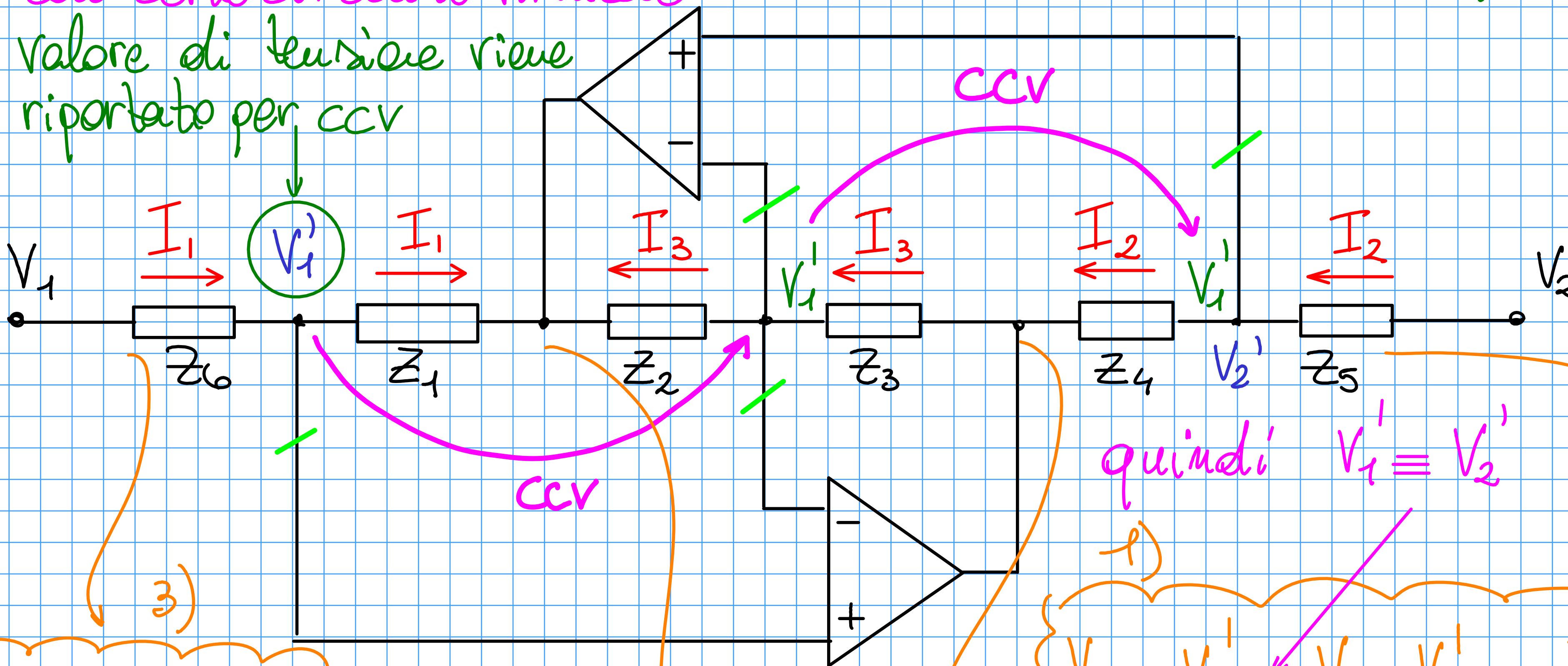
Circuito di Antoniou → per filtri e come simulatore di induttanza pura (con inseguitore in AC si genera impedenza $R + jX_L$)

14 DIC

Hp linearità, studio con corto circuito virtuale

valore di tensione viene riportato per CCV



quindi $V_1' \equiv V_2'$

1) $V_2 - V_1' = V_2 - V_2' = Z_5 I_2$

2) $I_1 Z_1 = I_3 Z_2 \longrightarrow I_3 = I_1 Z_1 / Z_2$

$I_2 Z_4 + I_3 Z_3 = 0 \longrightarrow I_3 = -I_2 Z_4 / Z_3$

3) $V_1 - V_1' = Z_6 I_1$

acvin.it

unisco le conclusioni su ccv 1) e 2)

2) $I_2 = -I_1 \dfrac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4}$

1) $V_2 - V_1' = Z_5 I_2$

$$\longrightarrow \quad V_2 - V_1' = -I_1 Z_5 \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4}$$

introduco ora la 3) $V_1 - V_1' = Z_6 I_1$ e calcolo ddp tra nodo 2 e 1

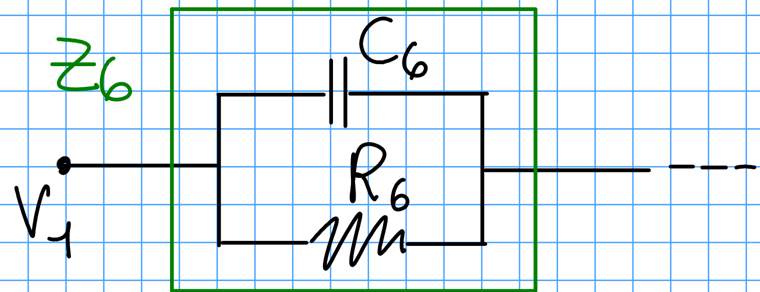
$$V_2 - V_1 = (V_2 - V_1') - (V_1 - V_1') = -I_1 Z_5 \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} - Z_6 I_1$$

$$\begin{cases} V_2 - V_1 = -I_1 \left(Z_6 + Z_5 \dfrac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} \right) \\[2ex] V_2 - V_1 = I_1 \dfrac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} \left(Z_6 + Z_5 \dfrac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} \right) = I_2 \left(Z_5 + \dfrac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} Z_6 \right) \end{cases}$$

relazione ingresso-uscita in funzione di I_1 e I_2

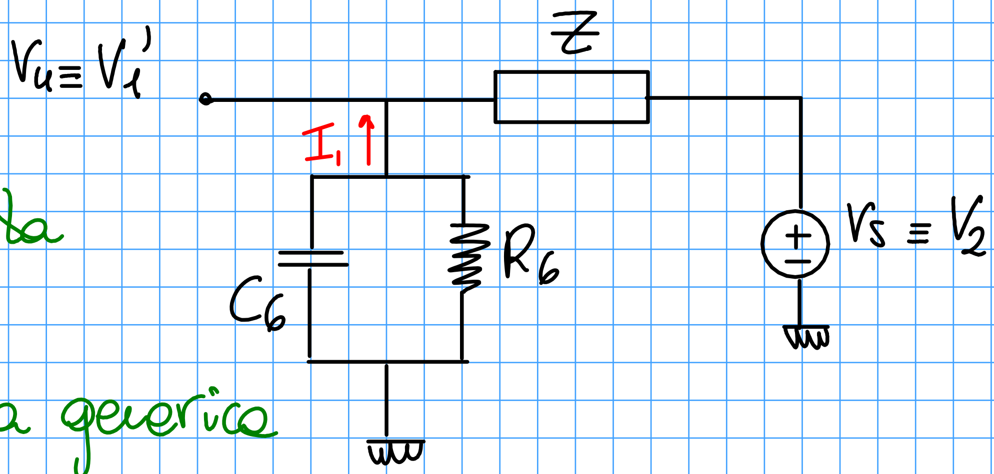
se si suppone

$$Z_6 = R_6 // \frac{1}{C_6 s} = \frac{R_6}{1 + R_6 C_6 s}$$



Vediamo come funziona il sistema

definisco $\begin{cases} V_1' = V_u \\ V_2 = V_s \\ V_1 = \phi \end{cases}$ e utilizzo $Z_6 = R_6 // \frac{1}{C_6 s}$



Hp da verificare:

→ sviluppo di thevenin su uscita

$Z_{th} = Z$, $V_{th} = V_s$

guardando da V_u vedo impedenza generica Z in serie a V_s

$$V_u = \frac{Z_6}{Z_6 + Z} V_s \longrightarrow V_2 = V_1'\left(1 + \frac{Z}{Z_6}\right)$$ se è valida Hp thevenin

per verificare prendo V_2 in funzione di I_1

$$V_2 - \cancel{V_1} = -I_1\left(Z_6 + Z_5\frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4}\right) = V_1' + \frac{V_1'}{Z_6} Z_5 \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4} = V_1'\left(1 + \frac{Z}{Z_6}\right)$$

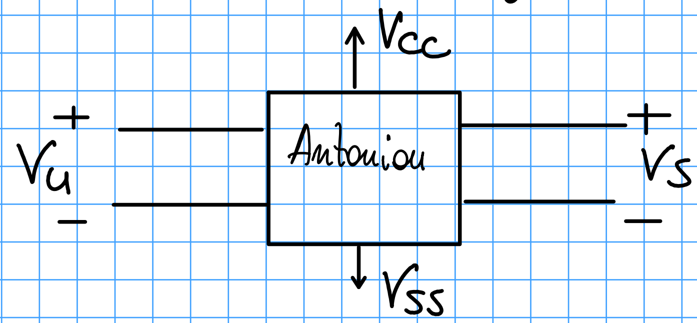
nullo

$$Z_{th} = Z = Z_5 \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4}$$

con questa sostituzione verifico equiv. di thevenin sull'uscita (⚠ sistema è un quadripolo, con V_{cc} e V_{ss})

acvin.it

la verifica dell'equivalente di thevenin consente appunto di generare sull'uscita un'impedenza Z di valore legato alle altre impedenze utilizzate nel circuito



per generare induttanza:

$$\left.\begin{aligned} Z_1 &= R_1 \\ Z_2 &= R_2 \\ Z_3 &= R_3 \\ Z_4 &= 1/C_4 s \\ Z_5 &= R_5 \\ Z_6 &= R_6 \,//\, \frac{1}{C_6 s} \end{aligned}\right\} \quad \frac{V_2}{V_1'} = 1 + \frac{R_1 R_3 R_5}{R_2 \frac{1}{C_4 s}} \cdot \frac{1}{Z_6} = 1 + \boxed{\frac{R_1 R_3 R_5 C_4}{R_2}}\, s \,\frac{1}{Z_6}$$

solo da V_1' $\longrightarrow$ $L = \frac{R_1 R_3 R_5 C_4}{R_2}$

ricorda:

equivalenza di thevenin utilizzata vale solo per la porta di uscita perché sistema è un quadripolo

in fatti utilizzando la seconda relazione $V_2 - V_1$ in funzione di I_2

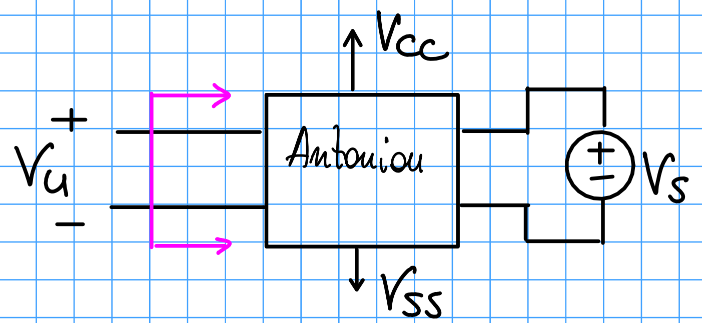
$$V_2 - \underbrace{\cancel{V_1}}_{\text{nullo}} = I_2 \left(Z_5 + \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} Z_6 \right) \longrightarrow \frac{V_2}{I_2} = \underbrace{R_5 + \frac{R_2}{R_1 R_3 C_4 s}}\, \cdot \frac{1}{Z_6}$$

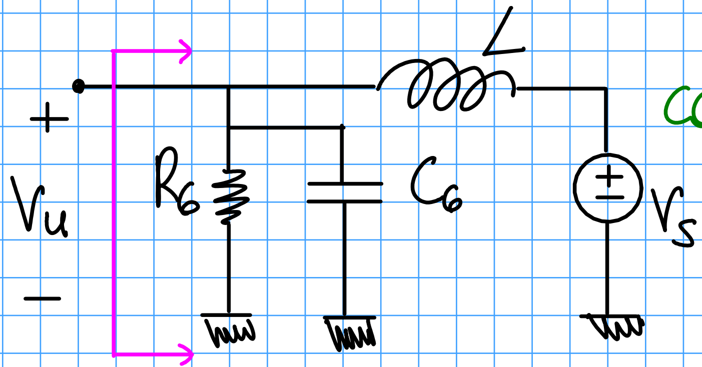
V_s vede resistenza in serie a capacita'

Antoniou come filtro $\longrightarrow$ Passa basso 2° ordine

15 DIC

guardando dall'uscita





con $L = \dfrac{R_1 R_3 R_5 C_4}{R_2}$

$$\frac{V_u}{V_s} = \frac{R_6}{R_6 C_6 s + 1} \cdot \frac{1}{Ls + \dfrac{R_6}{R_6 C_6 s + 1}} = \frac{1}{C_6 L s^2 + \dfrac{L}{R_6} s + 1}$$

partendo da

$$\frac{V_u}{V_s} = \frac{1}{\dfrac{s^2}{\omega_0^2} + \dfrac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

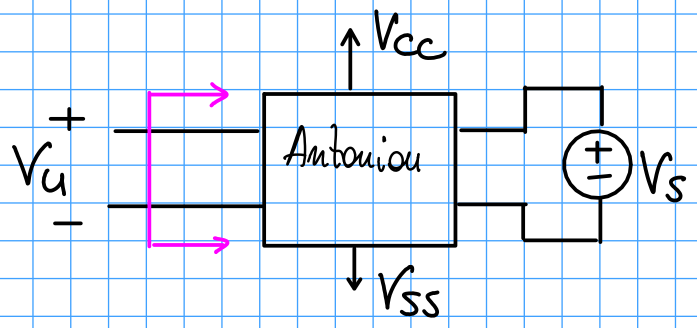
$$\longrightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L C_6}}$$

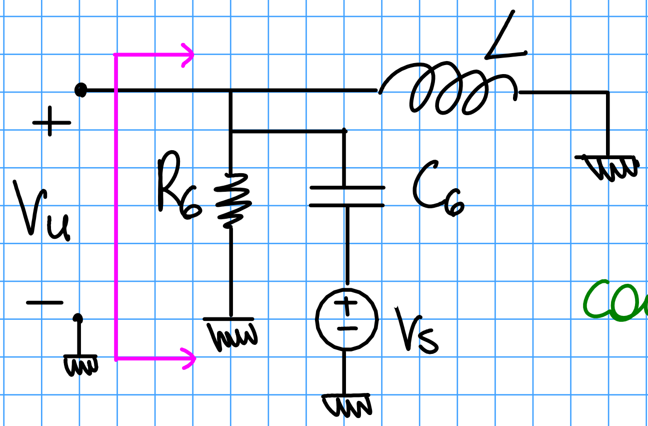
$$\longrightarrow \frac{1}{\omega_0 Q} = \frac{L}{R_6} \longrightarrow Q = \sqrt{\frac{C_6}{L}}\, R_6$$

Antoniou come filtro $\longrightarrow$ Passa alto 2° ordine

$\begin{cases} 2 \text{ poli} \\ 2 \text{ zeri origine} \end{cases}$

guardando dall'uscita





$V_2 = \emptyset$

con $L = \dfrac{R_1 R_3 R_5 C_4}{R_2}$

$$\frac{V_u}{V_s} = \frac{R_6 Ls}{R_6 + Ls} \cdot \frac{1}{\dfrac{1}{C_6 s} + \dfrac{R_6 Ls}{R_6 + Ls}} = \frac{C_6 L s^2}{C_6 L s + \dfrac{L}{R_6} s + 1}$$

partendo da

$$\frac{V_u}{V_s} = \frac{s^2/\omega_0^2}{\dfrac{s^2}{\omega_0^2} + \dfrac{s}{Q\omega_0} + 1}$$

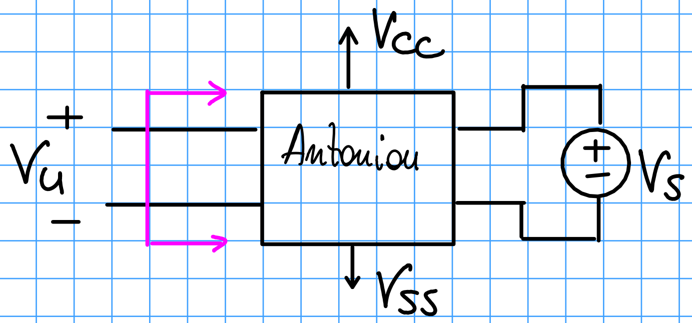
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_6}}$$

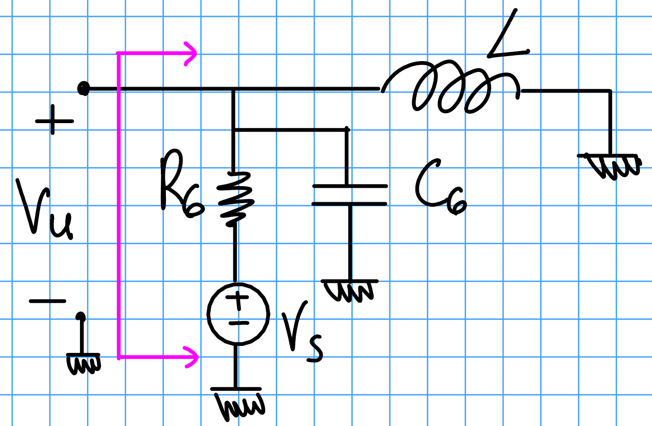
$$\frac{1}{\omega_0 Q} = \frac{L}{R_6} \longrightarrow Q = \sqrt{\frac{C_6}{L}}\, R_6$$

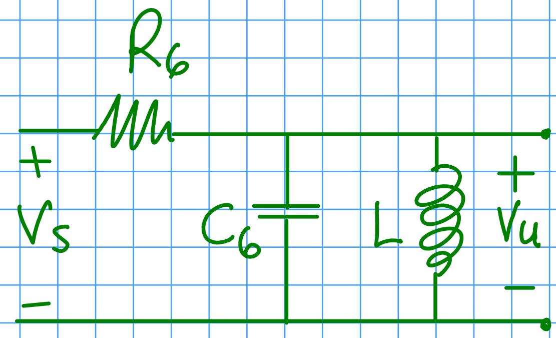
acvin.it

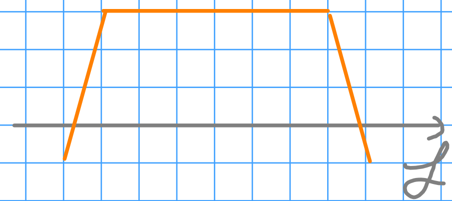
Antoniou come filtro $\longrightarrow$ Passa banda

guardando dall'uscita



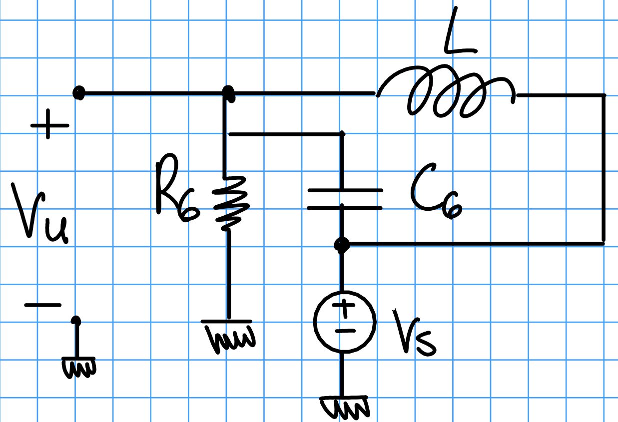


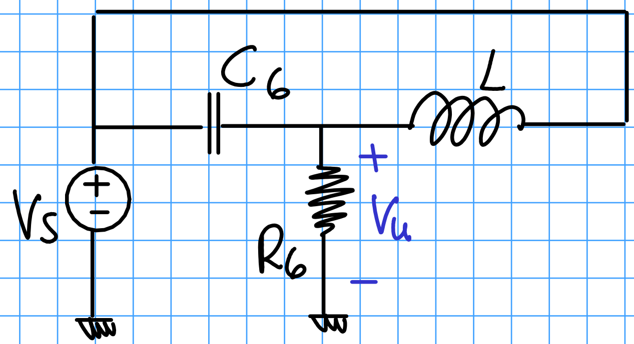




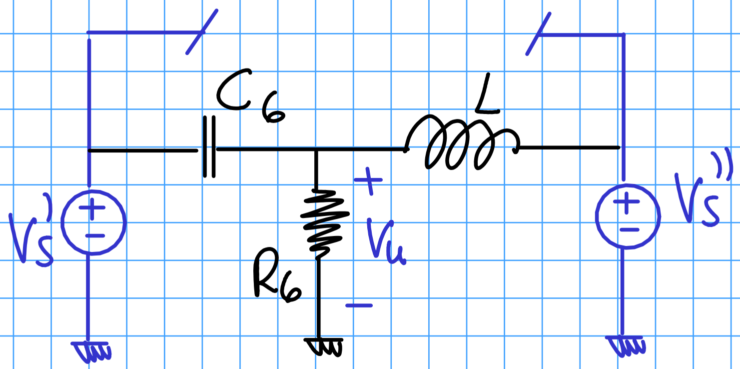
$$\frac{V_u}{V_s} = \frac{\frac{1}{C_6 \cancel{s}} L \cancel{s}}{\frac{1}{C_6 s} + Ls} \cdot \frac{1}{\frac{1/C_6 s \cdot Ls}{\frac{1}{C_6 s} + Ls} + R_6} = \frac{\frac{L}{R_6} s}{1 + \frac{L}{R_6} s + C_6 L s^2}$$

Antoniou come filtro $\longrightarrow$ filtro notch $\begin{cases} 2 \text{ poli} \\ 2 \text{ zeri immaginari} \end{cases}$





studio con la sovrapposizione degli effetti

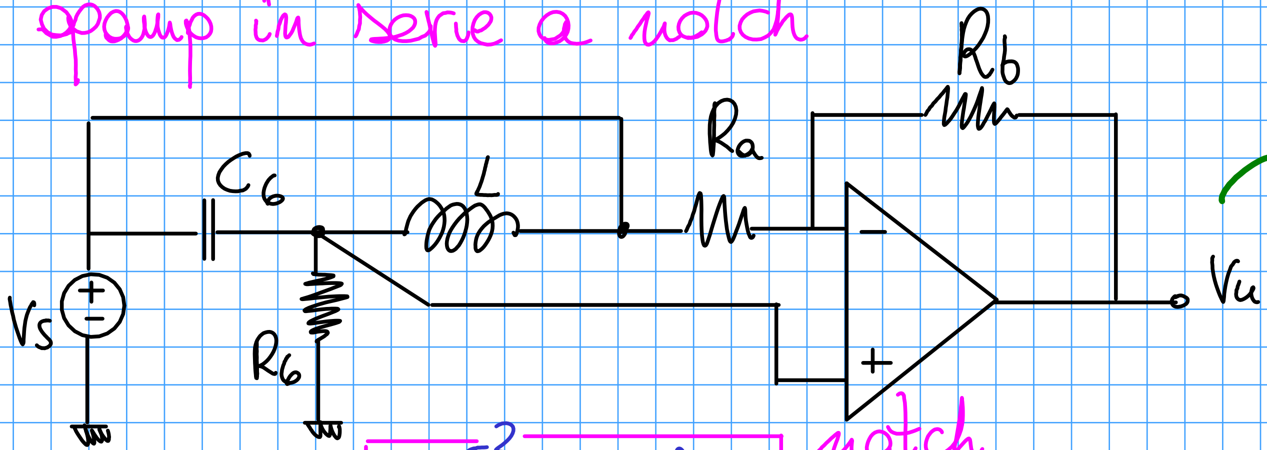


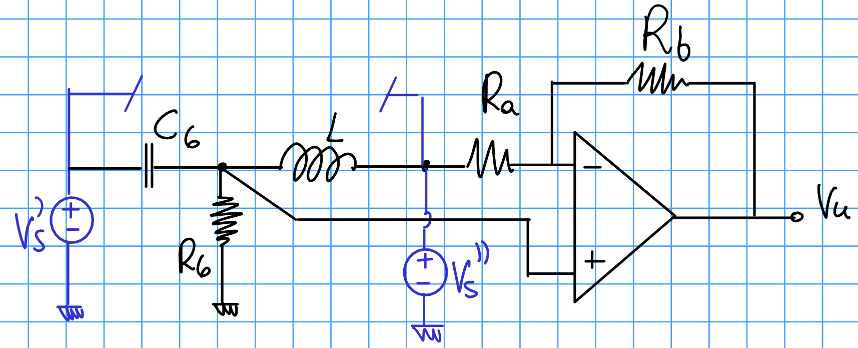
$$V_u = V_u' + V_u'' = \frac{\frac{s^2}{\omega_0^2} + 1}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{\omega_0} + 1}$$

Antoniou come filtro $\longrightarrow$ Passa tutto

ancora con sovrapp. degli effetti

opamp in serie a notch





$$\left.\begin{aligned} V_u' &= V_s \frac{\boxed{\frac{s^2}{\omega_0^2}+1}}{\boxed{\frac{s^2}{\omega_0^2}+\frac{s}{\omega_0}+1}}\left(1+\frac{R_b}{R_a}\right) \\ V_u'' &= V_s \frac{\left(1+R_b/R_a\right)}{1+\frac{L}{R_6}s+C_6Ls^2} - V_s\frac{R_b}{R_a} \end{aligned}\right\} \quad V_u = V_u' + V_u''$$

con $R_b = R_a \longrightarrow \left.\frac{V_u}{V_s}\right|_{R_b=R_a} = 1$ ok, passa tutto