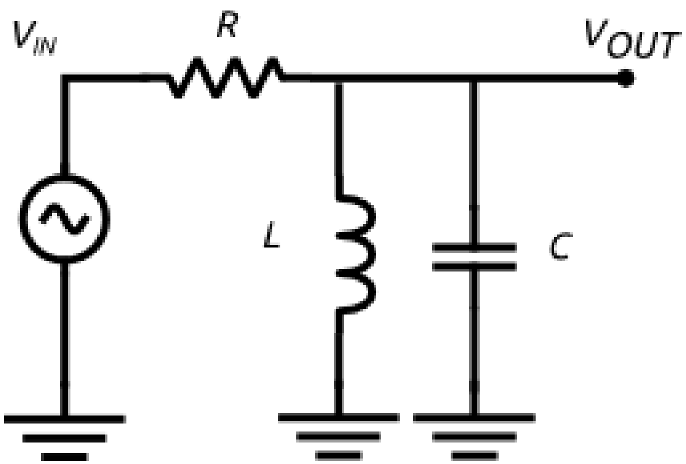
Laboratorio II

Appunti circuiti RLC

16 novembre 2018

Filtro RLC passa banda (ideale)

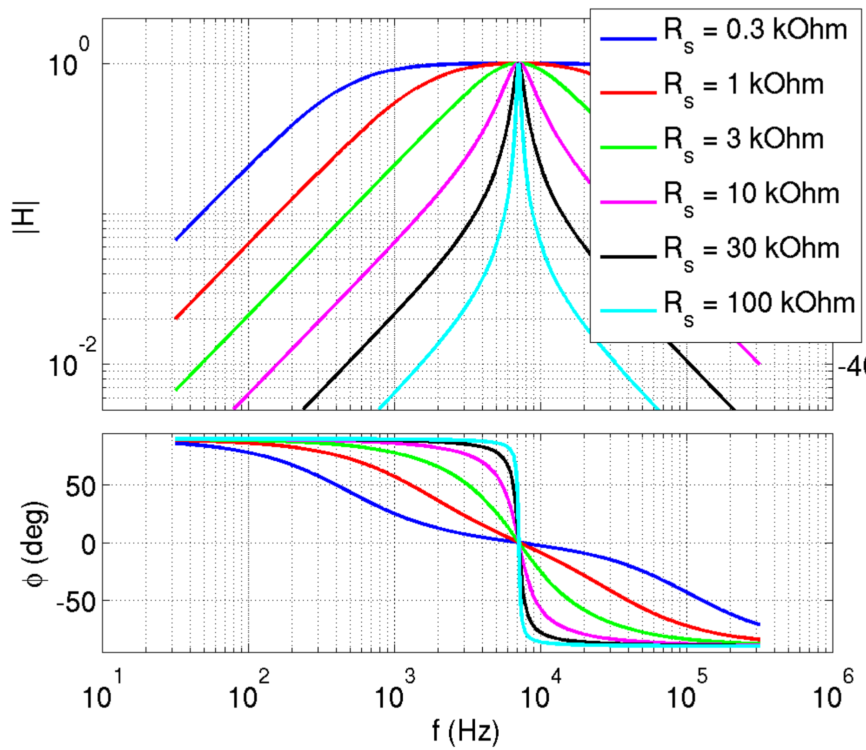


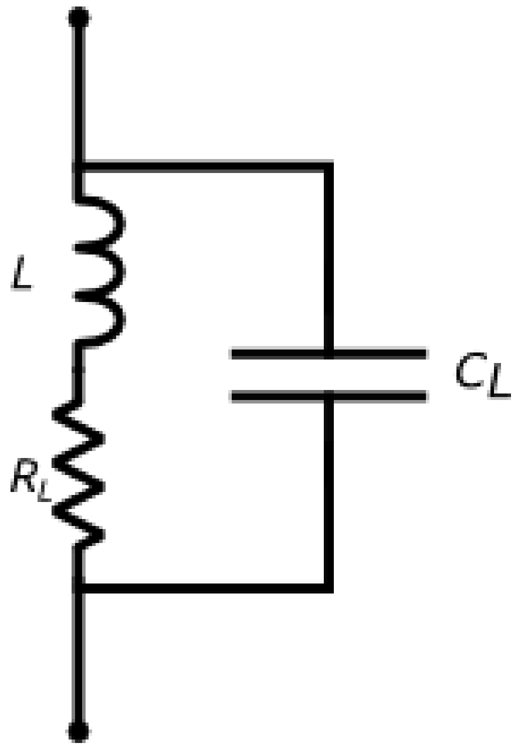
$$H(\omega) = \frac{j\omega \frac{L}{R}}{1 - \omega^2 LC + j\omega \frac{L}{R}} = \frac{j\frac{\omega}{Q\omega_0}}{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right] + j\frac{\omega}{Q\omega_0}}$$

$$\omega_0 \equiv \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad Q \equiv \omega_0 \tau_{RC} = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

A risonanza corrente in L e C sono uguali e opposte, sommano a zero (impedenza diventa infinita, circuito aperto)

Esempio
L = 100 mH
C = 5 nF

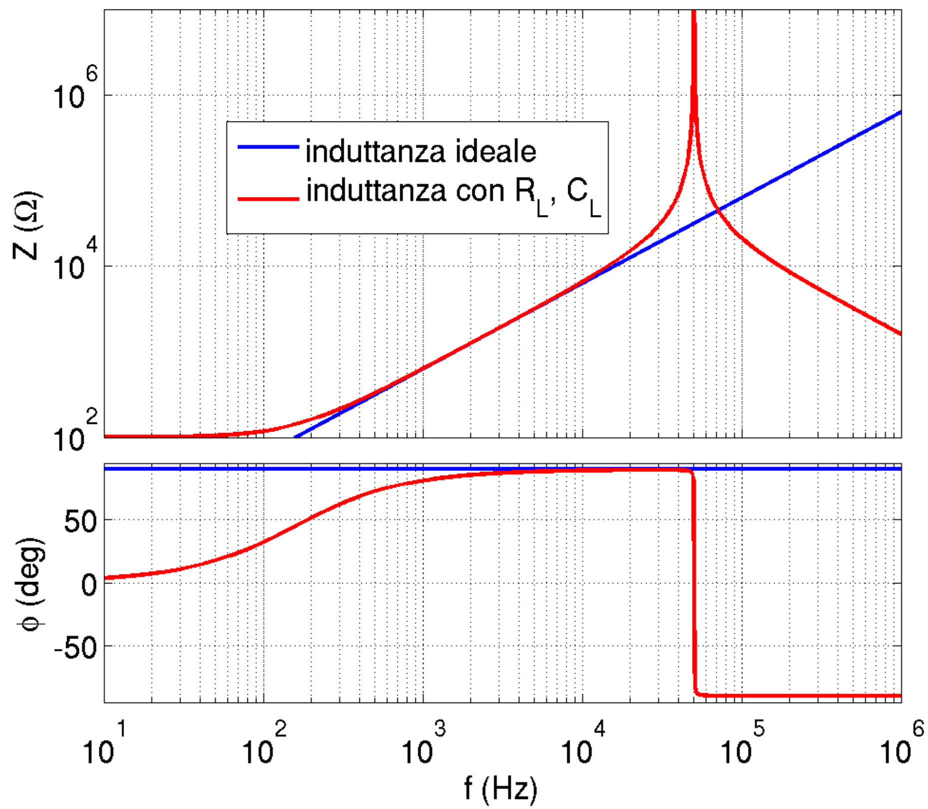




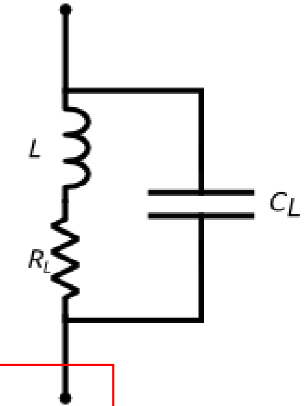
Modello semi-realistico dell'induttanza

- Piccola resistenza in serie RL (comportamento ohmico del filo, ad esempio 100 Ohm per 100 mH in quest'esempio)

- Piccola capacità parasita fra avvolgimenti (ad esempio 100 pF per 100 mH in quest'esempio)

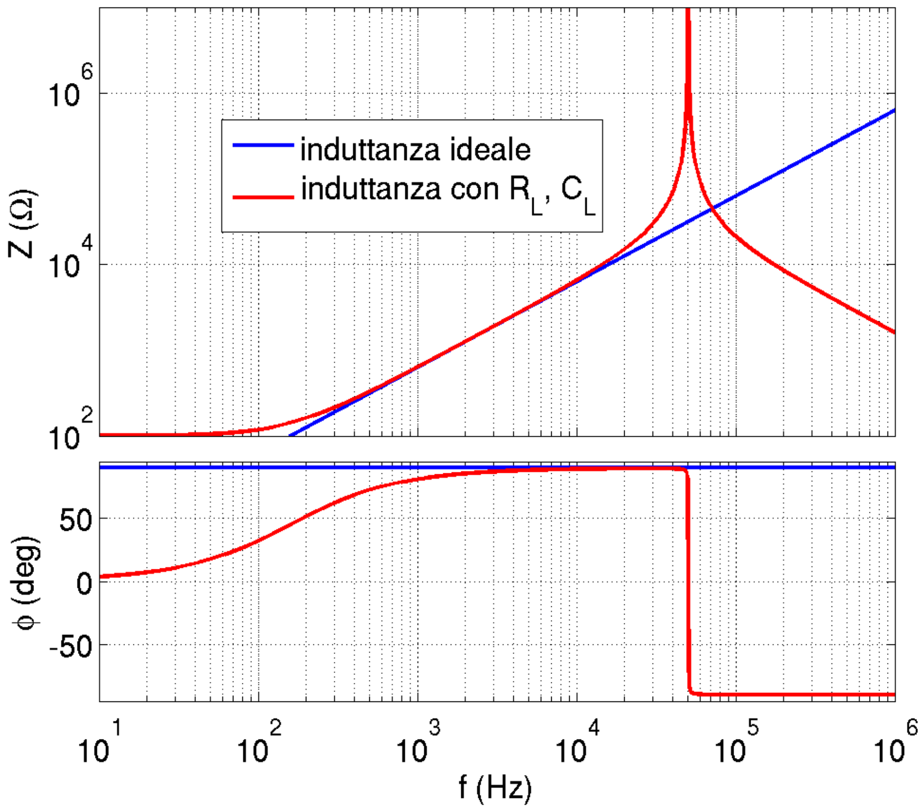


$$Z_L = \frac{j\omega L + R_L}{1 - \omega^2 L C_L + j\omega R_L C_L} = j\omega L \frac{1 + \dfrac{\omega_{auto}}{j\omega Q_L}}{1 - \left(\dfrac{\omega}{\omega_{auto}}\right)^2 + j\dfrac{\omega}{\omega_{auto} Q_L}}$$



$$\omega_{auto} \equiv \frac{1}{\sqrt{L C_L}}$$

$$Q_L \equiv \frac{1}{R_L}\sqrt{\frac{L}{C}} = \tau_{RL}\,\omega_0$$

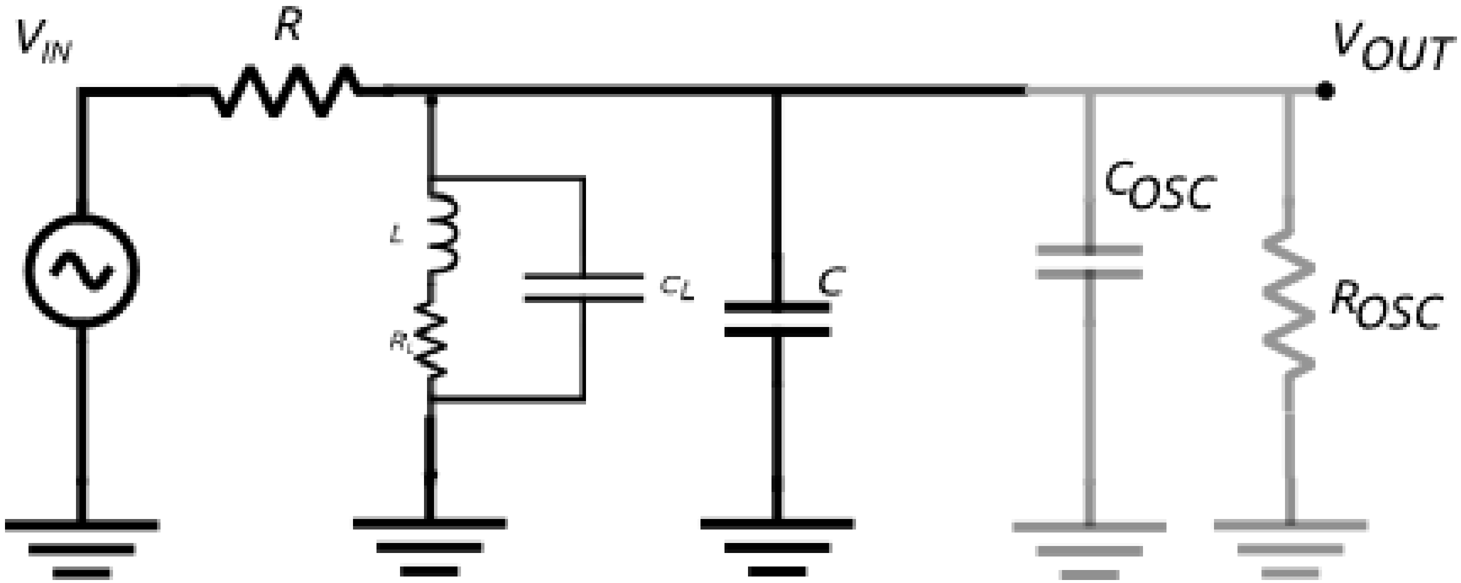


Si comporta:

- come un'induttanza a bassa frequenza
- come un condensatore ad alta frequenza
- Auto-risonante quando conduzione in L e C uguale e opposta

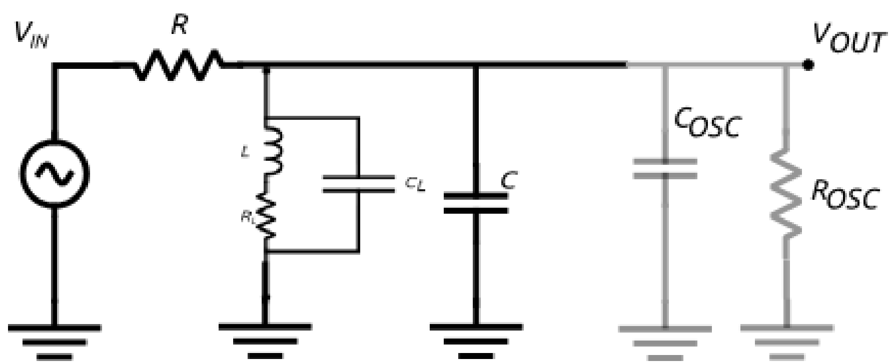
Filtro RLC passa banda

- Con modello più realistico dell'induttanza
- Misurato con oscilloscopio



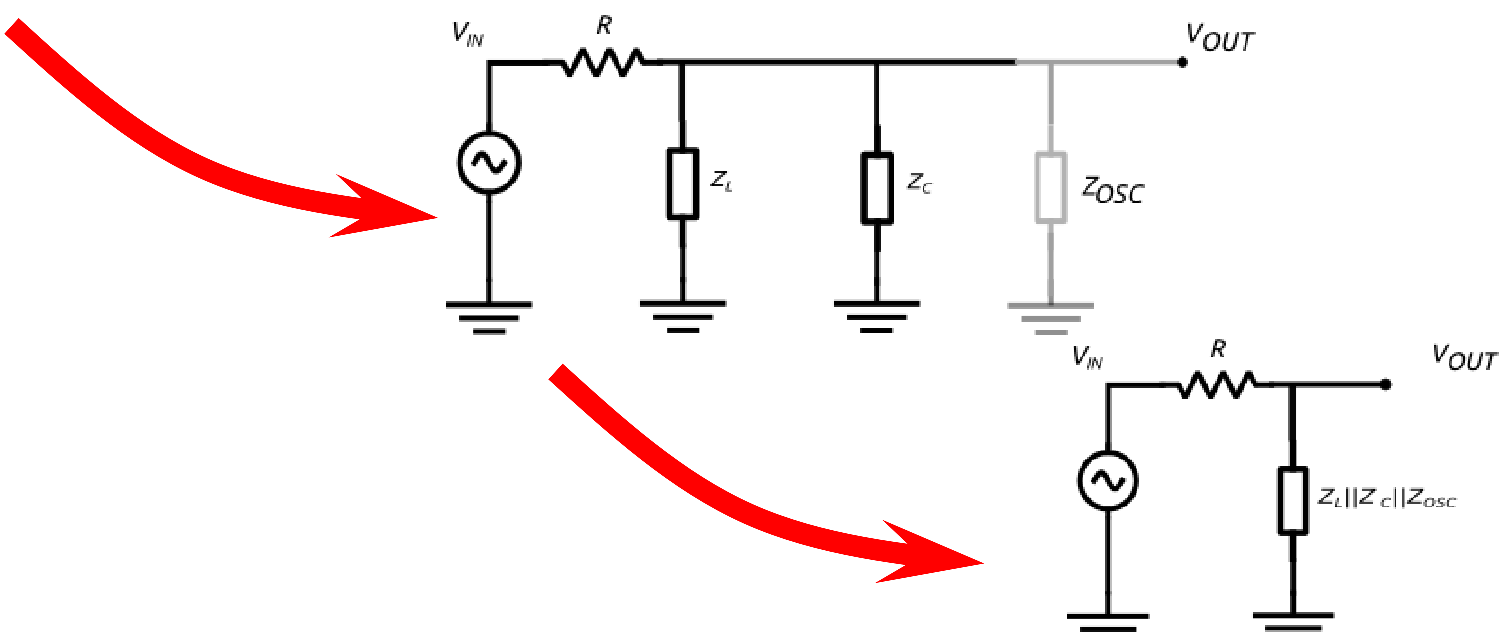
Analisi «semplice» ma lunga e poco trasparente ...
[ma capiamo una formula con 7 parametri?]

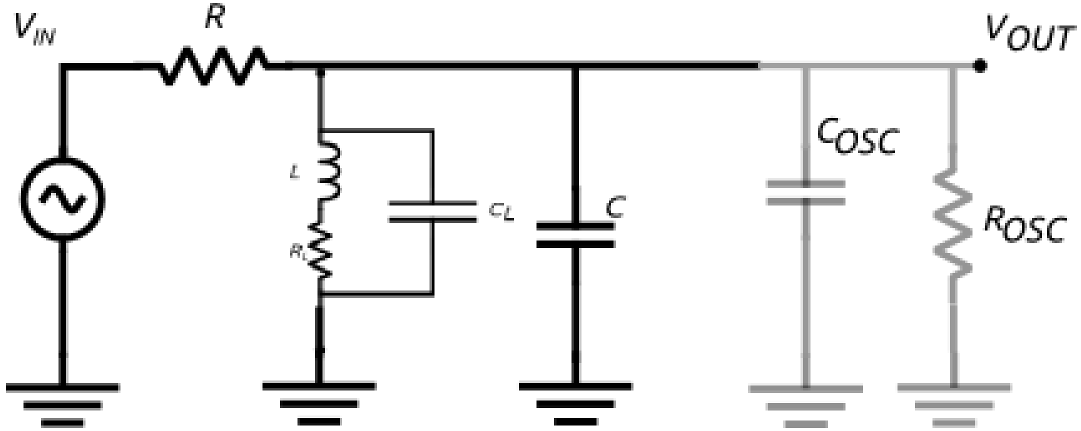
Filtro RLC passa banda: approccio



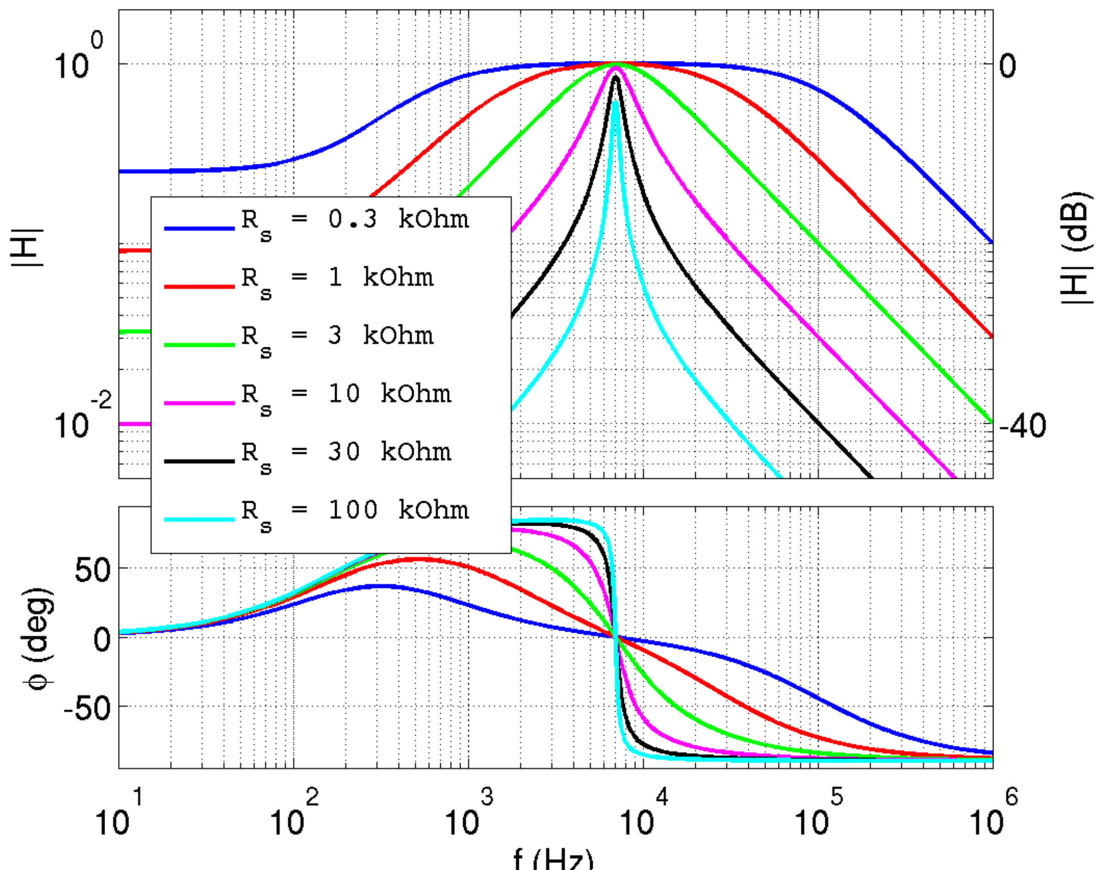
- Ridurre in un partitore in impedenza
- Calcolare numericamente le impedenze e la funzione di trasferimento
- Ragionare sui comportamenti nei limiti «intuitivi»

- **NB: espressione analitica non banale … ma valutazione numerica con matlab (o altro) facile e aiuta a capire**





V_IN
R
L
R_L
C_L
C
C_OSC
R_OSC
V_OUT

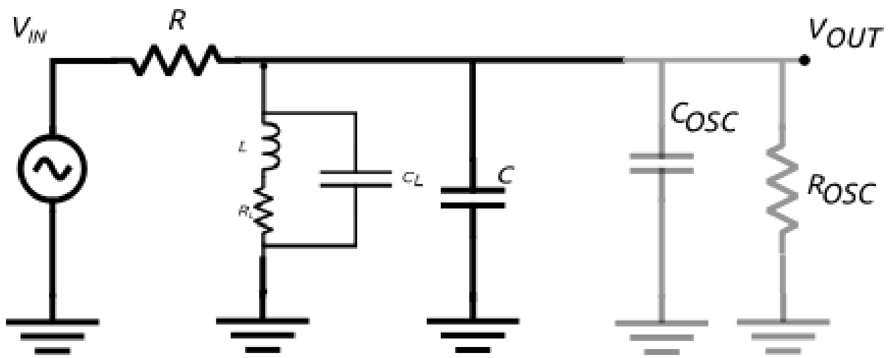


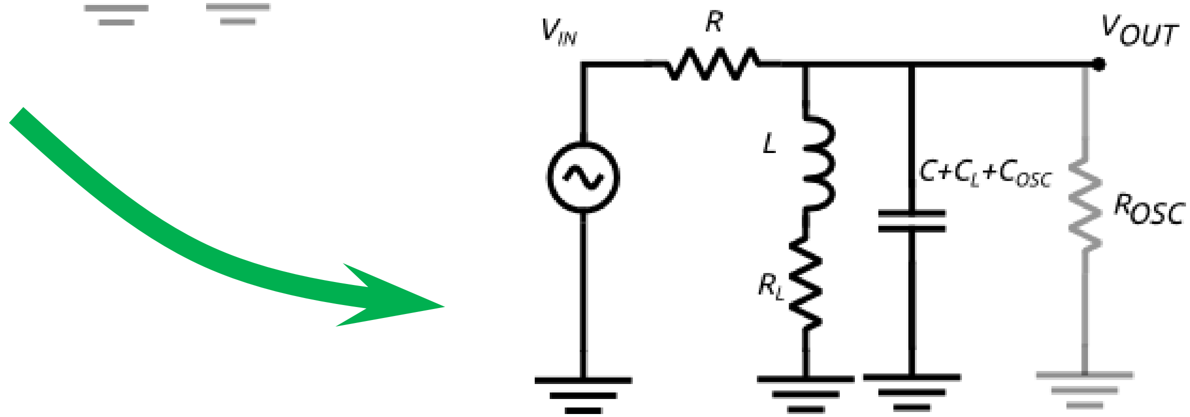
|H|
|H| (dB)
10^0
10^-2
0
-40
R_s = 0.3 kOhm
R_s = 1 kOhm
R_s = 3 kOhm
R_s = 10 kOhm
R_s = 30 kOhm
R_s = 100 kOhm
φ (deg)
50
0
-50
10^1
10^2
10^3
10^4
10^5
10^6
f (Hz)

Filtro RLC passa banda (risonanza)

- L in parallelo con C, ma anche C_L e C_{OSC}

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L(C + C_L + C_{OSC})}}$$



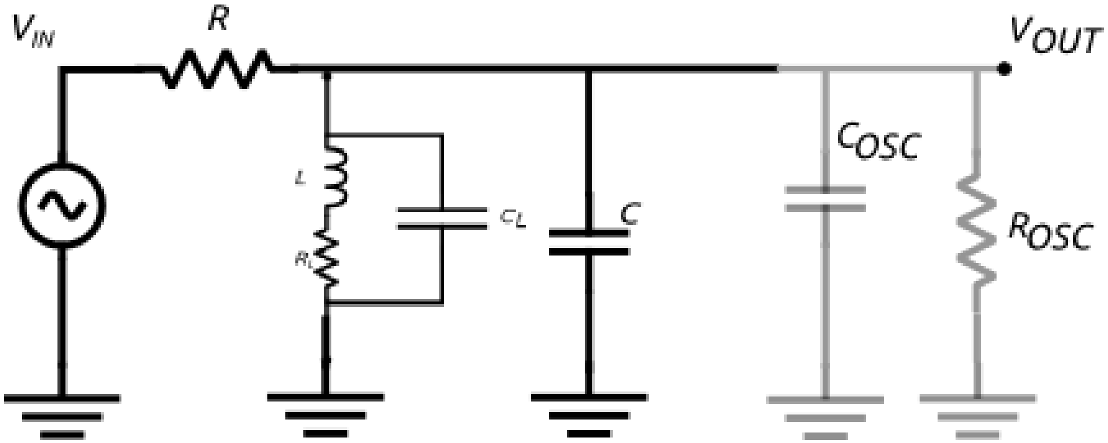


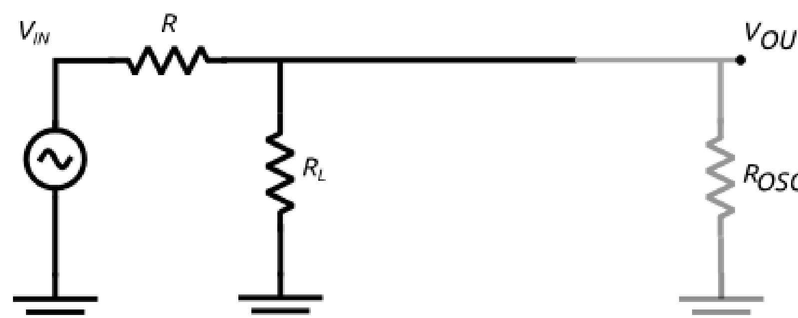
Tipicamente un piccolo abbassamento della frequenza di disegno
(Δf = -60 Hz, o 1% nel nostro esempio)
Si risolve con R grande

Filtro RLC passa banda (limite DC)

C → circuito aperto

L → corto



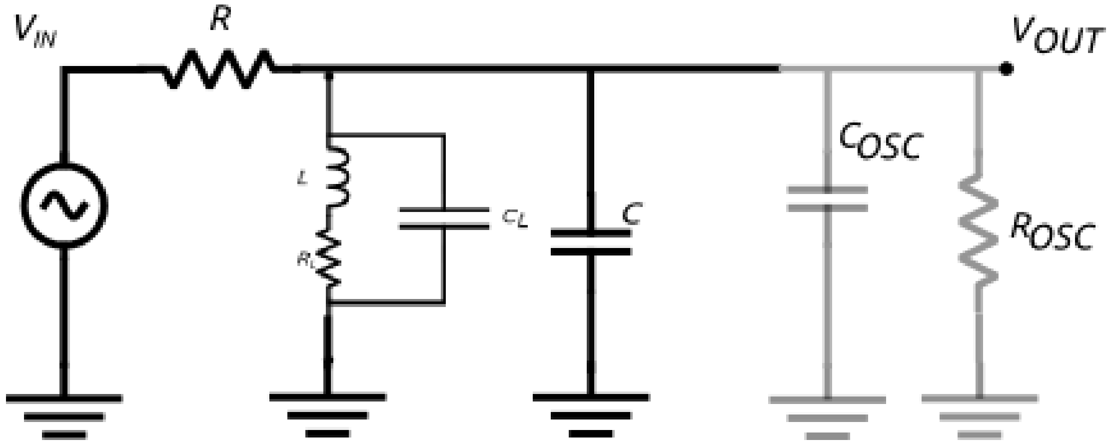


$$H(\omega) = \frac{\dfrac{R_L R_{OSC}}{R_L + R_{OSC}}}{R + \dfrac{R_L R_{OSC}}{R_L + R_{OSC}}} \approx \frac{R_L}{R + R_L}$$

Filtro RLC passa banda (limite $f >> f_0$)

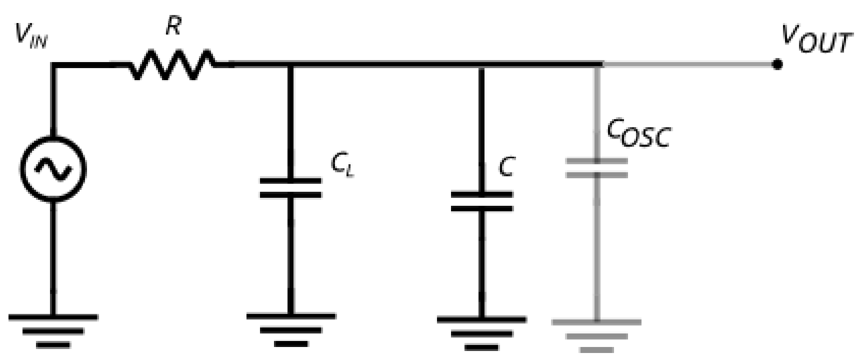
C → corto circuito (conduce!)

L → aperto



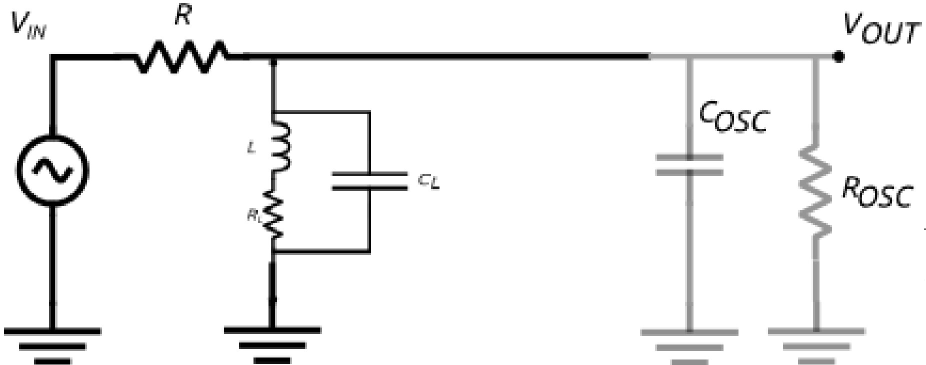
RC passa basso

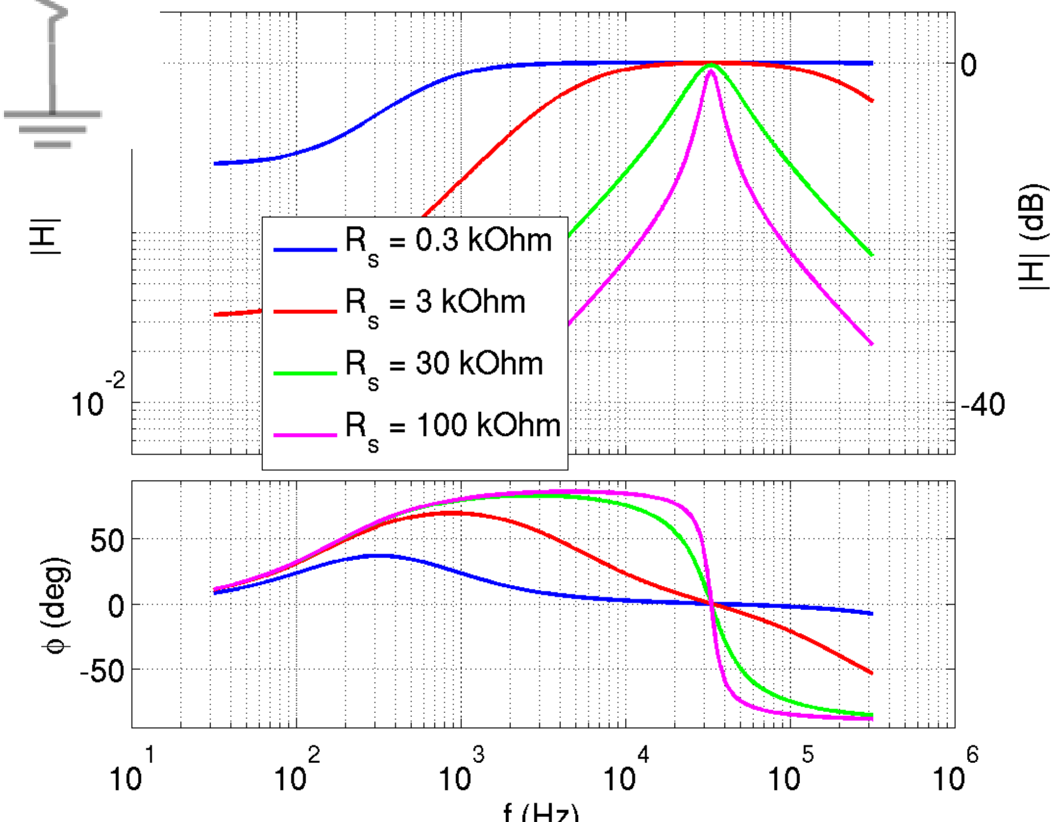
$$H(\omega) \approx \frac{1}{j\omega R\left(C + C_L + C_{OSC}\right)}$$



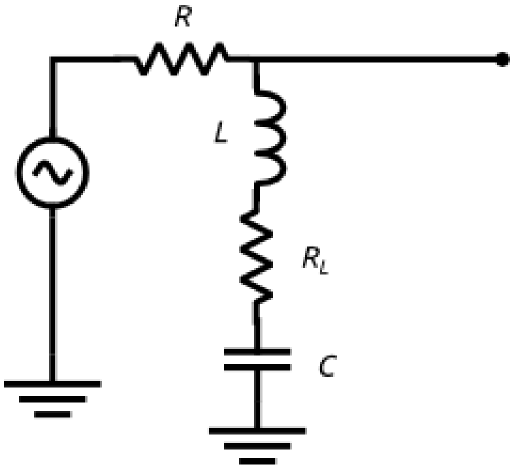
Filtro RL passa alto

- Modello identico a RLC passa banda
- (manca la terza – e dominante – condensatore in parallelo (C)
- Risonanza spostata ad alta frequenza

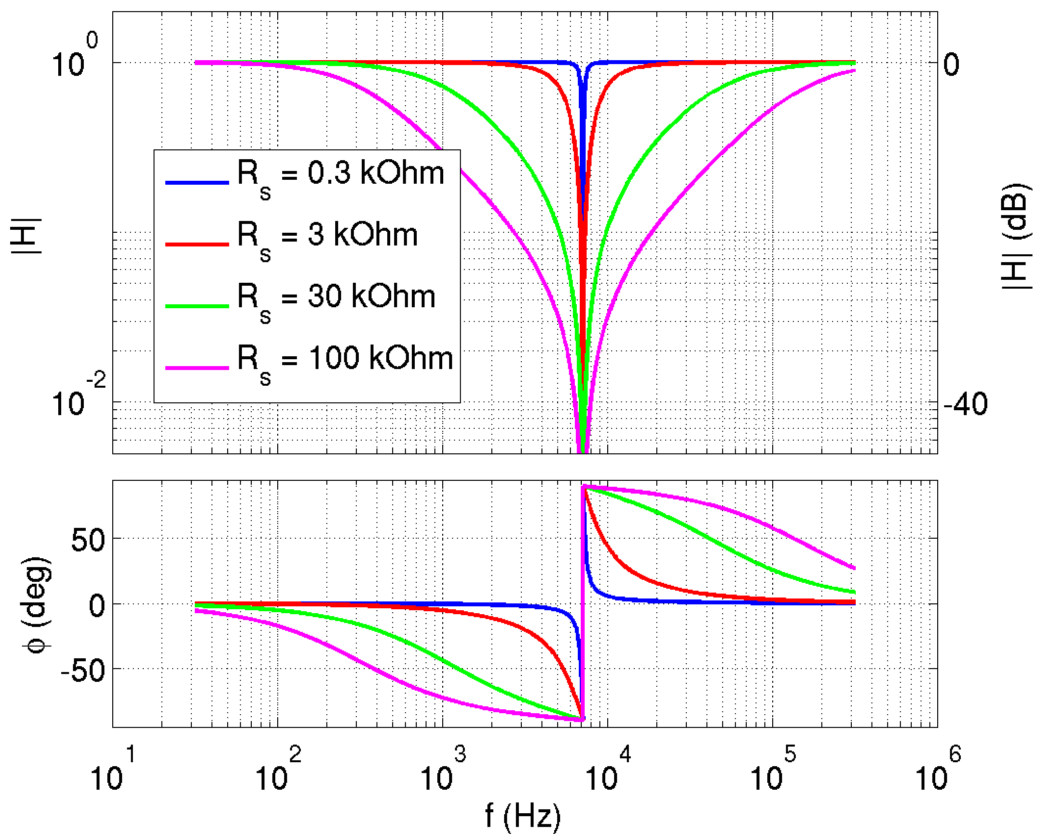




Filtro RLC reiezione di banda (notch filter ideale)



$$H(\omega) = \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + j\omega R_L C}{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right] + j\omega (R + R_L) C}$$



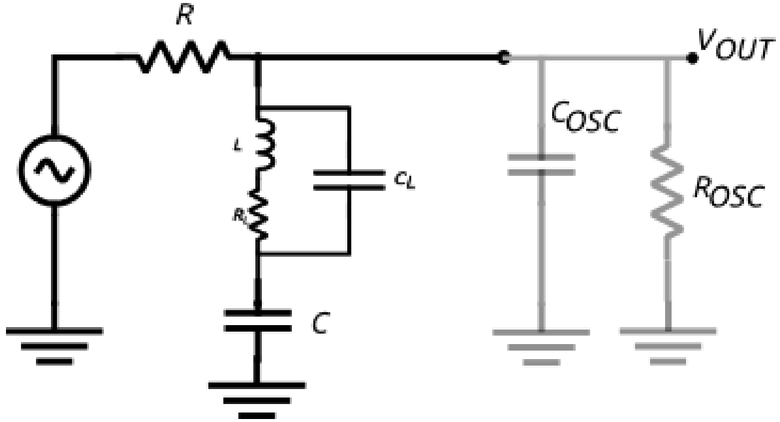
A risonanza, L + C in serie hanno impedenza nulla

Diventa partitore semplice:

$$H(\omega_0) = \frac{R_L}{R_L + R}$$

Filtro RLC reiezione di banda (notch filter)

Modello più realistico con oscilloscopio



Aggiunge seconda risonanza (parallelo), oltre alla risonanza seriale