

Esami OP.AMP.

by www.stefanoivancich.com

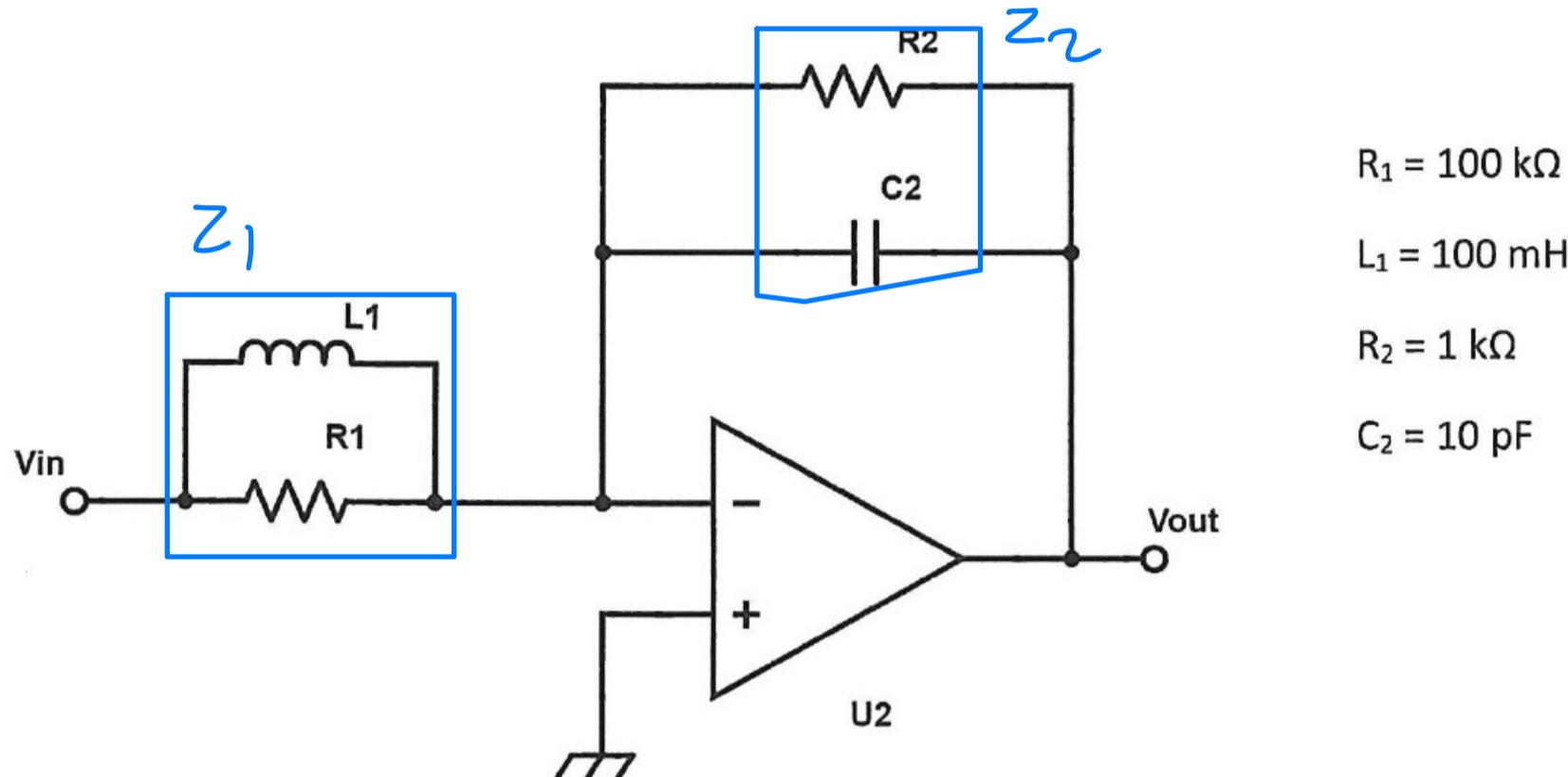
Esame 2017-06-15

Esercizio 4 / 6

Si consideri il circuito riportato in figura E, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

- 1) La funzione di trasferimento al variare della pulsazione s , $W(s)$
- 2) Si disegni il diagramma di Bode del modulo in dB della funzione di trasferimento $W(s)$



$$Z_1(s) = R_1 // sL_1 = \frac{sR_1L_1}{R_1 + sL_1} = \frac{sL_1}{1 + sL_1/R_1}$$

$$Z_2(s) = R_2 // sC_2 = \frac{R_2}{sC_2} - \frac{1}{sC_2} = \frac{R_2}{1 + sR_2C_2}$$

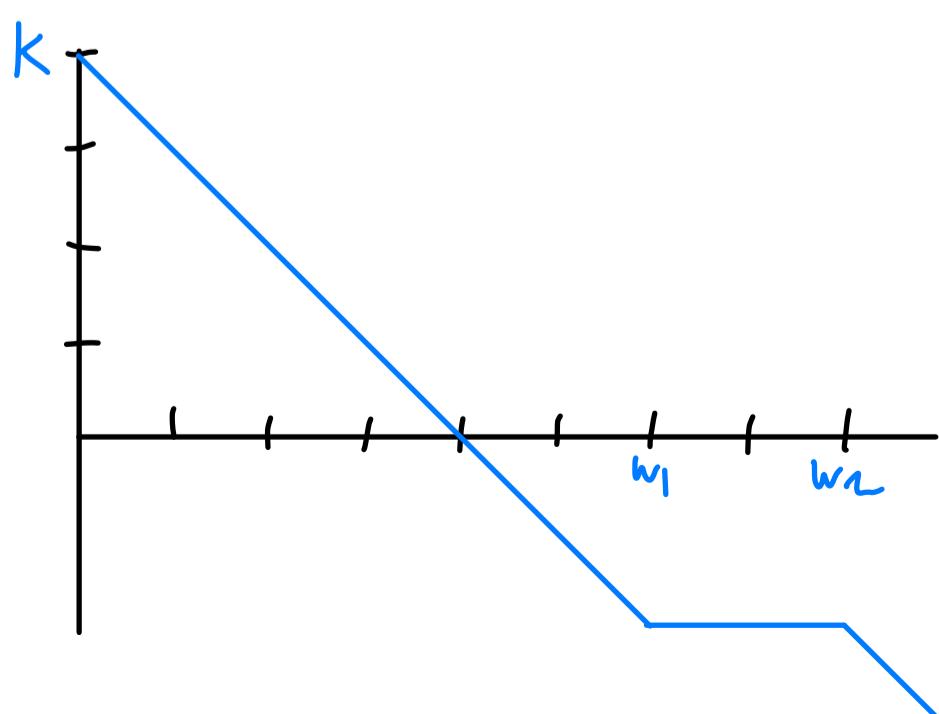
$$W(s) = -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{1 + sL_1/R_1}{sL_1} = \frac{-R_2/L_1}{s^2} \cdot \frac{1 + sL_1/R_1}{1 + sR_2C_2} = \frac{k}{s^2} \cdot \frac{1 + s/w_1}{1 + s/w_2}$$

$$k = -R_2/L_1 = -10^5 \Rightarrow 20 \log |k| = 80 \text{ dB}$$

$$\ell = 1 \Rightarrow -20\ell = -20 \text{ dB/DEC}$$

$$w_1 = R_1/L_1 = 10^6 \quad +20 \text{ dB/DEC}$$

$$w_2 = 1/R_2C_2 = 10^8 \quad -20 \text{ dB/DEC}$$



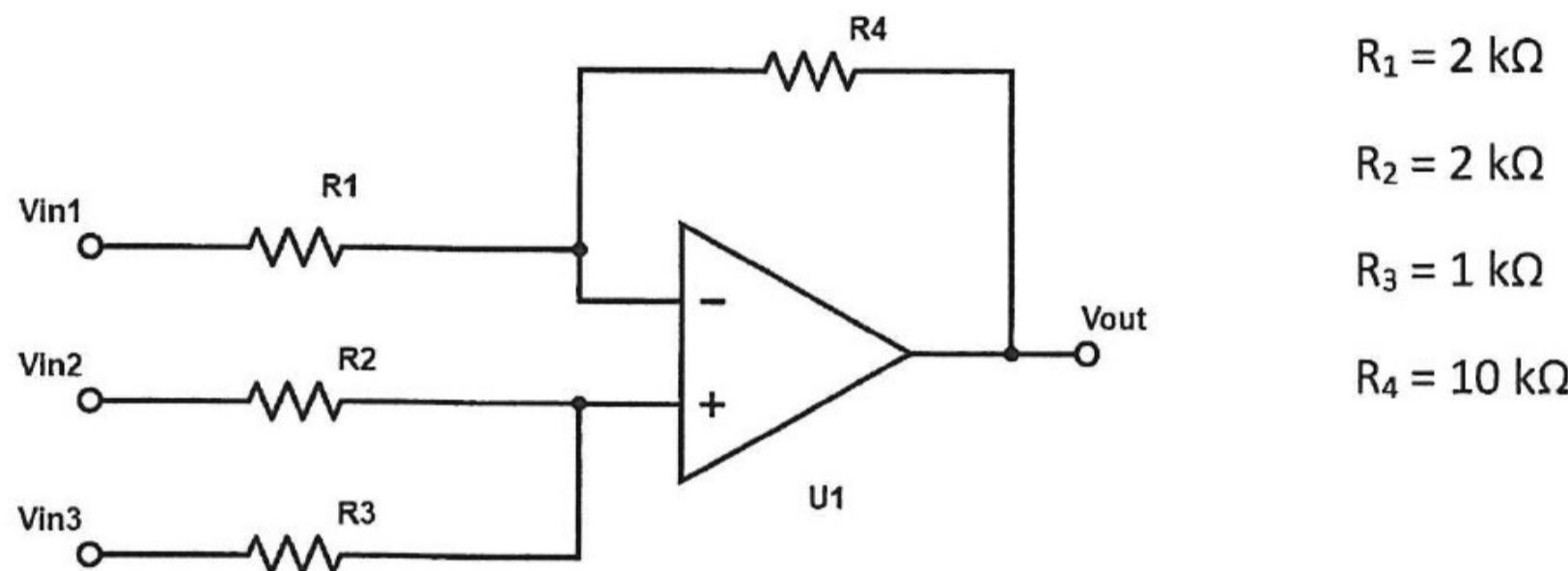
Esame 2017-06-15

Esercizio 5 / 6

Si consideri il circuito riportato in figura F, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

- 1) Il valore della tensione di uscita V_{out} in funzione delle tensioni di ingresso V_{i1}, V_{i2}, V_{i3}
- 2) La resistenza di ingresso vista dal generatore V_{i1}



$$1) \quad V_o = -\frac{R_4}{R_1} V_1 + \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) V_2 + \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right) \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right) V_3$$

$$= -5 V_1 + 2 V_2 + 4 V_3$$

$$2) \quad \text{DIPENSO } V_2 \text{ e } V_3$$

$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \cancel{\frac{V_{IN}}{I_{IN}}} R_1$$

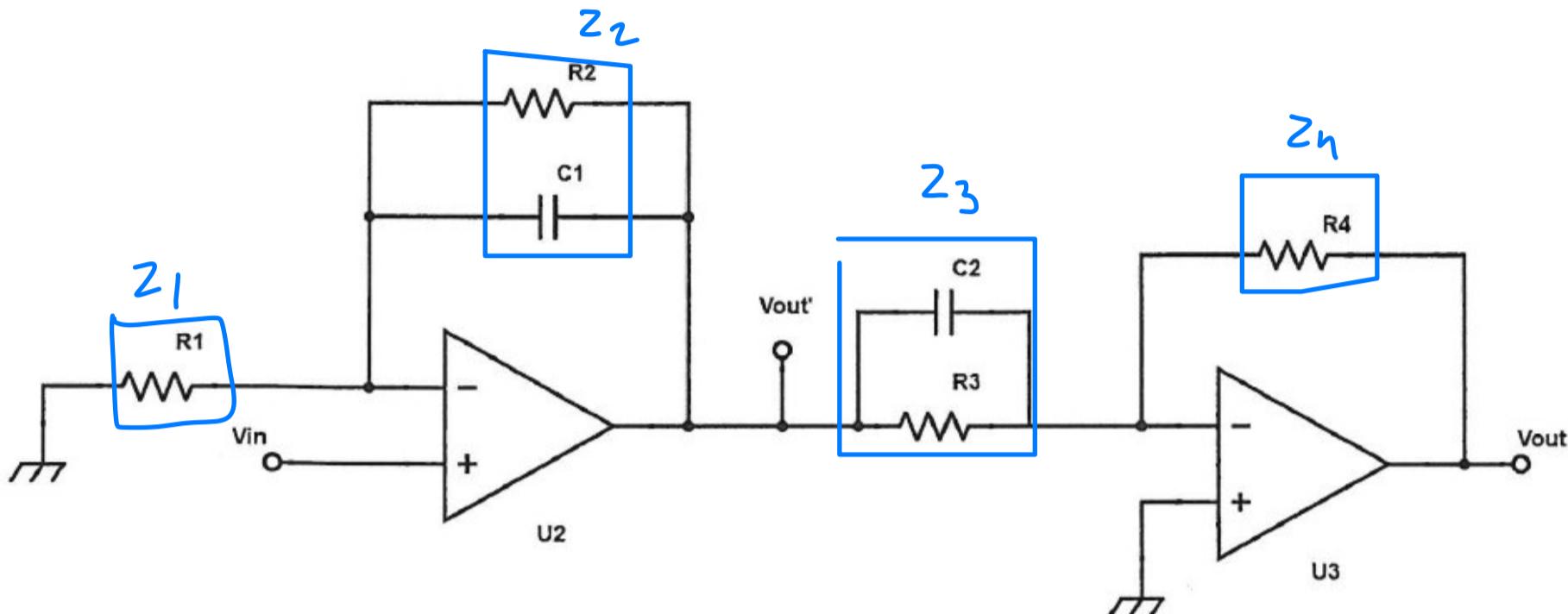
Esame 2017-07-13

Esercizio 4 / 6

Si consideri il circuito riportato in figura D, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

- 1) La funzione di trasferimento V_{out} / V_{in} al variare della pulsazione s , $W(s)$
- 2) Si disegni il diagramma di Bode del modulo in dB della funzione di trasferimento $W(s)$



(fig. D)

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 100 \text{ pF}$$

$$C_2 = 20 \text{ nF}$$

$$Z_1(s) = R_1 \quad Z_2(s) \approx R_2 // 1/j\omega C_1 = \frac{R_2}{j\omega C_1} \cdot \frac{1}{R_2 + \frac{1}{j\omega C_1}} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_1}$$

$$Z_3(s) = R_3 // j\omega C_2 = \frac{R_3}{1 + j\omega R_3 C_2} \quad Z_4(s) \approx R_4$$

$$V_0^1(s) = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) V_i$$

$$V_0 = -\frac{Z_3}{Z_2} V_0^1 = -\frac{Z_3}{Z_2} \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) V_i$$

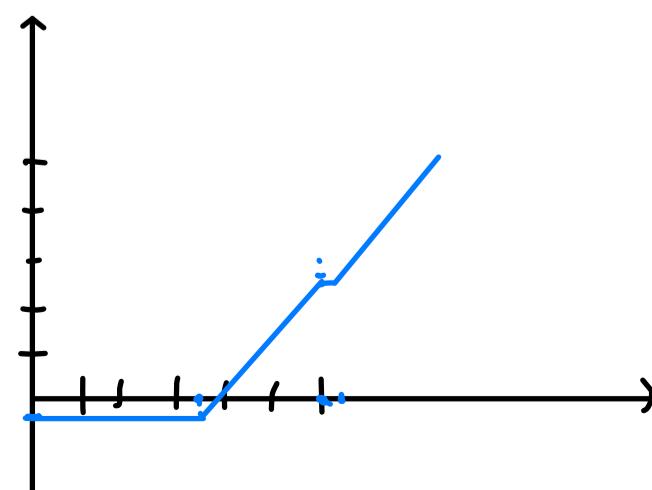
$$W(s) = -\frac{Z_3}{Z_2} \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) = -\frac{R_3}{R_2} (1 + j\omega R_2 C_2) \frac{R_1 + R_2 + j\omega R_1 R_2 C_1}{R_1 (1 + j\omega R_2 C_1)} = \frac{-R_3 (R_1 + R_2)}{R_1 R_3} \cdot \frac{1 + j\omega R_1 R_2 C_1 / (R_1 + R_2)}{1 + j\omega R_2 C_1}$$

$$k = -\frac{R_3 (R_1 + R_2)}{R_1 R_3} = -0.5 = -7.95 \text{ dB}$$

$$W_1 \approx (R_1 + R_2) R_1 R_2 C_1 = 2 \cdot 10^6 \quad +20 \text{ dB}$$

$$W_2 \approx 1/R_2 C_1 = 10^6 \quad -20 \text{ dB}$$

$$W_3 \approx 1/R_2 C_2 = 5 \cdot 10^3 \quad +20 \text{ dB}$$



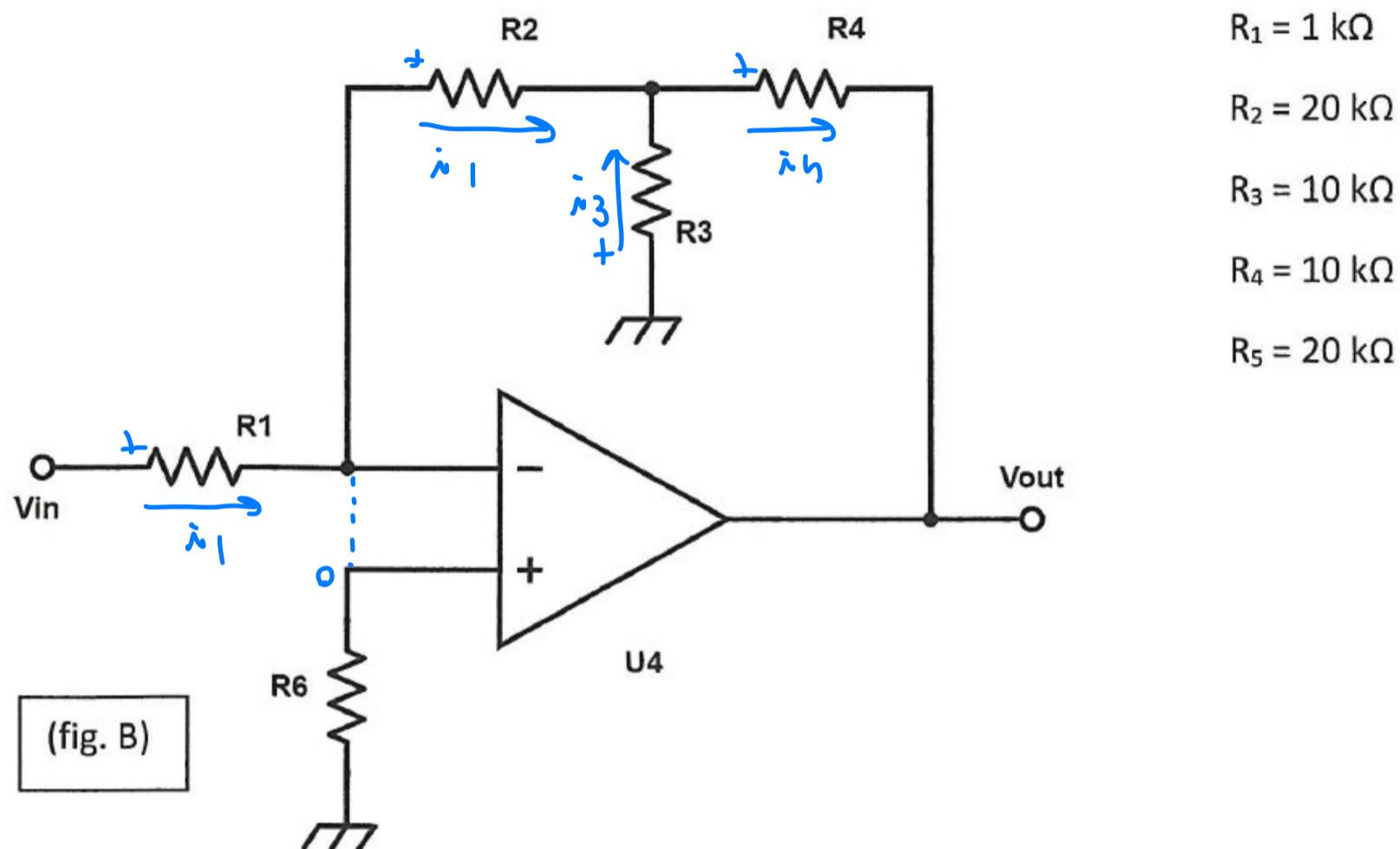
Esame 2017-07-13

Esercizio 5 / 6

Si consideri il circuito riportato in figura B, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

- 1) Il guadagno $A_v = V_{out} / V_{in}$;
- 2) La resistenza di ingresso R_{in} vista dal generatore V_{in}



$$1) \quad i_1 = \frac{V_{in}}{R_1}$$

$$i_3 = \frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{V_{R2}}{R_3} = \frac{R_2}{R_3} i_1$$

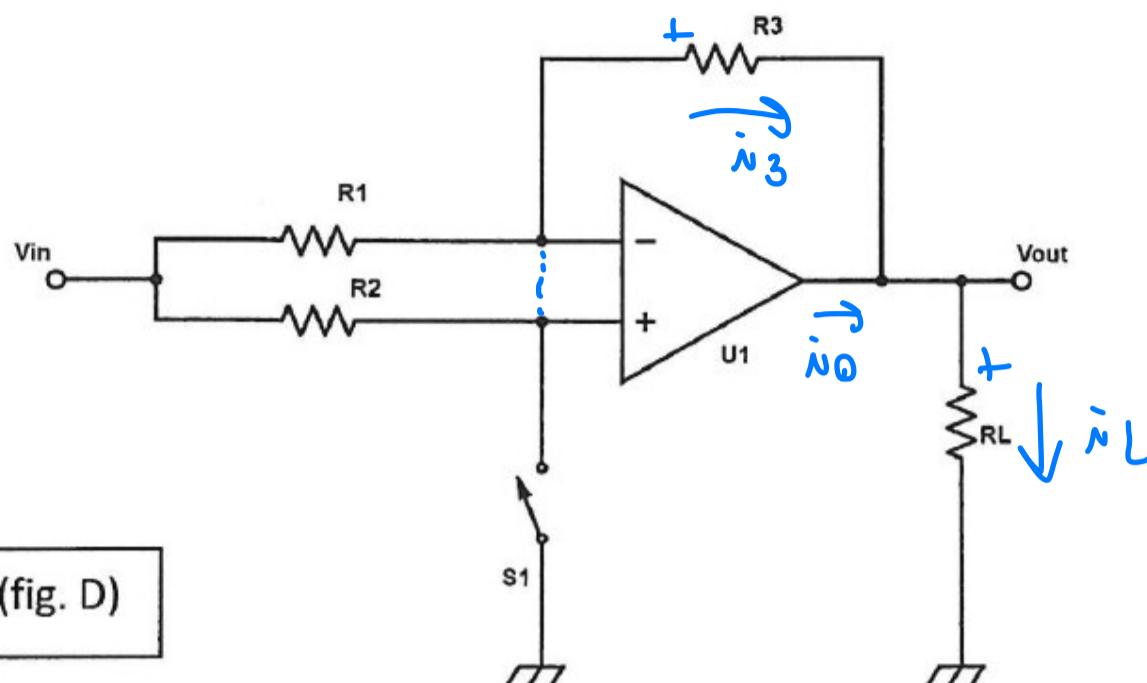
$$i_4 = i_1 + i_3$$

$$\begin{aligned} V_{OQ} &= -R_3 i_3 - R_4 i_4 = -R_3 i_3 - R_4 i_1 - R_4 i_3 = -R_2 i_1 - R_4 i_1 - \frac{R_4 R_2}{R_3} i_1 \\ &= i_1 \left(-R_2 - R_4 - \frac{R_4 R_2}{R_3} \right) = V_{in} \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_4}{R_1} - \frac{R_4 R_2}{R_1 R_3} \right) \end{aligned}$$

$$2) \quad R_{IN} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = \frac{V_{in}}{\frac{V_{in}}{R_1}} R_1$$

Esame 2017-07-25

Esercizio 4/6



$$\bar{i}_0 + \bar{i}_3 = \bar{i}_L$$

$$\bar{i}_0 = \bar{i}_L - \bar{i}_3$$

a) Dato il circuito in figura, calcolare Vout in funzione di Vin con $R_1=R_2=R_3$ nelle due configurazioni dell'interruttore S1.

b) Si calcoli il valore di Vout in funzione di Vin con $R_1=1\text{k}\Omega$; $R_2=2\text{k}\Omega$; $R_3=3\text{k}\Omega$; $RL=2\text{k}\Omega$.

c) Quale corrente eroga l'amplificatore operazionale dalla sua uscita in quest'ultima condizione con l'interruttore S1 chiuso?

d)

$$S1 \text{ APERTO: } V_- = V_i \Rightarrow V_0 = V_- - \underbrace{R_3}_{=0} \bar{i}_3 = V_i$$

$$S1 \text{ CHIUSO: } V_- = 0 \Rightarrow V_0 = -R_3 \bar{i}_3 = -\frac{R_3}{R_1} V_i = -3V_i$$

b) S1 APERTO: $V_0 = V_i$

S1 CHIUSO: $V_0 = -\frac{R_3}{R_1} V_i = -3V_i$

c) $\bar{i}_0 = \bar{i}_L - \bar{i}_3 = \frac{V_0}{R_L} - \frac{V_i}{R_1} = -\frac{3}{R_L} V_i - \frac{V_i}{R_1} = -\left(\frac{3}{R_L} + \frac{1}{R_1}\right) V_i = -\frac{1}{500} V_i$

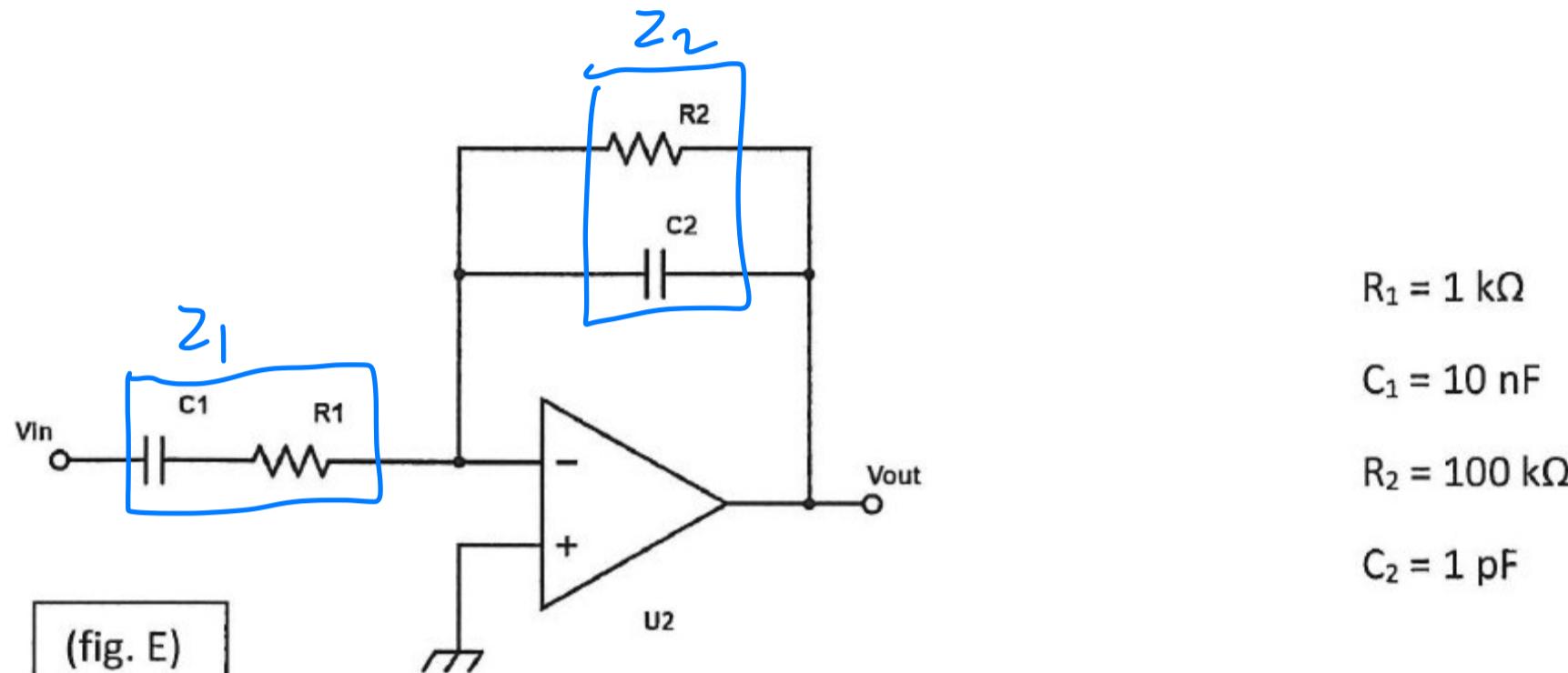
Esame 2017-07-25

Esercizio 5/6

Si consideri il circuito riportato in figura E, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

- 1) La funzione di trasferimento al variare della pulsazione s , $W(s)$
- 2) Si disegni il diagramma di Bode del modulo in dB della funzione di trasferimento $W(s)$



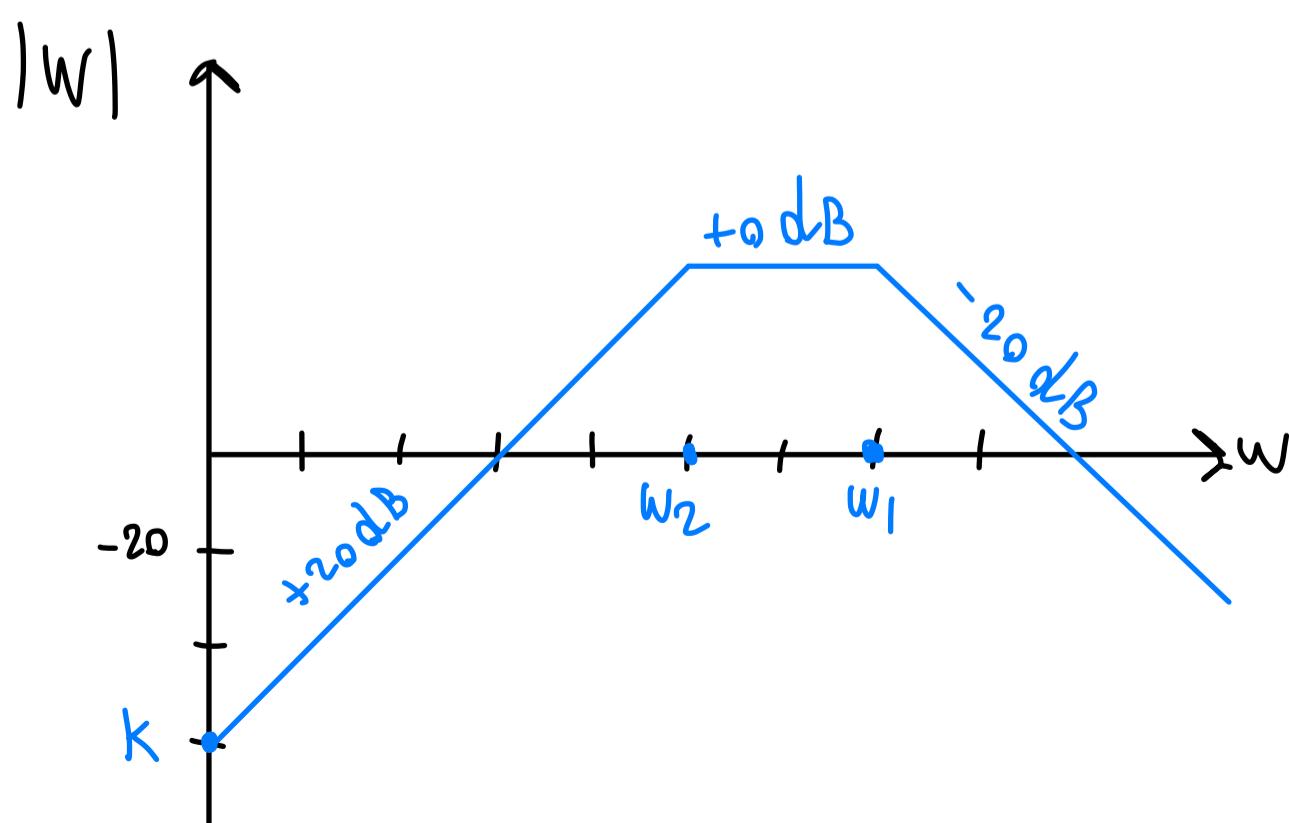
$$W(s) = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{sC_1}{1 + sR_1C_1} = \frac{-R_2C_1}{s^2} \frac{1}{(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)} = \frac{k}{s^l} \cdot \frac{1}{(1 + s/w_1)(1 + s/w_2)}$$

$$k = -R_2C_1 = 10^{-3} \Rightarrow 20\log|k| = -60\text{dB}$$

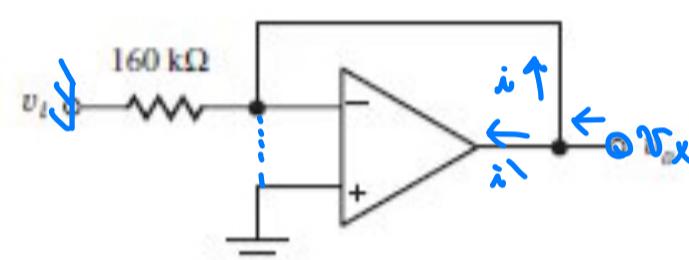
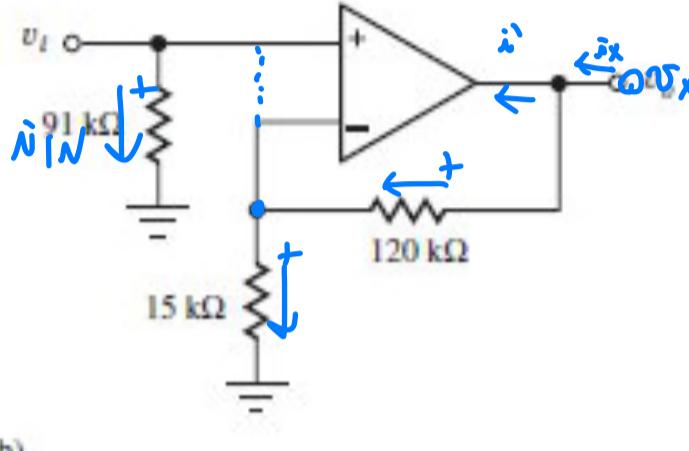
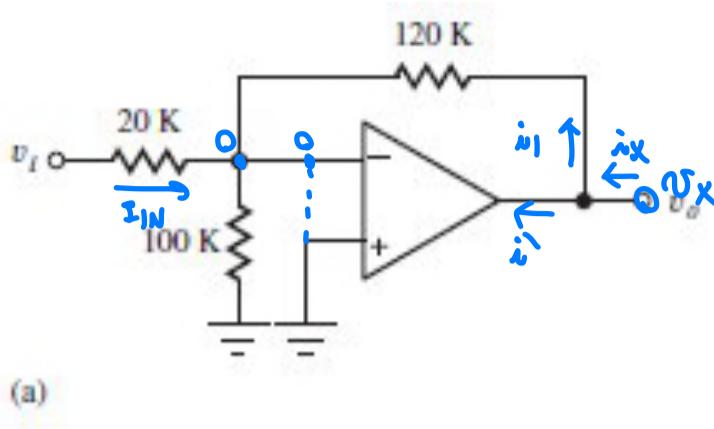
$$l = -1 \Rightarrow -20l = +20\text{dB/DEC}$$

$$w_1 = 1/R_1C_1 = 10^7 \text{ RAD/D} \quad -20\text{dB/DEC}$$

$$w_2 = 1/R_2C_2 = 10^5 \text{ RAD/D} \quad -20\text{dB/DEC}$$



Esame 2018-01-23



(1) Per i tre circuiti in figura, calcolare il guadagno di tensione, la resistenza di ingresso e la resistenza di uscita. (10.113)

$$d) V_o = -\frac{120k}{20k} V_i = -6 V_i$$

$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{V_{IN}}{\frac{V_o}{G}} 20k$$

$$R_o = \frac{V_x}{I_x} \text{ con } I_x = \underbrace{i'_x}_{\substack{\text{GRANDE} \\ \text{A PIACERE}} \text{ + } \underbrace{i_1}_{=0} = 0 \times k \bar{v} V_i \text{ SPENTO} \Rightarrow R_o = \frac{V_x}{\text{GRANDE}} = 0$$

$$b) V_o = (15k + 120k) i = 135k \cdot \frac{V_i}{15k} = 9 V_i$$

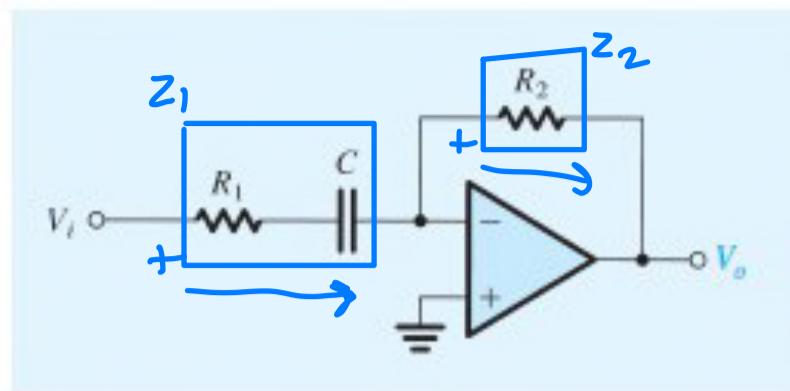
$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{V_{IN}}{\frac{V_o}{G}} 91k$$

$$R_o = \frac{V_x}{I_x} \text{ con } I_x = \underbrace{i'_x}_{\substack{\text{GRANDE} \\ \text{A PIACERE}} \text{ + } \underbrace{i_1}_{=0} = 0 \times k \bar{v} V_i \text{ SPENTO} \Rightarrow R_o = \frac{V_x}{\text{GRANDE}} = 0$$

$$c) V_o = 0$$

$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{V_{IN}}{\frac{V_o}{G}} 160k \quad R_o = \frac{V_x}{I_x} \text{ con } I_x = \underbrace{i'_x}_{\substack{\text{GRANDE} \\ \text{A PIACERE}} \text{ + } \underbrace{i_1}_{=0} = 0 \times k \bar{v} V_i \text{ SPENTO}$$

Esame 2018-01-23



(2) Dato il circuito in figura (2.125-4),

- scrivere la funzione di trasferimento
- scrivere l'espressione del guadagno in tensione ad alta frequenza
- scrivere l'espressione della frequenza ω_0 corrispondente a 3 dB di attenuazione
- progettare il circuito in modo da ottenere una resistenza di ingresso pari a $1\text{ k}\Omega$
- con il valore di R_{IN} trovato al punto precedente, trovare R_2 in modo da ottenere un guadagno ad alta frequenza pari a 40 dB e una frequenza a -3 dB di 2 kHz
- per quale frequenza il guadagno dello stadio si riduce all'unità ?

$$Z_1(s) = R_1 + \frac{1}{sC_1} \quad Z_2(s) = R_2$$

$$\bullet W(s) = -\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{-R_2}{R_1 + \frac{1}{sC_1}} = \frac{-sR_2C_1}{1 + sR_1C_1}$$

$$\bullet W(w \rightarrow +\infty) = \lim_{w \rightarrow +\infty} \frac{-R_2}{R_1 + \frac{1}{sC_1}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

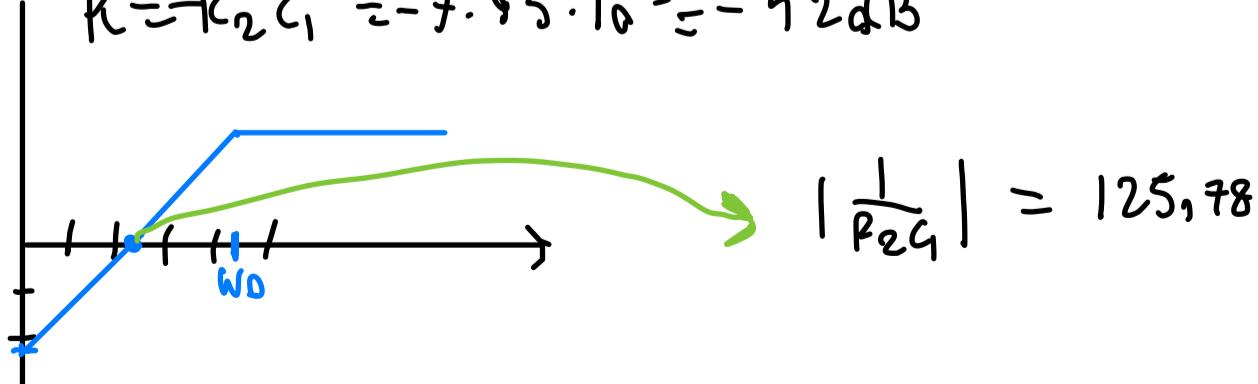
$$\bullet \omega_0 = 1/R_1C_1$$

$$\bullet R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = R_1 = 1\text{ k}\Omega$$

$$\bullet \left\{ 20\log \left| \frac{R_2}{R_1} \right| = 40 \text{ dB} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 100 \rightarrow R_2 = 100 \cdot R_1 = 100\text{ k}\Omega \right.$$

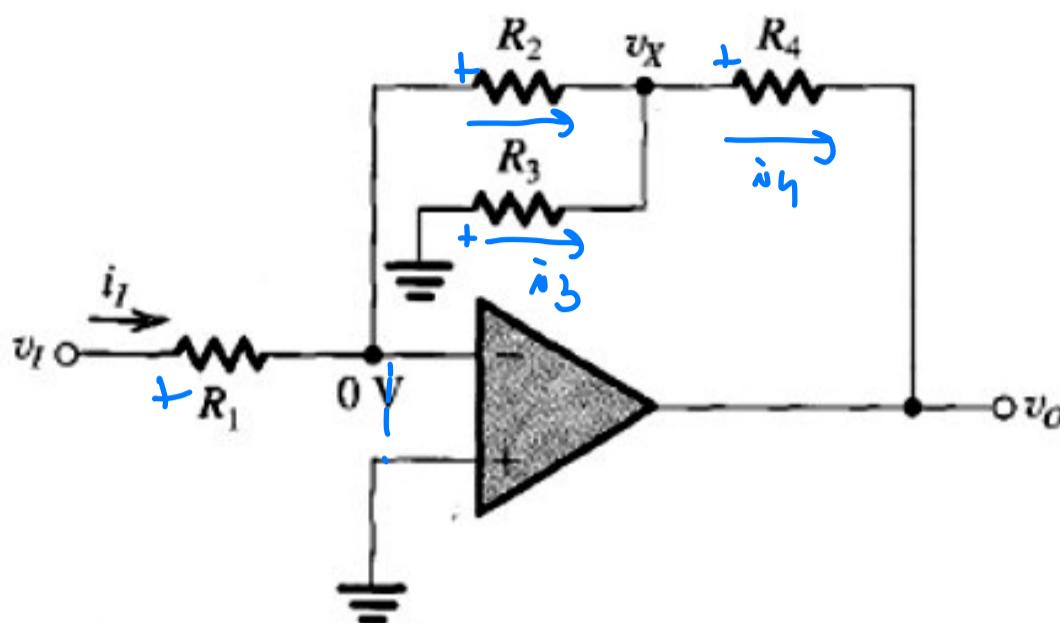
$$\left. \left\{ \omega_0 = \frac{1}{R_1C_1} = 2\pi \cdot 2\text{ kHz} \Rightarrow C_1 = \frac{1}{R_1 \cdot 2\pi \cdot 2 \cdot 10^3} = 7.95 \cdot 10^{-8} \right. \right.$$

$$\bullet K = -R_2C_1 = -7.95 \cdot 10^{-3} = -42 \text{ dB}$$



Esame 2018-02-15

ESERCIZIO 1



Dato il circuito in figura, trovare l'espressione di

1a) v_x/v_i ,

1b) v_o/v_i ,

1c) v_o/v_x

A) $i_1 = V_i / R_1$

$$i_3 = -V_x / R_3 =$$

$$i_{in} = i_1 + i_3 = \frac{V_i}{R_1} - \frac{V_x}{R_3}$$

$$V_x = -R_2 i_1 = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

B)
$$\begin{aligned} V_o &= V_x - R_y i_y = V_x - \frac{R_y}{R_1} V_i + \frac{R_y}{R_3} V_x = -\frac{R_2}{R_1} V_i - \frac{R_y}{R_1} V_i - \frac{R_y}{R_3} \frac{R_2}{R_1} V_i \\ &= V_i \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_y}{R_1} - \frac{R_y R_2}{R_3 R_1} \right) \end{aligned}$$

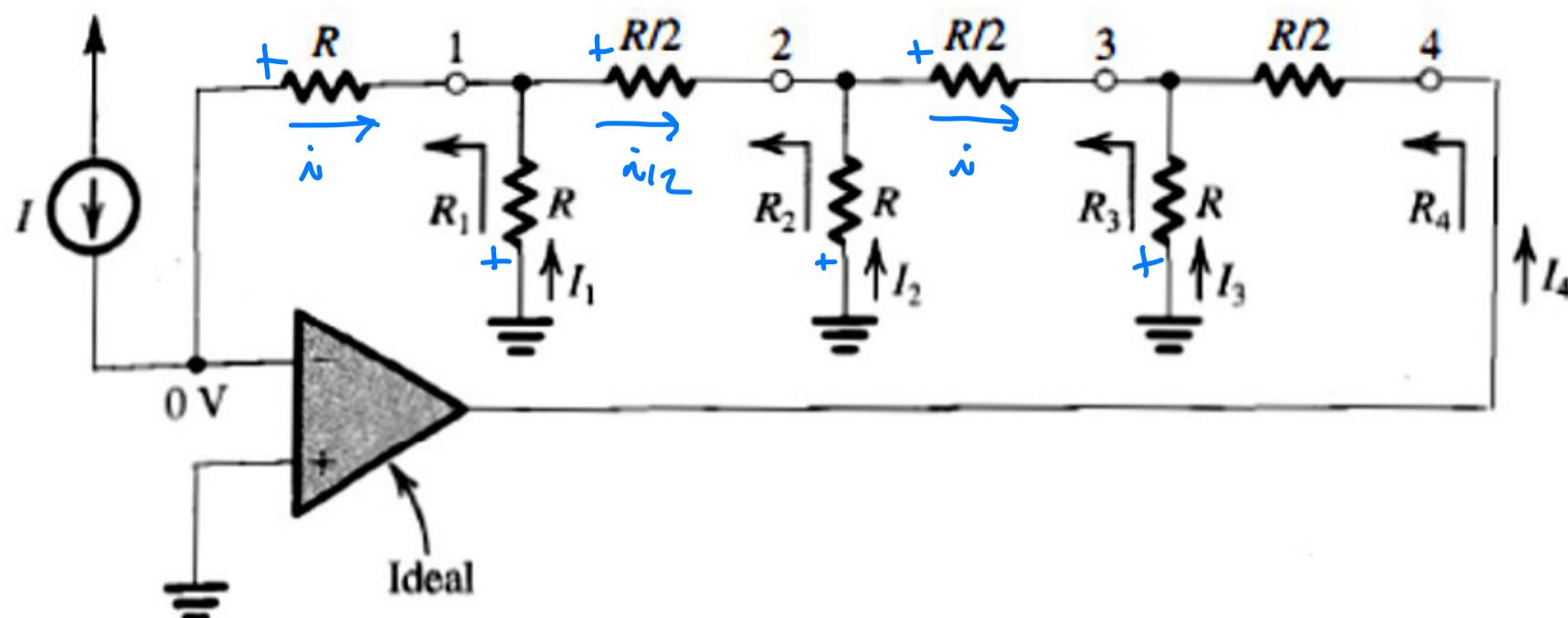
C) $V_{in} = -\frac{R_1}{R_2} V_x$

$$V_o = \left(-\frac{R_1}{R_2} \right) \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_y}{R_1} - \frac{R_y R_2}{R_3 R_1} \right) V_x$$

$$= \left(1 + \frac{R_y}{R_2} + \frac{R_y}{R_3} \right) V_x$$

Esame 2018-02-15

ESERCIZIO 2



Dato il circuito in figura:

2a) calcolare le resistenze R_1, R_2, R_3, R_4 viste dai nodi 1, 2, 3, 4

2b) Calcolare I_1, I_2, I_3, I_4 in funzione di $I \times R$

2c) Calcolare V_1, V_2, V_3, V_4 in funzione di $I \times R$

$$A) R_1 = R$$

$$R_2 = R/2 + R/R = R$$

$$R_3 = R_2 // R + R/2 = R$$

$$R_4 = R_3 // R + R/2 = R$$

B es()

$$V_1 = -RI$$

$$I_1 = -\frac{V_1}{R} = -\frac{-RI}{R} = \frac{1}{R} \cdot (RI) = I$$

$$V_2 = V_1 - \underbrace{\frac{R}{2}(I_1 + I)}_{i_{12}} = -RI - R I = -2RI$$

$$I_2 = -\frac{V_2}{R} = -\frac{-2RI}{R} = 2I$$

$$V_3 = V_2 - R/2 \cdot (I_2 + i_{12}) = V_2 - \frac{R}{2}(2I + I + I) = V_2 - 2RI = -4RI$$

$$I_3 = -\frac{V_3}{R} = 4I$$

$$V_4 = V_3 - \dots = -8RI$$

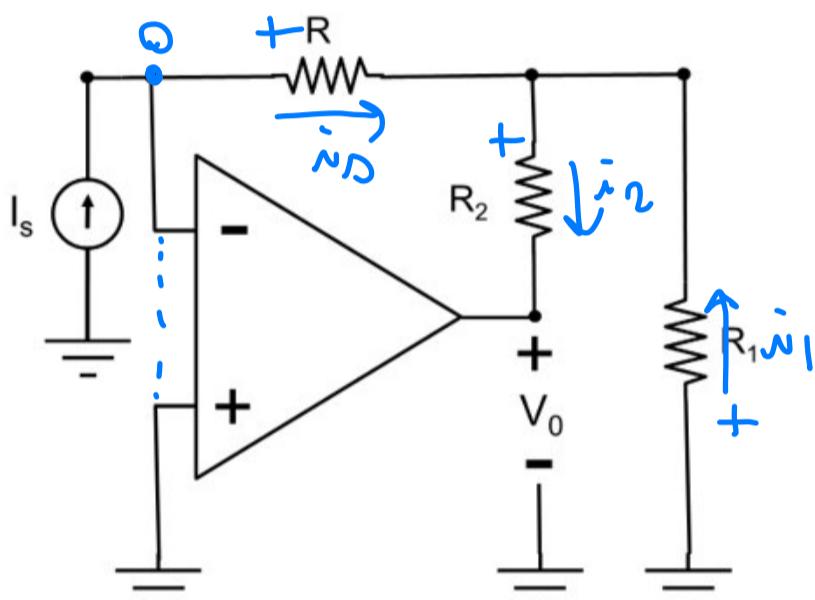
Competitino 2018-04-06

Tema A

Esercizio 1/5

Dato il circuito in figura 1,

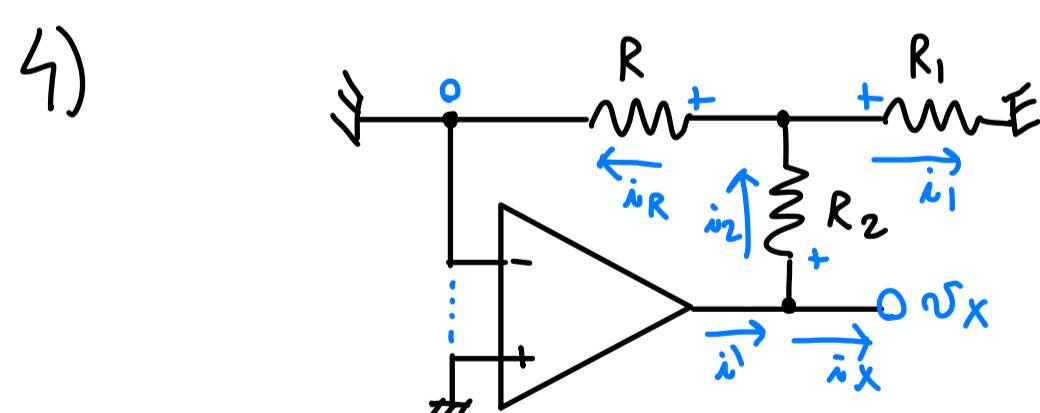
- (1) scrivere l'espressione della tensione di uscita in funzione della corrente di ingresso
- (2) che dimensione ha il guadagno dell'amplificatore raffigurato ?
- (3) qual è il valore della resistenza di ingresso ?
- (4) qual è il valore della resistenza di uscita ?



1) $\dot{n}_1 = V_{R1}/R_1 = R \cdot \dot{n}_D / R_1$
 $\dot{n}_2 = \dot{n}_D + \dot{n}_1 = \dot{n}_D + \frac{R}{R_1} \dot{n}_D = \dot{n}_D \left(1 + \frac{R}{R_1}\right)$
 $V_o = R \dot{n}_D + R_2 \dot{n}_2 = R \dot{n}_D + R_2 \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) \dot{n}_D = \dot{n}_D \left(R + R_2 + \frac{RR_2}{R_1}\right)$

2) V/A

3) $R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{0}{I_D} = 0$



$$R_o = \frac{V_x}{\dot{n}_x}$$
$$\dot{n}_x = \dot{n}_1 + \dot{n}_2 = 0$$

GRANDE A PIACERE

$$= \frac{V_x}{GRANDE} = 0$$

Compitino 2018-04-06

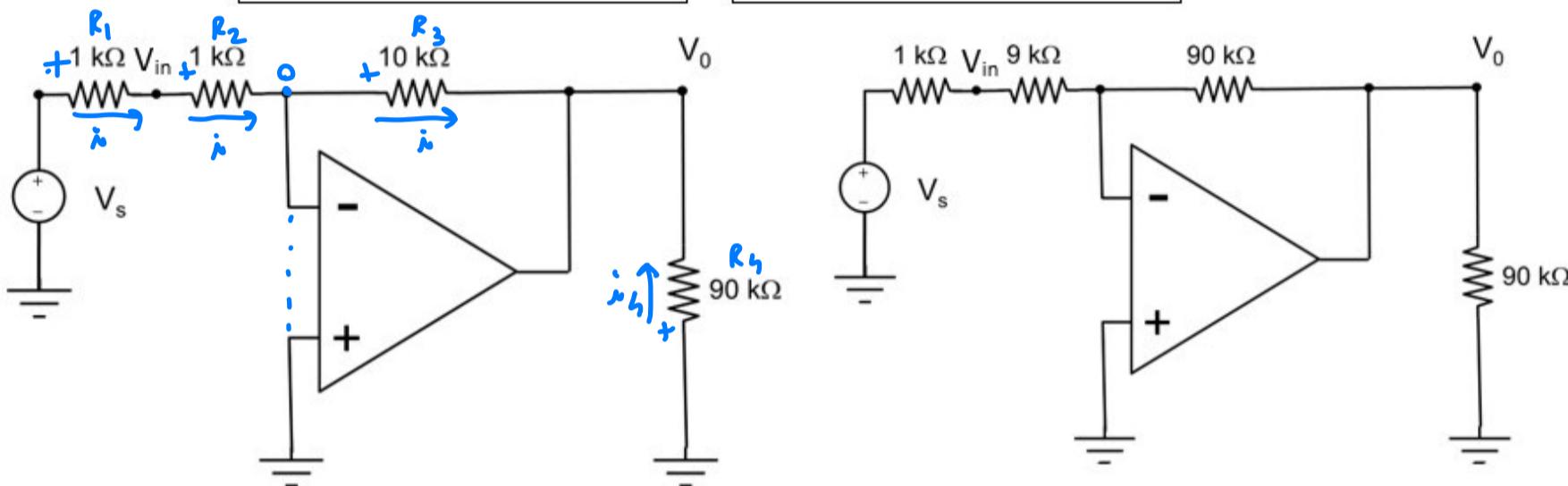
Tema A

Esercizio 2/5

Calcolare il guadagno in tensione V_o/V_{in} e V_o/V_s per i due circuiti in figura 2.

Circuito A :

Circuito B:



Circuito A

Circuito B

A)

$$V_o = -R_3 \dot{v} = -R_3 \frac{V_D}{R_1 + R_2} = -5 V_D$$

$$V_{IN} = V_D - R_1 \dot{v} = V_D - R_1 \frac{V_D}{R_1 + R_2} = V_D \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) = \frac{V_D}{2}$$

$$\Rightarrow V_D = 2 V_i$$

$$V_o = -5 V_D = -10 V_i$$

B) STESSO PROCEDIMENTO, NUMERI DIVERSI

Competitino 2018-04-06

Tema A

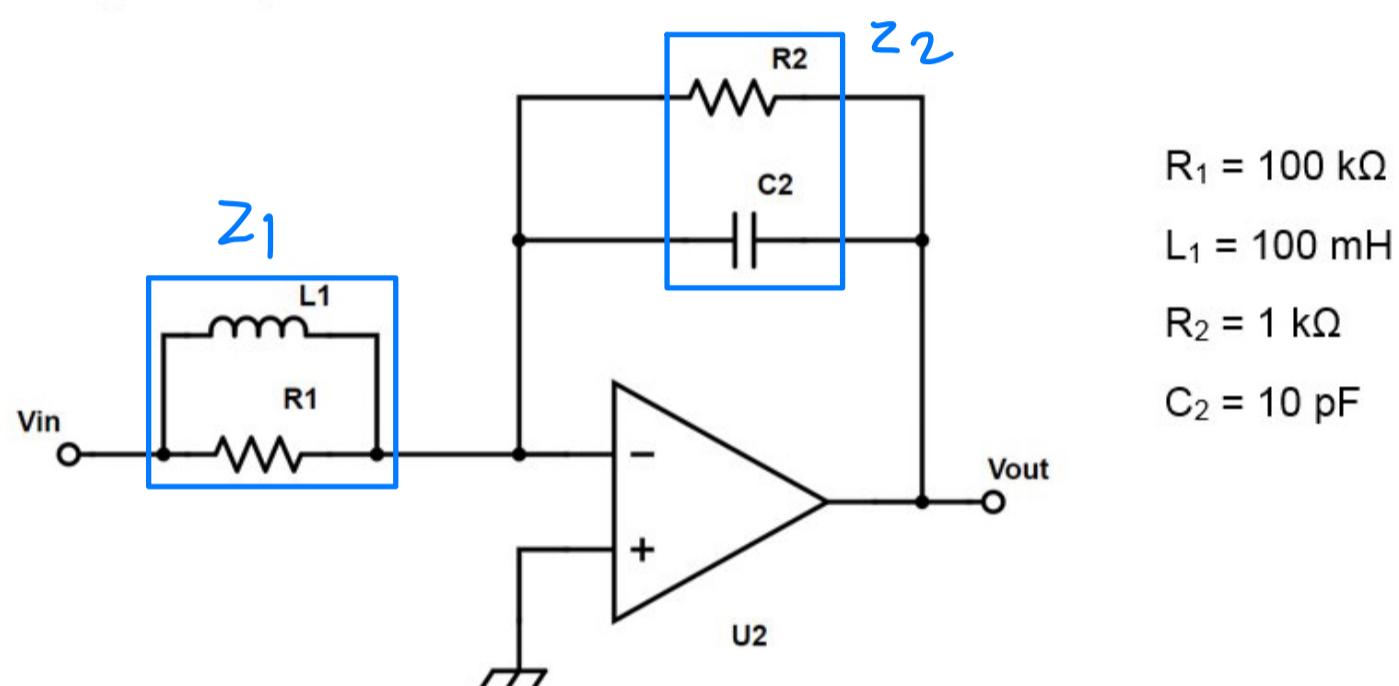
Esercizio 3/5

Si consideri il circuito riportato in Figura 3, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

La funzione di trasferimento al variare della pulsazione s, W (s)

Si disegni il diagramma di Bode del modulo in dB della funzione di trasferimento W (s)



$$Z_1(s) = R_1 // sL_1 = \frac{sR_1L_1}{R_1 + sL_1} \cdot \frac{1/R_1}{1/R_1} = \frac{sL_1}{1 + sL_1/R_1}$$

$$Z_2(s) = R_2 // 1/sC_2 = \frac{R_2}{sC_2} \cdot \frac{1}{R_2 + 1/sC_2} = \frac{R_2}{1 + sR_2C_2}$$

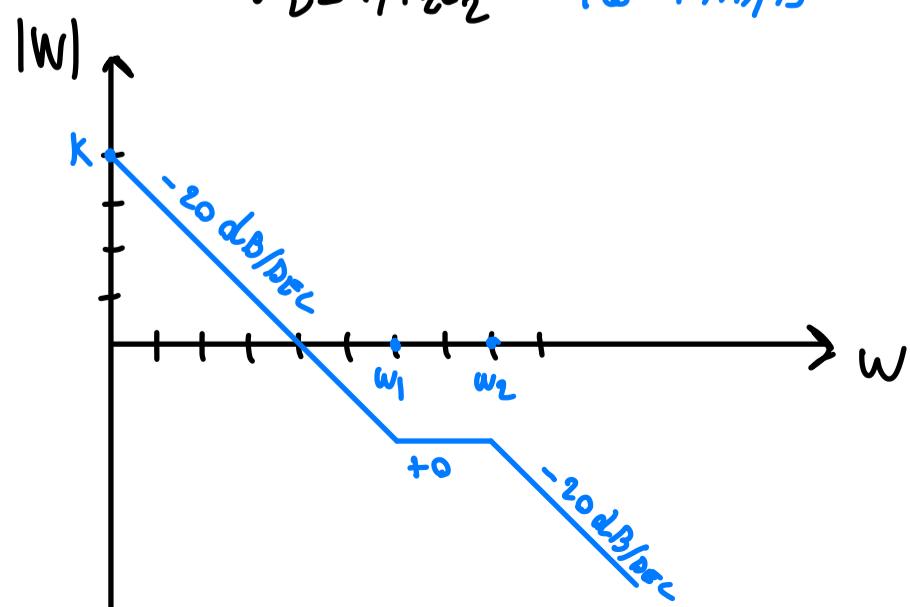
$$W(s) = -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{1 + sL_1/R_1}{sL_1} = \frac{-R_2/L_1}{s^2} \frac{1 + sL_1/R_1}{1 + sR_2C_2} = \frac{k}{s^l} \cdot \frac{1 + s/\omega_1}{1 + s/\omega_2}$$

$$k = -R_2/L_1 = -10^4 \Rightarrow 20 \log |k| = +80 \text{ dB}$$

$$l = 1 \Rightarrow -20l = -20 \text{ dB/DEC}$$

$$\omega_1 = R_1/L_1 = 10^6 \text{ RAD/S} + 20 \text{ dB/DEC}$$

$$\omega_2 = 1/R_2C_2 = 10^8 \text{ RAD/S} - 20 \text{ dB/DEC}$$

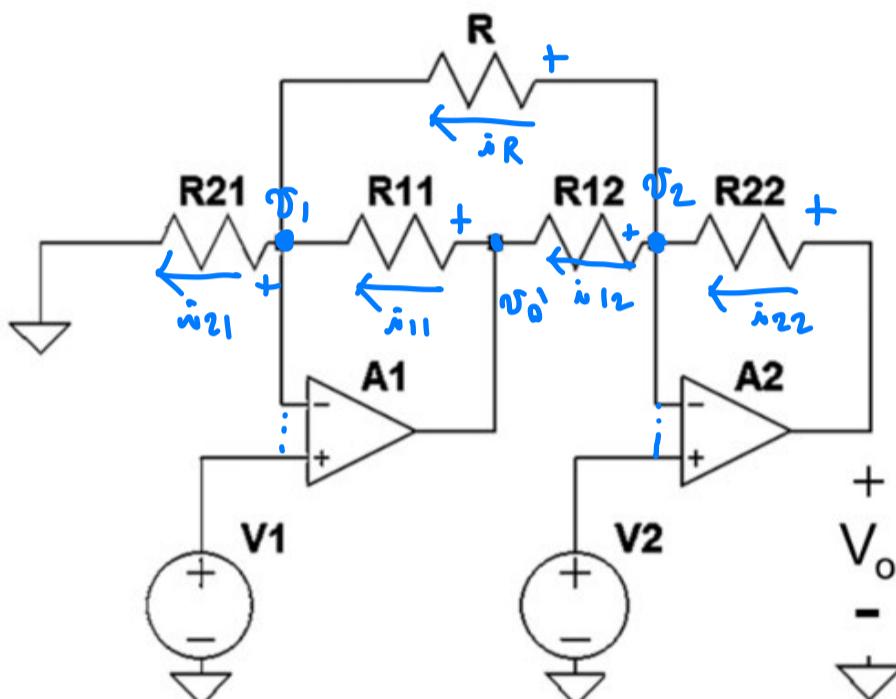


Compitino 2018-04-06

Tema A

Esercizio 4/5

Dato il circuito in Figura 4, calcolare l'espressione del guadagno in tensione $V_o/(V_1-V_2)$, supponendo $R_{21}=R_{22}$ e $R_{11}=R_{12}$



$$\dot{i}_R = \frac{V_2 - V_1}{R}$$

$$\dot{i}_{21} = V_1 / R_{21}$$

$$\dot{i}_{11} = \dot{i}_{21} - \dot{i}_R = \frac{V_1}{R_{21}} + \frac{V_1 - V_2}{R}$$

$$V_1' = V_1 + R_{11} \cdot \dot{i}_{11} = V_1 + \frac{R_{11}}{R_{21}} V_1 + \frac{R_{11}}{R} (V_1 - V_2) = \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{21}}\right) V_1 + \frac{R_{11}}{R} (V_1 - V_2)$$

$$\begin{aligned} \dot{i}_{12} &= \frac{V_2 - V_1'}{R_{12}} = \frac{V_2}{R_{12}} - \frac{1}{R_{12}} \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{21}}\right) V_1 - \frac{\cancel{R_{11}}}{\cancel{R_{12}} R} (V_1 - V_2) = \\ &= \frac{V_2}{R_{12}} - \left(\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{21}}\right) V_1 - \frac{1}{R} (V_1 - V_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{i}_{22} &= \dot{i}_R + \dot{i}_{12} = - \frac{V_1 - V_2}{R} + \frac{V_2}{R_{12}} - \left(\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{21}}\right) V_1 - \frac{1}{R} (V_1 - V_2) \\ &= - \frac{2}{R} (V_1 - V_2) + \frac{V_2}{R_{12}} - \left(\frac{R_{21} + R_{12}}{R_{12} R_{21}}\right) V_1 \end{aligned}$$

$$V_0 = V_2 + R_{22} \cdot \dot{i}_{22} = V_2 - 2 \frac{R_{22}}{R} (V_1 - V_2) + \frac{R_{22}}{R_{12}} V_2 - \cancel{R_{22}} \left(\frac{R_{21} + R_{12}}{R_{12} R_{21}}\right) V_1$$

$$\begin{aligned} &= - 2 \frac{R_{22}}{R} (V_1 - V_2) + V_2 \left(\frac{R_{12} + R_{22}}{R_{12}}\right) - V_1 \left(\frac{R_{12} + R_{21}}{R_{12}}\right) \end{aligned}$$

$$= - 2 \frac{R_{22}}{R} (V_1 - V_2) - (V_1 - V_2) \left(\frac{R_{12} + R_{22}}{R_{12}}\right) = (V_1 - V_2) \left(- 2 \frac{R_{22}}{R} - \frac{R_{12} + R_{22}}{R_{12}}\right)$$

Competitino 2018-04-06

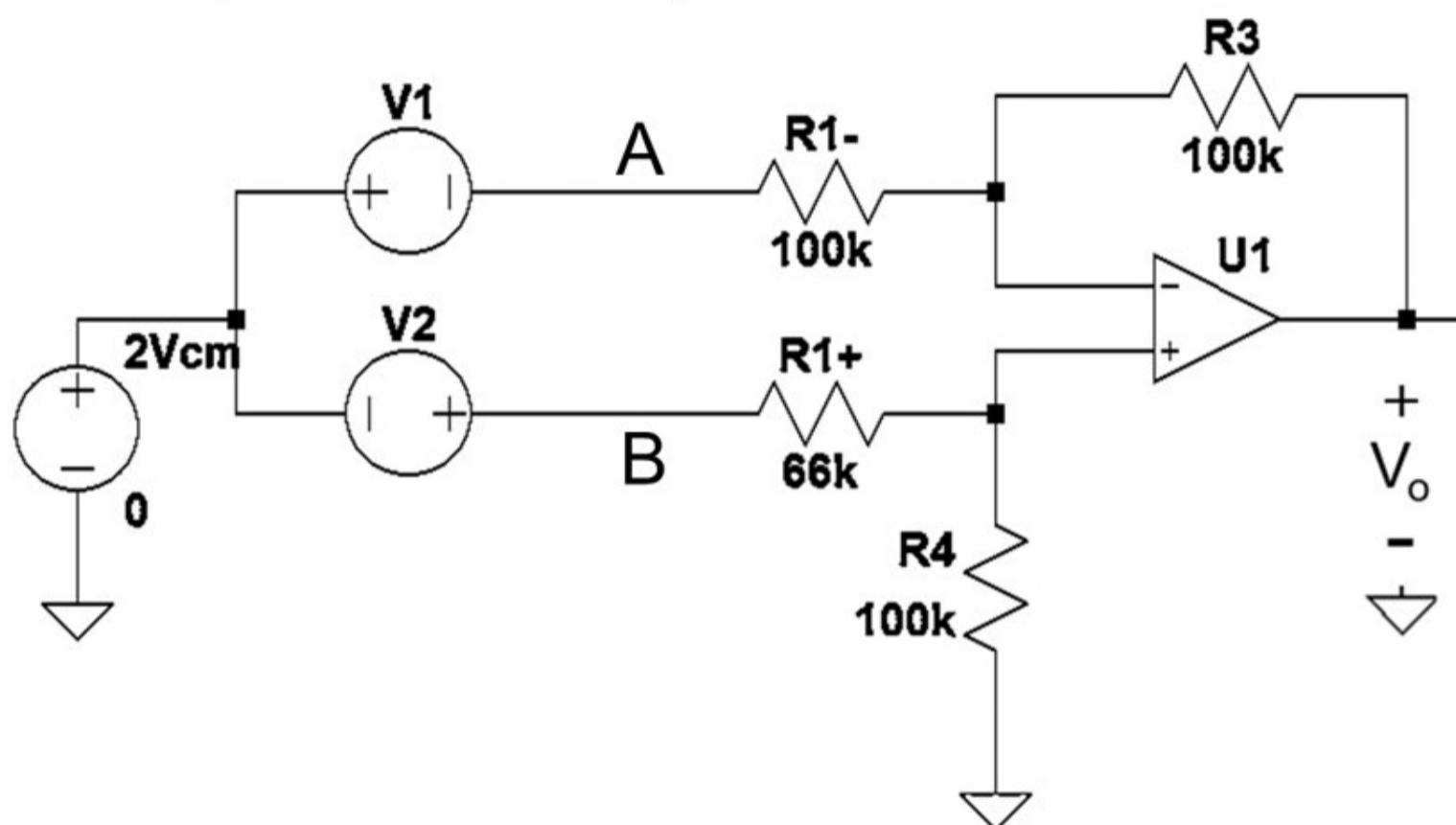
Tema A

Dato il circuito in Figura 5,

(a) calcolare il guadagno differenziale ai morsetti A e B

(b) calcolare il guadagno di modo comune ai morsetti A e B

(c) calcolare il CMRR



$$V_A = 2V_{CM} - V_1$$

$$V_B = 2V_{CM} + V_2$$

$$V_o = -\frac{R_3}{R_{1-}} V_A + \left(1 + \frac{R_3}{R_{1-}}\right) \left(\frac{R_3}{R_{1+} + R_3}\right) V_B = -V_A + \frac{100}{83} V_B$$

$$\begin{aligned} V_o &= A_1 V_A + A_2 V_B \\ &= A_D V_D + A_{CM} V_{CM} \\ &= \left(\frac{A_2 - A_1}{2}\right) V_D + (A_1 + A_2) V_{CM} \end{aligned}$$

$$A_D = \frac{A_2 - A_1}{2} = \frac{\frac{100}{83} - (-1)}{2} = \frac{133}{166}$$

$$A_{CM} = A_1 + A_2 = \frac{100}{83} + (-1) = \frac{17}{83}$$

$$CMRR = 20 \log \frac{|A_D|}{|A_{CM}|} = 11,85$$

Esame 2018-06-19

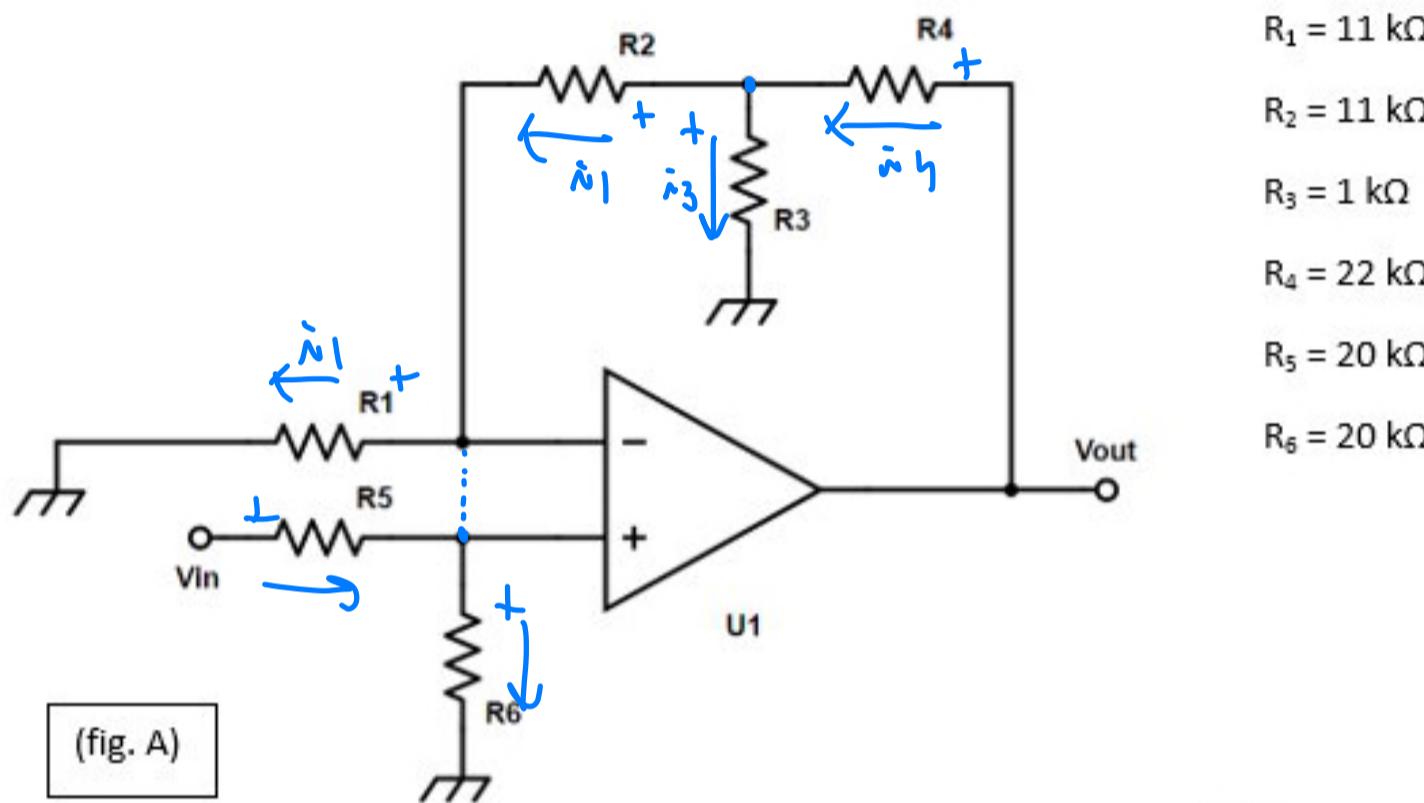
Recupero 1 comp

Esercizio 1 / 5

Si consideri il circuito riportato in figura A, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

- 1) Il guadagno $A_v = V_{out} / V_{in}$;
- 2) La resistenza di ingresso R_{in} vista dal generatore V_{in}



$$1) V_{R6} = \frac{R_6}{R_5 + R_6} V_{in}$$

$$\dot{v}_1 = V_{R6} / R_1$$

$$V_{R3} = (R_1 + R_2) \dot{v}_1$$

$$\dot{v}_3 = V_{R3} / R_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_3} \dot{v}_1$$

$$\dot{v}_4 = \dot{v}_1 + \dot{v}_3$$

$$\begin{aligned} V_0 &= \dot{v}_4 R_4 + \dot{v}_3 R_3 = \dot{v}_1 R_1 + R_1 \dot{v}_3 + \dot{v}_3 R_3 = R_1 \dot{v}_1 + (R_3 + R_1) \frac{(R_1 + R_2)}{R_3} \dot{v}_1 \\ &= \left(R_1 + \frac{(R_3 + R_1)(R_1 + R_2)}{R_3} \right) \frac{R_4}{R_1} \cdot \frac{1}{R_5 + R_6} V_{in} = 24 V_{in} \end{aligned}$$

$$2) R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{V_{IN}}{\frac{V_{IN}}{V_{in}}} (R_5 + R_6) = 50 \text{ k}\Omega$$

Esame 2018-06-19

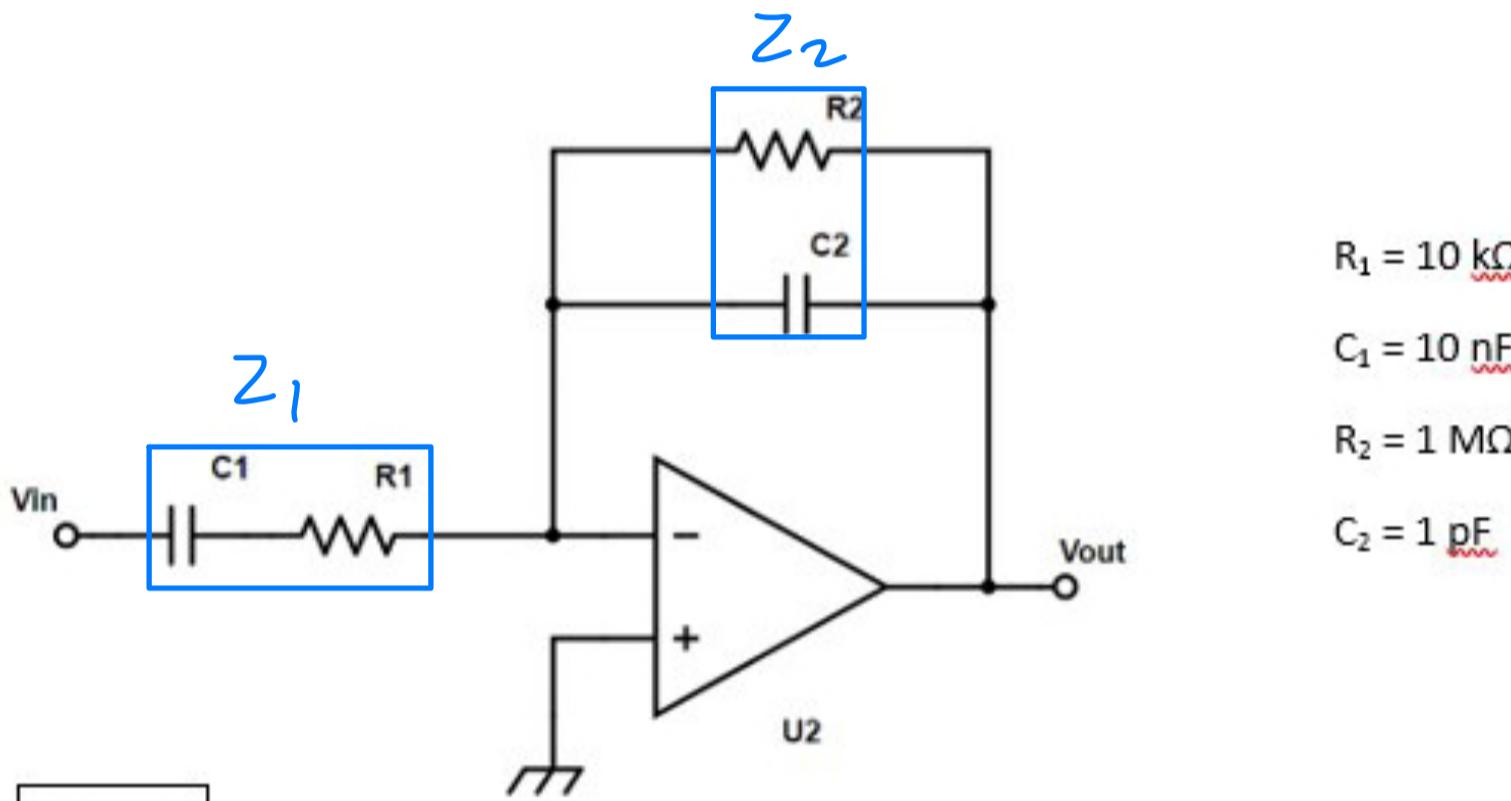
Recupero 1 comp

Esercizio 2 / 3

Si consideri il circuito riportato in figura B, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli:

- 1) La funzione di trasferimento al variare della pulsazione s , $W(s)$
- 2) Si disegni il diagramma di Bode del modulo in dB della funzione di trasferimento $W(s)$



$$Z_1(s) = R_1 + \frac{1}{sC_1} = \frac{1 + sR_1C_1}{sC_1}$$

$$Z_2(s) = R_2 // \frac{1}{sC_2} = \frac{R_2}{sC_2} \cdot \frac{1}{1 + sR_2C_2} = \frac{R_2}{1 + sR_2C_2}$$

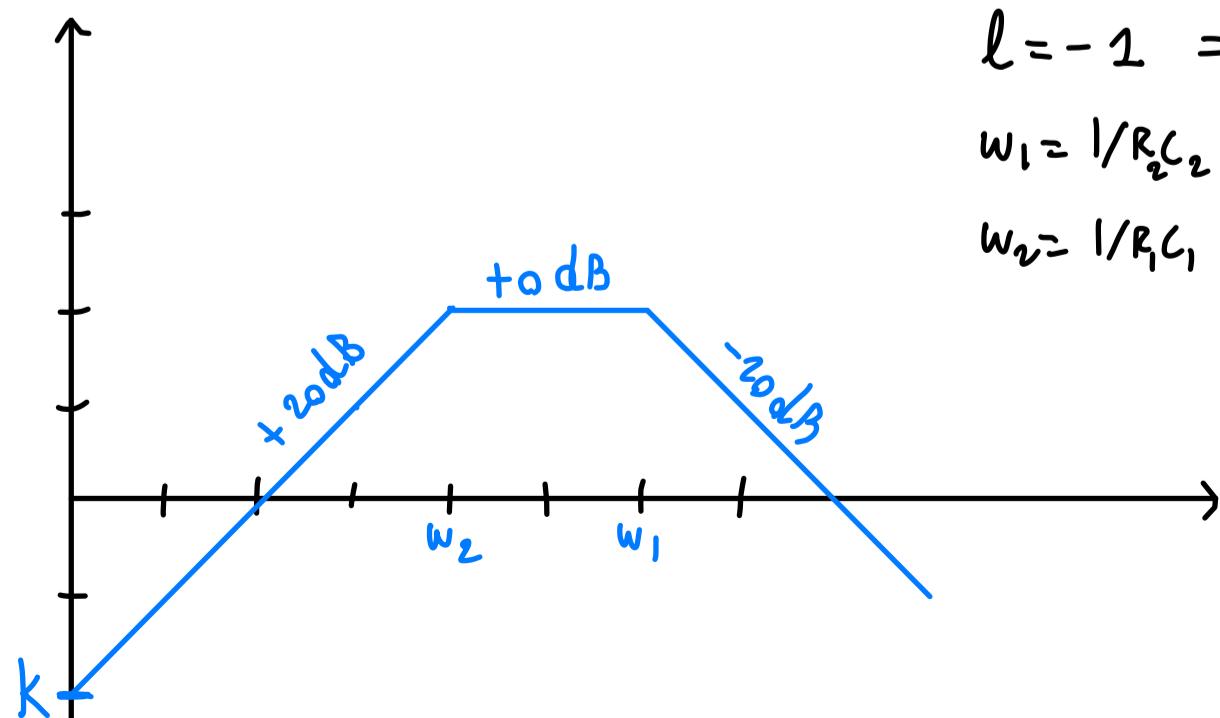
$$\begin{aligned} W(s) &= -\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{-R_2}{1 + sR_2C_2} \frac{sC_1}{1 + sR_1C_1} = \frac{-R_2C_1}{s^2} \frac{1}{(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)} \\ &= \frac{k}{s^2} \cdot \frac{1}{(1 + s/w_1)(1 + s/w_2)} \end{aligned}$$

$$k = -R_2C_1 = -10^{-2} = 20 \log |k| = -40 \text{ dB}$$

$$l = -1 \Rightarrow -20l = +20 \text{ dB/Dec}$$

$$w_1 = 1/R_2C_2 = 10^6 \text{ RAD/s} -20 \text{ dB/DEC}$$

$$w_2 = 1/R_1C_1 = 10^4 \text{ RAD/s} -20 \text{ dB/DEC}$$



Esame 2018-06-19

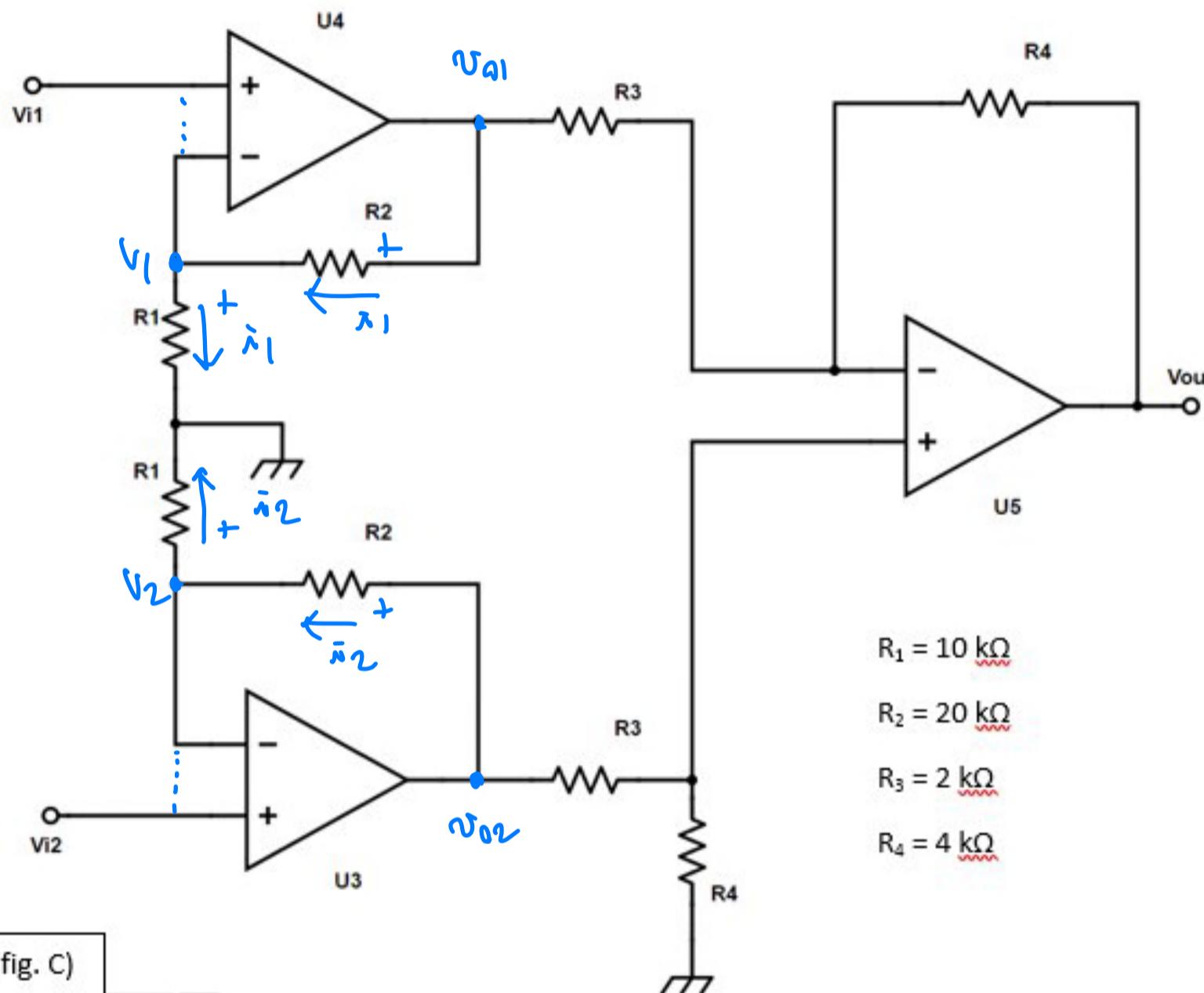
Esercizio 3 / 3

Si consideri il circuito riportato in figura C, supponendo l'amplificatore operazionale ideale.

Si calcoli il guadagno differenziale A_{vd} ($V_{out}/V_{i2}-V_{i1}$) del circuito.

np

$A_{vd} = \dots$



(fig. C)

$$V_{o1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1$$

$$V_{o2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2$$

$$\begin{aligned}
 V_o &= -\frac{R_3}{R_2} V_{o1} + \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4}\right) V_{o2} \\
 &= -\frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_1 + \left(\frac{R_3 + R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_2 \\
 &= \frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) (V_2 - V_1)
 \end{aligned}$$

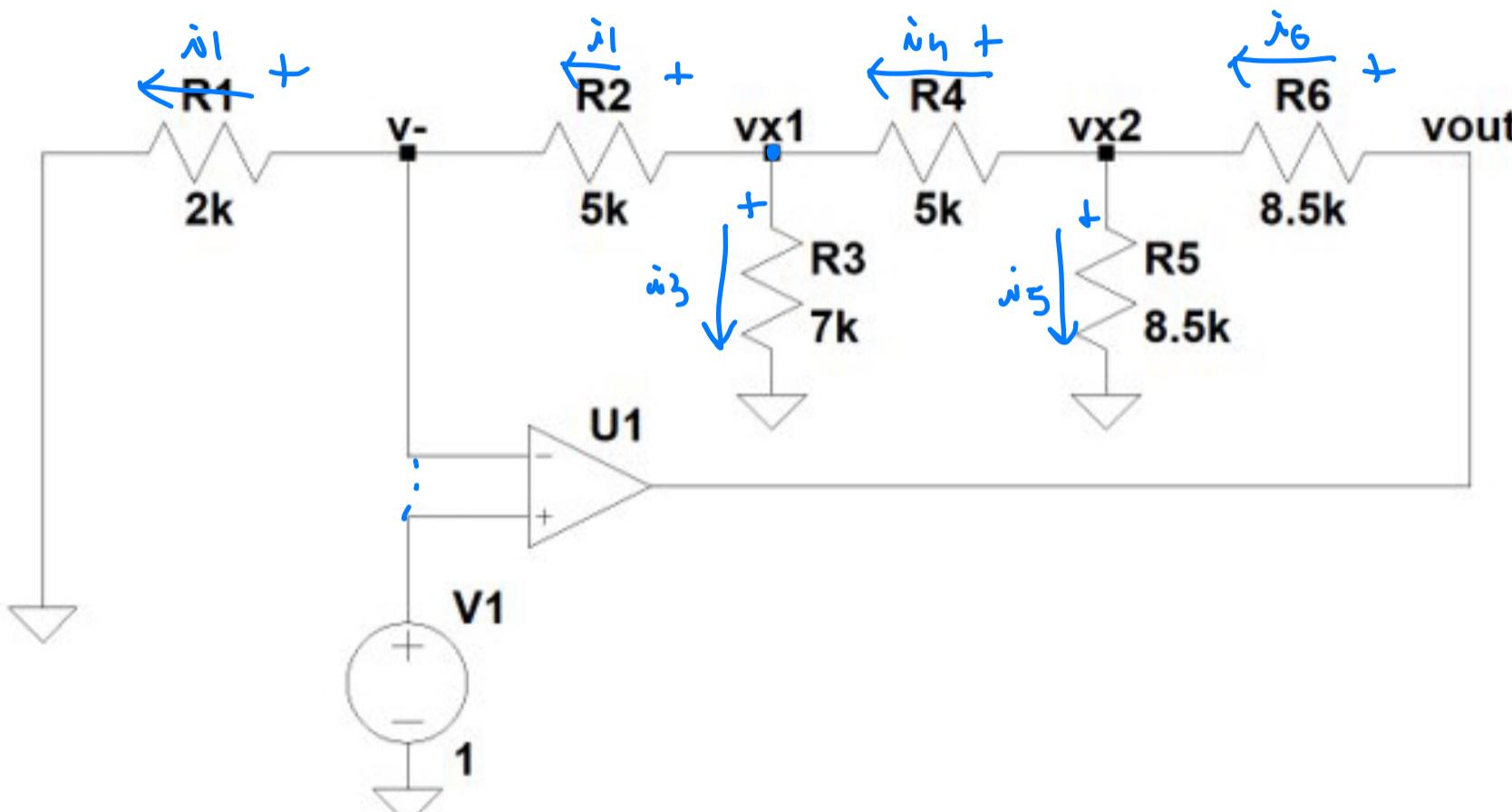
Esame 2018-07-04

Dato il circuito in figura, nel quale U1 rappresenta un amplificatore operazionale ideale,

(1) trovare l'espressione della tensione v_{x1} in funzione della tensione V_1

(2) trovare l'espressione della tensione v_{x2} in funzione della tensione V_1

(3) trovare l'espressione della tensione v_{out} in funzione della tensione V_1



$$1) \dot{i}_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

$$v_{x1} = (R_1 + R_2) \dot{i}_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_1 = \frac{7}{2} v_1$$

$$2) \dot{i}_3 = \frac{v_{x1}}{R_3}$$

$$\dot{i}_4 = \dot{i}_1 + \dot{i}_3 = \frac{v_1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{v_1}{R_3} = v_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right)$$

$$v_{x2} = v_{x1} + R_1 \dot{i}_4 = R_1 v_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right) = 5 v_1 - \frac{7}{2} v_1 = \frac{3}{2} v_1$$

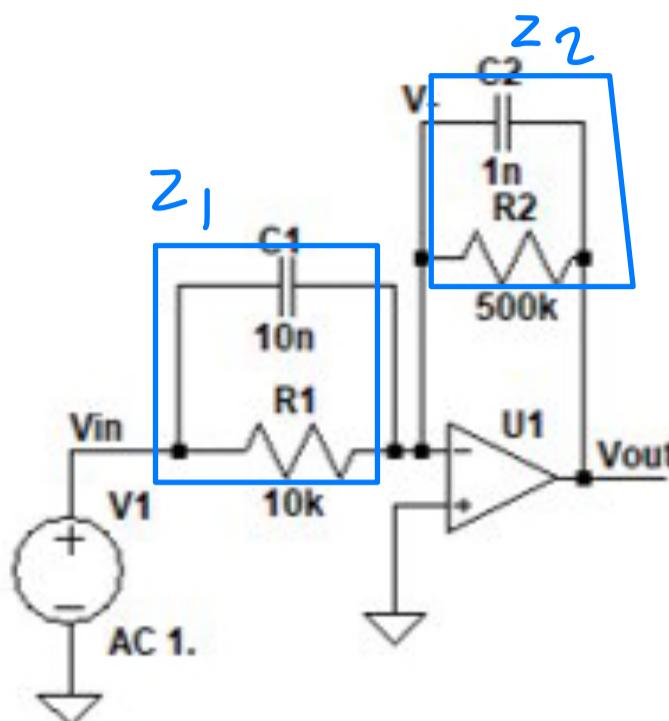
$$3) \dot{i}_5 = \frac{v_{x2}}{R_5}$$

$$\dot{i}_6 = \dot{i}_4 + \dot{i}_5 = v_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right) + \frac{3}{2} v_1 / R_5$$

$$v_{out} = v_{x2} + R_6 \dot{i}_6 = \frac{3}{2} v_1 + R_6 v_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right) + R_6 \frac{3}{2} v_1 / R_5 = \\ = \frac{3}{2} v_1 + \frac{17}{2} v_1 + \frac{3}{2} v_1 = \frac{23}{2} v_1$$

Esame 2018-07-04

Dato il circuito in figura, nel quale U1 rappresenta un amplificatore operazionale ideale



1. Scrivere l'espressione della funzione $V_{\text{out}}(j\omega)/V_{\text{in}}(j\omega)$
2. Scrivere l'espressione del guadagno a bassa frequenza
3. Scrivere l'espressione del guadagno ad alta frequenza
4. Disegnare il diagramma di Bode del guadagno

$$1) Z_1(j) = R_1 // 1/j\omega_1 = \frac{R_1}{j\omega_1} \cdot \frac{1}{R_1 + \frac{1}{j\omega_1}} = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1}$$

$$Z_2(j) = R_2 // 1/j\omega_2 = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

$$W(j) = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2} \cdot \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_2 C_2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_2 C_2}$$

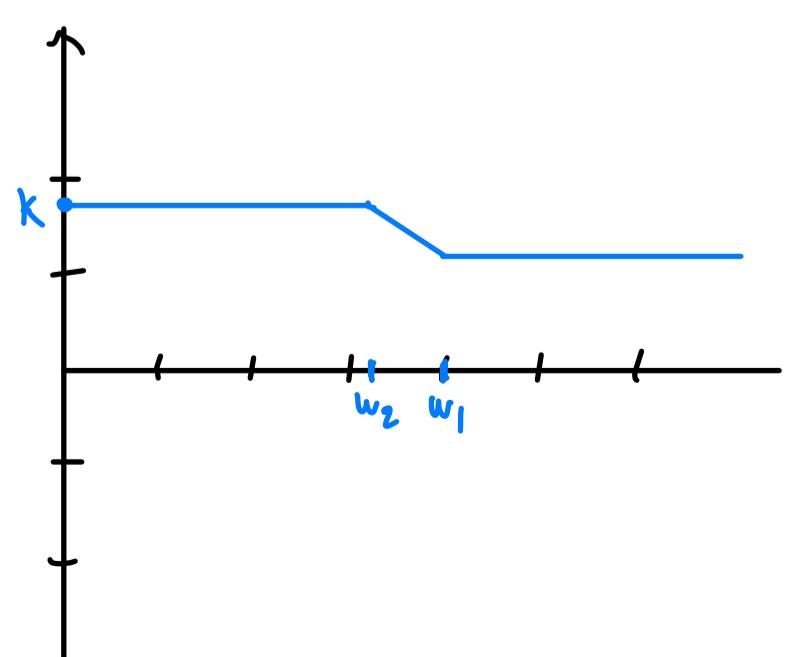
$$2) W(\omega=0) = -\frac{R_2}{R_1} = -50$$

$$3) W(\omega \rightarrow +\infty) = \lim_{\omega \rightarrow +\infty} -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega R_1 C_1}{1 + j\omega R_2 C_2} = -\frac{R_2}{R_1} \frac{\omega}{\omega} \cdot \frac{j\omega + jR_1 C_1}{j\omega + jR_2 C_2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{jR_1 C_1}{jR_2 C_2} = -\frac{C_1}{C_2}$$

$$4) K = -R_2/R_1 = -50 = 20 \log |K| = 34 \text{ dB}$$

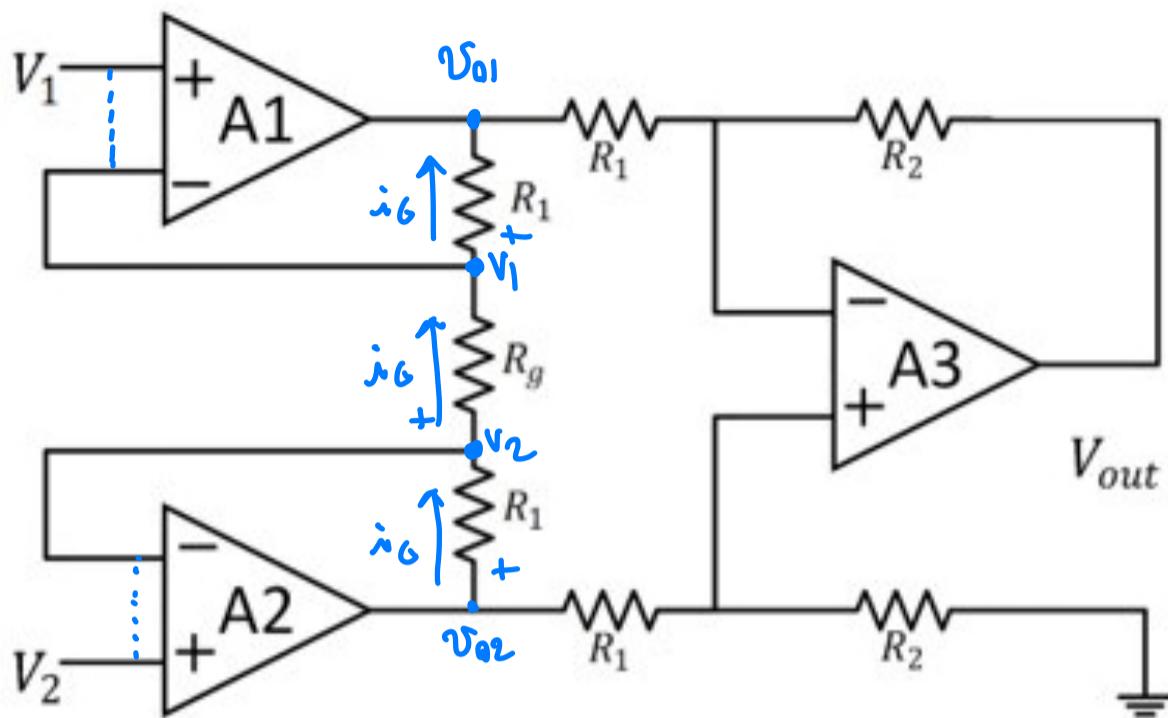
$$\omega_1 = 1/R_1 C_1 = 10^3 \text{ RAD/D} \quad + 20 \text{ dB/DEC}$$

$$\omega_2 = 1/R_2 C_2 = 2 \cdot 10^3 \text{ RAD/D} \quad - 20 \text{ dB/DEC}$$



Esame 2018-07-04

Ricavare l'espressione del guadagno $V_{out}/(V_2-V_1)$ per l'amplificatore per strumentazione in Figura.



$$i_G = (V_2 - V_1) / R_G$$

$$V_{01} = V_1 - R_1 i_G = V_1 - \frac{R_1}{R_G} (V_2 - V_1)$$

$$V_{02} = V_2 + R_1 i_G = V_2 + \frac{R_1}{R_G} (V_2 - V_1)$$

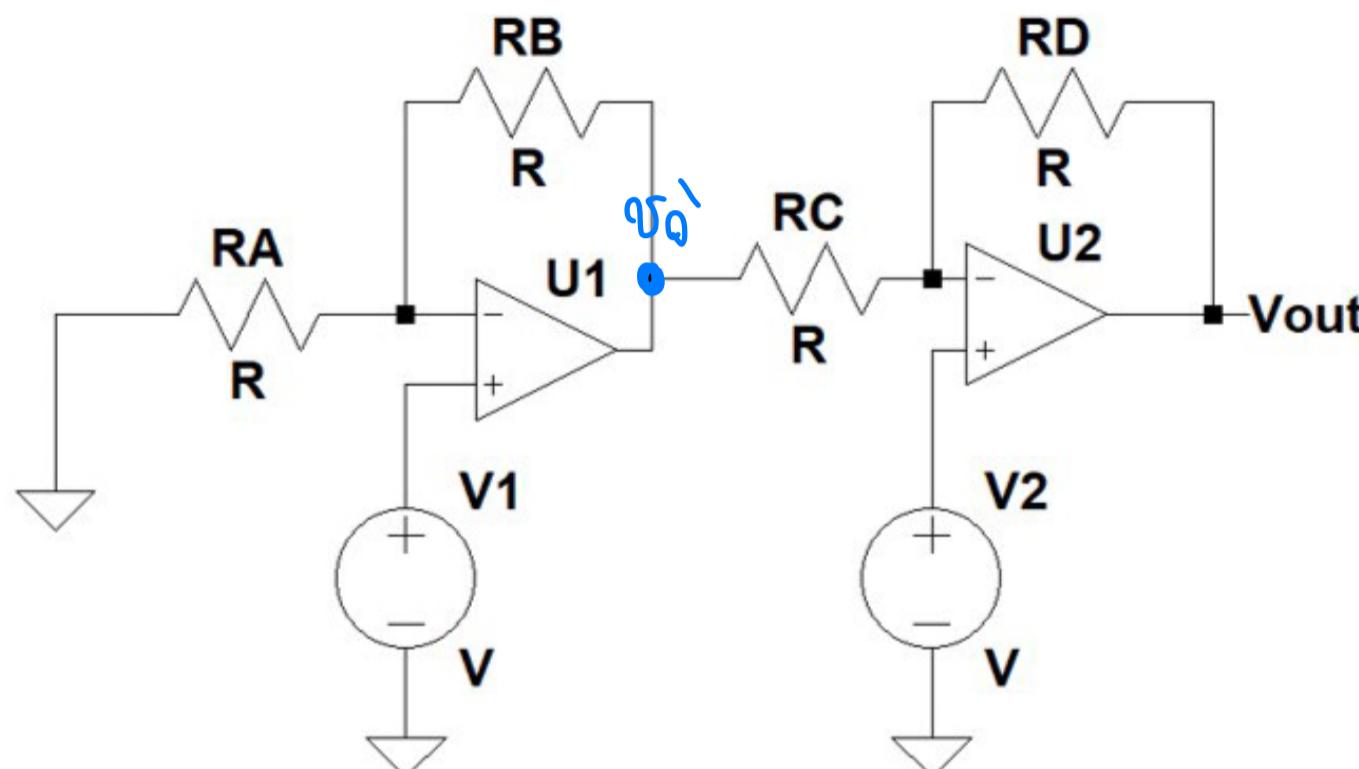
$$\begin{aligned} V_0 &= -\frac{R_2}{R_1} V_{01} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) V_{02} \\ &= -\frac{R_2}{R_1} V_1 + \frac{R_2}{R_G} (V_2 - V_1) + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \left(V_2 + \frac{R_1}{R_G} (V_2 - V_1)\right) \\ &= -\frac{R_2}{R_1} V_1 + \frac{R_2}{R_G} (V_2 - V_1) + \frac{R_2}{R_1} V_2 + \frac{R_2}{R_G} (V_2 - V_1) \\ &= \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) + \frac{R_2}{R_G} (V_2 - V_1) = (V_2 - V_1) \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_G}\right) \end{aligned}$$

Recupero 2018-07-04

Esercizio 4

Dato il circuito in figura,

- dimensionare R_A , R_B , R_C e R_D in modo che $V_{out} = 10$ ($V_2 - V_1$)
- Calcolare la potenza dissipata dalla resistenza R_D quando $V_1 = -1$ V, $V_2 = 0$ V



$R_A =$ _____
$R_B =$ _____
$R_C =$ _____
$R_D =$ _____
$P_{RD} =$ _____

$$1) \quad V_o^1 = \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right) V_1$$

$$V_o = -\frac{R_D}{R_C} V_o^1 + \left(1 + \frac{R_D}{R_C}\right) V_2 = -\underbrace{\frac{R_D}{R_C} \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right)}_{= 10} V_1 + \underbrace{\left(1 + \frac{R_D}{R_C}\right)}_{= 10} V_2$$

$$\begin{cases} \frac{R_D}{R_C} \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right) = 10 \\ 1 + \frac{R_D}{R_C} = 10 \end{cases} \Rightarrow R_D = 9 R_C$$

$$\Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow R_A = 9 R_B \quad \text{ICELGO} \quad R_A = R_D = 9 \text{ k}\Omega$$

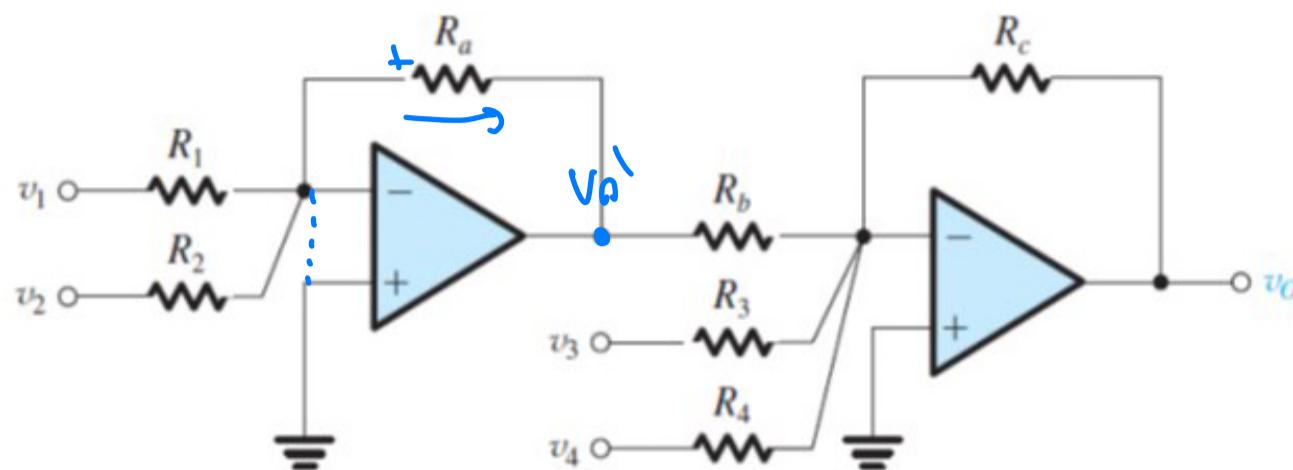
$$R_C = R_B = 1 \text{ k}\Omega$$

$$2) \quad i_{R_D} = \frac{V_o - V_2}{R_D} = \frac{10(V_2 - V_1) - V_2}{R_D} = \frac{9V_2 - 10V_1}{R_D} = \frac{10}{9 \cdot 10^3} = \frac{1}{9} \cdot 10^{-2}$$

$$P_{RD} = R_D \cdot i_{R_D}^2 = 9 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{9^2} \cdot 10^{-4} = \frac{1}{9} \cdot 10^{-1} \text{ W}$$

Esame 2018-07-18

Dato il circuito in Figura D con $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_a = 10 \text{ k}\Omega$, $R_b = 10 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 2.5 \text{ k}\Omega$, $R_c = 10 \text{ k}\Omega$, trovare v_o in funzione di v_1 , v_2 , v_3 e v_4



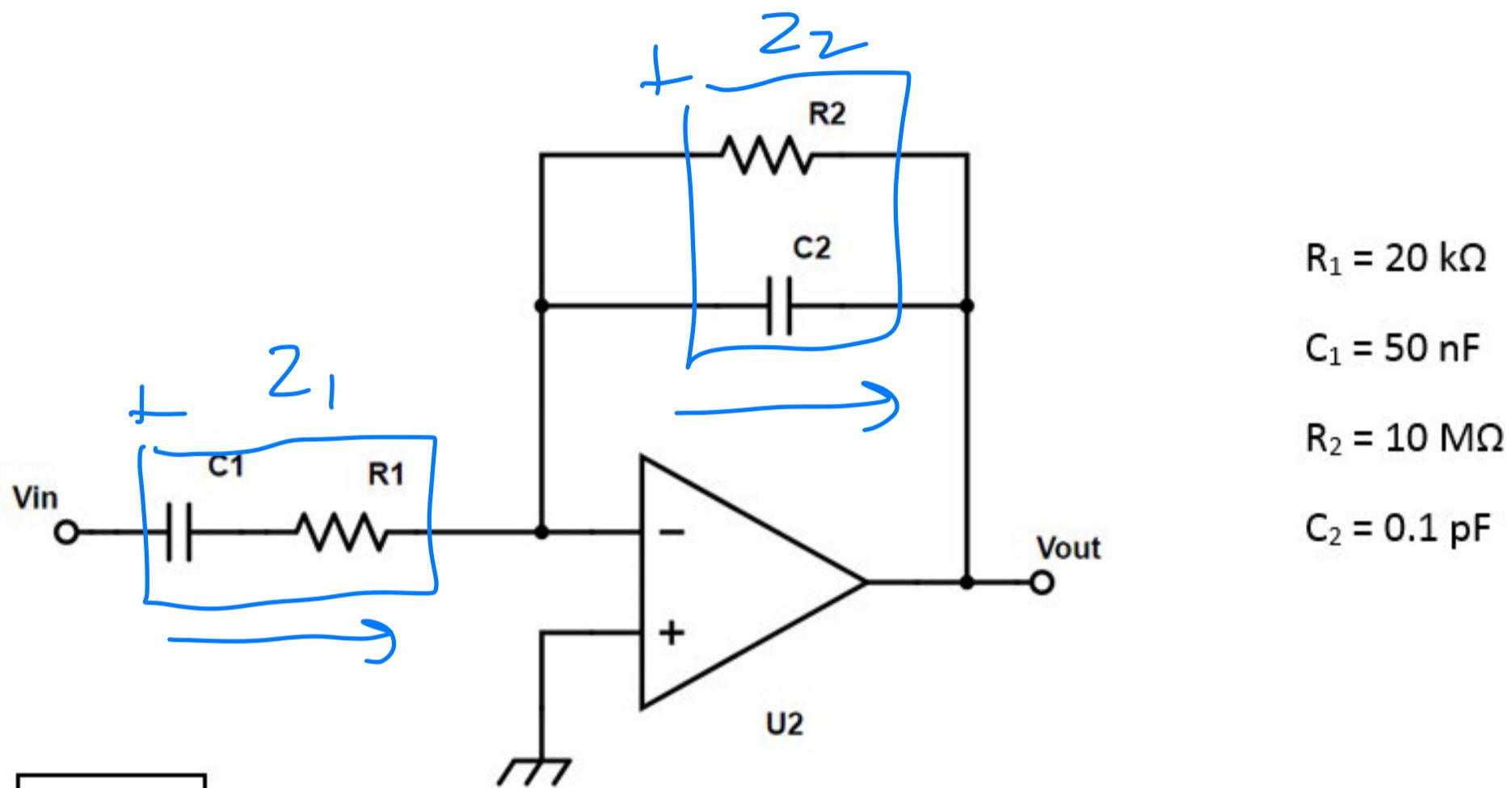
$$v_0 = -\frac{R_A}{R_1} v_1 - \frac{R_A}{R_2} v_2$$

$$v_o = -\frac{R_C}{R_B} \left(-\frac{R_A}{R_1} v_1 - \frac{R_A}{R_2} v_2 \right) - \frac{R_C}{R_3} v_3 - \frac{R_C}{R_4} v_4$$

Esame 2018-07-18

Si calcoli:

- 1) La funzione di trasferimento al variare della pulsazione s , $W(s)$
- 2) Si disegni il diagramma di Bode del modulo in dB della funzione di trasferimento $W(s)$



$$Z_1(s) = R_1 + 1/sC_1 = \frac{1 + sR_1C_1}{sC_1}$$

$$Z_2(s) = R_2 / 1/sC_2 = \frac{R_2}{sC_2} \cdot \frac{1}{1 + sR_2C_2} = \frac{R_2}{1 + sR_2C_2}$$

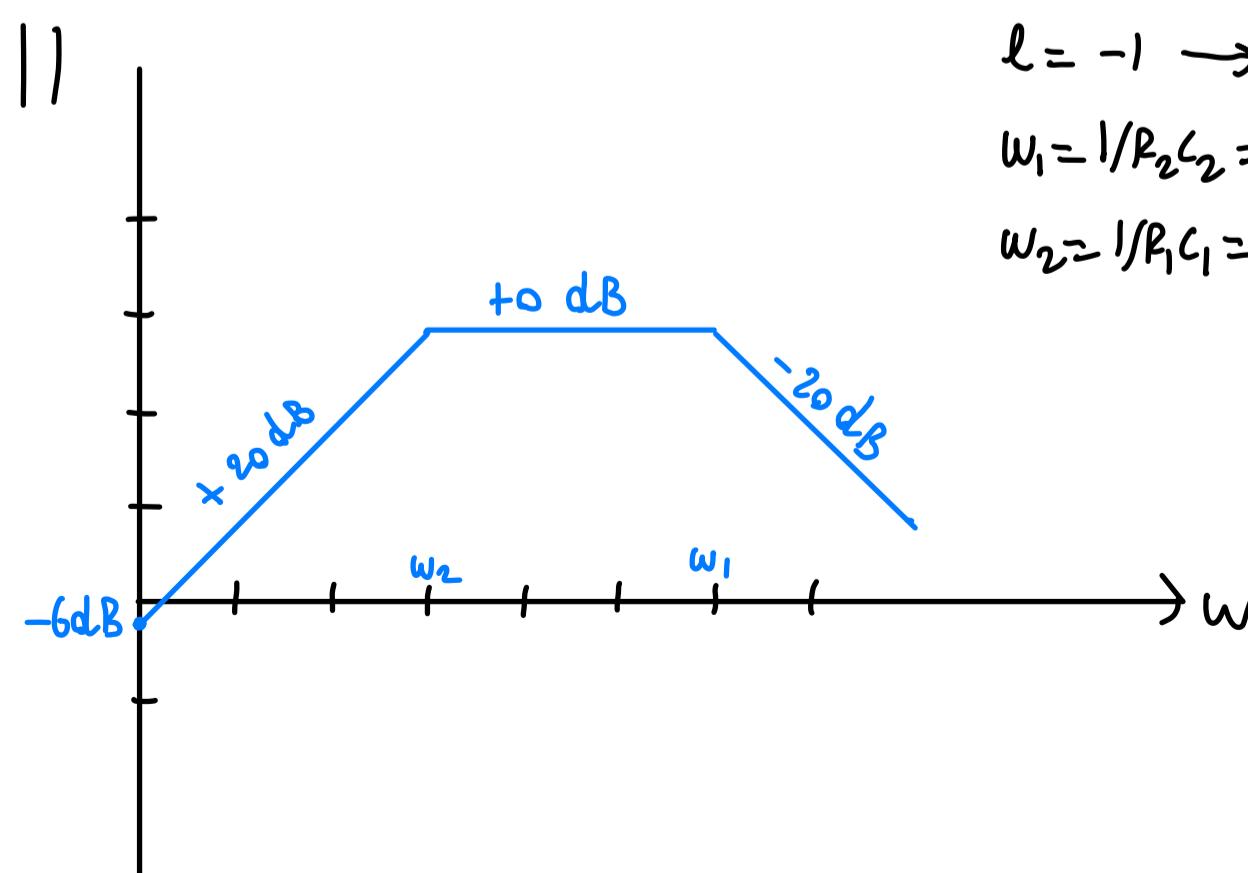
$$\begin{aligned} W(s) &= -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{sC_1}{1 + sR_1C_1} = -\frac{R_2C_1}{s^2(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)} \\ &= \frac{K}{s^2} \cdot \frac{1}{(1 + s/w_1)(1 + s/w_2)} \end{aligned}$$

$$K = -R_2C_1 = -1/2 = 20 \log |K| = -6 \text{ dB}$$

$$l = -1 \rightarrow -20l = +20 \text{ dB/DEC}$$

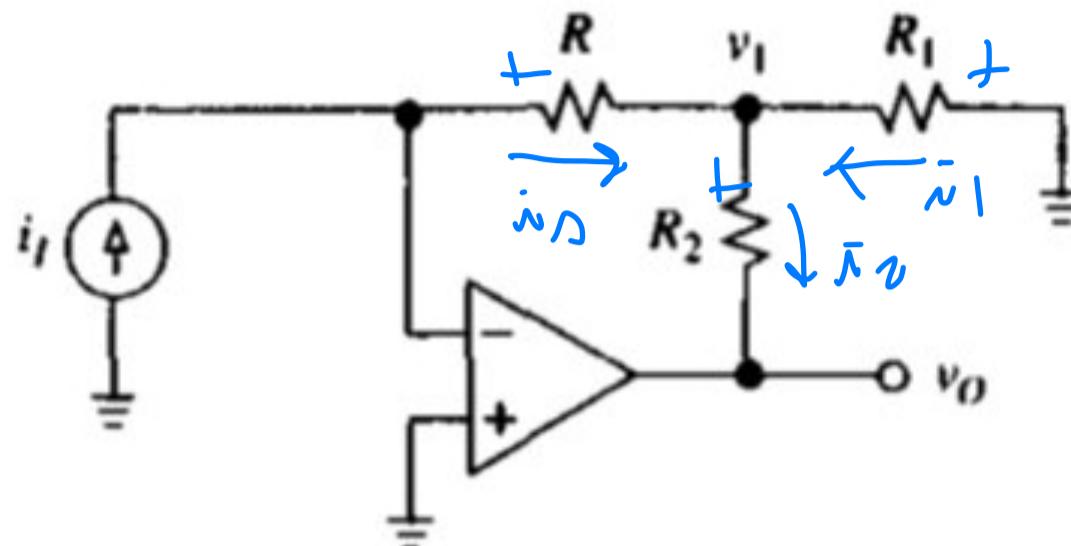
$$w_1 = 1/R_2C_2 = 10^6 \text{ RAD/S} \quad -20 \text{ dB/DEC}$$

$$w_2 = 1/R_1C_1 = 10^3 \text{ RAD/S} \quad -20 \text{ dB/DEC}$$



Recupero 2018-07-18

- 1) Calcolare il guadagno $A = V_o / I_i$;
- 2) Qual'è l'unità di misura del guadagno A?
- 3) Calcolare il valore della resistenza di ingresso R_{in} vista dal generatore I_i



(fig. A)

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 50 \text{ k}\Omega$$

$$1) V_{R_2} = V_R = I_D \cdot R$$

$$\bar{i}_1 = \frac{V_{R_2}}{R_1} = \frac{R}{R_1} I_D$$

$$\bar{i}_2 = I_D + \bar{i}_1 = I_D + \frac{R}{R_1} I_D = \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) I_D$$

$$V_Q = -R I_D - R_2 \bar{i}_2 = -R I_D - R_2 \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) I_D = \left(-R - R_2 - \frac{R R_2}{R_1}\right) I_D$$

$$2) V/A$$

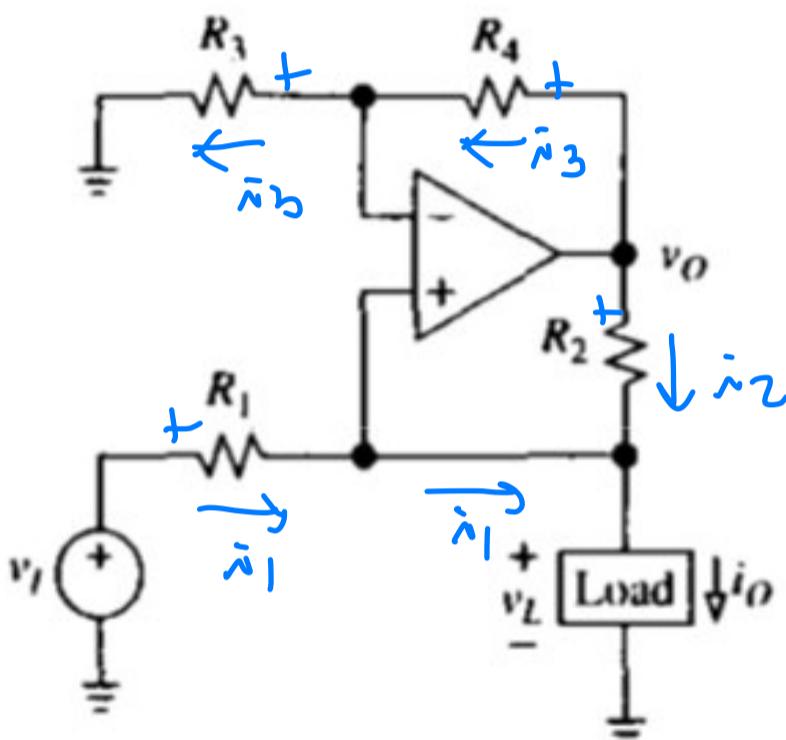
$$3) R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = 0$$

Recupero 2018-07-18

Esercizio 3/4

Dato il circuito in Fig. C,

1. scrivere l'espressione della corrente i_O in funzione di V_I , V_O e V_L
2. scrivere l'espressione di V_O in funzione di V_L sfruttando il principio di massa virtuale
3. sostituire e scrivere l'espressione di i_O in funzione di V_I , V_L
4. porre $R_1 = R_3 = e R_2 = R_4$. Calcolare i_O/V_I nel caso $R_1=R_3=1 \text{ k}\Omega$, $R_2=R_4=5 \text{ k}\Omega$



$$1) \bar{i}_O = \bar{i}_1 + \bar{i}_2 = \frac{V_I - V_L}{R_1} + \frac{V_O - V_L}{R_2}$$

$$2) V_O = (R_3 + R_4) \bar{i}_3 = \frac{(R_3 + R_4)}{R_3} V_L$$

$$3) \bar{i}_O = \frac{V_I}{R_1} - \frac{V_L}{R_1} + \frac{R_3 + R_4}{R_2 R_3} V_L - \frac{V_L}{R_2} = \frac{V_I}{R_1} + \left(-\frac{1}{R_1} + \frac{R_4}{R_2 R_3} \right) V_L$$

$$4) \bar{i}_O = \frac{V_I}{R_1} + \left(-\frac{1}{R_1} + \frac{R_4}{R_2 R_3} \right) V_L$$

$\underbrace{\quad}_{=0}$

$$\frac{\bar{i}_O}{V_I} = \frac{1}{R_1} = 10^{-3}$$

Esame 2018-09-17

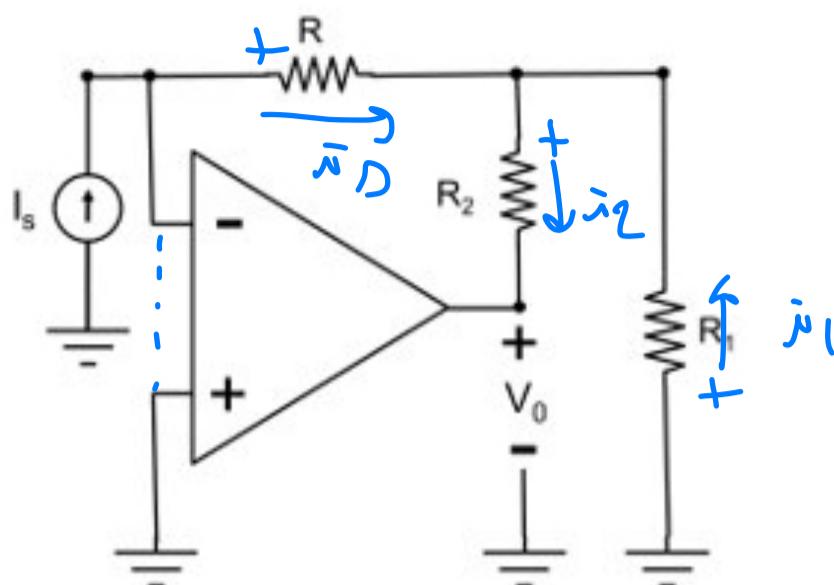


Figura 1

Esercizio 1

Dato il circuito in figura 1,

- (1.1) scrivere l'espressione della tensione di uscita in funzione della corrente di ingresso
- (1.2) che dimensione ha il guadagno dell'amplificatore raffigurato ?
- (1.3) qual è il valore della resistenza di ingresso vista dal generatore I_s ?
- (1.4) qual'è il guadagno in tensione V_o/V_s se si sostituisce il generatore di corrente con un generatore di tensione ideale?

$$1) \quad V_{R_2} = V_R = I_D \cdot R$$

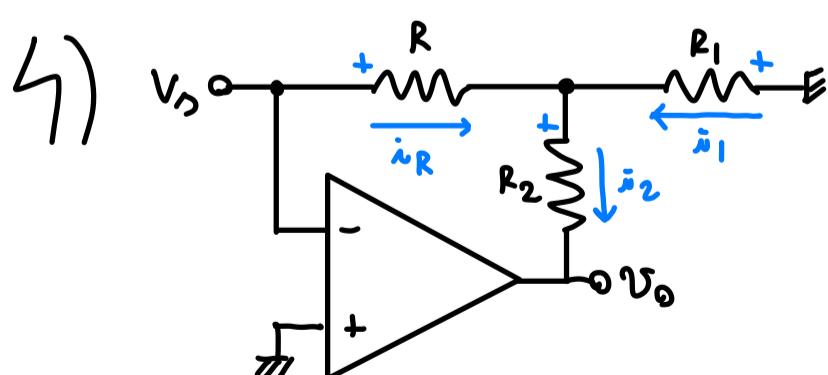
$$\bar{i}_1 = \frac{V_{R_2}}{R_1} = \frac{R}{R_1} I_D$$

$$\bar{i}_2 = I_D + \bar{i}_1 = I_D + \frac{R}{R_1} I_D = \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) I_D$$

$$V_Q = -R \bar{i}_D - R_2 \bar{i}_2 = -R I_D - R_2 \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) I_D = \left(-R - R_2 - \frac{R R_2}{R_1}\right) I_D$$

$$2) \quad V/A$$

$$3) \quad R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \frac{Q}{I_{IN}} = Q$$

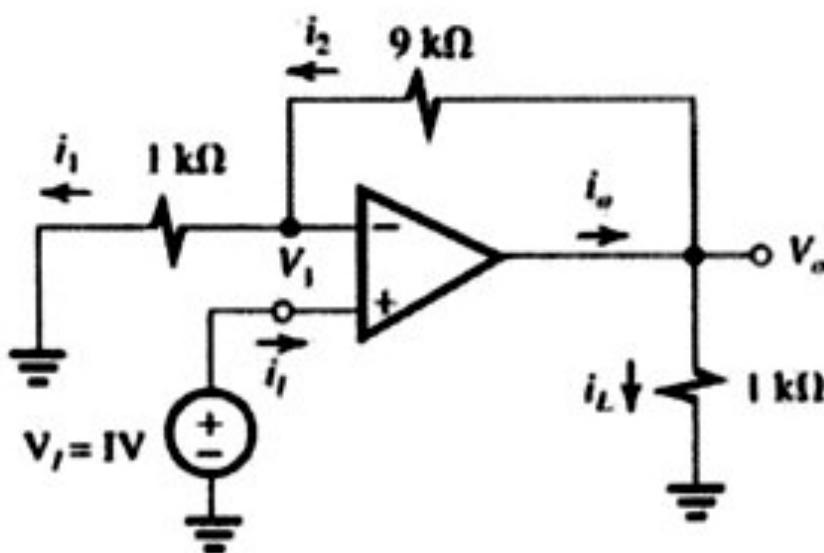


$$\left. \begin{array}{l} V_- = V_s \quad (\text{IMPOSTA}) \\ V_+ = Q \quad (\text{IMPOSTA}) \end{array} \right\} \Rightarrow \text{PRINCIPIO DI MASSA VIRTUALE NON VALIDO} \Rightarrow V_o = \frac{+oo}{-oo} A(V_+ - V_-)$$

Esame 2019-01-30

Esercizio 1.

Dato il circuito in figura, considerando ideale l'amplificatore operazionale, si determinino i valori di i_1 (erogata dal generatore di tensione connesso all'ingresso non invertente, $V_I = 1 \text{ V}$), V_1 , i_1 , i_2 (attraverso la resistenza da $9 \text{ k}\Omega$), V_o , i_L , i_o .



$$V_1 = V_- = V_+ = V_I = 1 \text{ V}$$

$$\dot{i}_1 = V_1 / R_1 = 1 \text{ mA}$$

$$\dot{i}_2 = \dot{i}_1 = 1 \text{ mA}$$

$$V_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_I = 10 V_I = 10 \text{ V}$$

$$\dot{i}_L = V_O / R_L = 1 \text{ mA}$$

$$\dot{i}_O = \dot{i}_2 + \dot{i}_L = 2 \text{ mA}$$