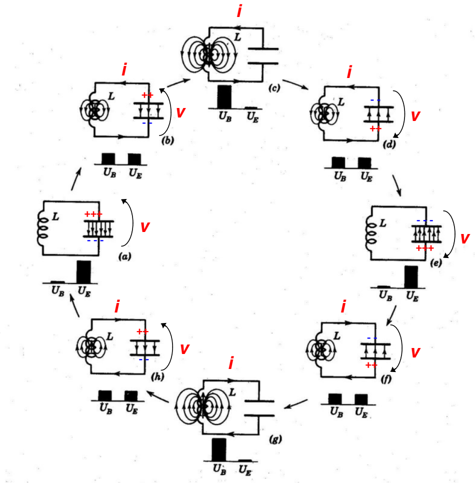
PSI3460 – Laboratório de Circuitos Eletrônicos

Magno T. M. Silva

Escola Politécnica da USP

Março de 2017

Circuito LC ideal

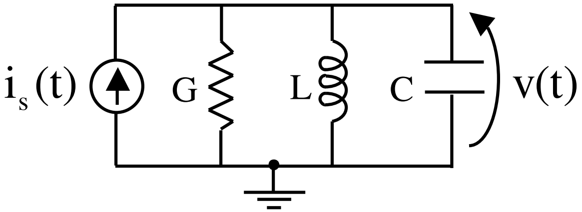


Ciclo de frequência:

$$\boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$$

RLC paralelo - Impedância

$$\mathrm{R} = 1500\ \Omega, \quad \mathrm{L} = 600\ \mu\mathrm{H}, \quad \mathrm{C} = 100\ \mathrm{nF}$$



Impedância

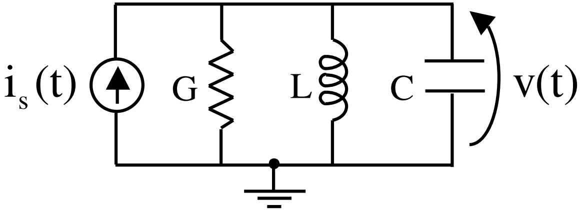
$$\boxed{Z(j\omega) = \frac{1}{G + j\left(\omega C - \dfrac{1}{\omega L}\right)}}$$

Módulo e fase

$$|Z(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{G^2 + \left(\omega C - \dfrac{1}{\omega L}\right)^2}} \qquad \phi(\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega C - \dfrac{1}{\omega L}}{G}\right)$$

RLC paralelo - Ressonância

$$\text{R} = 1500\ \Omega, \quad \text{L} = 600\ \mu\text{H}, \quad \text{C} = 100\ \text{nF}$$



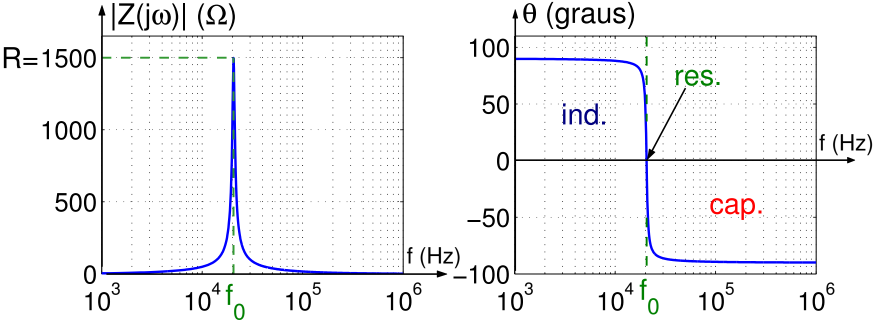
Frequência de ressonância

$$\boxed{\omega_r = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}}$$

- Fase da impedância é nula
- Circuito é puramente resistivo
- Módulo da impedância é máximo (módulo da tensão é máximo) ou Módulo da admitância é mínimo (módulo da corrente é mínimo)

RLC paralelo - Ressonância

$$\mathrm{R} = 1500\ \Omega, \quad \mathrm{L} = 600\ \mu\mathrm{H}, \quad \mathrm{C} = 100\ \mathrm{nF}$$

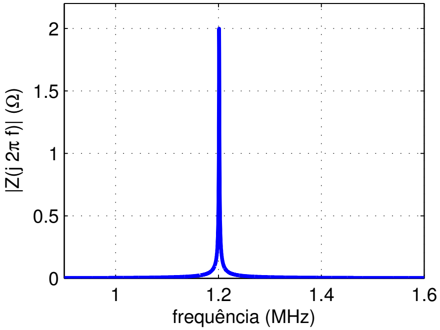


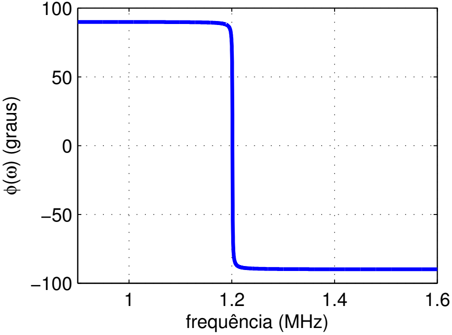
Freq. de ressonância: $\mathrm{f_r} = \mathrm{f_0} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{\mathrm{LC}}} \approx 20{,}55\ \mathrm{kHz}$

RLC paralelo - Ressonância

Valores típicos para sintonizar uma rádio AM

$$\mathrm{R} = 2\ \Omega, \quad \mathrm{L} = 195\ \mathrm{pH}, \quad \mathrm{C} = 90\ \mu\mathrm{F}$$





Freq. de ressonância:

$\mathrm{f_r} = \mathrm{f_0} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{\mathrm{LC}}} = 1{,}2\ \mathrm{MHz} = 1200\mathrm{kHz}$ (Rádio CULTURA BRASIL AM)

Frequência de corte

- Frequência de corte é a frequência abaixo da qual (ou acima da qual) a potência na saída do circuito é reduzida à metade da potência na faixa de passagem
- Frequência na qual o ganho da resposta em frequência se reduz a

$$|F(j\omega_c)| = \frac{|F(j\omega)|_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Frequência de corte

- Para o Circuito RLC paralelo

$$|Z(j\omega)|_{\max} = |Z(j\omega_0)| = R$$

Quais as frequências ω_{c_1} e ω_{c_2} nas quais $|Z(j\omega)| = R/\sqrt{2}$?

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} = \frac{R}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{2}{R}}} \Rightarrow$$

$$\omega_{c_1} = -\frac{1}{2RC} + \sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 + \frac{1}{LC}}$$

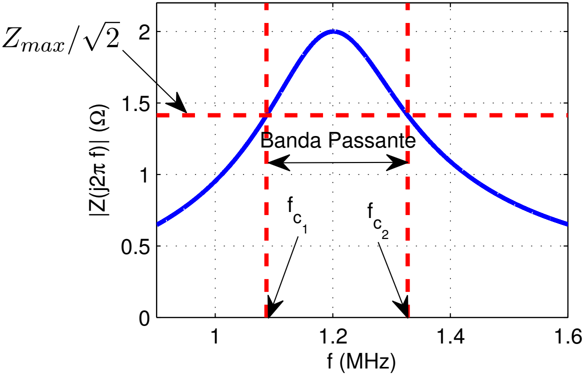
$$\omega_{c_2} = +\frac{1}{2RC} + \sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 + \frac{1}{LC}}$$

- É comum definir a banda passante que neste caso vale

$$\boxed{B = \omega_{c_2} - \omega_{c_1} = \frac{1}{RC}}$$

Frequência de corte

$$\mathrm{R} = 2\ \Omega, \quad \mathrm{L} = 195\ \mathrm{pH}, \quad \mathrm{C} = 1{,}22\ \mathrm{nF}$$



- $Z_{\max}/\sqrt{2} = 1{,}4142\ \Omega$
- $\omega_{c_1} = 6{,}8313\ \mathrm{Mrad/s} \Rightarrow f_{c_1} = 1{,}0872\ \mathrm{MHz}$
- $\omega_{c_2} = 8{,}3410\ \mathrm{Mrad/s} \Rightarrow f_{c_2} = 1{,}3275\ \mathrm{MHz}$
- $B = 1.5097\ \mathrm{Mrad/s} \quad (0{,}2403\ \mathrm{MHz})$

Índice de mérito

Vamos voltar ao circuito RLC paralelo.

- Esse circuito funciona como um passa-faixa com banda passante

$$\boxed{B = \omega_{c_2} - \omega_{c_1} = \frac{1}{RC}}$$

- O índice de mérito ou fator de qualidade é definido como

$$\boxed{Q_0 = \frac{\omega_0}{B}}$$

- Para o RLC paralelo, temos

$$\boxed{Q_0 = RC\omega_0}$$

- Substituindo $C = 1/(\omega_0^2 L)$, chega-se a

$$\boxed{Q_0 = RC\omega_0 = \frac{R}{\omega_0 L} = R\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

Índice de mérito

A admitância do circuito RLC paralelo pode ser escrita em função de Q_0:

$$Y(j\omega) = G + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$$

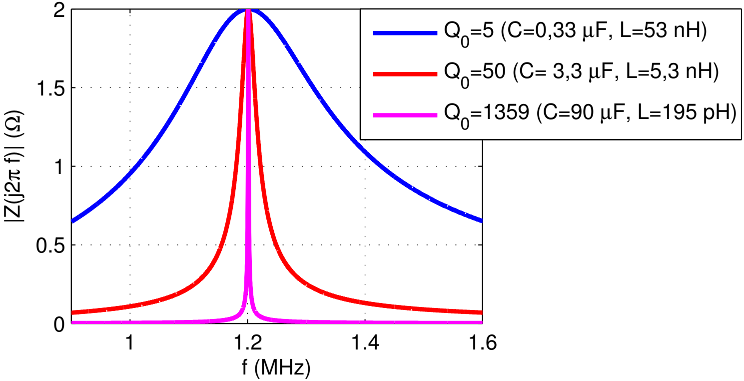
$$= G\left[1 + j\left(\frac{\omega C}{G} - \frac{R}{\omega L}\right)\right]$$

$$= G\left[1 + j\left(\frac{\omega}{\omega_0}\frac{\omega_0 C}{G} - \frac{\omega_0}{\omega}\frac{R}{\omega_0 L}\right)\right]$$

$$= G\left[1 + jQ_0\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)\right]$$

Índice de mérito

Impedância do RLC paralelo em função de Q_0, $\mathrm{R} = 2\ \Omega$ (fixo)



Q_0 alto, B estreita, alta seletividade, altamente oscilatório (tempo)

Índice de mérito

O índice de mérito também é definido como

$$\boxed{Q_0 = \frac{\text{potência reativa}}{\text{potência média}}}$$

Para circuitos RLC paralelo ou série vale

$$\boxed{Q_0 = \frac{\omega_0}{2\alpha}}$$