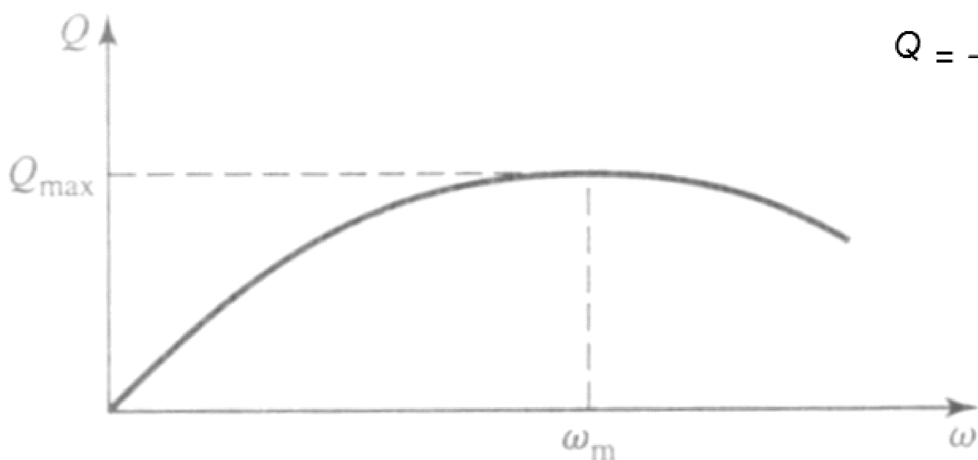
Amplificadores Sintonizados

Introducción

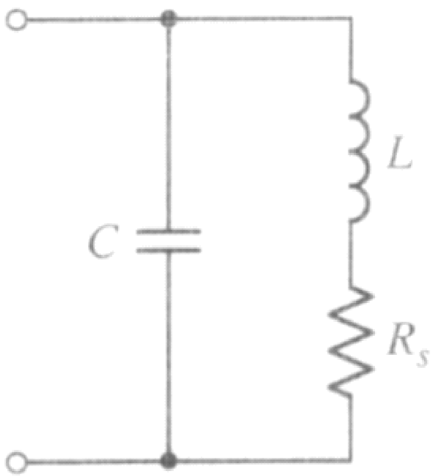
Consideraciones importantes

- La Q de un circuito sintonizado determina la selectividad del circuito. Este parámetro puede ser relacionado con las pérdidas.
- El inductor es un elemento almacenador de energía imperfecto, exhibe varios mecanismos para la pérdida de energía.
- Las pérdidas del inductor pueden ser representadas por una resistencia en serie con el inductor ideal.
- El factor de calidad Q del inductor es una medida del efectivo almacenamiento de energía del elemento.
- El factor de calidad Q del inductor compara la energía almacenada en la bobina con la energía disipada.
- Las pérdidas del inductor varían con la frecuencia y es imposible medirlas con un ohmetro. Se miden a través de la respuesta a la frecuencia de un circuito sintonizado y relacionando el ancho de banda con la frecuencia de resonancia del circuito.



$$Q = \frac{\omega L}{R_S}$$

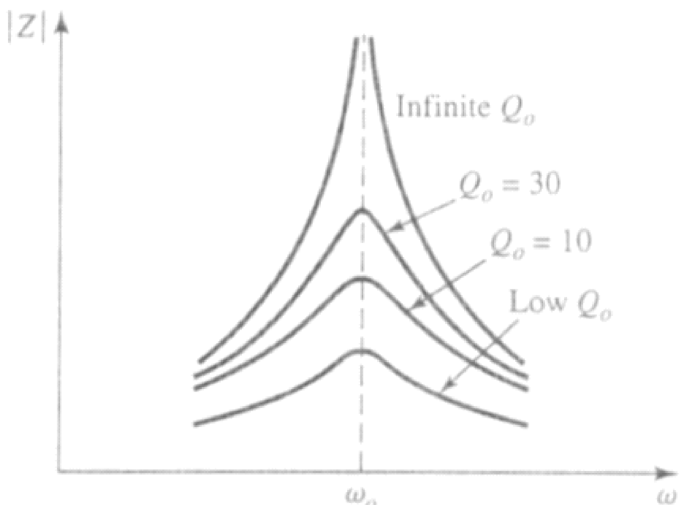
Circuito resonante paralelo



$$Q_o = \frac{\omega_o L}{R_{So}}$$

donde:

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



Impedancia del circuito taque:

$$Z = \frac{1}{j\omega C} \| (R_S + j\omega L) = \frac{R_S + j\omega L}{-\omega^2 CL + j\omega R_S C + 1}$$

en la frecuencia de resonancia:

$$Z_0 = \frac{R_{S0}\left[1 + j\left(\frac{\omega_0 L}{R_{S0}}\right)\right]}{j\omega_0 R_{S0} C}$$

o bien:

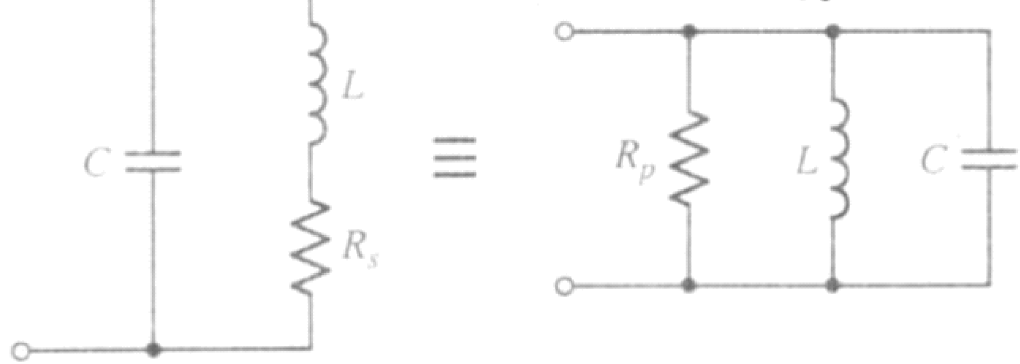
$$Z_0 = \frac{L}{CR_{S0}} = \frac{\omega_0^2 L^2}{R_{S0}} = Q_0^2 R_{S0}$$

la impedancia cerca de la frecuencia de resonancia
para $R_S << \omega L$

$$Z = \frac{j\omega L}{-\omega^2 CL + j\omega R_{S0} C + 1} = \frac{R_{S0} Q_0^2}{1 + jQ_0\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right]}$$

Circuito equivalente en la frecuencia de resonancia

$$R_P = Z_0 = Q_0^2 R_{S0}$$



Impedancia y factor de calidad en términos de R_p

Si

$$R_P = Z_0 = Q_0^2 R_{S0} = \frac{L}{C R_{S0}}$$

entonces

$$Z = \frac{j\omega L}{-\omega^2 CL + j\frac{\omega L}{R_P} + 1}$$

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R_{S0}} = \frac{\omega_0 L}{\frac{R_P}{Q_0^2}} = \frac{Q_0^2 \omega_0 L}{R_P}$$

es decir:

$$Q_0 = \frac{R_P}{\omega_0 L}$$

Ejemplo:

Para $L = 80\mu H$, $Q_o = 22$ y $f_o = 920KHz$, calcular C, R_s y R_p.

Ancho de banda y factor de calidad del circuito paralelo

$$Z = \frac{R_P}{1 + jQ_0\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right]}$$

$$|Z| = \frac{R_P}{\left(1 + Q_0^2\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right]^2\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$Q_0\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right] = +1$$

$$Q_0\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right] = -1$$

$$\omega_2 = \omega_0 + \frac{\omega_0}{2Q_0}$$

$$\omega_1 = \omega_0 - \frac{\omega_0}{2Q_0}$$

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{\omega_0}{Q_0}$$

$$\Delta f = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q_0}$$

Disminución del factor de calidad del circuito tanque

$$R_{sh} = R_1 \parallel R_p$$

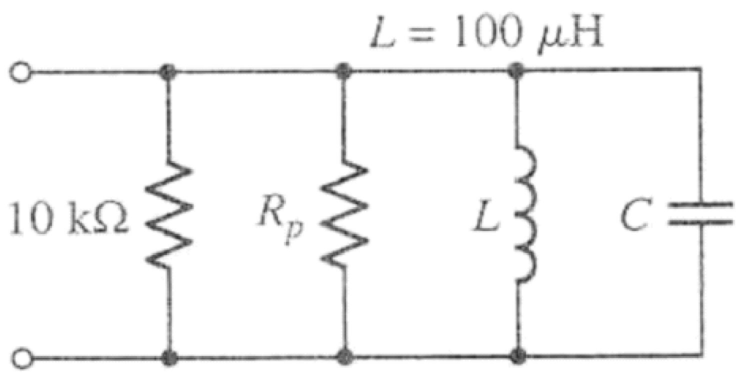
$$Q_{eff} = \frac{R_{sh}}{\omega_0 L} = \frac{R_{sh}}{R_p} Q_0$$

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q_{eff}}$$

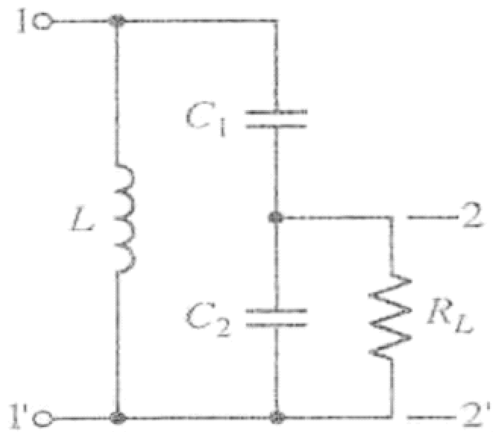
$$Z = \frac{R_{sh}}{1 + jQ_{eff}\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right]}$$

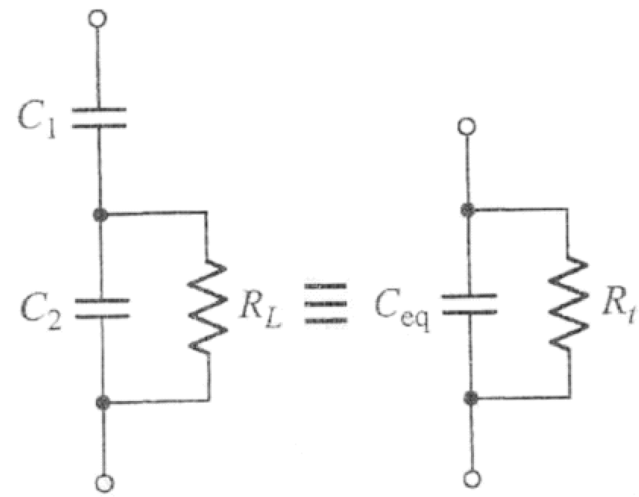
$$|Z| = \frac{R_{sh}}{\left(1 + Q_{eff}^2\left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right]^2\right)^{\frac{1}{2}}}$$

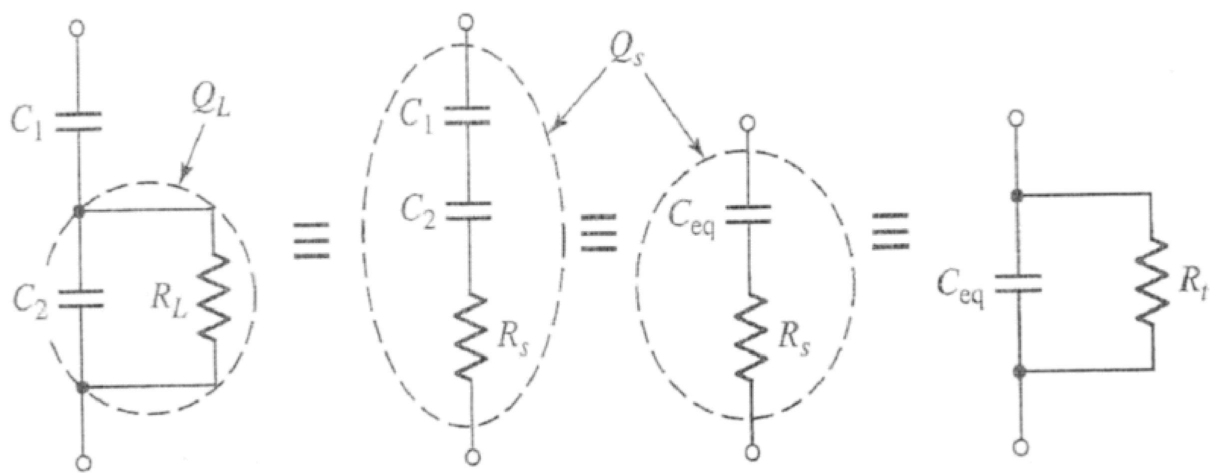
Ejemplo:
Para el circuito mostrado en la figura, considerar Q_L = 42 en f_o = 150kHz y una resistencia de 10KΩ en paralelo al circuito tanque.
Calcular el valor del capacitor, Q_{eff} y ancho de banda en Hertz



Circuitos con derivación capacitiva





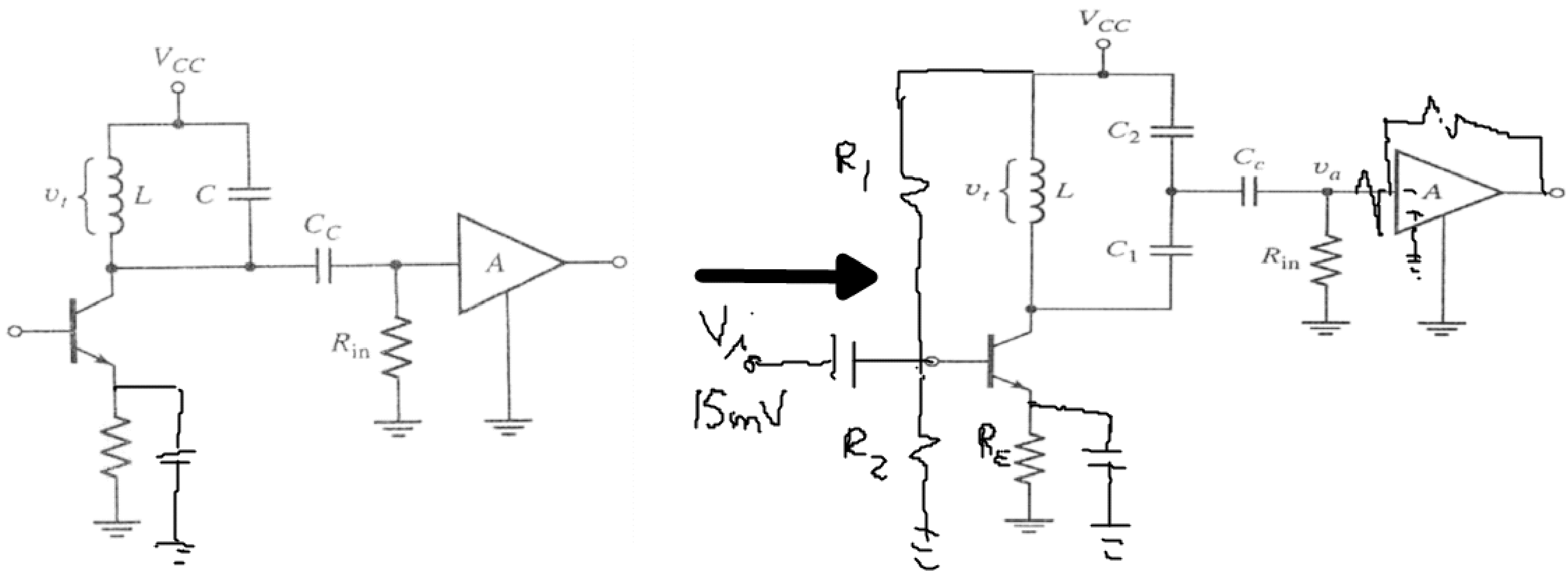


Ejemplo:

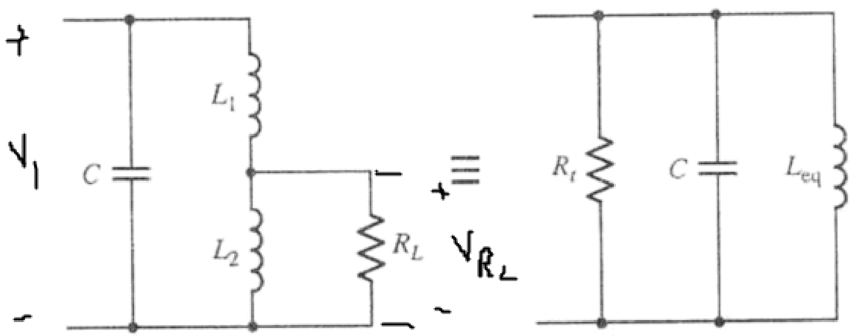
La impedancia de salida del transistor del circuito de la siguiente figura, es de 140KΩ. El inductor es de 60μH y tiene una Qo = 80 en la frecuencia de resonancia de 800kHz. El ancho de banda deseado para el circuito sintonizado es de 14kHz. Si la impedancia de entrada del segundo amplificador es de 10kΩ.

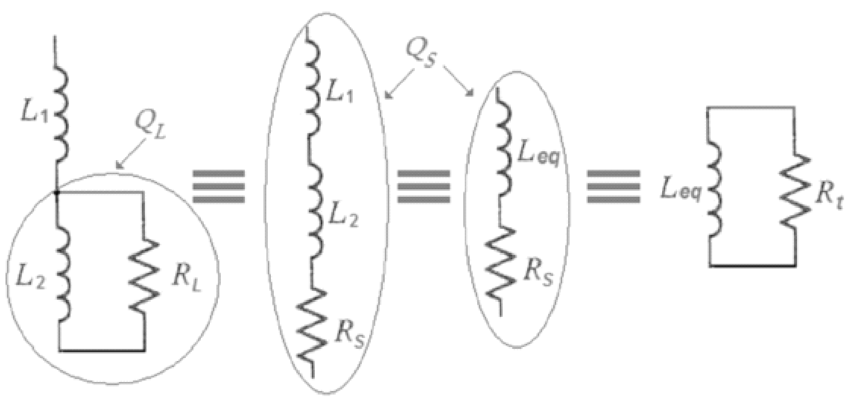
Calcular el ancho de banda del circuito con carga.

Diseñar un circuito con derivación capacitiva para que resulte un ancho de banda de 14kHz.



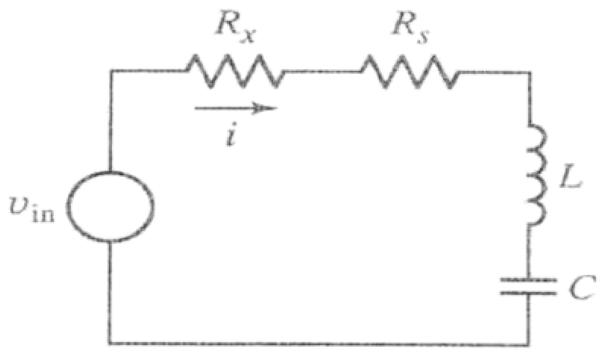
Circuitos con derivación inductiva





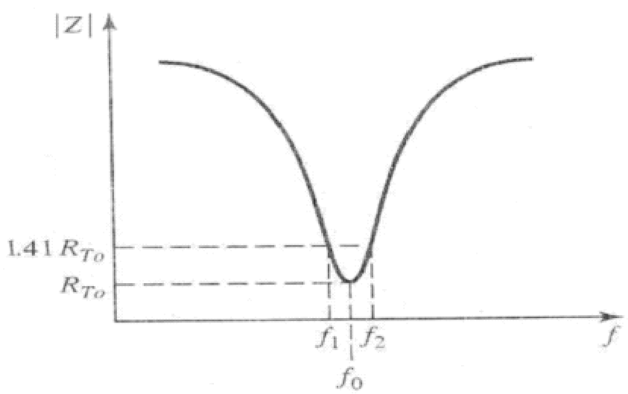
Ejemplo:
Diseñar un circuito con derivación inductiva que resulte en un ancho de banda de 14kHz.
Emplear el circuito del ejemplo anterior.

Circuito resonante serie



$$Z = R_T + j\left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]$$

$$Z = R_{To}\left(1 + j\left[\frac{\omega L}{R_{To}} - \frac{1}{\omega C R_{To}}\right]\right)$$

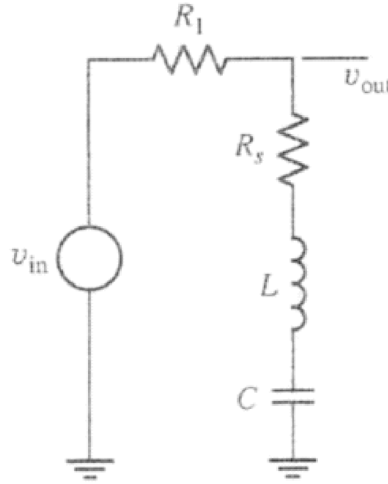


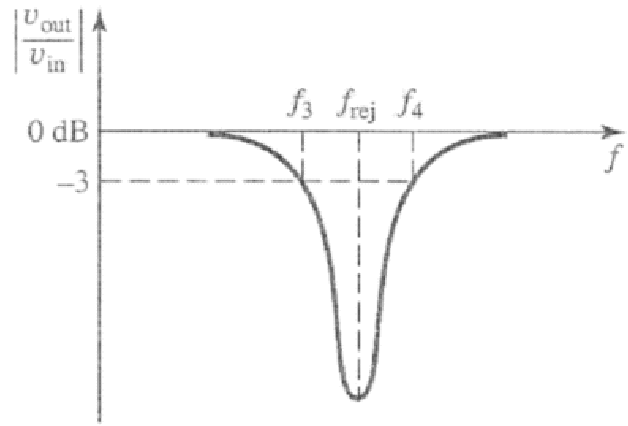
$$Z = R_{To}\left(1 + jQ_{eff}\left[\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right]\right)$$

$$|Z| = R_{To}\left(1 + Q_{eff}^2\left[\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right]^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_{so}}{R_{so} + R_1}$$

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = \pm R_1$$



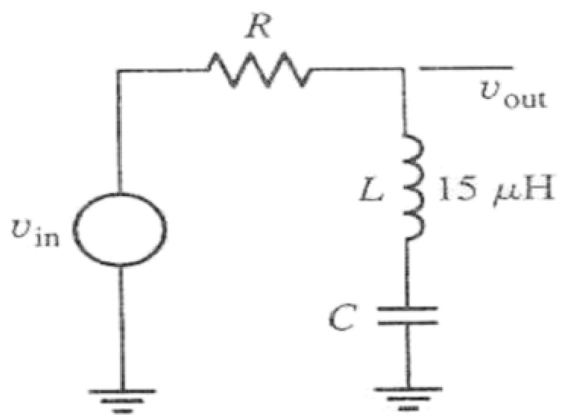


$$\omega_3 = \frac{1}{2L}\left(-R_1 + \sqrt{\frac{R_1^2 C + 4L}{C}}\right)$$
$$\omega_4 = \frac{1}{2L}\left(R_1 + \sqrt{\frac{R_1^2 C + 4L}{C}}\right)$$

$$\Delta f_{rej} = \frac{f_o}{Q_{eff}} = \frac{f_o}{\frac{\omega L}{R_1}} = \frac{R_1 f_o}{\omega L} = \frac{R_1}{2\pi L}$$

Ejemplo: Considerando el circuito de la siguiente figura:

- a) Estimar el valor del capacitor necesario para obtener una frecuencia de supresión de 4.5MHz. Considerar que L = 15μH y Qo = 80.
- b) Calcular el valor de R para tener un ancho de banda de supresión de 1.2MHz.
- c) Calcular la atenuación de la señal en 4.5MHz. en dB
- d) Calcular la atenuación de la señal en 3.75MHz en dB



Solución

a) $$C = \frac{1}{\omega_o^2 L} = \frac{1}{\left[2\pi\left(4{,}5MHz\right)\right]^2 15\mu H} = 83{,}4pF$$

b) $$R = 2\pi\left(15\mu H\right)\left(1{,}2MHz\right) = 113\Omega$$

c) $$R_{so} = \frac{\omega_o L}{Q_o} = \frac{2\pi\,(4{,}5MHz)\,(15\mu H)}{80} = 5{,}3\Omega$$

$$\frac{V_o}{V_i}\,(4{,}5MHz) = \frac{R_{so}}{R_{so}+R} = \frac{5{,}3}{5{,}3+113} = 0{,}0448$$

$$20 \quad \log_{10}(0{,}0448) = -26{,}97dB$$

d) $$\left|\frac{V_o}{V_i}\right| = \left|\frac{R_{so} + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R_{so} + R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}\right| = \frac{R_{so}\left(1 + Q_o^2\left[\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right]^2\right)^{\frac{1}{2}}}{R_T\left(1 + Q_{eff}^2\left[\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right]^2\right)^{\frac{1}{2}}}$$

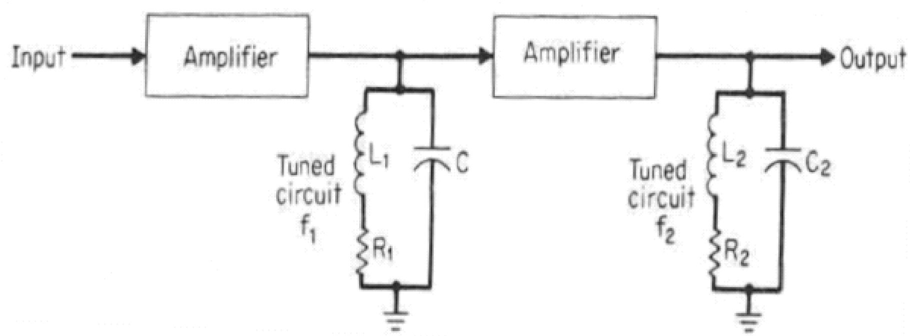
$$R_T \quad = \quad R + R_s = 113 + 5{,}3 = 118{,}3$$

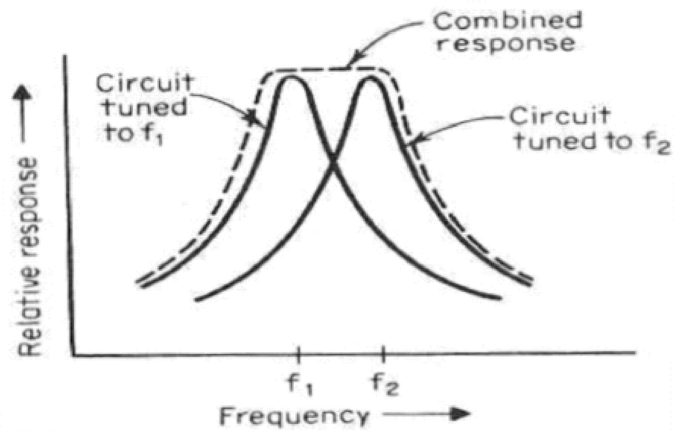
$$Q_{eff} \quad = \quad \frac{\omega_o L}{R_T} = \frac{2\pi\,(4{,}5MHz)\,(15\mu H)}{118{,}3} = 3{,}585$$

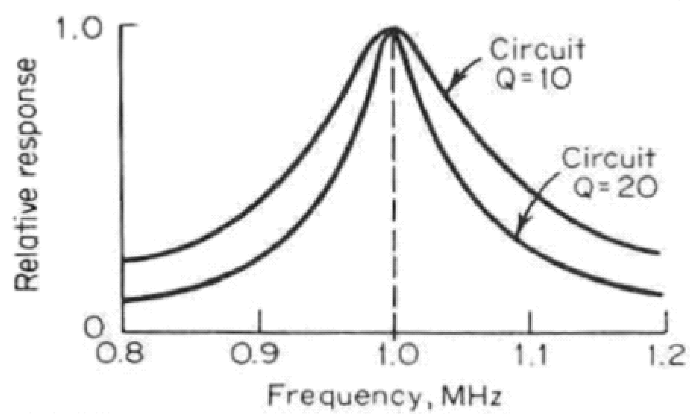
$$\left|\frac{V_o}{V_i}\right| = \frac{5{,}3\left(1+(80)^2\left[\frac{3{,}75}{4{,}5}-\frac{4{,}5}{3{,}75}\right]^2\right)^{\frac{1}{2}}}{118{,}3\left(1+(3{,}585)^2\left[\frac{3{,}75}{4{,}5}-\frac{4{,}5}{3{,}75}\right]^2\right)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}796$$

$$20 \quad \log_{10}(0{,}796) = -1{,}98dB$$

Circuitos doblemente sintonizados







Ejemplo: Considerar el amplificador de frecuencia intermedia FI de la figura que contiene un transformador sintonizado a 455KHz. El primario tiene una inductancia de 99.5µH y una resistencia R_{S0} = 5.6 Ω con una capacitancia C = 1250pF.

a) Determinar la Q_O del circuito resonante, la ganancia de voltaje $A_{V_{NL}}$ y el ancho de banda Δf sin carga.

b) Determinar la ganancia de voltaje y el nuevo ancho de banda Δf si una resistencia de 1kΩ es conectada como carga en el secundario causando que el circuito resonante disminuya su factor de calidad Q_{eff} = 20.

c) Calcular la resistencia reflejada R_r en el primario debido a la carga en el secuendario y la relación del número de vueltas del transformador.