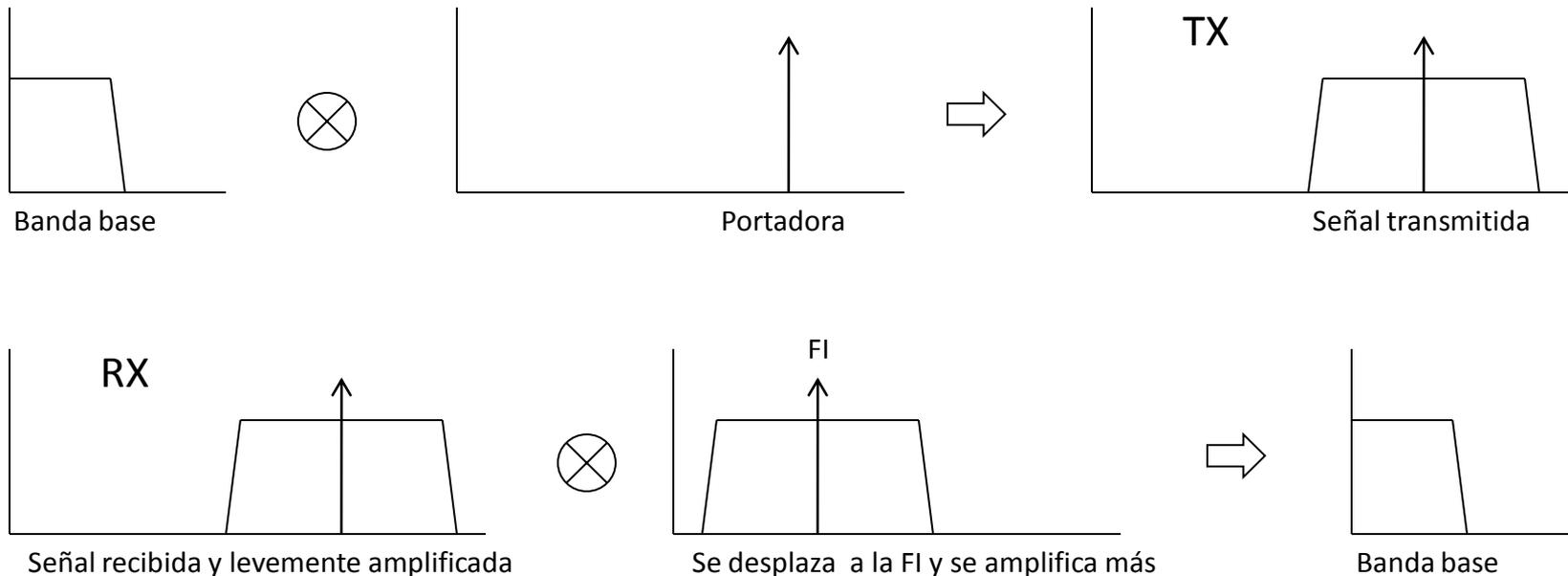
Amplificadores sintonizados

Introducción

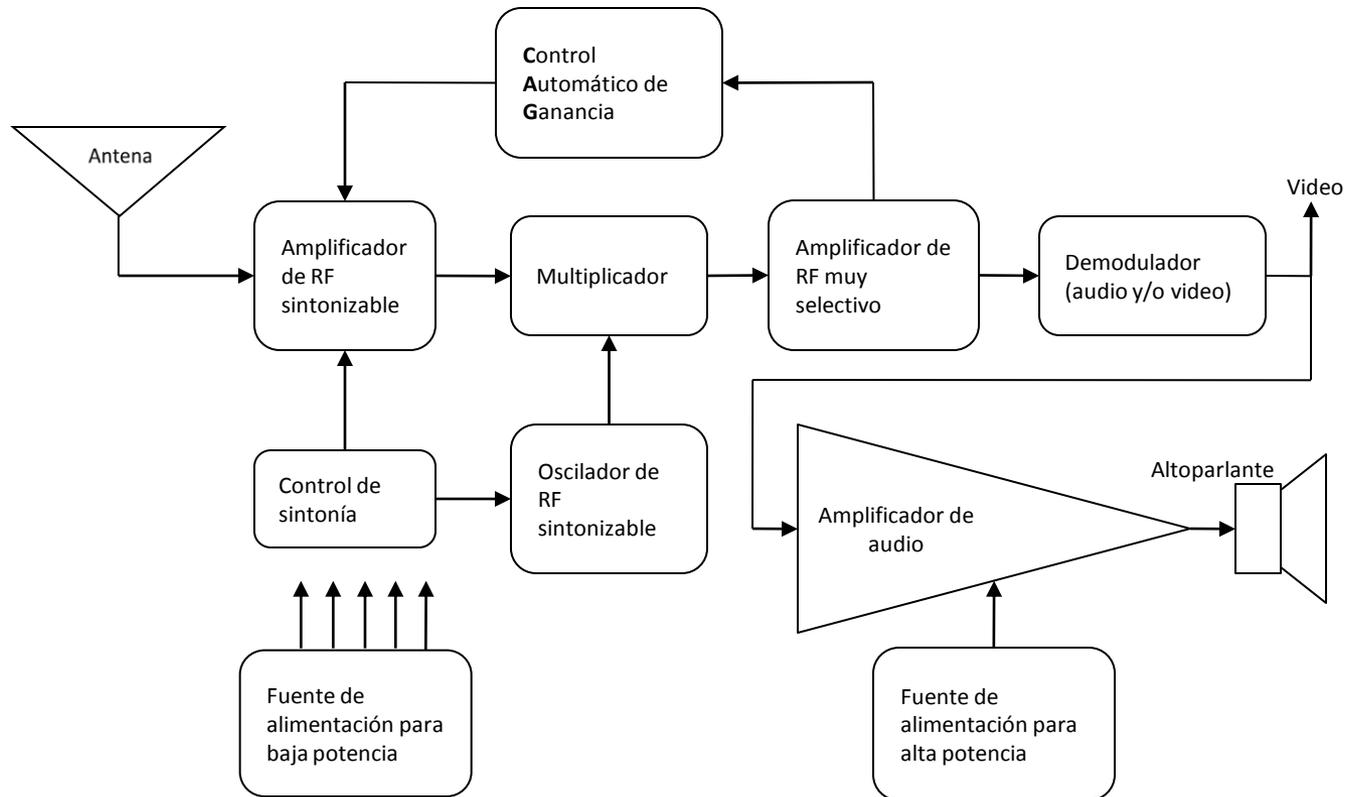
- Las señales de RF generalmente son de muy baja amplitud, desde algunos μV a algunos mV
- Es posible utilizar entonces etapas amplificadoras con un solo transistor en una implementación discreta y pares diferenciales en una implementación integrada
- El concepto predominante es que estas etapas operan con un ancho de banda relativamente pequeño con respecto a la frecuencia central de la banda de frecuencias amplificadas, rechazando débil o fuertemente las frecuencias fuera de la banda de interés.

Enlaces radio eléctricos

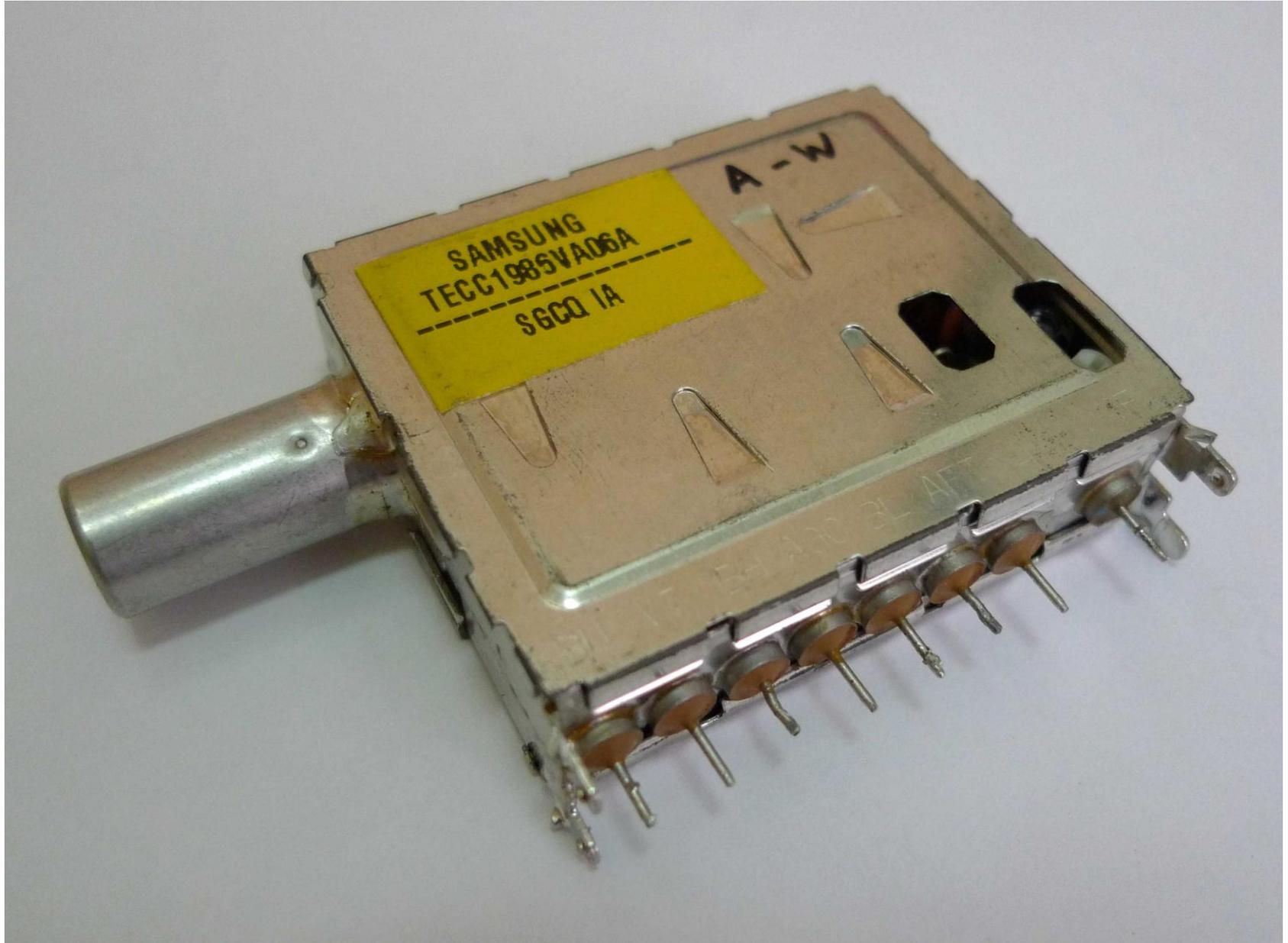
- Se transmite una señal de interés llamada banda base
- La señal banda base modula una portadora en el transmisor
- En el receptor se sintoniza esa portadora modulada y se la amplifica
- La portadora + banda base se amplifica y se demodula obteniendo nuevamente la señal de interés

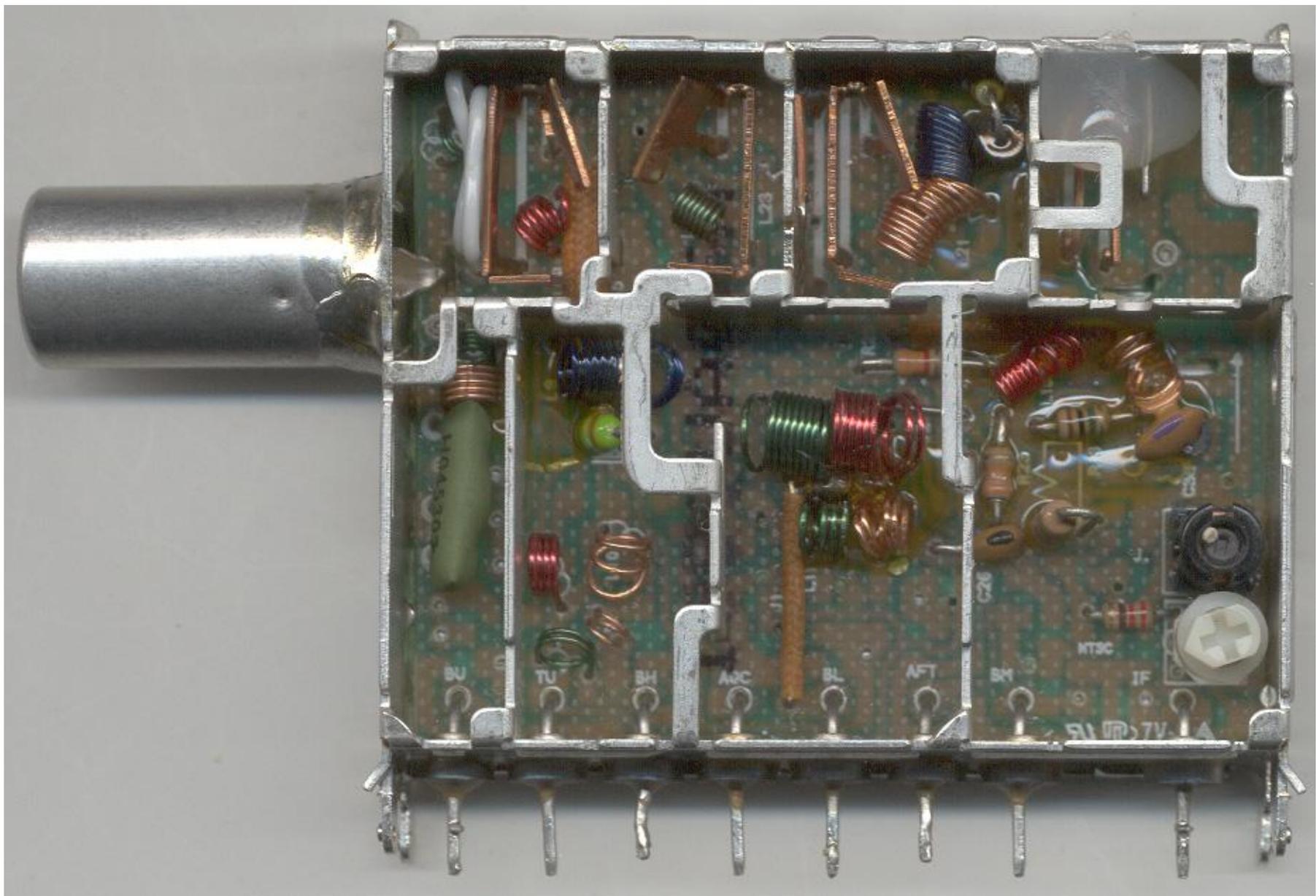


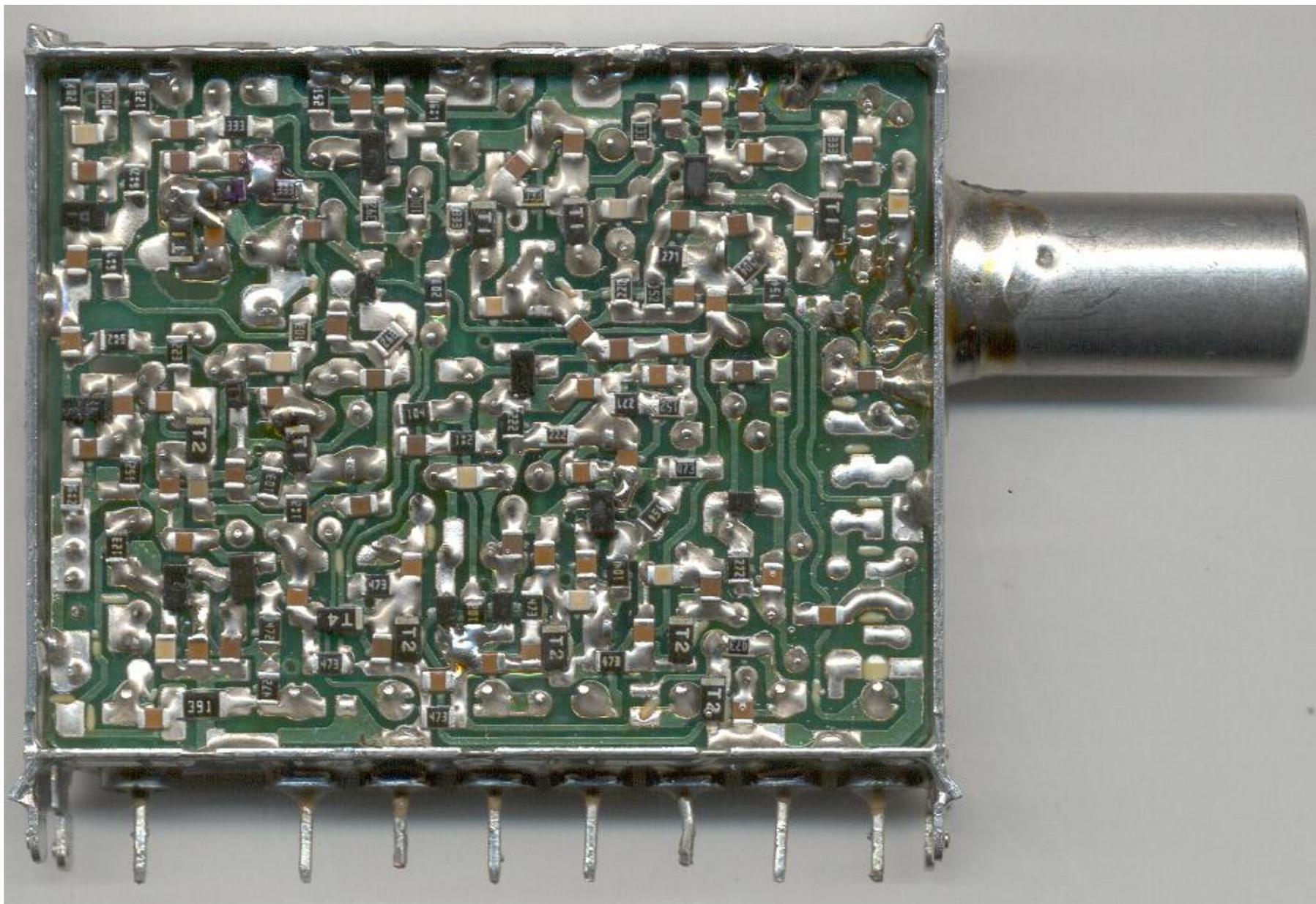
Ejemplo: Receptor de radio AM o FM o TV



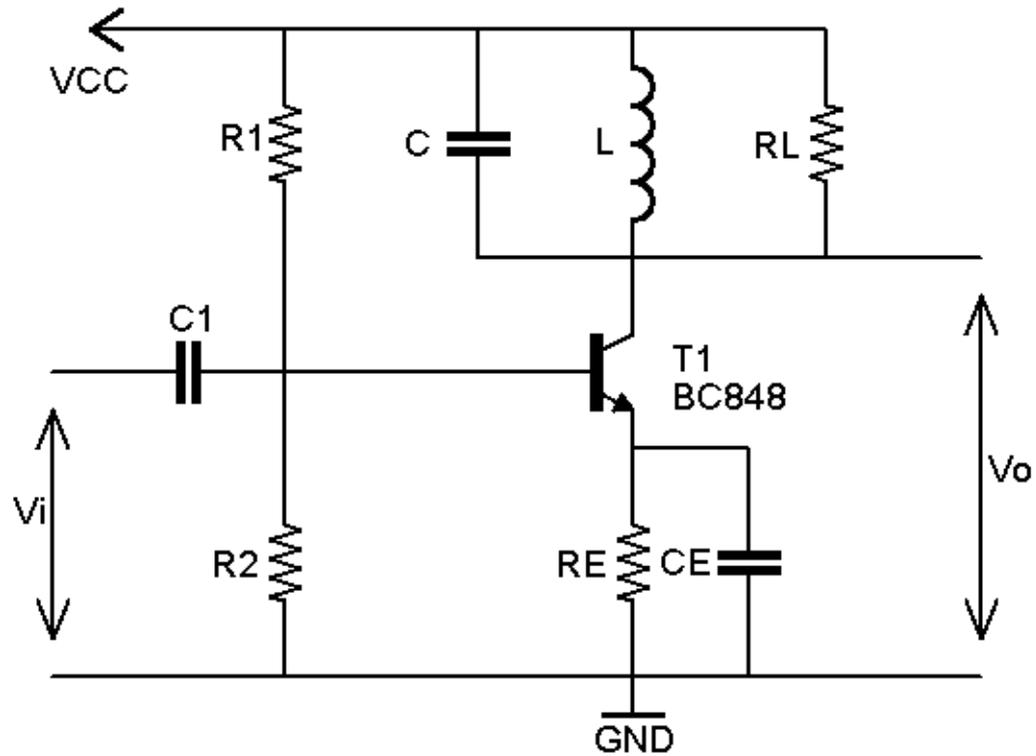
Ejemplo: sintonizador de TV







Etapa amplificadora básica



$$A_V = -\frac{h_{fe}}{h_{ie} \cdot h_{oe}}$$

La ganancia de la etapa es:

$$H = \frac{V_o}{V_i} = \frac{g_m}{g + j\omega C_T + \frac{1}{j\omega L}} = \frac{g_m / g}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega} \right)}$$

Donde se tiene que:

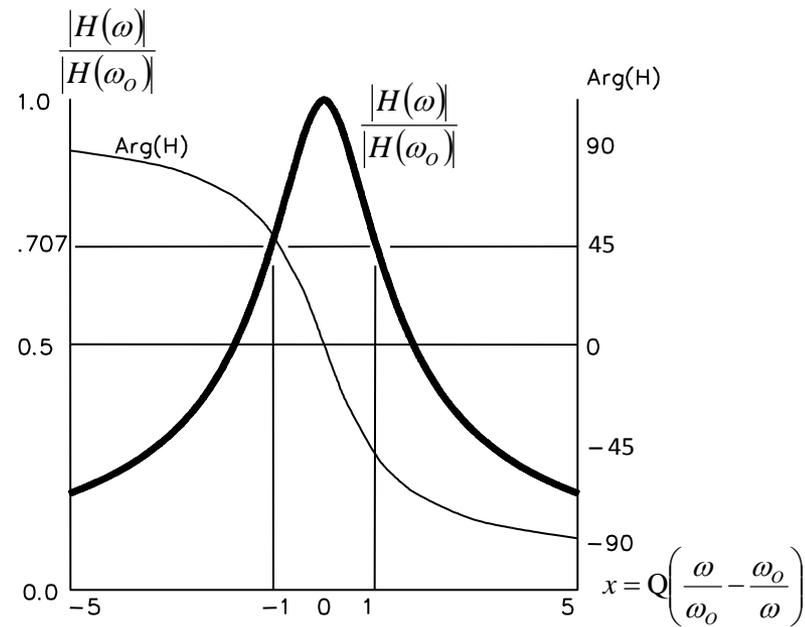
$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q = \frac{\omega_o C_T}{g}$$

$$C_T = C + C_{ce} + C_L$$

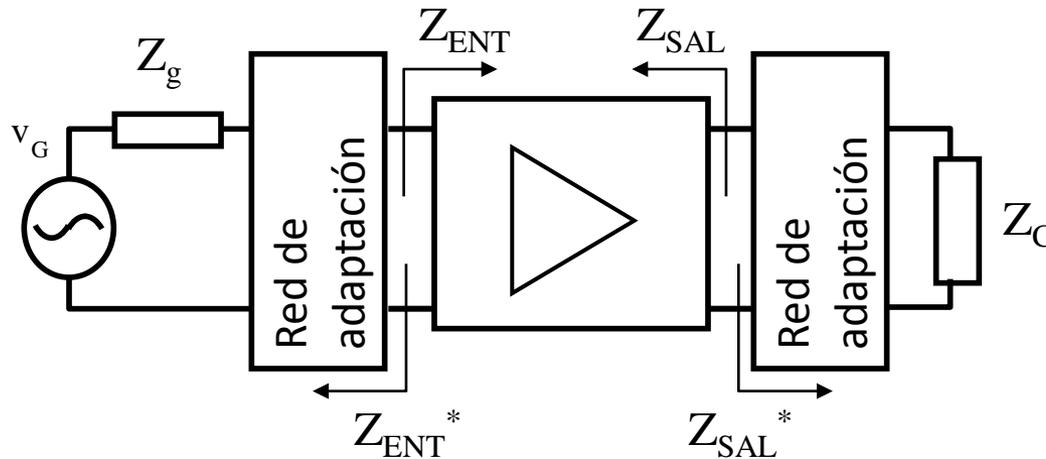
$$g = \frac{1}{R_{ce}} + \frac{1}{R_L}$$

Respuesta del amplificador sintonizado básico:

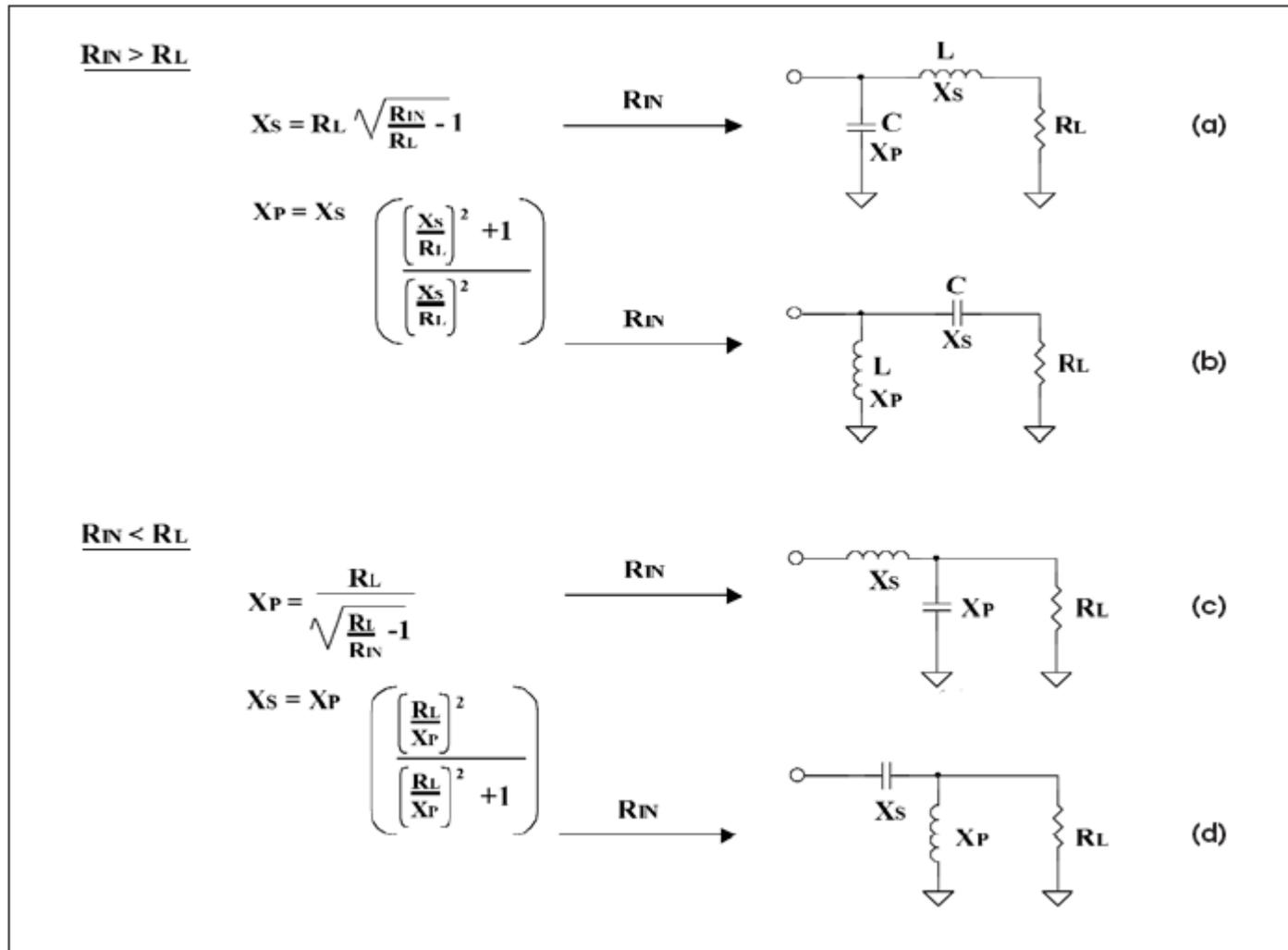


Adaptación de impedancias:

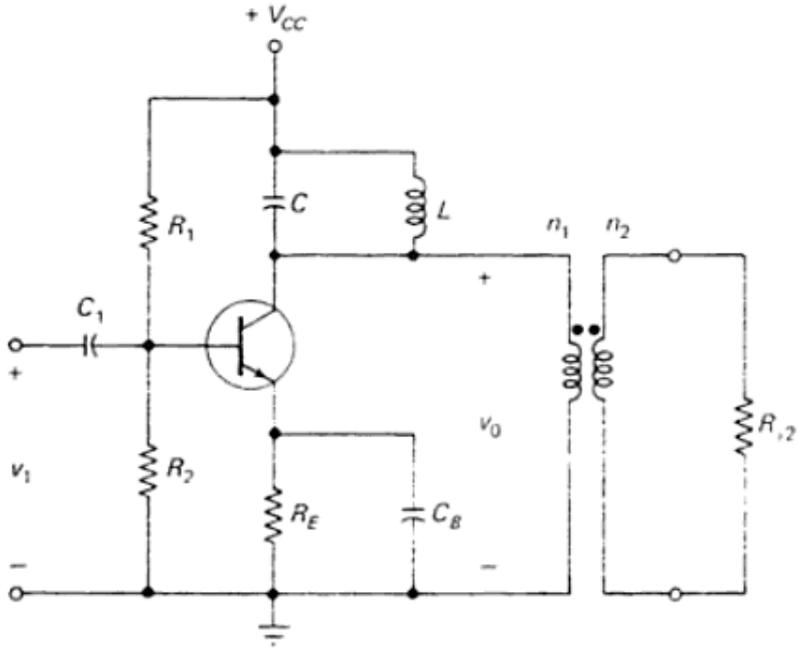
- Las redes de adaptación deben presentar la impedancia conjugada.
- Adaptación en parte real (máxima transferencia de potencia)
- Adaptación en parte imaginaria (sintonía)
- Redes de adaptación sin pérdidas, formadas por elementos no disipativos: L, C, transformadores, líneas de transmisión.
- Banda limitada.



Redes de adaptación de impedancias:

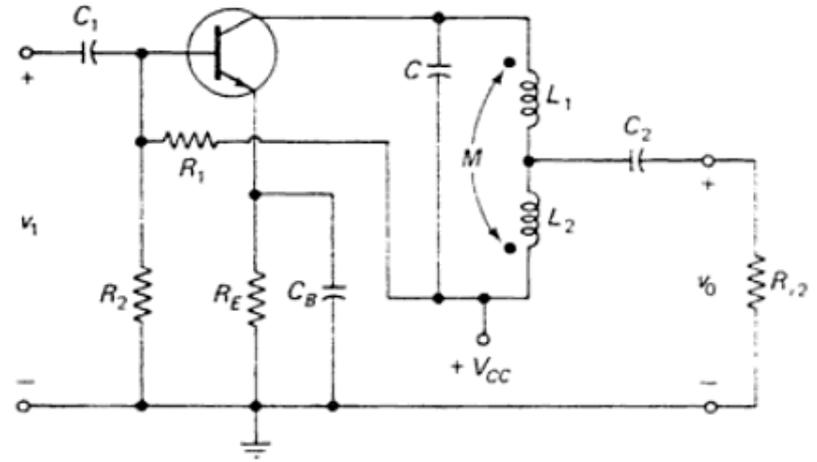


Acoplamiento entre etapas

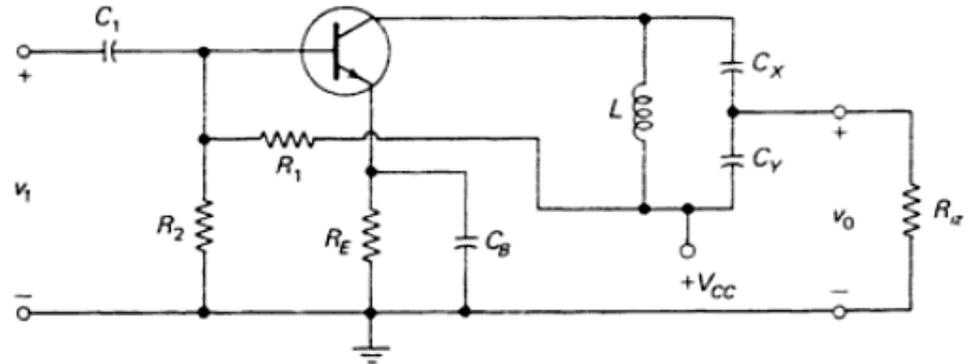


Acoplamiento con transformador

Acoplamiento con autotransformador

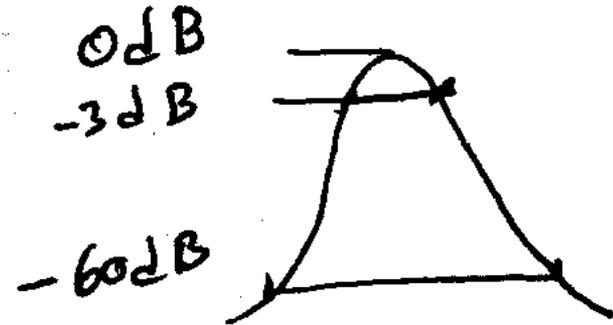


Acoplamiento a con capacitor dividido

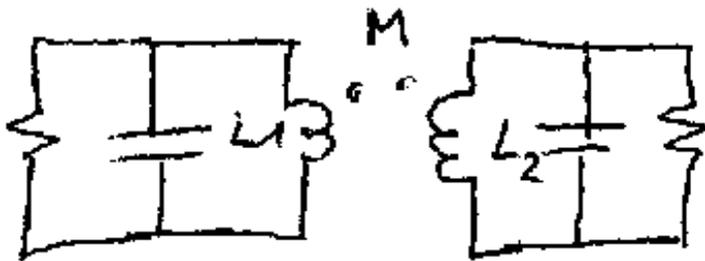


Selectividad

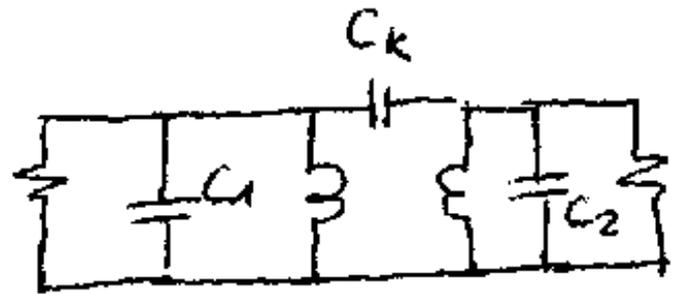
$$S = \frac{\text{ancho de banda a } -60 \text{ dB}}{\text{ancho de banda a } -3 \text{ dB}}$$



Coeficiente de acoplamiento entre etapas (doble sintonía)



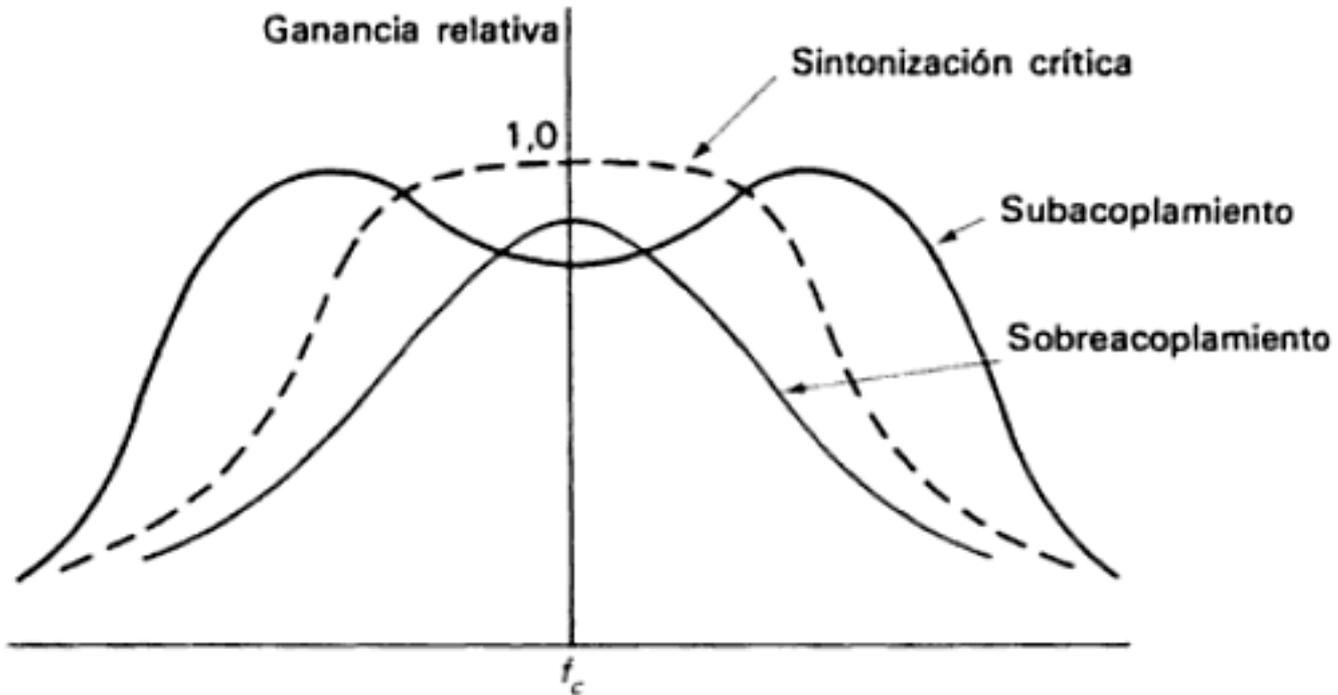
$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$



$$k = \frac{C_k}{\sqrt{C_1 C_2}}$$

Amplificadores sintonizados escalonadamente

Para lograr una sintonía escalonada cada amplificador debe sintonizarse a una frecuencia ligeramente diferente a la frecuencia central deseada



Ajuste de las frecuencias de sintonía de cada etapa

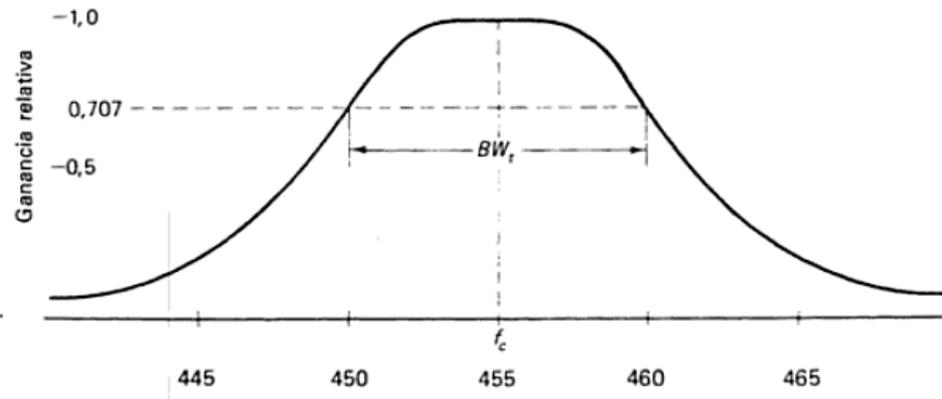
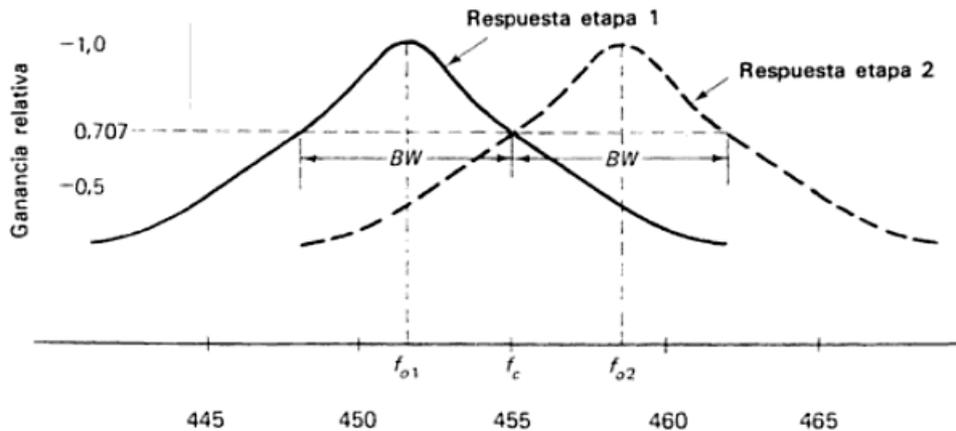


$$f_{01} = f_{CENTRAL} - 0,35 \cdot BW$$

$$f_{02} = f_{CENTRAL} + 0,35 \cdot BW$$

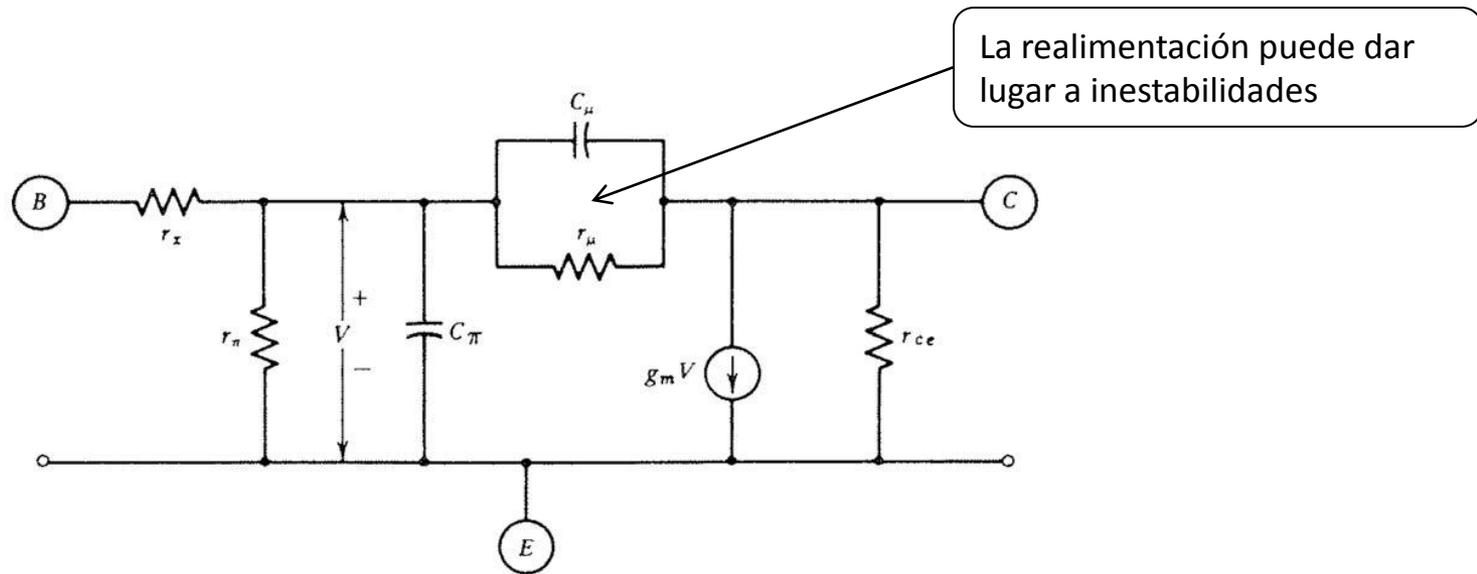
BW = ancho de banda total

$BW_1 = BW_2 = 0,707 \cdot$ ancho de banda total



Estabilidad

- A veces, debido a la elevada ganancia, basta una pequeña realimentación para que un dispositivo activo se vuelva inestable, es decir, se comporte como un oscilador (aparece una señal a la salida sin señal de entrada) (realimentación positiva)
- El diseño de un amplificador debe garantizar siempre la estabilidad



Modelo de un transistor bipolar

Criterios de Estabilidad

Criterios de Linvill

$$\text{estable si: } 2g_{11}g_{22} - \operatorname{Re}(Y_{12}Y_{21}) > |Y_{12}Y_{21}|$$

Criterio de Stern

$$\text{estable si: } 2(g_{11} + G'_S)(g_{22} + G'_L) > |Y_{12}Y_{21}| + \operatorname{Re}(Y_{12}Y_{21})$$

Técnicas de estabilización

- Unilaterización $\Rightarrow Y_{12} = 0$
- Neutralización \Rightarrow compensar parte imaginaria de Y_{12}
- Elección adecuada de impedancias fuente y carga de modo que cumpla Stern o Linvill