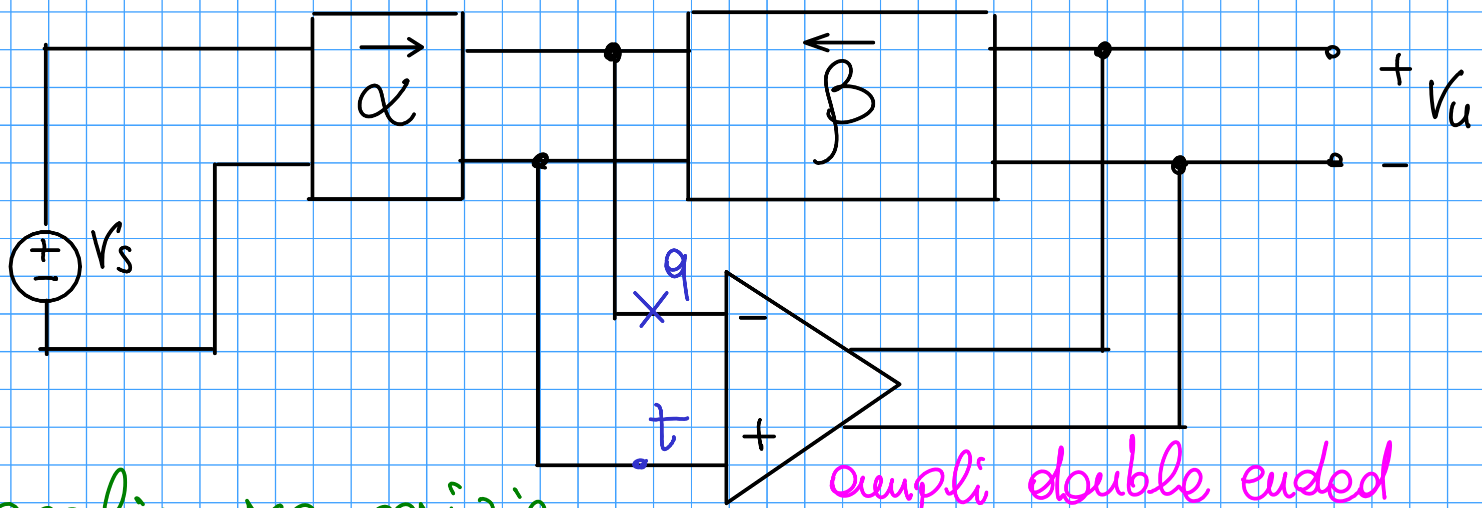
Filtri con $\boxed{\text{un}}$ OPAMP biquadratici

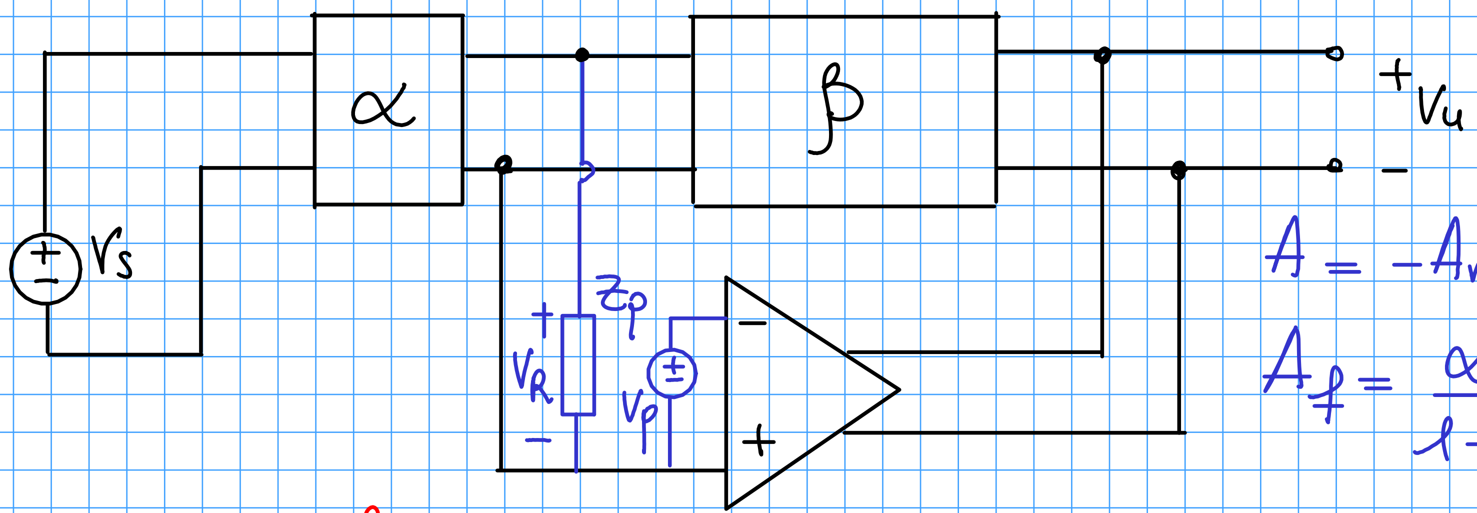
7 DIC



nota
$Z_{OUT\,B}$ e $Z_{OUT\,A}$
non nulla

ampli double ended

applico scomposizione



$$A = -A_{VOL}\ ,\quad \gamma = \phi$$

$$A_f = \frac{\alpha A}{1-\beta A} \approx -\frac{\alpha}{\beta}$$

SE RETI α E β PASSIVE

$\Longrightarrow$ α E β HANNO POLI COINCIDENTI impongo $1 - \beta(s) A(s) = 0$ $\longrightarrow$ per trovare poli della rete

$\beta(s) = \dfrac{1}{A(s)}$ $\longleftarrow$ con $A(s_p) \to +\infty$ poli di A all'infinito

poli della rete sono solamente gli zeri del β, ovvero si riduce il tutto a:

$$\beta(s) = \phi \quad \text{con poli di A all'infinito}$$

- poli sono caratteristica della rete
- gli zeri dipendono dalla posizione dell'ingresso rispetto all'uscita

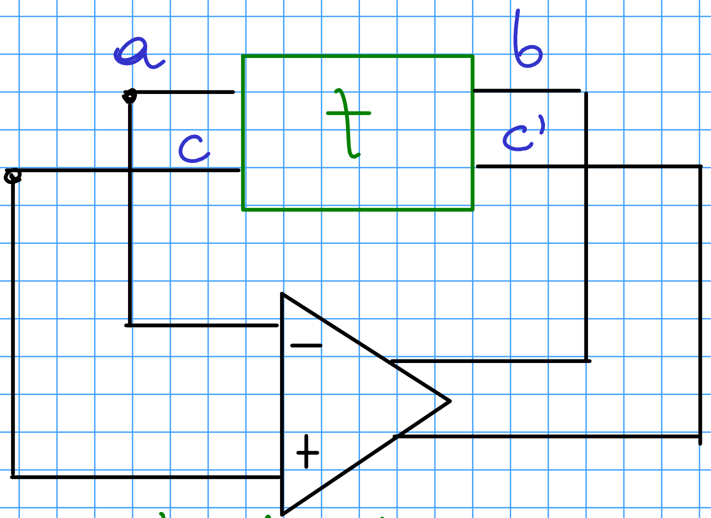
zeri collegati alla topologia della rete

esiste metodo per controllare gli zeri di α e di β?

10DIC

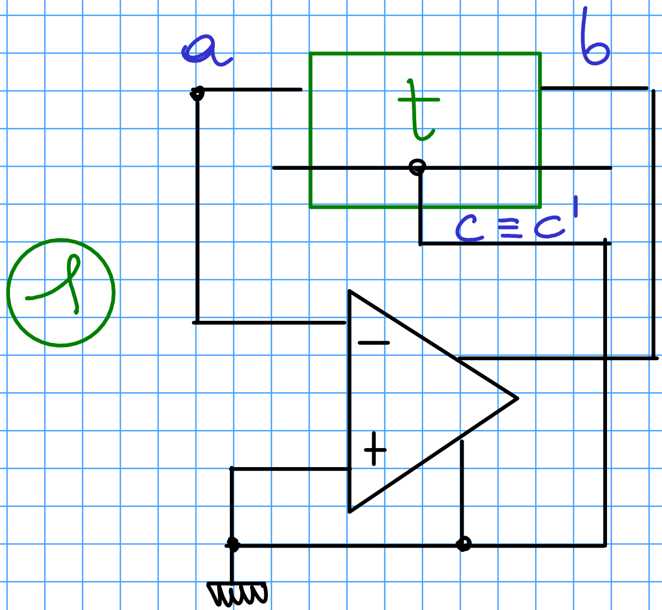
controllo zeri di α e β

Hp rete t è tripolo (internamente nodo c coincide con c')

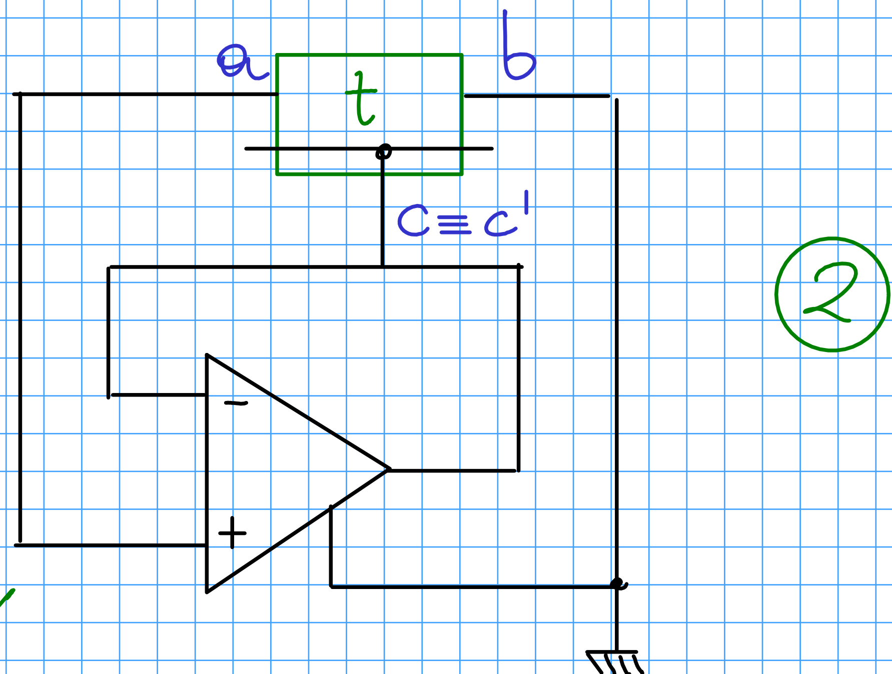


circuito diventa:

è equivalente in termine di poli e zeri a questo circuito?



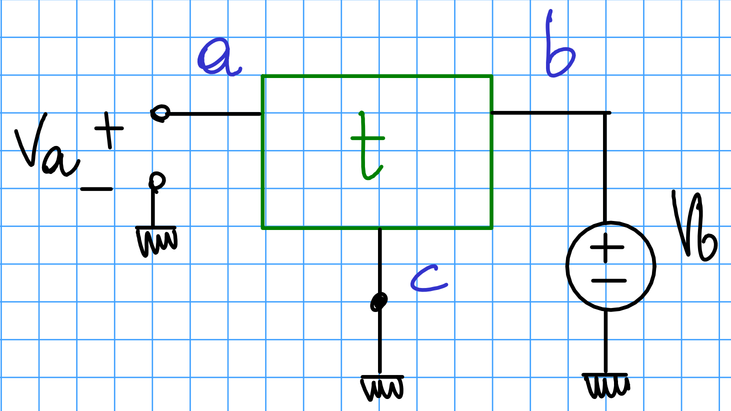
$\neq$?



andiamo a verificare

prima di tutto $\longrightarrow$ Studio rete per t

segnale su b prelevo su a



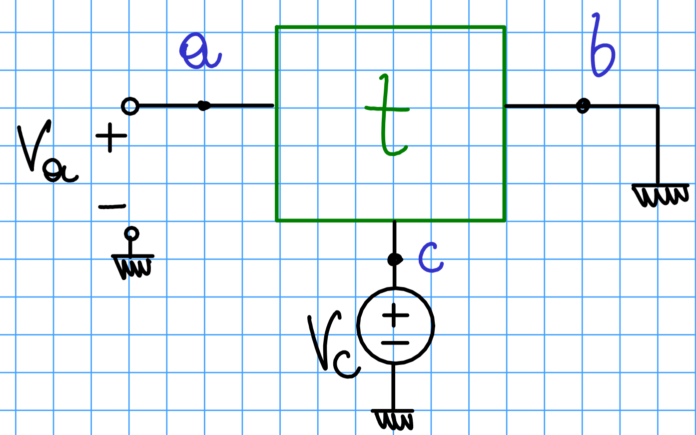
$$\frac{V_a}{V_b} = t$$

$V_a - V_c = V_a,\ V_c = \phi$

$V_b - V_c = V_b,\ V_c = \phi$

funzione di trasf. della rete

segnale su c, prelevo su a

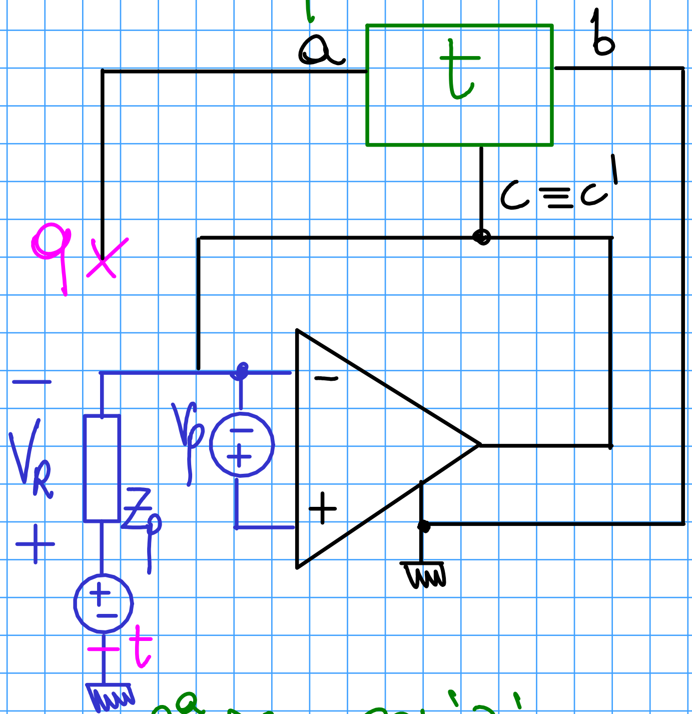


$$V_a - V_c = t\,(\underbrace{V_b}_{V_b \text{ nullo}} - V_c) = -t\,V_c$$

$$\frac{V_a}{V_c} = 1 - t$$

studio rete ② $\longrightarrow$ no ccv, non ho Hp valide

1ª scomposizione $\longrightarrow$ per studio inseguitore, rete t con questo taglio non ha effetti su parametri

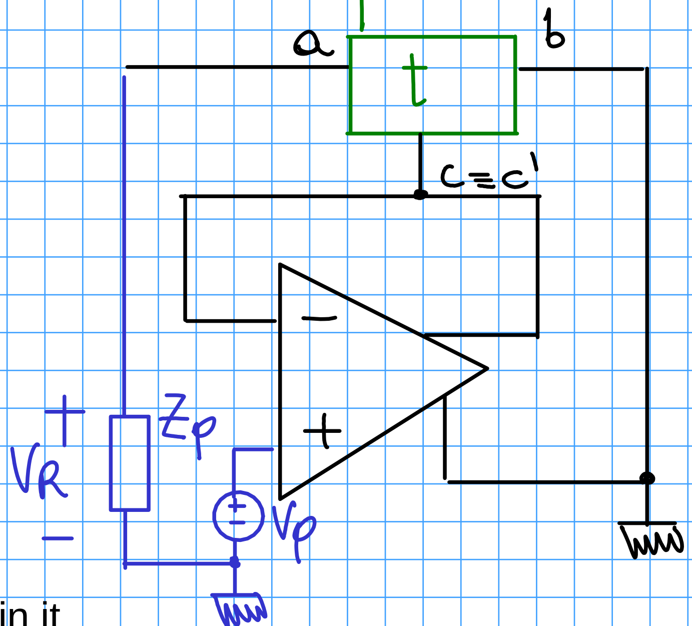


$Z_p = \infty$, $\beta = -1$, $A = +A_{Va}$, $\gamma = \phi$

$V_p = \phi \rightarrow V_u = \phi \longrightarrow \alpha = 1$

$$A_f = \frac{A}{1+A}$$

2ª scomposizione $\longrightarrow$ parametri circuito



cerco zeri di $1-\beta A = \phi \longrightarrow$ poli del sistema

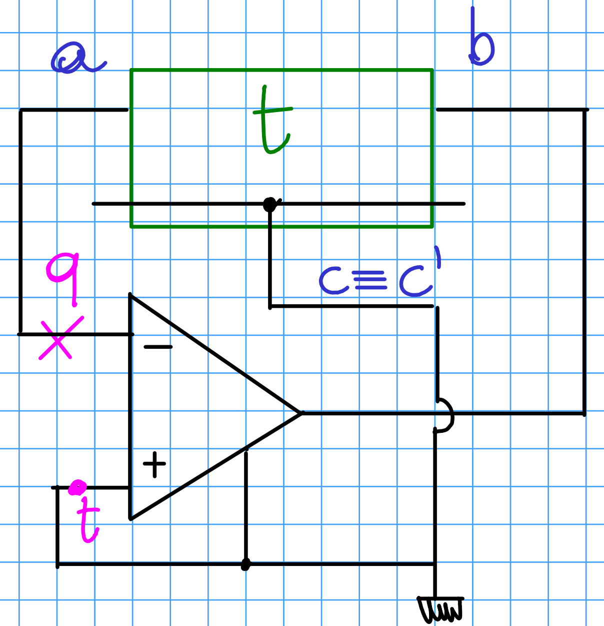
$A' = A_{Va}$ come prima

quindi $\longrightarrow$ $1 - (1-t)\dfrac{A_{Va}}{1+A_{Va}} = 0$

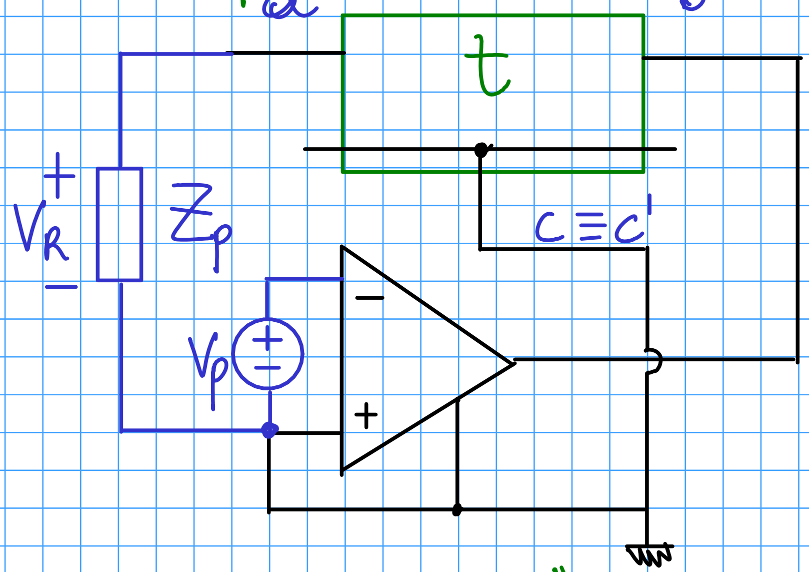
$$\boxed{\text{poli rete ② } \quad 1 + t\,A_{Va} = 0}$$

acvin.it

Studio rete 1



scomposizione



poli del sistema, ovvero zeri di $1-\beta''A''$

$$\begin{cases} A'' = -A_{va} \\ \beta'' = t \end{cases}$$

$$\boxed{\text{poli rete } 1 \qquad 1 + t A_{va} = \phi}$$

confronto 1 con 2 $\longrightarrow$ poli coincidenti

conclusioni

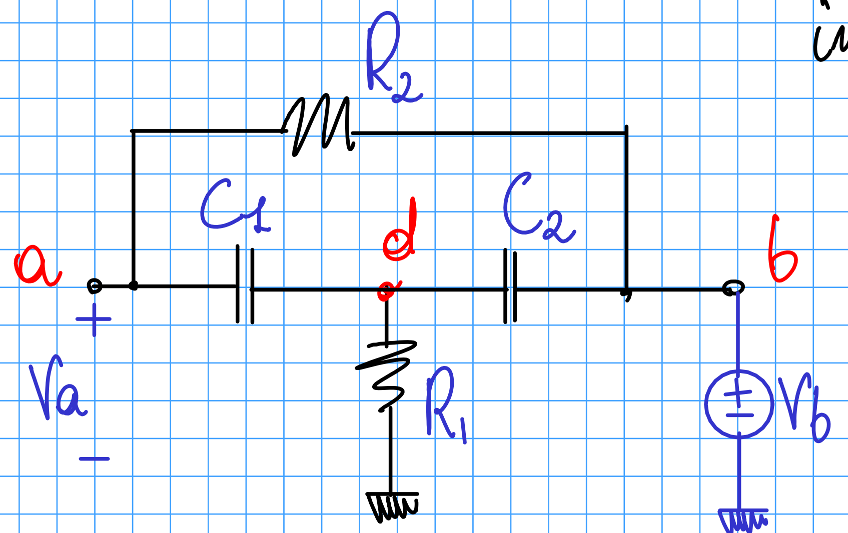
$\longrightarrow$ PASSAGGIO TRA DUE CONFIGURAZIONI SENZA CAMBIARE POLI

$\longrightarrow$ ZERI DELLA RETE t SONO POLI DELLA RETE COMPLESSIVA

Quale rete per t?

Rete a T pontato

Studio rete bovinamente — metodo bovino



ingresso b, uscita su a

equazioni nodali, tutte le ammettenze ai 2 nodi

$$\begin{cases} Y_{aa} V_a - Y_{ab} V_b - Y_{ad} V_d = \phi & \text{nodo a} \\ -Y_{ad} V_a - Y_{bd} V_b + Y_{dd} V_d = \phi & \text{nodo d} \end{cases}$$

sostituisco ammettenze

$$\begin{cases} V_a \left(\dfrac{1}{R_2} + C_1 s \right) - V_b \dfrac{1}{R_2} - V_d C_1 s = \phi \\ -V_a C_1 s - V_b C_2 s + V_d \left(C_1 s + C_2 s + 1/R_1 \right) = \phi \end{cases}$$

risolvo con Kramer, calcolo V_a → uscita è V_a

si ottiene con $G_1 = 1/R_1$, $G_2 = 1/R_2$

$$V_a = \frac{C_2 C_1 s^2 + s\left(G_2 C_1 + G_2 C_2 + G_2 + G_1\right) + G_1 G_2}{C_2 C_1 s^2 + s\left(G_2 C_1 + G_2 C_2 + G_1 C_1\right) + G_1 G_2} \cdot V_b$$

ci interessano solo gli zeri di β $\longrightarrow$ saranno i poli della rete finale

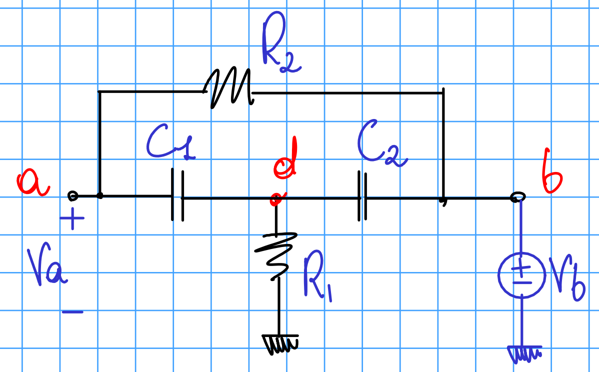
$$R_1 R_2 C_2 C_1 s^2 + s\left(R_1 C_1 + R_1 C_2\right) + 1$$

è possibile ottenere zeri complessi coniugati? (che poi diventano poli nella rete complessiva)

↳ possibilità di costruire filtri notch

$\longrightarrow$ calcolo $\Delta = R_1^2\left(C_1 + C_2\right) - 4 R_1 R_2 C_1 C_2$

aumentando R_2 esiste un valore tale da annullare Δ e per renderlo negativo metodo furbo di calcolo $\longleftarrow$ Grabel $P(s) = a_2 s^2 + a_1 s + a_0$



$$a_2 = C_1 C_2 R_{11}^2 R_{22}^0 = C_1 C_2 R_2 R_1$$

$$R_{11}^2 = (R_{v_{C_1}} \text{ con } C_2 \text{ chiuso}) = R_2$$

$$R_{22}^0 = R_1$$

$$R_{11}^0 = R_1 + R_2$$

$$a_1 = C_1 R_{11}^0 + C_2 R_{22}^0 = C_1(R_1 + R_2) + C_2 R_1 = R_1 (C_1 + C_2) + C_1 R_2$$

quindi $P(s) = R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + \left(R_1 (C_1 + C_2) + C_1 R_2\right) s + 1$

acvin.it

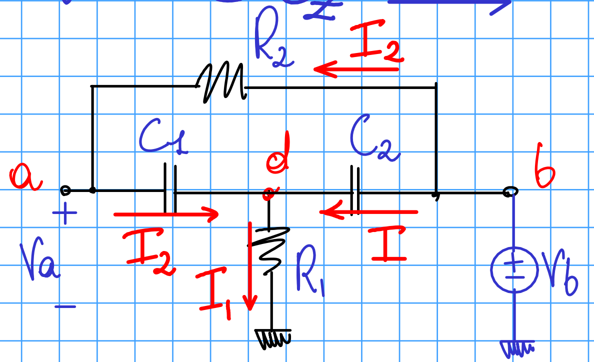
Zeri introdotti dalla rete

nota: poi si annullano con α e β

in $s = s_z \longrightarrow V_a = \emptyset \longrightarrow I_2 = \left.\dfrac{V_b}{R_2}\right|_{s=s_z}$

⚠ valido solo in $s = s_z$

considero V_a a massa



$$V_d = -\frac{I_2}{C_1 s} = -\frac{V_b}{R_2} \cdot \frac{1}{C_1 s}$$

bilancio al nodo d <u>Kirchoff</u>

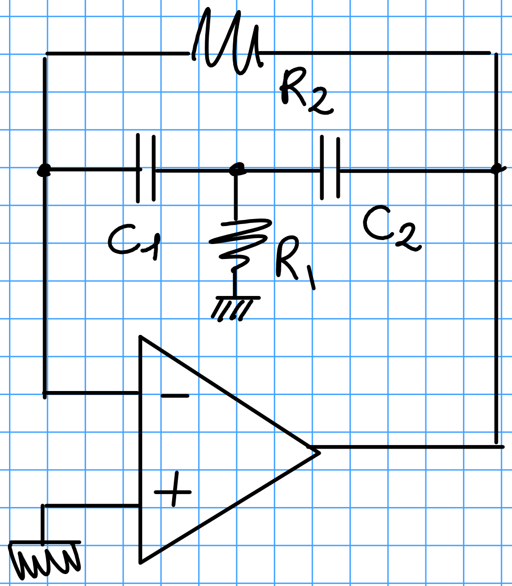
$$\frac{V_b}{R_2} - \left(-\frac{V_b}{R_2} \cdot \frac{1}{C_1 s}\right)\frac{1}{R_1} + \left(V_b + \frac{V_b}{R_2} \cdot \frac{1}{C_1 s}\right) C_2 s = \emptyset$$

trovo 2 zeri

$$R_1 C_1 s + 1 + R_1 R_2 C_2 C_1 s^2 + R_1 C_2 s = 0$$

Passa banda a T pontato

2 poli fissati
1 zero nell'origine



scegliendo R_1, R_2, C_1, C_2 ho poli dove li voglio

→ zeri? $A_f \simeq -\frac{\alpha}{\beta}$

poli di β si eliminano con poli di α

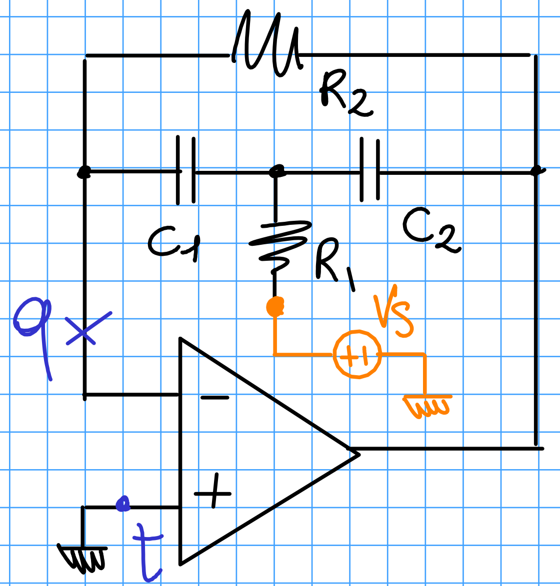
zeri β → poli A_f

zeri α → zeri A_f

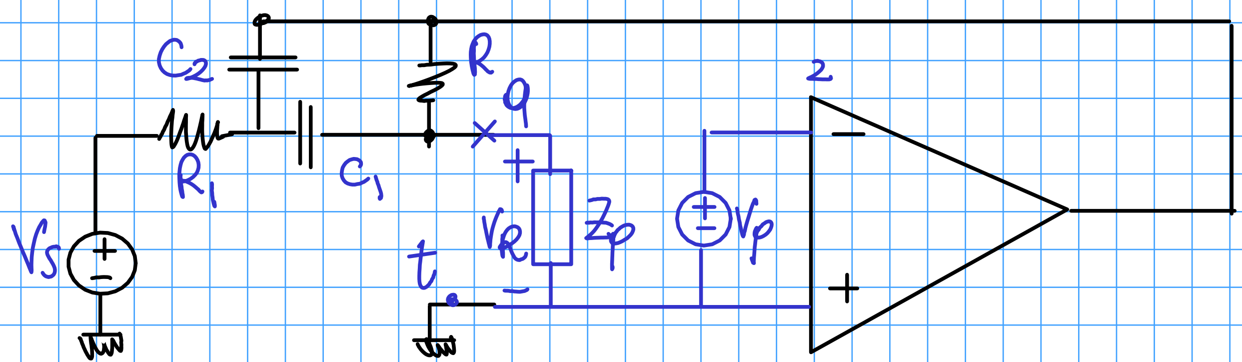
scomposizione

dove posiziono ingresso? vorrei zero nell'origine

→ inserisco V_s su punto c



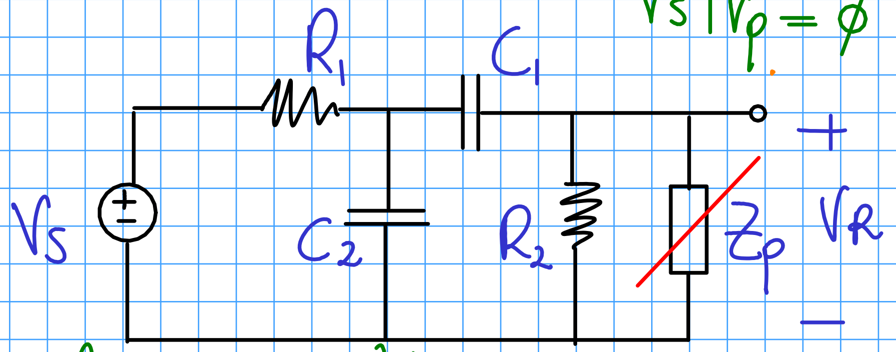
ridisegnando in un modo più umano



calcolo α

$$\alpha = \frac{V_R}{V_S}\Big|_{V_P=\phi}$$

$$Z_P = R_{IN} \longrightarrow +\infty$$



a occhio:

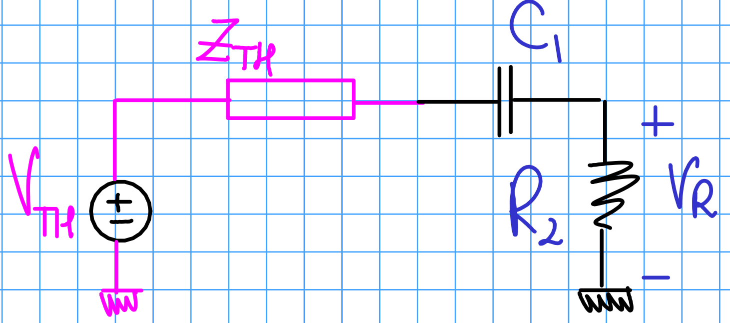
C_2 fornisce zero all'infinito

C_1 potrebbe dare zero nell'origine

sviluppo con thevenin

$$V_{TH} = \frac{1/C_2 s}{R_1 + 1/C_2 s} V_S = \frac{V_S}{R_1 C_2 s + 1}, \quad Z_{TH} = \frac{R_1}{R_1 C_2 s + 1}$$

$$V_{TH} = \frac{1/C_2 s}{R_1 + \frac{1}{C_2 s}} V_S = V_S \frac{1}{R_1 C_2 s + 1}, \quad Z_{TH} = \frac{R_1}{R_1 C_2 s + 1}$$



$$\frac{V_R}{V_S} = \frac{R_2}{R_2 + 1/C_1 s + \frac{R_1}{R_1 C_2 s + 1}} \cdot \frac{1}{R_1 C_2 s + 1}$$

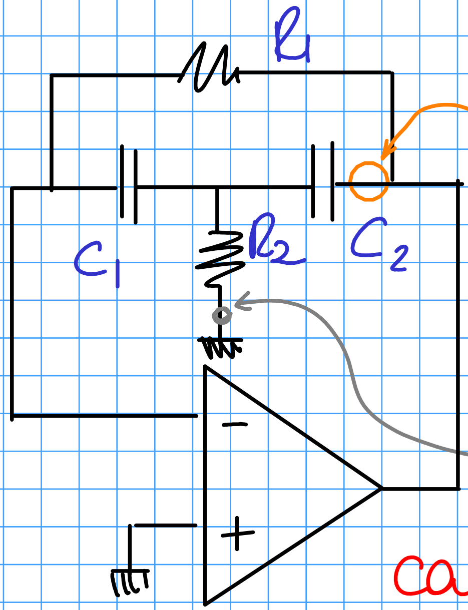
sviluppando conti si trova zero nell'origine $\longrightarrow$ quindi zero nell'origine su A_f!

Passa alto a T puntato

2 poli
2 zeri origine

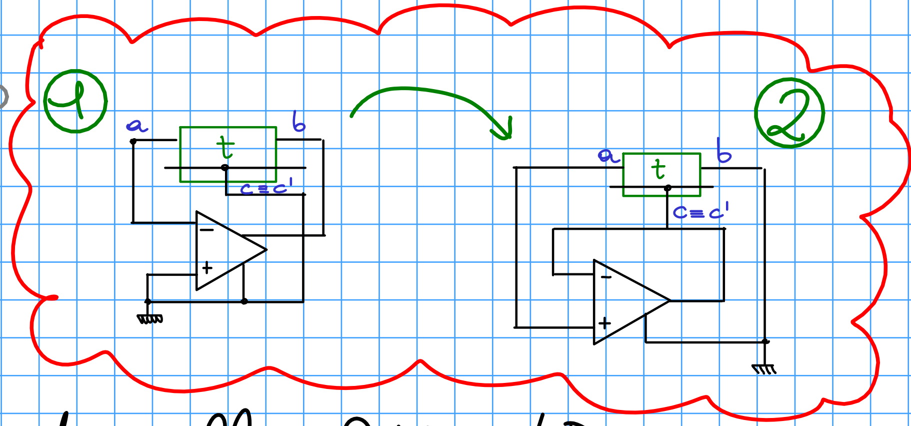
14 DIC

devo posizionare Vs tale da a due zeri nell'origine su α ⟶ poi passano a Af

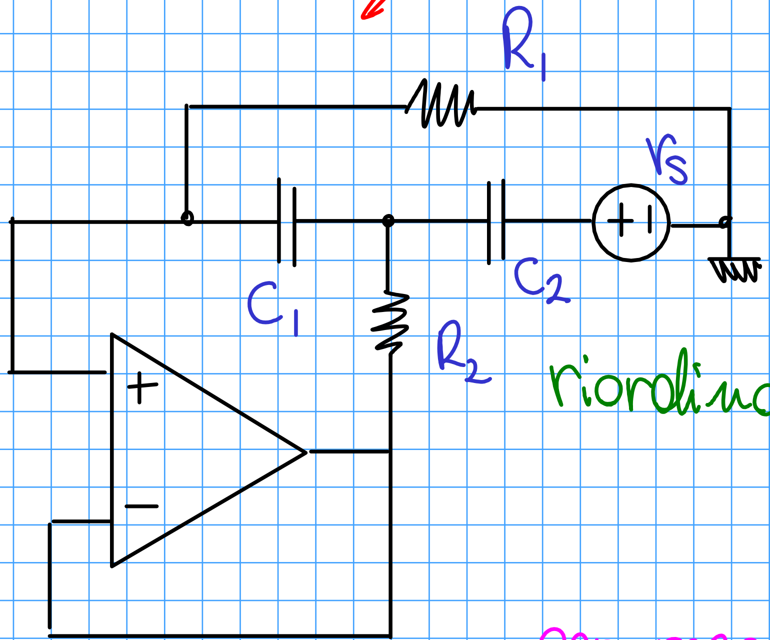


potrebbe andare, ma gen. Vs non ha riferimento a massa!

avrei un unico zero

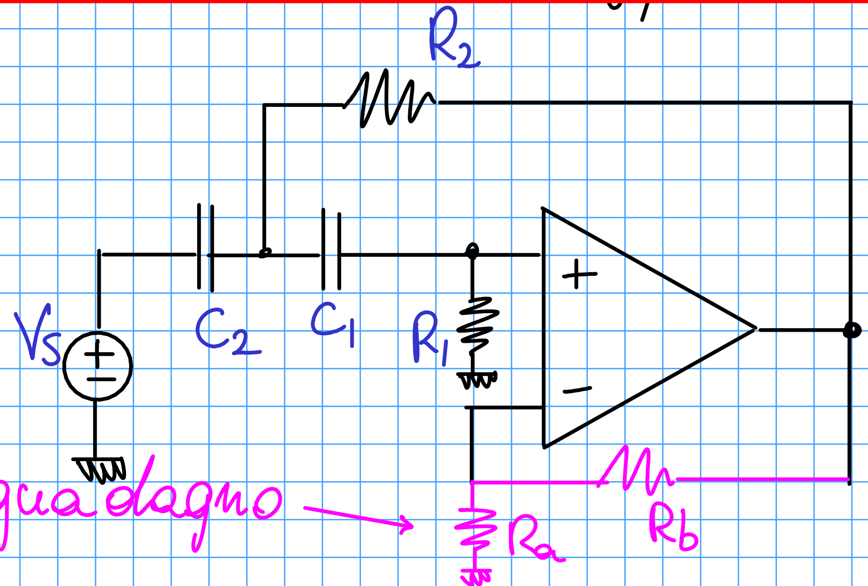


cambio topologia rete



riordino ⟶

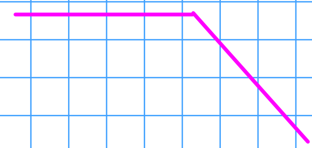
cella di Sallen & Key / De Iannis



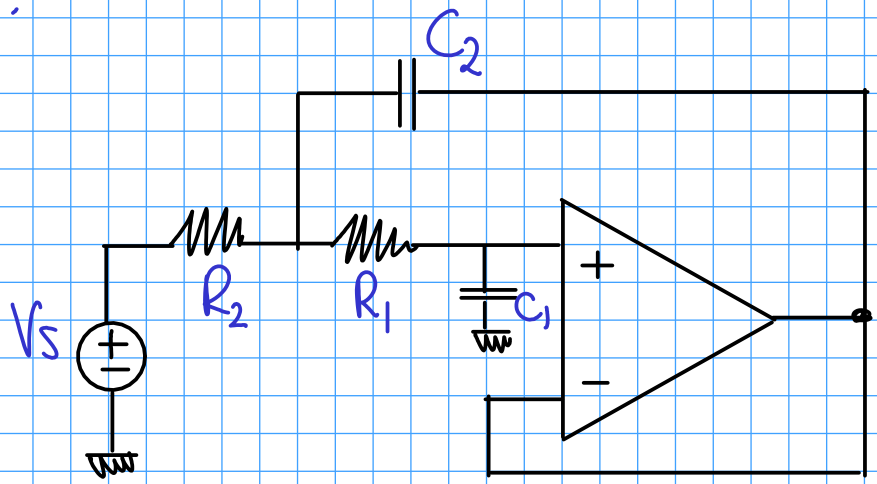
per regolazione guadagno ⟶

Passa basso a T pontato

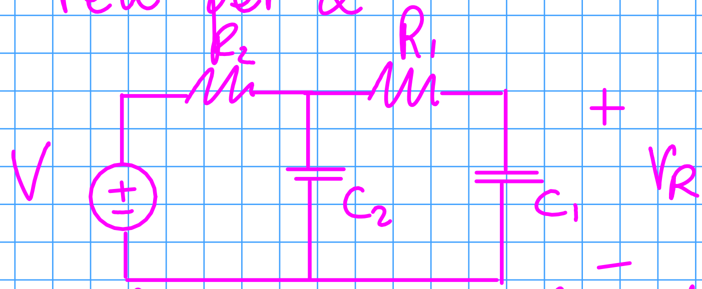
2 poli
zeri all'infinito



furbata : scambio R con C nella cella per il passa alto



rete per α



2 poli + 2 zeri all'infinito