

Esami

OP. AMP.

by www.stefanoivancich.com

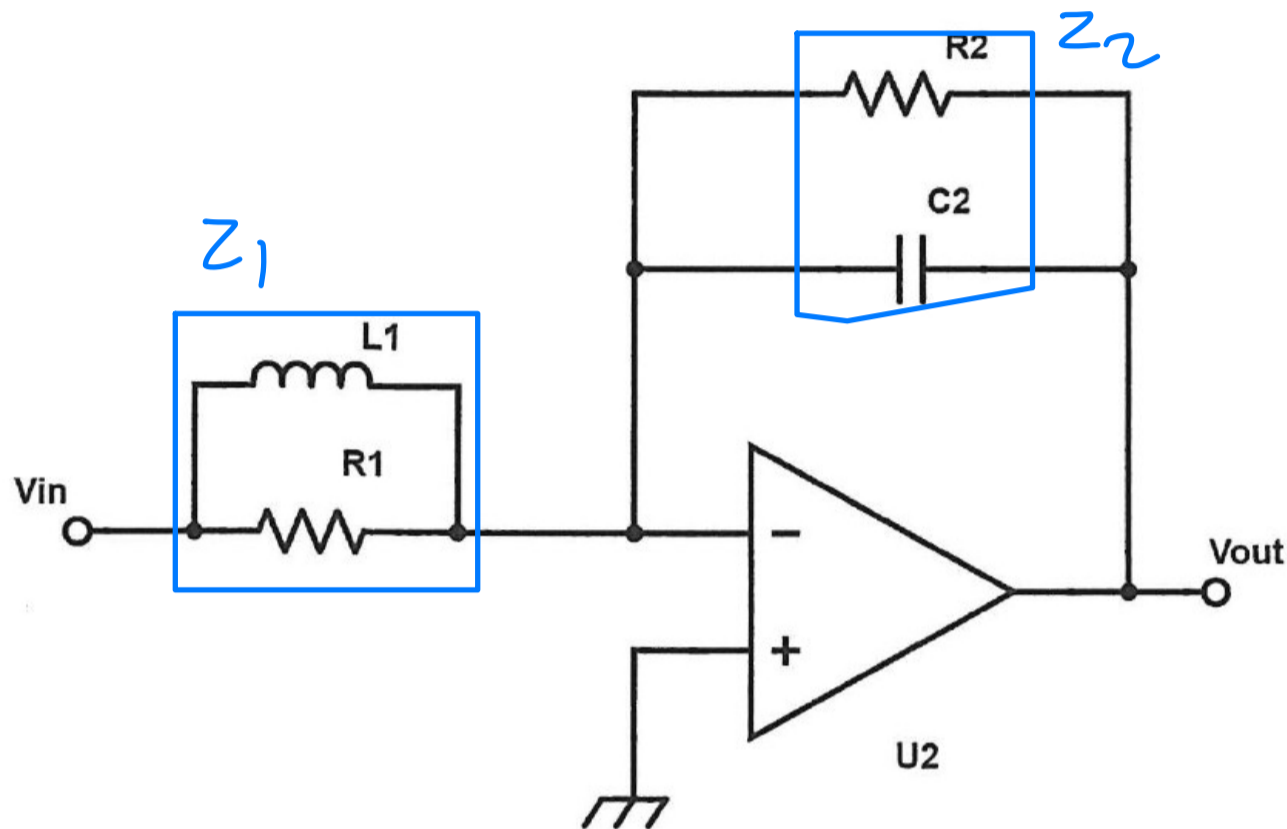
Esame 2017-06-15

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 $W(s)$



$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$L_1 = 100 \text{ mH}$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_2 = 10 \text{ pF}$$

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

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

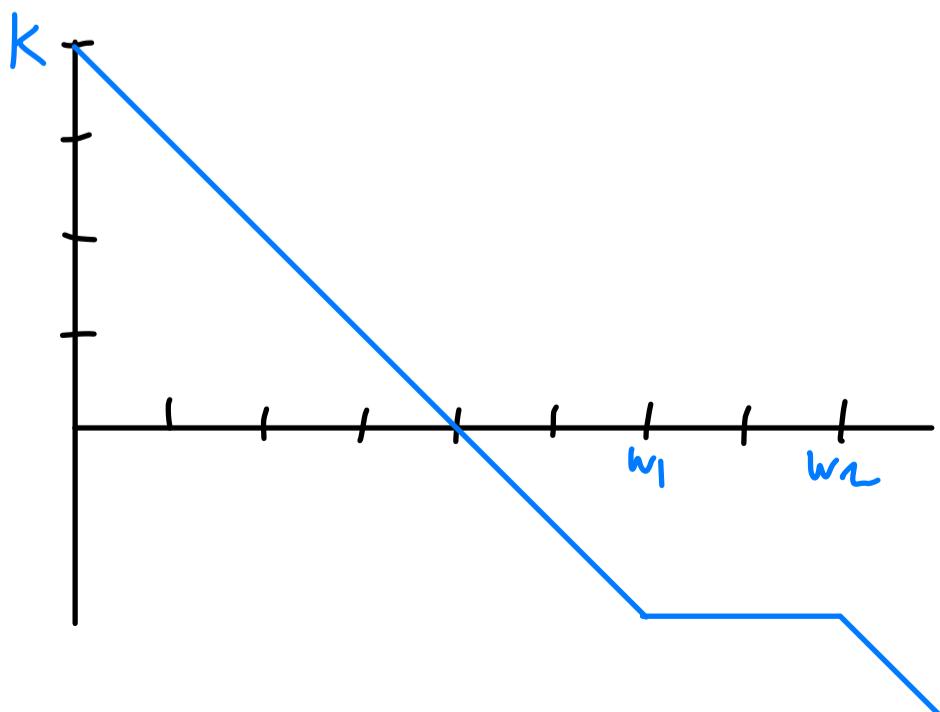
$$W(s) = -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \frac{1 + sL_1/R_1}{sL_1} = \frac{-R_2/L_1}{s^2} \cdot \frac{1 + sL_1/R_1}{1 + sR_2C_2} = \frac{K}{s^2} \cdot \frac{1 + s/\omega_1}{1 + s/\omega_2}$$

$$K = -R_2/L_1 = -10^9 \Rightarrow 20 \log |K| = 80 \text{ dB}$$

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

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

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



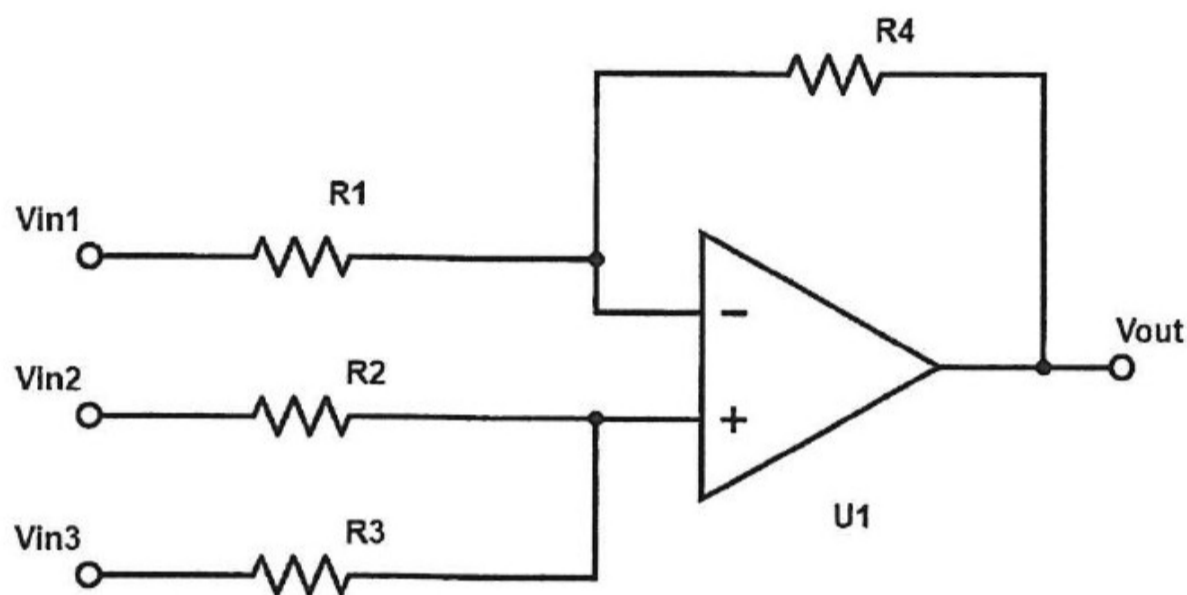
Esame 2017-06-15

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}



$$R_1 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$1) \quad v_0 = -\frac{R_4}{R_1} v_1 + \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right) \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) v_2 + \left(1 + \frac{R_4}{R_1}\right) \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right) v_3$$
$$= -5 v_1 + 2 v_2 + 4 v_3$$

$$2) \quad \text{STENDO } v_2 \text{ e } v_3$$

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

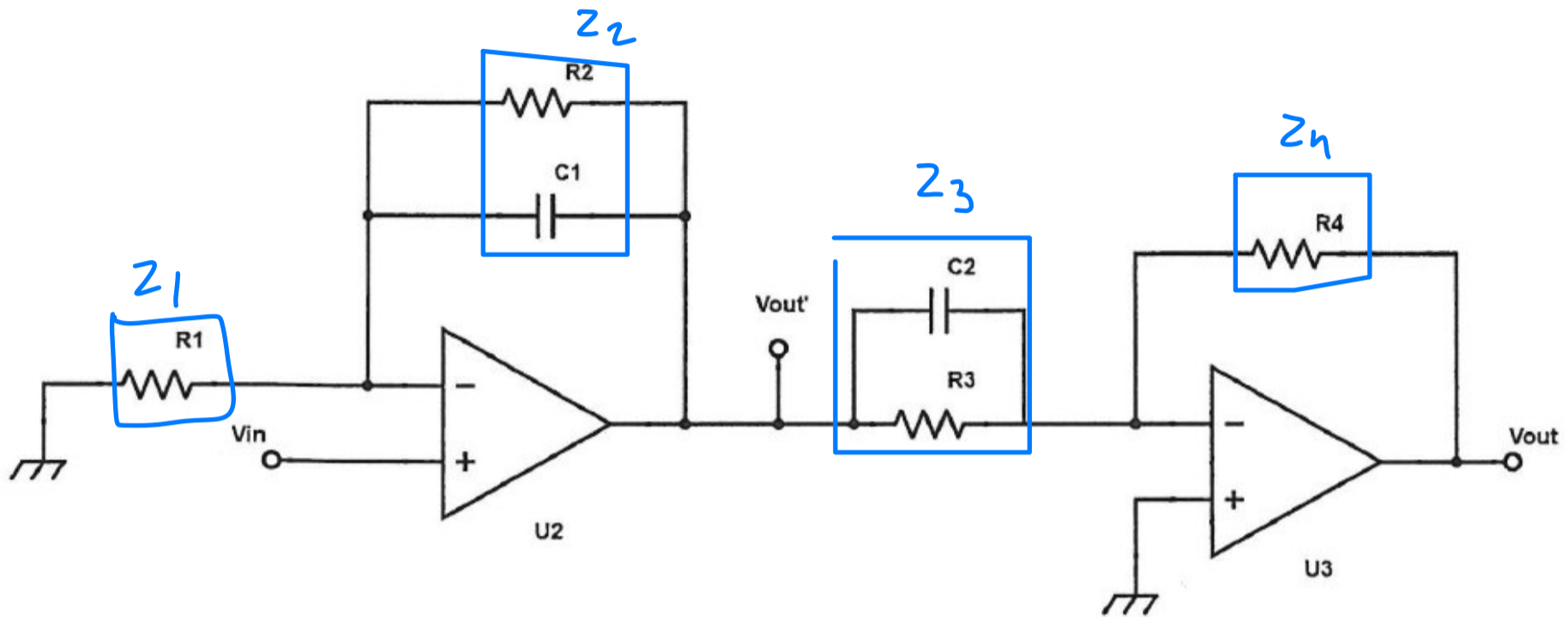
Esame 2017-07-13

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)

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

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

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

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

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

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

$$Z_1(s) = R_1 \quad Z_2(s) = R_2 // 1/sC_1 = \frac{R_2}{sC_1} \cdot \frac{1}{R_2 + \frac{1}{sC_1}} = \frac{R_2}{1 + sR_2C_1}$$

$$Z_3(s) = R_3 // 1/sC_2 = \frac{R_3}{1 + sR_3C_2} \quad Z_4(s) = R_4$$

$$v_{a'}(s) = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) v_i$$

$$v_o = -\frac{Z_4}{Z_3} v_{a'} = -\frac{Z_4}{Z_3} \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) v_i$$

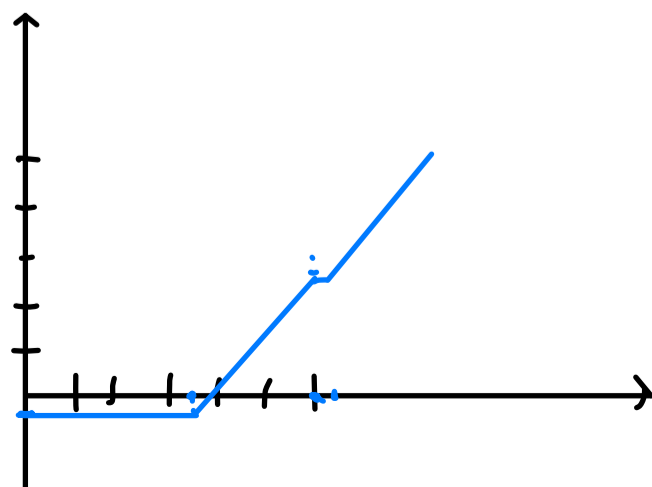
$$W(s) = -\frac{Z_4}{Z_3} \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) = -\frac{R_4}{R_3} (1 + sR_2C_2) \frac{R_1 + R_2 + sR_1R_2C_1}{R_1(1 + sR_2C_1)} = \frac{-R_4(R_1 + R_2)}{R_1R_3} \cdot \frac{1 + sR_1R_2C_1/(R_1 + R_2)}{1 + sR_2C_1}$$

$$k = -\frac{-R_4(R_1 + R_2)}{R_1R_3} = -0.4 = -7.95 \text{ dB}$$

$$W_1 = (R_1 + R_2)/R_1R_2C_1 = 2 \cdot 10^6 \quad +20 \text{ dB}$$

$$W_2 = 1/R_2C_1 = 10^6 \quad -20 \text{ dB}$$

$$W_3 = 1/R_2C_2 = 5 \cdot 10^3 \quad +20 \text{ dB}$$



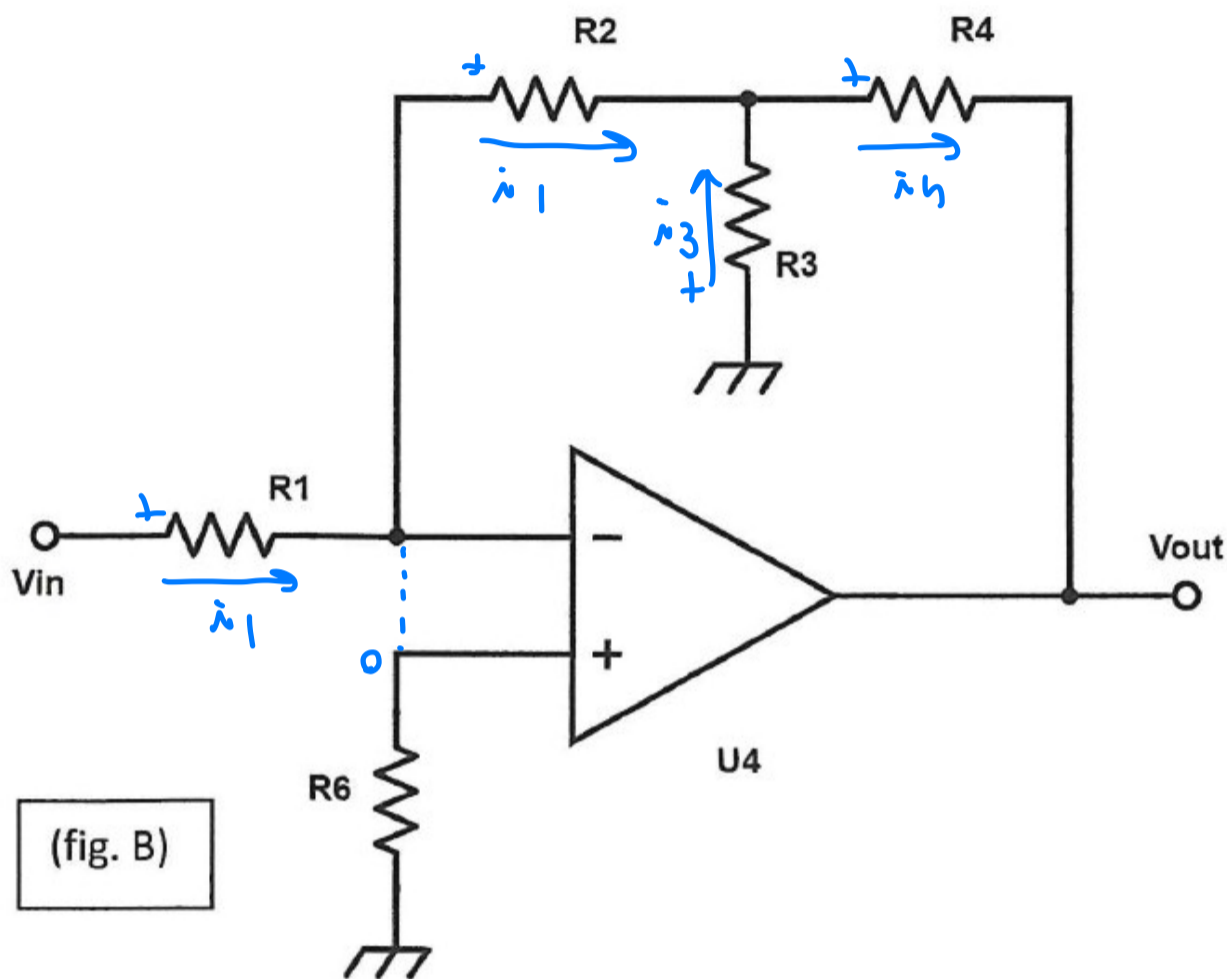
Esame 2017-07-13

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}



$$\begin{aligned}
 R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 20 \text{ k}\Omega \\
 R_3 &= 10 \text{ k}\Omega \\
 R_4 &= 10 \text{ k}\Omega \\
 R_5 &= 20 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

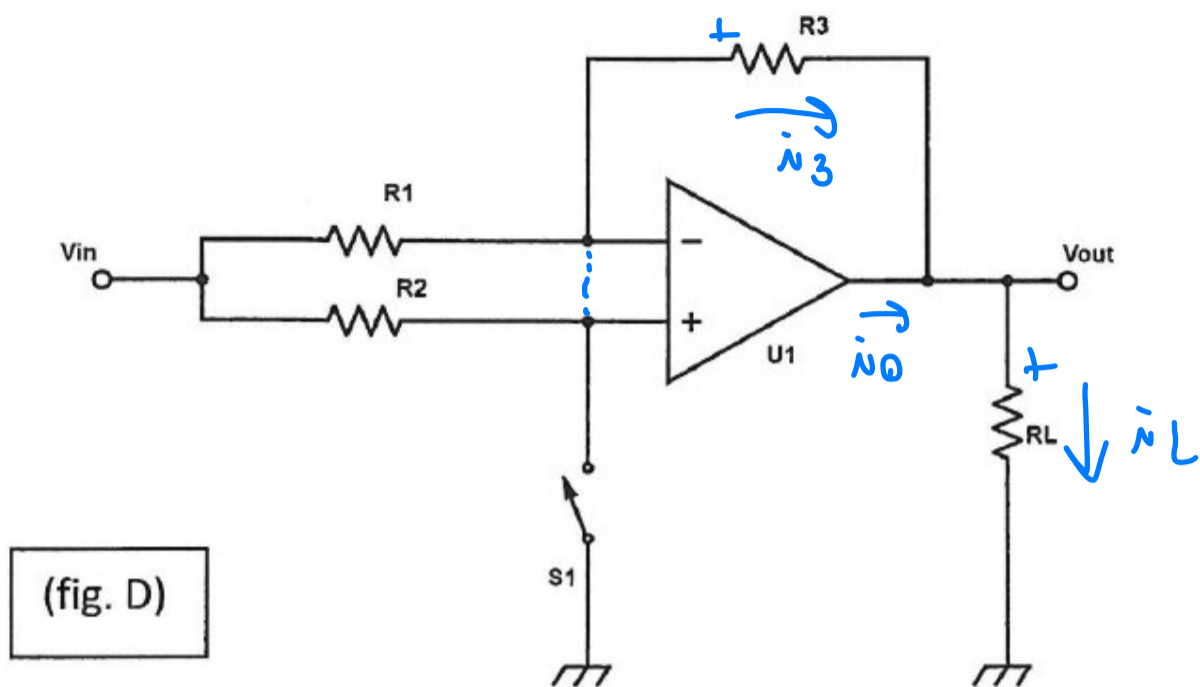
(fig. B)

$$\begin{aligned}
 1) \quad \dot{i}_1 &= V_i / R_1 \\
 \dot{i}_3 &= V_{R3} / R_3 = V_{R2} / R_3 = \frac{R_2}{R_3} \dot{i}_1 \\
 \dot{i}_4 &= \dot{i}_1 + \dot{i}_3 \\
 V_0 &= -R_3 \dot{i}_3 - R_4 \dot{i}_4 = -R_3 \dot{i}_3 - R_4 \dot{i}_1 - R_4 \dot{i}_3 = -R_2 \dot{i}_1 - R_4 \dot{i}_1 - \frac{R_4 R_2}{R_3} \dot{i}_1 \\
 &= \dot{i}_1 \left(-R_2 - R_4 - \frac{R_4 R_2}{R_3} \right) = V_i \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_4}{R_1} - \frac{R_4 R_2}{R_1 R_3} \right)
 \end{aligned}$$

$$2) \quad R_{IN} = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_i}{\dot{i}_1} R_1$$

Esame 2017-07-25

Esercizio 4/6



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

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

(fig. D)

- a) Dato il circuito in figura, calcolare V_{out} in funzione di V_{in} con $R_1=R_2=R_3$ nelle due configurazioni dell'interruttore S_1 .
- b) Si calcoli il valore di V_{out} in funzione di V_{in} con $R_1=1k\Omega$; $R_2=2k\Omega$; $R_3=3k\Omega$; $R_L=2k\Omega$.
- c) Quale corrente eroga l'amplificatore operazionale dalla sua uscita in quest'ultima condizione con l'interruttore S_1 chiuso?

a)

$$S_1 \text{ APERTO: } v_- = v_i \Rightarrow v_0 = v_- - \underbrace{R_3 i_3}_{=0} = v_i$$

$$S_1 \text{ CHIUSO: } v_- = 0 \Rightarrow v_0 = -R_3 i_3 = -\frac{R_3}{R_1} v_i = -v_i$$

b) S_1 APERTO: $v_0 = v_i$

$$S_1 \text{ CHIUSO: } v_0 = -\frac{R_3}{R_1} v_i = -3v_i$$

c)
$$\hat{i}_0 = \hat{i}_L - \hat{i}_3 = \frac{v_0}{R_L} - \frac{v_i}{R_1} = \frac{-3v_i}{2k} - \frac{v_i}{1k} = -\left(\frac{3}{2} + 1\right) \frac{v_i}{k} = -\frac{1}{500} v_i$$

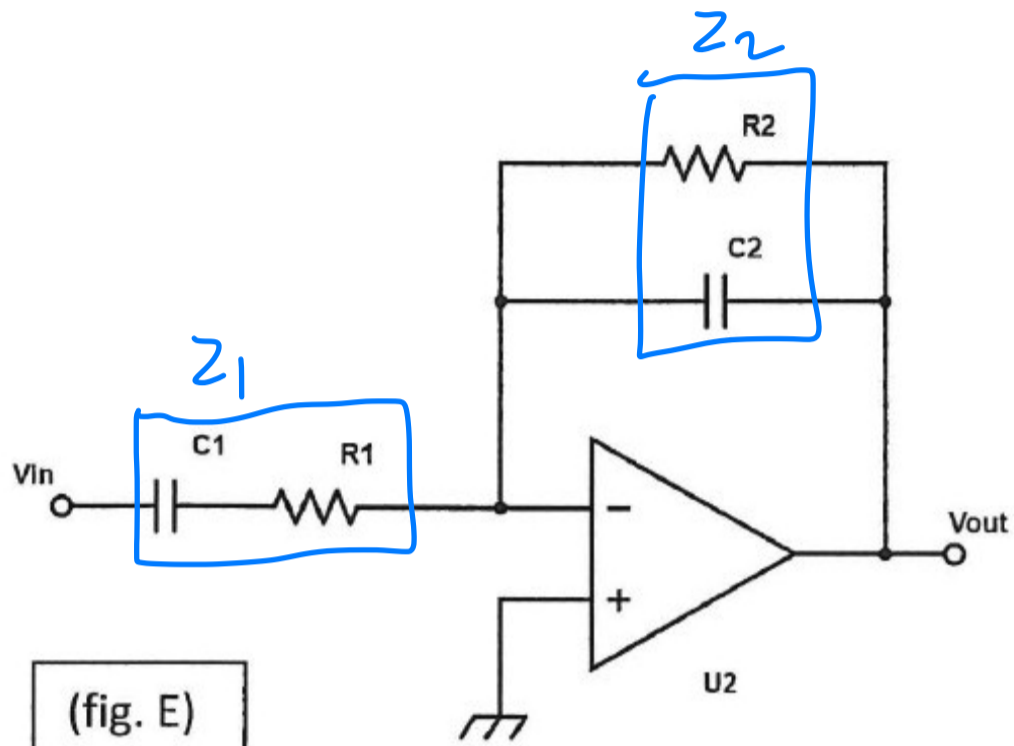
Esame 2017-07-25

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 $W(s)$



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

$$C_1 = 10 \text{ nF}$$

$$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$C_2 = 1 \text{ pF}$$

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

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

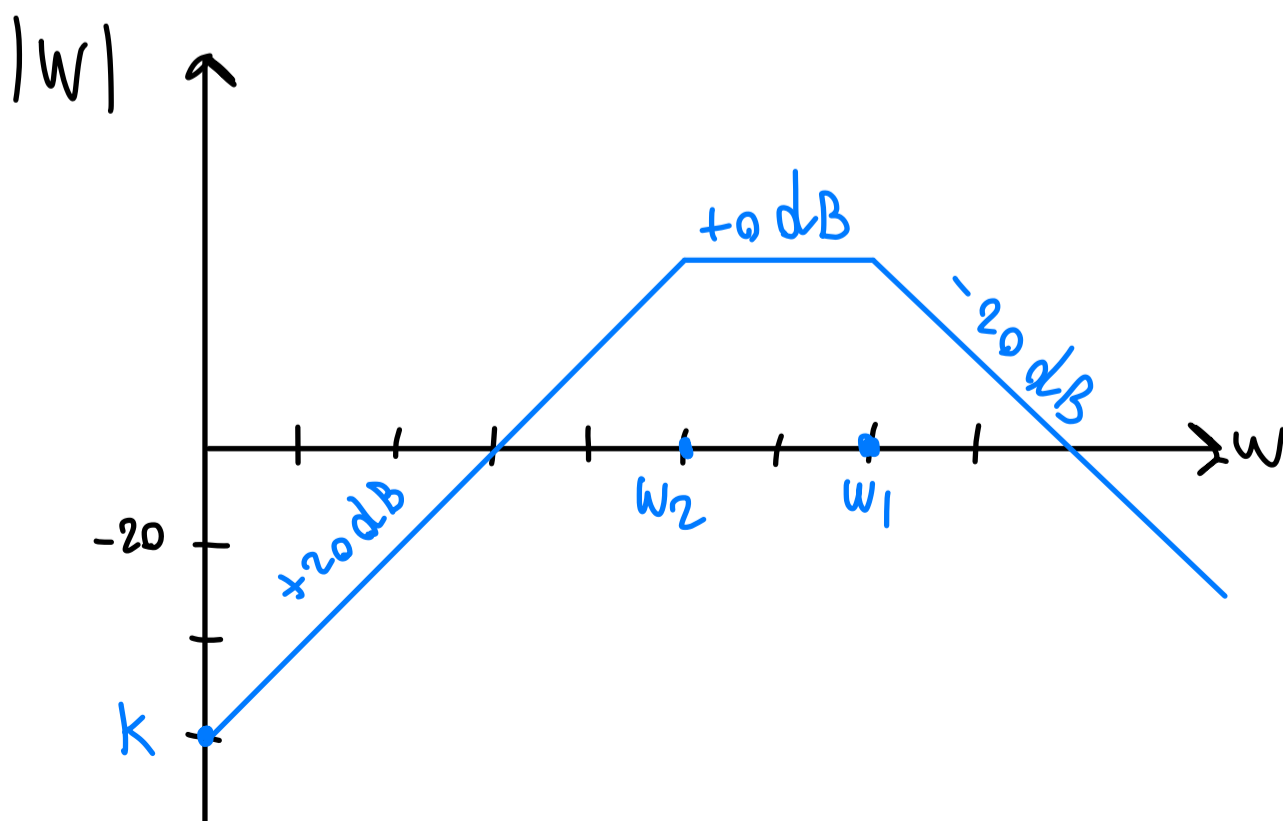
$$W(s) = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{sC_1}{1 + sR_1C_1} = \frac{-R_2C_1}{s^2} \frac{1}{(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)} = \frac{k}{s^2} \frac{1}{(1 + s/w_1)(1 + s/w_2)}$$

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

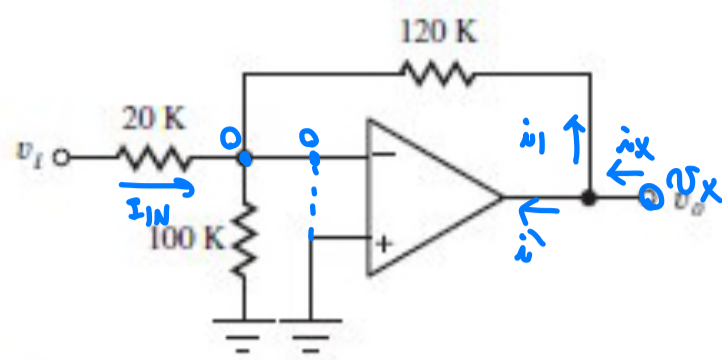
$$l = -2 \Rightarrow -20l = +40 \text{ dB/DEC}$$

$$w_1 = 1/R_2C_2 = 10^7 \text{ RAD/S} \quad -20 \text{ dB/DEC}$$

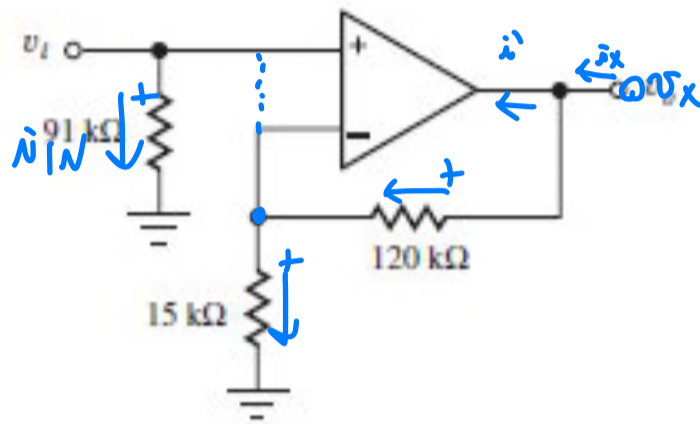
$$w_2 = 1/R_1C_1 = 10^5 \text{ RAD/S} \quad -20 \text{ dB/DEC}$$



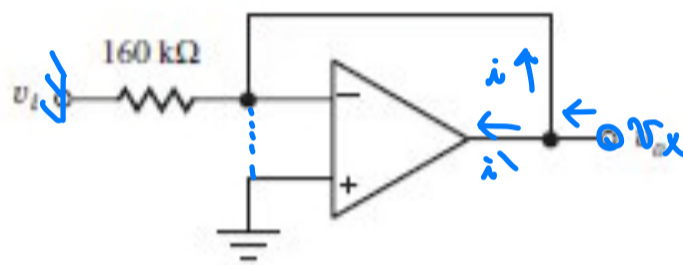
Esame 2018-01-23



(a)



(b)



(c)

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

$$a) v_o = -\frac{120k}{20k} v_i = -6 v_i$$

$$R_{IN} = \frac{v_{IN}}{i_{IN}} = \frac{v_{IN}}{v_{IN}} 20k$$

$$R_o = \frac{v_x}{i_x} \text{ con } i_x = \underbrace{i'}_{\text{GRAVDE A PIACERE}} + \underbrace{i_1}_{=0 \text{ xkè } v_i \text{ SPENTO}} \Rightarrow R_o = \frac{v_x}{\text{GRANDE}} = 0$$

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

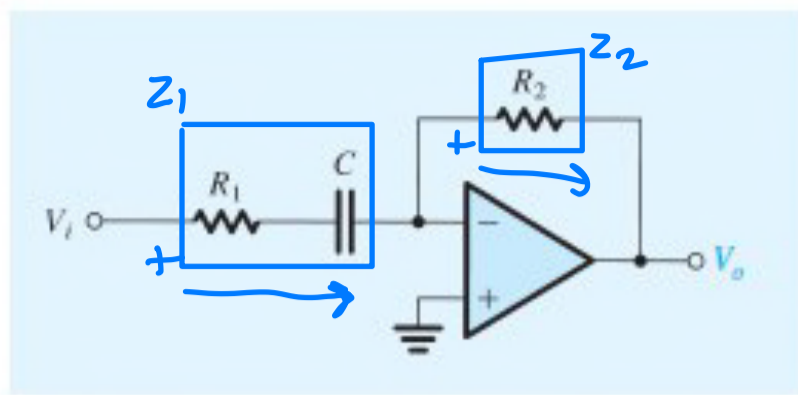
$$R_{IN} = \frac{v_{IN}}{i_{IN}} = \frac{v_{IN}}{v_{IN}} 91k$$

$$R_o = \frac{v_x}{i_x} \text{ con } i_x = \underbrace{i'}_{\text{GRAVDE A PIACERE}} + \underbrace{i_1}_{=0 \text{ xkè } v_i \text{ SPENTO}} \Rightarrow R_o = \frac{v_x}{\text{GRANDE}} = 0$$

$$c) v_o = 0$$

$$R_{IN} = \frac{v_{IN}}{i_{IN}} = \frac{v_{IN}}{v_{IN}} 160k \quad R_o = \frac{v_x}{i_x} \text{ con } i_x = \underbrace{i'}_{\text{GRAVDE A PIACERE}} + \underbrace{i_1}_{=0 \text{ xkè } v_i \text{ SPENTO}}$$

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 k Ω
- 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'unit ?

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

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

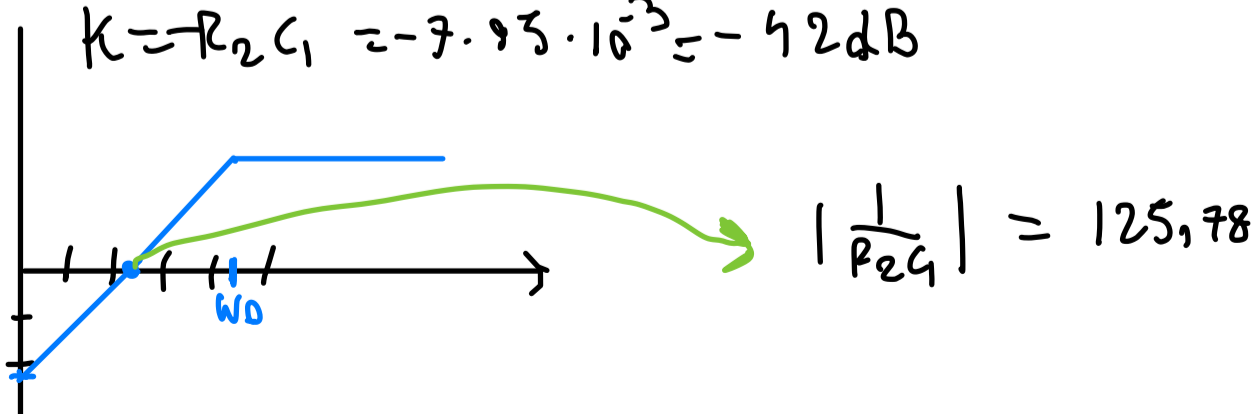
$$\bullet W(\omega \rightarrow +\infty) = \lim_{\omega \rightarrow +\infty} \frac{-R_2}{R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

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

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

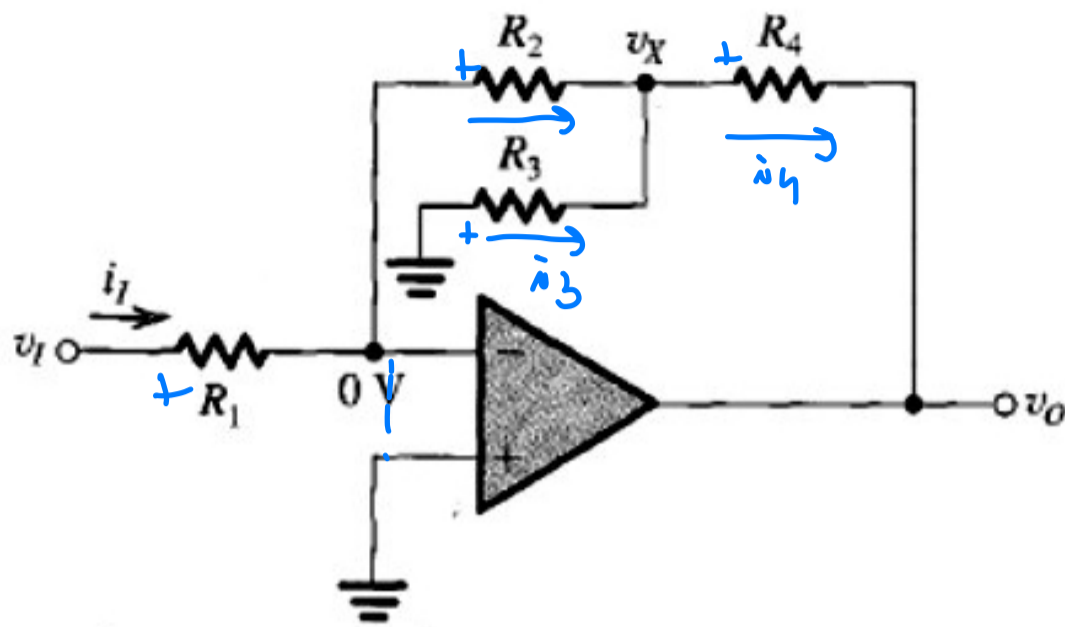
$$\bullet \begin{cases} 20 \log \left| \frac{R_2}{R_1} \right| = 40 \text{ dB} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 100 \Rightarrow R_2 = 100 \cdot R_1 = 100 \text{ k}\Omega \\ \omega_0 = \frac{1}{R_1C_1} = 2 \cdot \pi \cdot 2 \text{ kHz} \Rightarrow C_1 = \frac{1}{R_1 \cdot 2\pi \cdot 2 \cdot 10^3} = 7.95 \cdot 10^{-8} \end{cases}$$

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



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) $i_1 = v_i / R_1$

$i_3 = -v_x / R_3 =$

$i_4 = i_1 + i_3 = \frac{v_i}{R_1} - \frac{v_x}{R_3}$

$v_x = -R_2 i_4 = -\frac{R_2}{R_1} v_i$

B) $v_o = v_x - R_4 i_4 = v_x - \frac{R_4}{R_1} v_i + \frac{R_4}{R_3} v_x = -\frac{R_2}{R_1} v_i - \frac{R_4}{R_1} v_i - \frac{R_4}{R_3} \frac{R_2}{R_1} v_i$

$= v_i \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_4}{R_1} - \frac{R_4 R_2}{R_3 R_1} \right)$

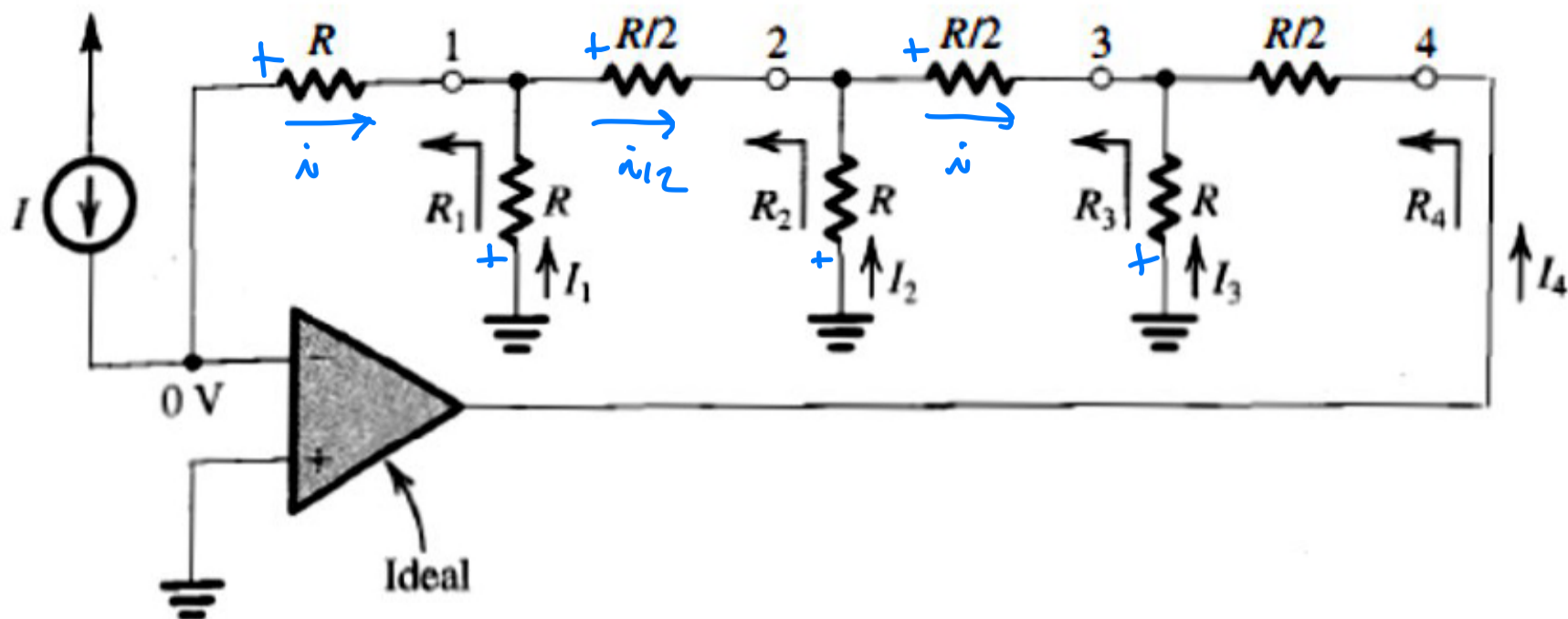
C) $v_i = -\frac{R_1}{R_2} v_x$

$v_o = \left(-\frac{R_1}{R_2} \right) \left(-\frac{R_2}{R_1} - \frac{R_4}{R_1} - \frac{R_4 R_2}{R_3 R_1} \right) v_x$

$= \left(1 + \frac{R_4}{R_2} + \frac{R_4}{R_3} \right) v_x$

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 e C)

$$V_1 = -RI$$

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

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

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

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

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

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

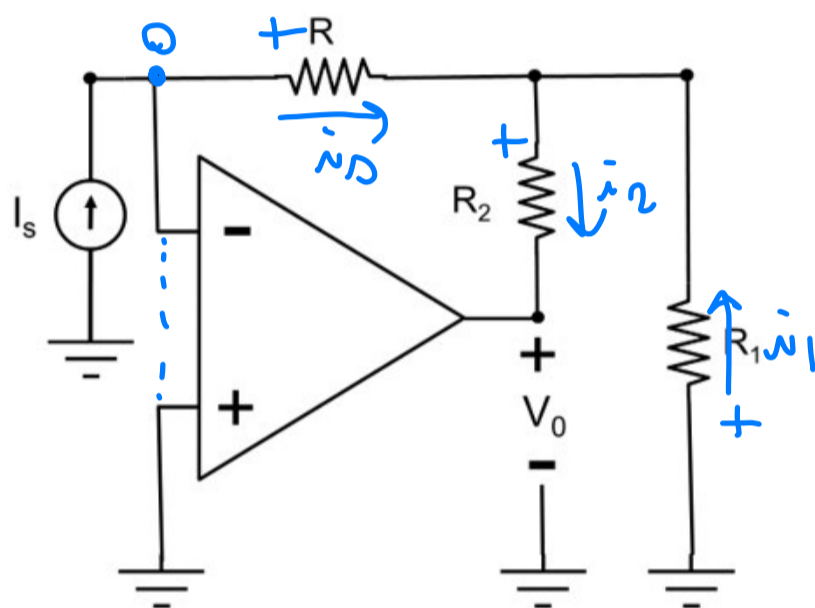
Compitino 2018-04-06

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 ?

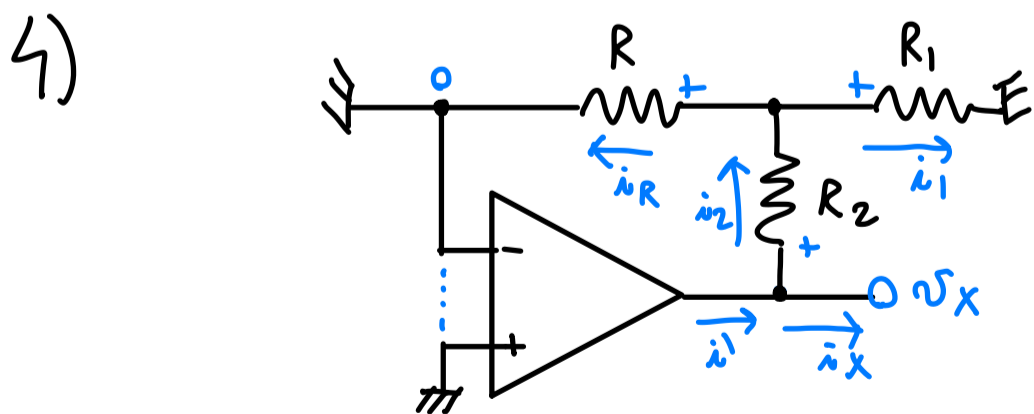


$$1) \quad \dot{i}_1 = V_{R_1} / R_1 = R \cdot \dot{i}_D / R_1$$
$$\dot{i}_2 = \dot{i}_D + \dot{i}_1 = \dot{i}_D + \frac{R}{R_1} \dot{i}_D = \dot{i}_D \left(1 + \frac{R}{R_1}\right)$$

$$V_0 = R \dot{i}_D + R_2 \dot{i}_2 = R \dot{i}_D + R_2 \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) \dot{i}_D = \dot{i}_D \left(R + R_2 + \frac{R R_2}{R_1}\right)$$

$$2) \quad V/A$$

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



$$R_0 = \frac{V_x}{\dot{i}_x}$$
$$\dot{i}_x = \dot{i}_1 + \dot{i}_2 = 0$$

GRANDE A PIACERE

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

Compitino 2018-04-06

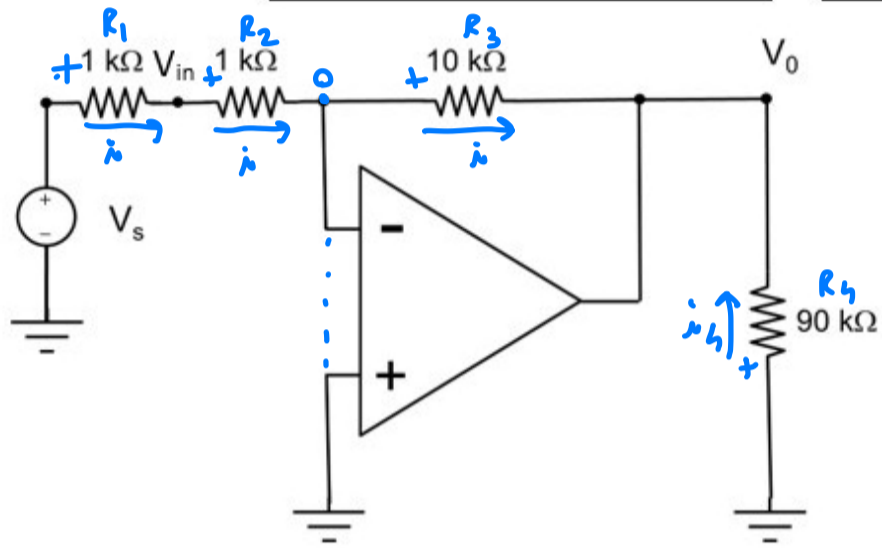
Tema A

Esercizio 2/5

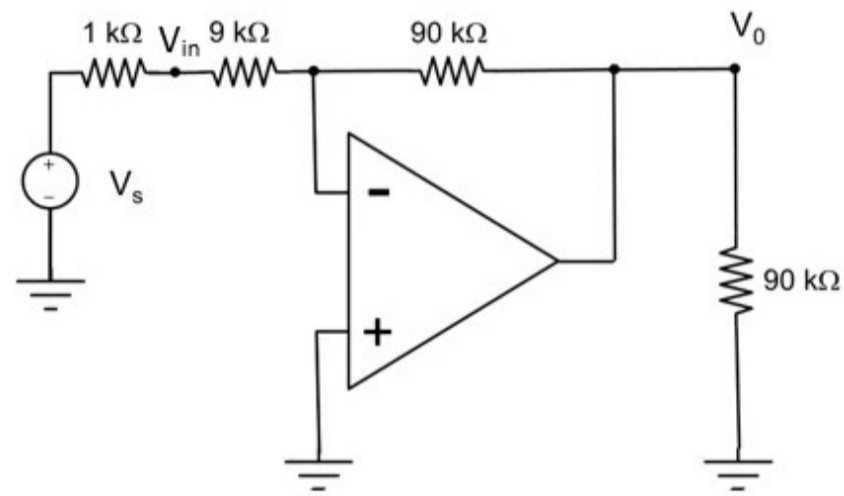
Calcolare il guadagno in tensione V_0/V_{in} e V_0/V_s per i due circuiti in figura 2.

Circuito A : $V_0/V_{in} =$ $V_0/V_s =$

Circuito B: $V_0/V_{in} =$ $V_0/V_s =$



Circuito A



Circuito B

A)

$$V_0 = -R_3 i = -R_3 \frac{V_D}{R_1 + R_2} = -5 V_D$$

$$V_{in} = V_D - R_1 i = V_D - R_1 \frac{V_D}{R_1 + R_2} = V_D \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) = \frac{V_D}{2}$$

$$\Rightarrow V_D = 2 V_{in}$$

$$V_0 = -5 V_D = -10 V_{in}$$

B) STESSO PROCEDIMENTO, NUMERI DIVERSI

Compitino 2018-04-06

Tema A

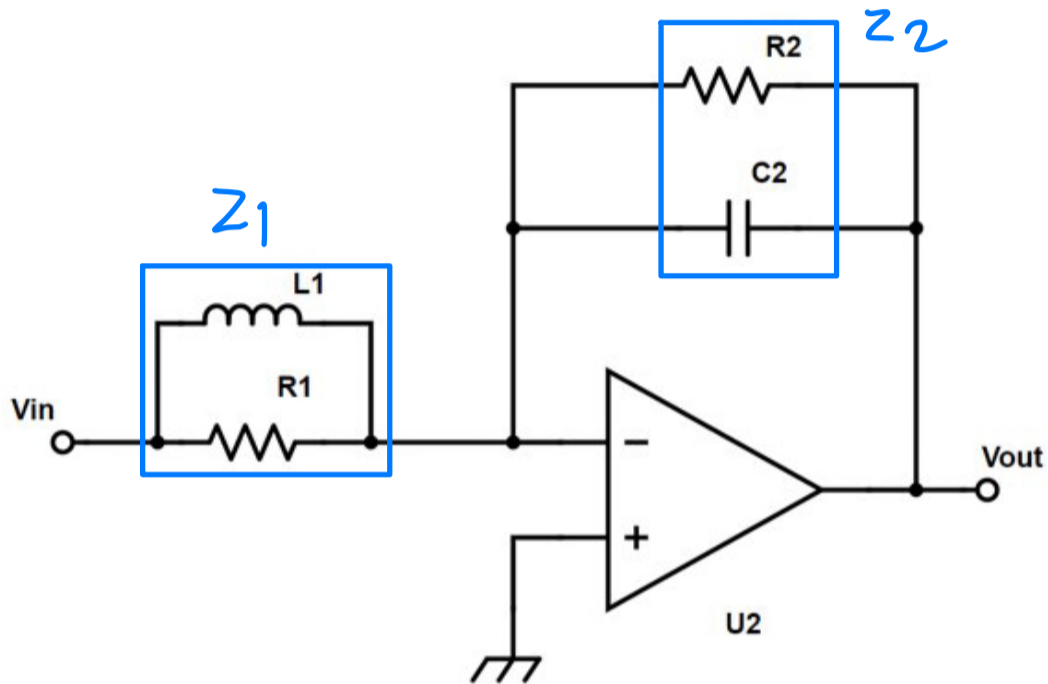
Esercizio 3/5

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 $W(s)$



$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$L_1 = 100 \text{ mH}$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C_2 = 10 \text{ pF}$$

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

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

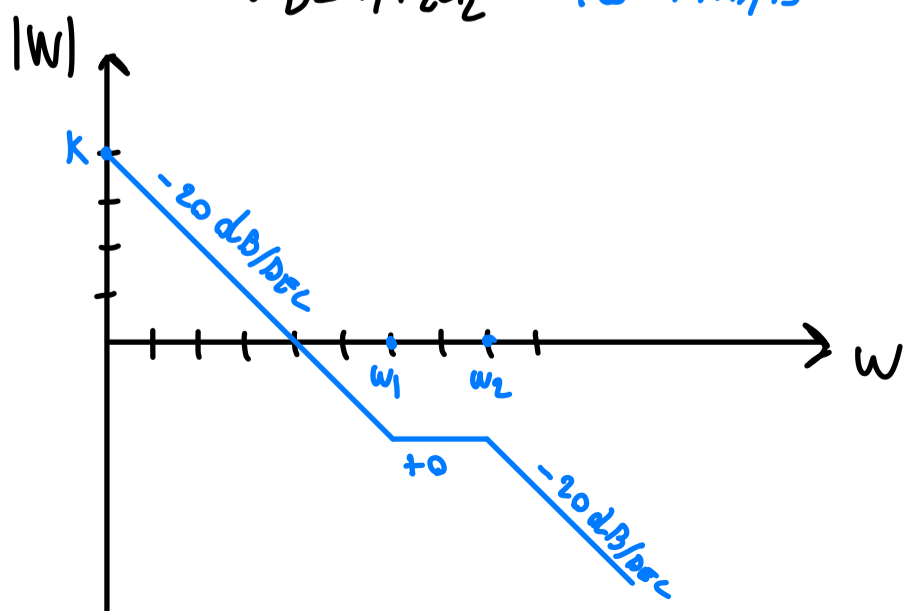
$$W(s) = -\frac{Z_2(s)}{Z_1(s)} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{1 + sL_1/R_1}{sL_1} = \frac{-R_2/L_1}{s^2} \frac{1 + sL_1/R_1}{1 + sR_2C_2} = \frac{k}{s^2} \cdot \frac{1 + s/\omega_1}{1 + s/\omega_2}$$

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

$$l = 2 \Rightarrow -20l = -40 \text{ dB/DEC}$$

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

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

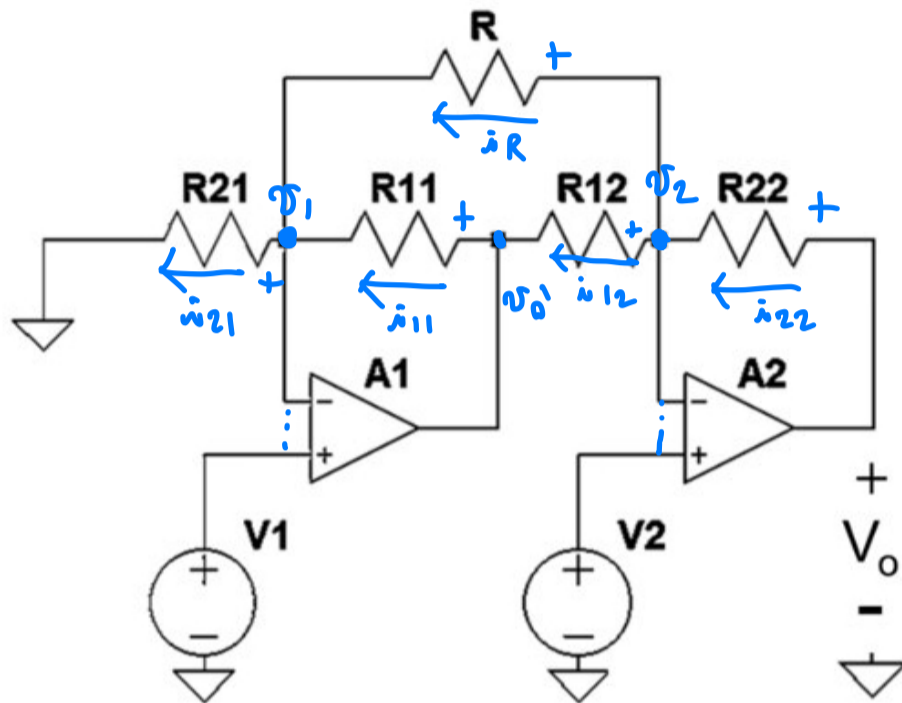


Compitino 2018-04-06

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 $R_{11}=R_{12}$



$$\dot{i}_R = \frac{v_2 - v_1}{R} \quad \dot{i}_{21} = v_1 / R_{21} \quad \dot{i}_{11} = \dot{i}_{21} - \dot{i}_R = \frac{v_1}{R_{21}} + \frac{v_1 - v_2}{R}$$

$$v_0' = v_1 + R_{11} \cdot \dot{i}_{11} = v_1 + \frac{R_{11}}{R_{21}} v_1 + \frac{R_{11}}{R} (v_1 - v_2) = \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{21}}\right) v_1 + \frac{R_{11}}{R} (v_1 - v_2)$$

$$\dot{i}_{12} = \frac{v_2 - v_0'}{R_{12}} = \frac{v_2}{R_{12}} - \frac{1}{R_{12}} \left(1 + \frac{R_{11}}{R_{21}}\right) v_1 - \frac{R_{11}}{R_{12} R} (v_1 - v_2) =$$

$$= \frac{v_2}{R_{12}} - \left(\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{21}}\right) v_1 - \frac{1}{R} (v_1 - v_2)$$

$$\dot{i}_{22} = \dot{i}_R + \dot{i}_{12} = -\frac{v_1 - v_2}{R} + \frac{v_2}{R_{12}} - \left(\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{21}}\right) v_1 - \frac{1}{R} (v_1 - v_2)$$

$$= -\frac{2}{R} (v_1 - v_2) + \frac{v_2}{R_{12}} - \left(\frac{R_{21} + R_{12}}{R_{12} R_{21}}\right) v_1$$

$$v_0 = v_2 + R_{22} \cdot \dot{i}_{22} = v_2 - 2 \frac{R_{22}}{R} (v_1 - v_2) + \frac{R_{22}}{R_{12}} v_2 - \cancel{R_{22}} \left(\frac{R_{21} + R_{12}}{R_{12} R_{21}}\right) v_1$$

$$= -2 \frac{R_{22}}{R} (v_1 - v_2) + v_2 \left(\frac{R_{12} + R_{22}}{R_{12}}\right) - v_1 \left(\frac{R_{12} + R_{21}}{R_{12}}\right)$$

$$= -2 \frac{R_{22}}{R} (v_1 - v_2) - (v_1 - v_2) \left(\frac{R_{12} + R_{22}}{R_{12}}\right) = (v_1 - v_2) \left(-2 \frac{R_{22}}{R} - \frac{R_{12} + R_{22}}{R_{12}}\right)$$

Compitino 2018-04-06

Tema A

Dato il circuito in Figura 5,

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

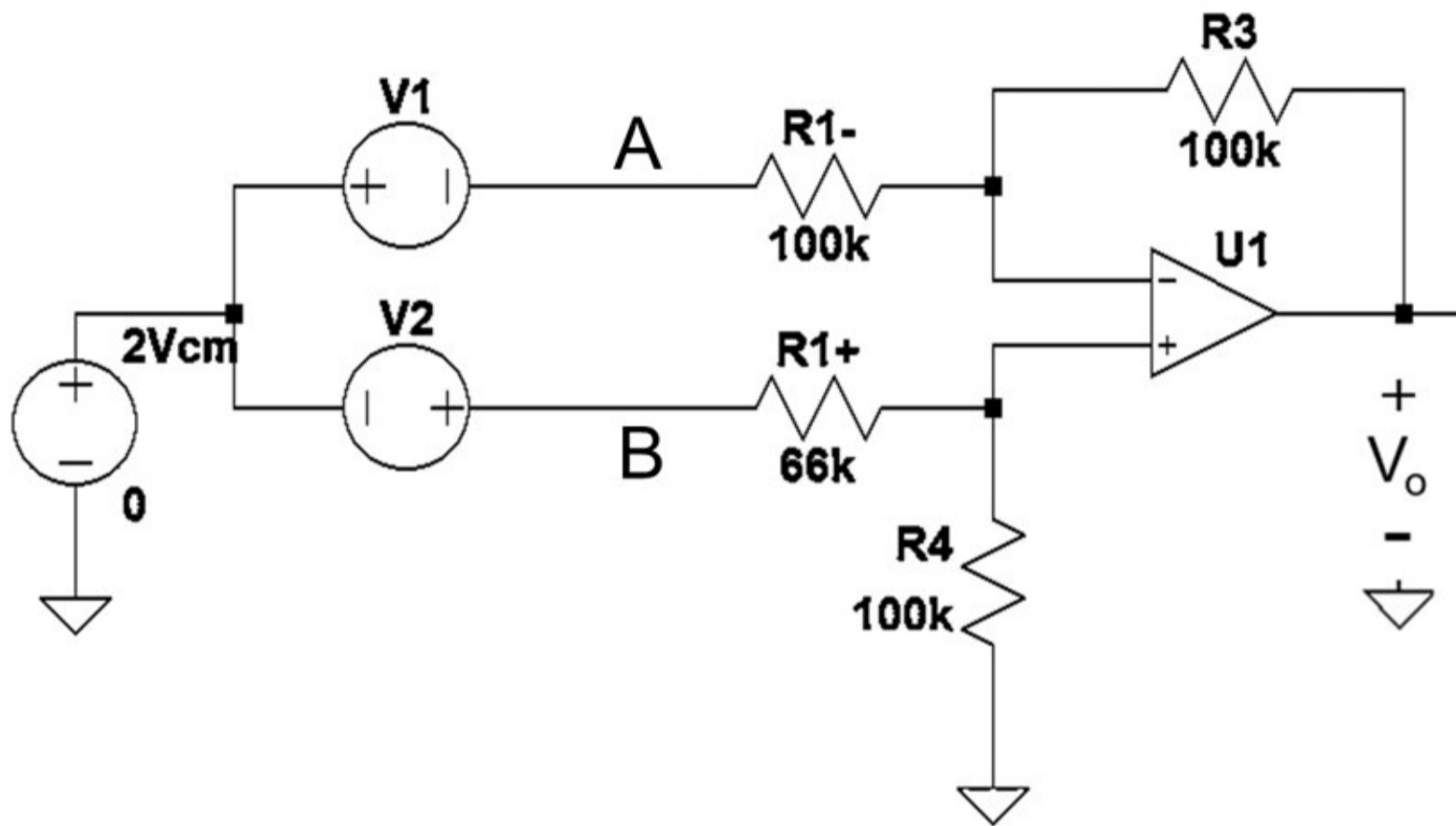
$A_d =$

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

$A_{CM} =$

(c) calcolare il CMRR

CMRR =



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

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

$$V_0 = -\frac{R_3}{R_{1-}} V_A + \left(1 + \frac{R_3}{R_{1-}}\right) \left(\frac{R_4}{R_{1+} + R_4}\right) V_B = -V_A + \frac{100}{83} V_B$$

$$\begin{aligned} V_0 &= A_1 V_A + A_2 V_B \\ &= A_D V_D + A_{CM} V_{CM} \\ &= \left(\frac{A_2 - A_1}{2}\right) V_D + (A_1 + A_2) V_{CM} \end{aligned}$$

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

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

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

Esame 2018-06-19

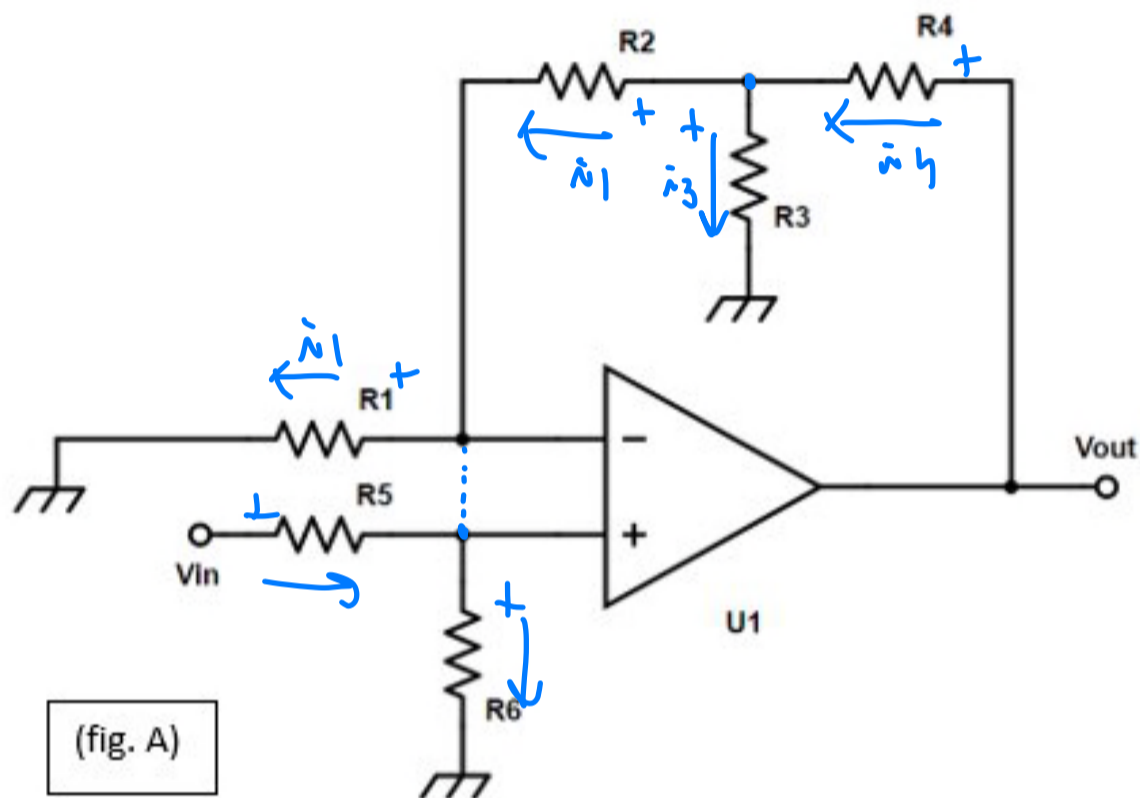
Recupero 1 comp

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}



$$R_1 = 11 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 11 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 22 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_6 = 20 \text{ k}\Omega$$

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

$$i_1 = V_{R6} / R_1$$

$$V_{R3} = (R_1 + R_2) i_1$$

$$i_3 = V_{R3} / R_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_3} i_1$$

$$i_4 = i_1 + i_3$$

$$V_{out} = i_4 R_4 + i_3 R_3 = i_1 R_4 + R_4 i_3 + i_3 R_3 = R_4 i_1 + (R_3 + R_4) \frac{(R_1 + R_2)}{R_3} i_1$$

$$= \left(R_4 + \frac{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2)}{R_3} \right) \frac{R_6}{R_1} \cdot \frac{1}{R_5 + R_6} V_{in} = 24 V_{in}$$

$$2) R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = \frac{V_{in}}{V_{in}} (R_5 + R_6) = 40 \text{ k}\Omega$$

Esame 2018-06-19

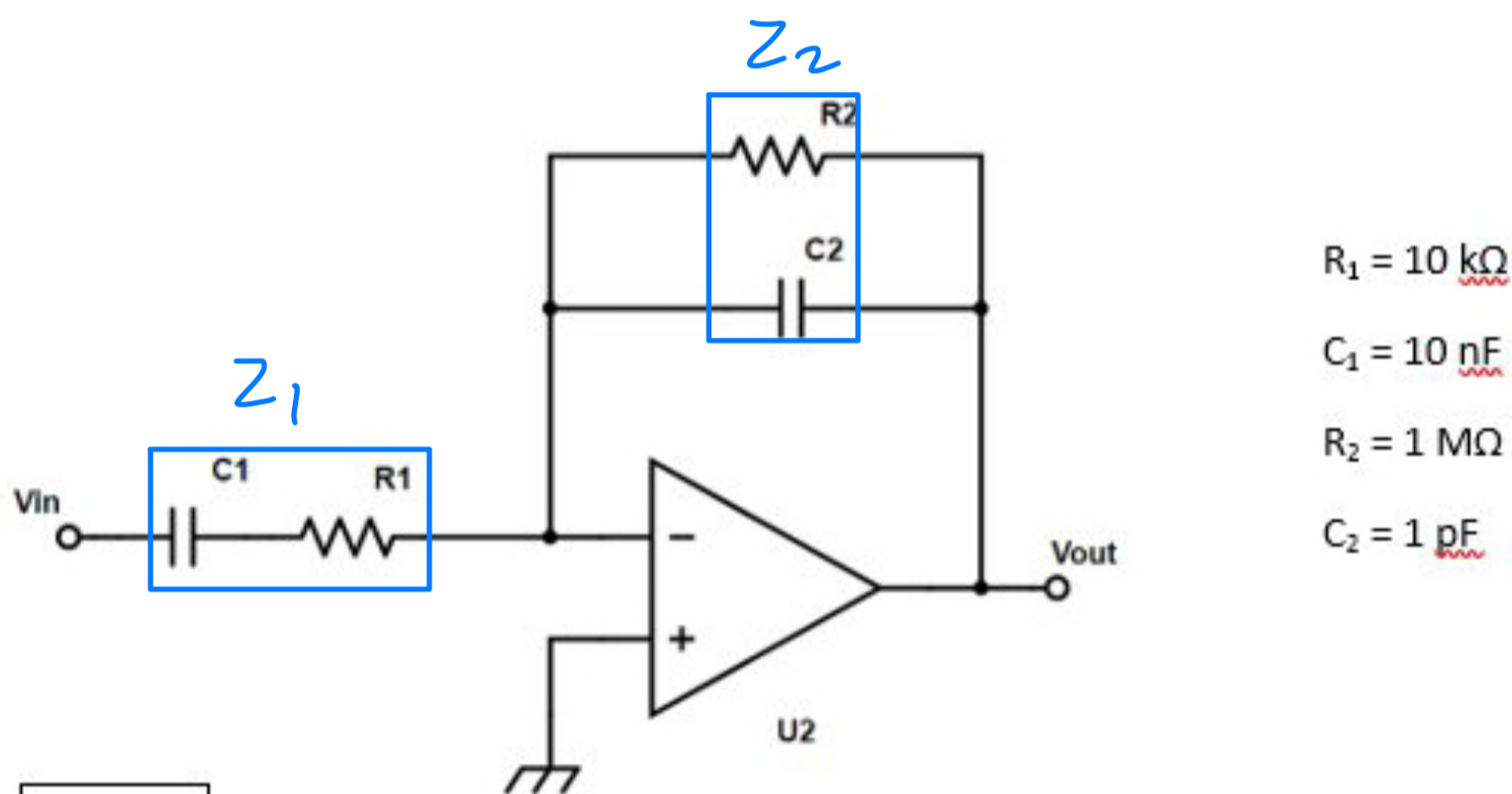
Recupero 1 comp

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 \underline{s} , $W(s)$
- 2) Si disegni il diagramma di Bode del modulo in dB della funzione di trasferimento $W(s)$



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

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

$$W(s) = -\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{-R_2}{1 + sR_2C_2} \frac{sC_1}{1 + sR_1C_1} = \frac{-R_2C_1}{s} \frac{1}{(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)}$$

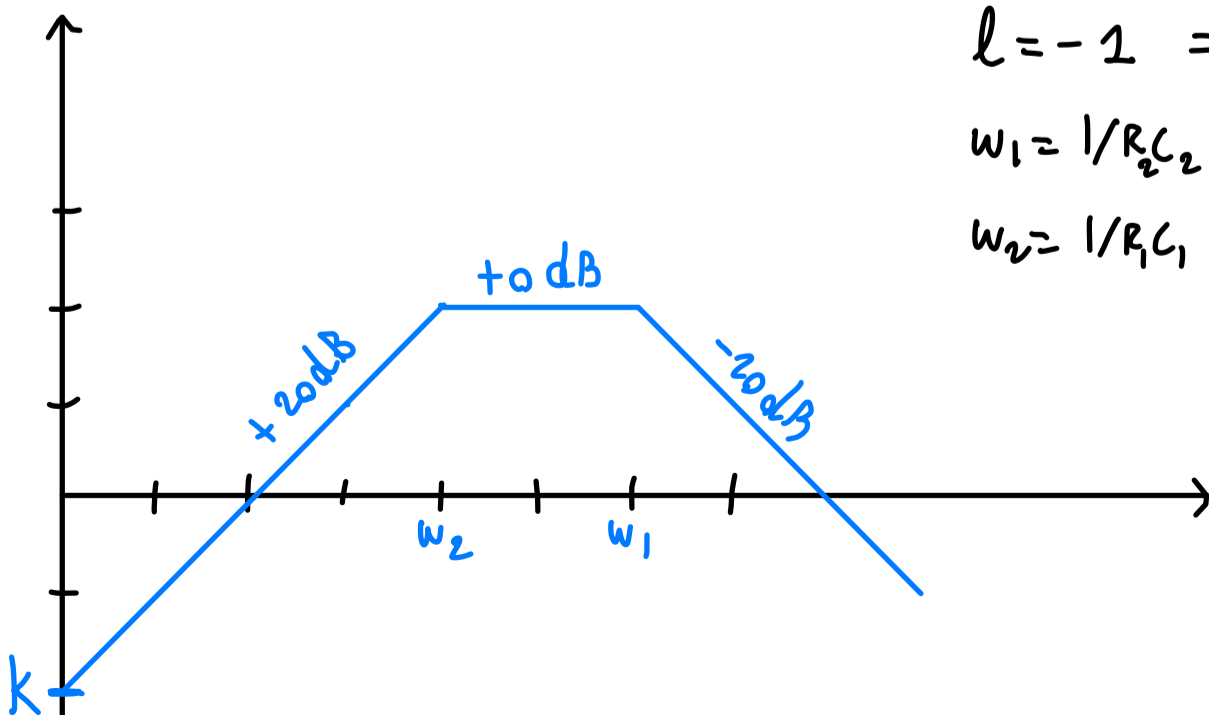
$$= \frac{k}{s^2} \frac{1}{(1 + s/w_1)(1 + s/w_2)}$$

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

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

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

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



Esame 2018-06-19

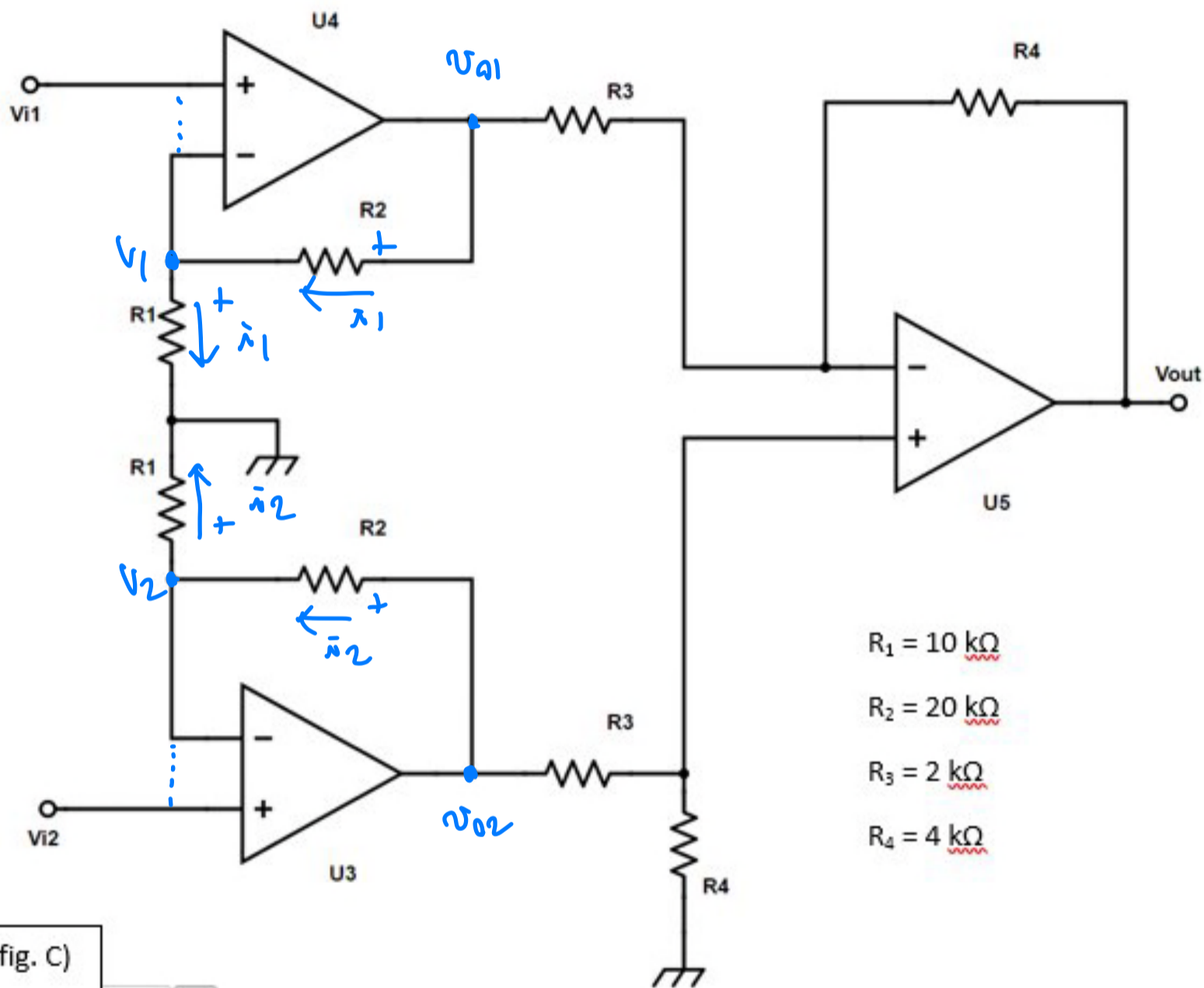
Esercizio 3 / 3

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

$A_{vd} = \dots\dots\dots$



(fig. C)

$$v_{o1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_1$$

$$v_{o2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_2$$

$$v_o = -\frac{R_4}{R_3} v_{o1} + \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) v_{o2}$$

$$= -\frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_1 + \left(\frac{R_3 + R_4}{R_3}\right) \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_2$$

$$= \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) (v_2 - v_1)$$

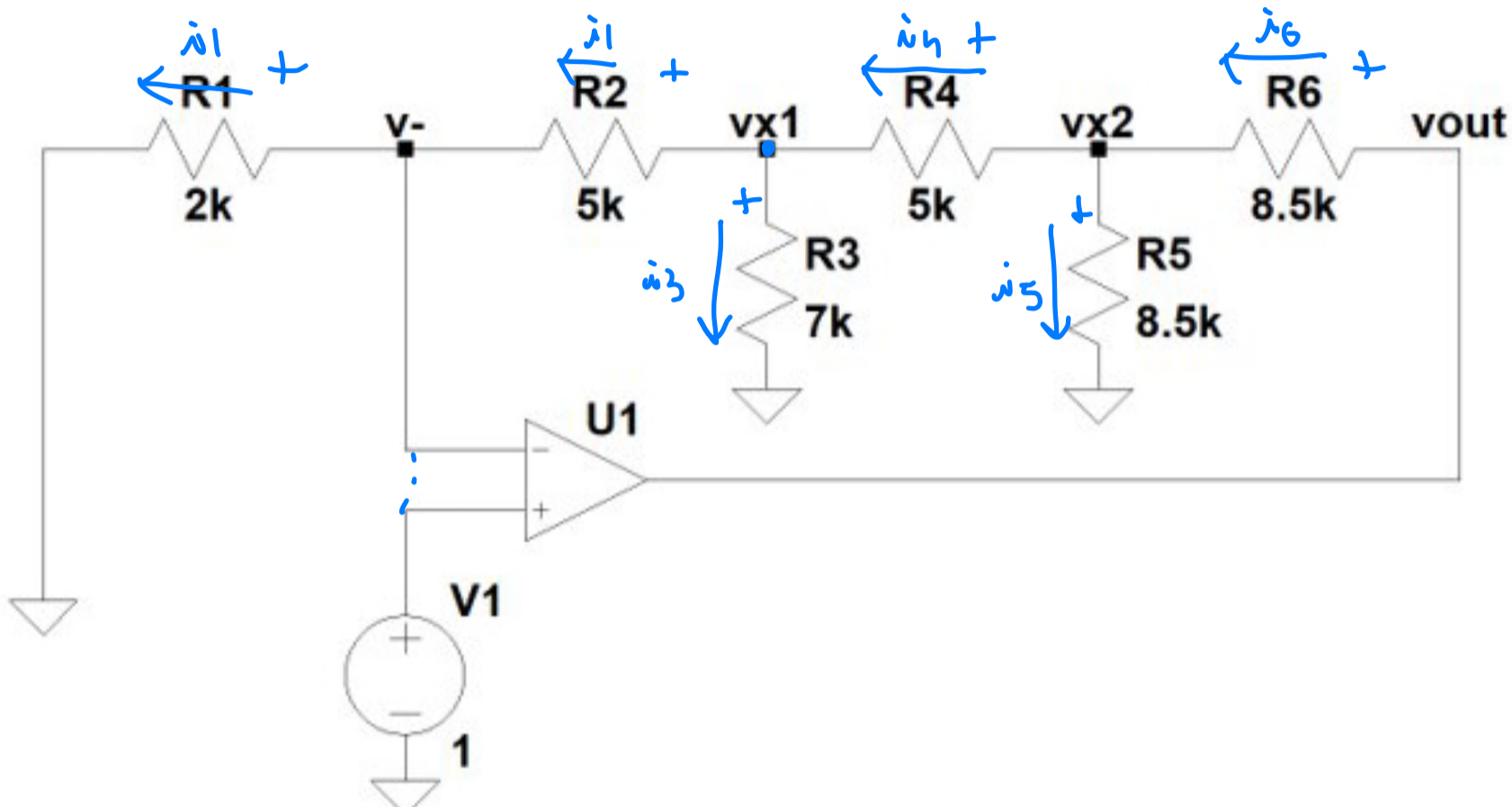
Esame 2018-07-04

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



$$1) \quad \dot{i}_1 = V_1 / R_1$$

$$V_{x1} = (R_1 + R_2) \dot{i}_1 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_1 = \frac{7}{2} V_1$$

$$2) \quad \dot{i}_3 = V_{x1} / R_3$$

$$\dot{i}_4 = \dot{i}_1 + \dot{i}_3 = \frac{V_1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{V_1}{R_3} = V_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right)$$

$$V_{x2} = V_{x1} + R_4 \dot{i}_4 = R_4 V_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right) = 5 V_1 - \frac{7}{2} V_1 = \frac{3}{2} V_1$$

$$3) \quad \dot{i}_5 = V_{x2} / R_5$$

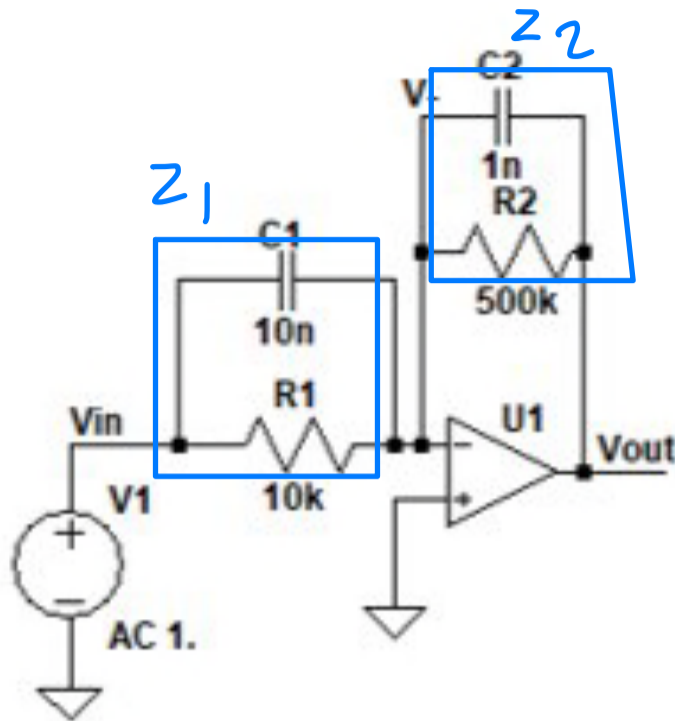
$$\dot{i}_6 = \dot{i}_4 + \dot{i}_5 = V_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right) + \frac{3}{2} V_1 / R_5$$

$$V_o = V_{x2} + R_6 \dot{i}_6 = \frac{3}{2} V_1 + R_6 V_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{7}{2} \frac{1}{R_3} \right) + R_6 \frac{3}{2} V_1 / R_5 =$$

$$= \frac{3}{2} V_1 + \frac{17}{2} V_1 + \frac{3}{2} V_1 = \frac{23}{2} V_1$$

Esame 2018-07-04

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



1. Scrivere l'espressione della funzione $V_{out}(j\omega)/V_{in}(j\omega)$
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

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

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

$$W(s) = -\frac{Z_2}{Z_1} = -\frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{1 + sR_1C_1}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + sR_1C_1}{1 + sR_2C_2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega R_1C_1}{1 + j\omega R_2C_2}$$

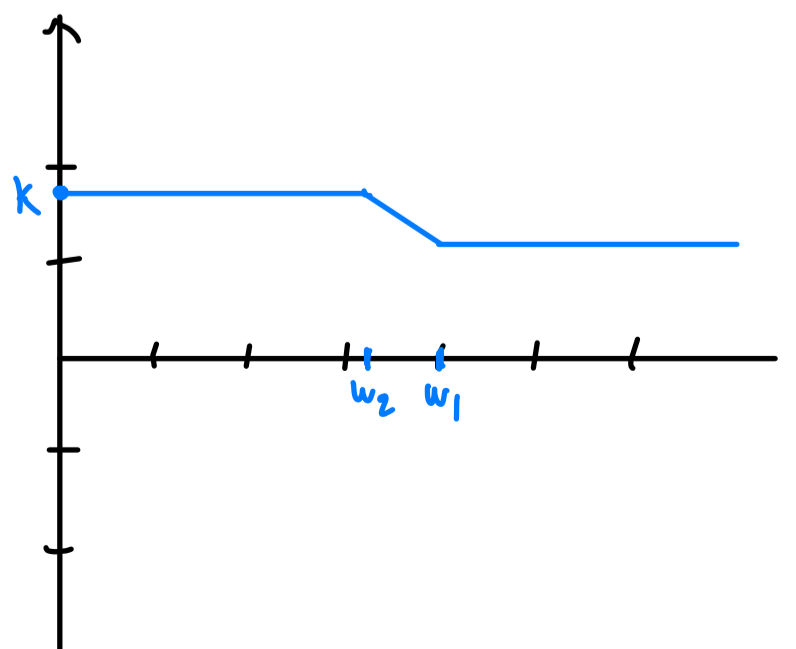
$$2) \quad W(\omega=0) = -\frac{R_2}{R_1} = -50$$

$$3) \quad W(\omega \rightarrow +\infty) = \lim_{\omega \rightarrow +\infty} -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1 + j\omega R_1C_1}{1 + j\omega R_2C_2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{\omega}{\omega} \cdot \frac{j\omega R_1C_1}{j\omega R_2C_2} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{R_1C_1}{R_2C_2} = -\frac{C_1}{C_2}$$

$$4) \quad K = -R_2/R_1 = -50 = 20 \log |k| = 37 \text{ dB}$$

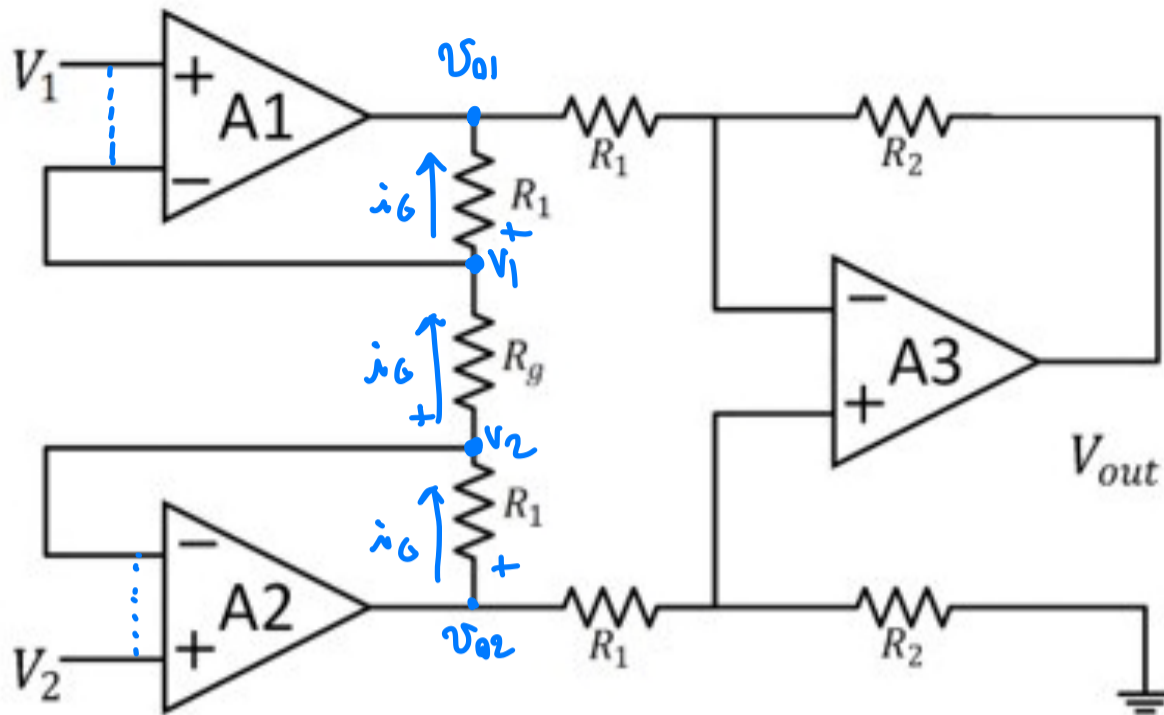
$$\omega_1 = 1/R_1C_1 = 10^4 \text{ RAD/D} \quad +20 \text{ dB/DEC}$$

$$\omega_2 = 1/R_2C_2 = 2 \cdot 10^3 \text{ RAD/D} \quad -20 \text{ dB/DEC}$$



Esame 2018-07-04

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



$$i_G = (V_2 - v_1) / R_G$$

$$v_{01} = v_1 - R_1 i_G = v_1 - \frac{R_1}{R_G} (v_2 - v_1)$$

$$v_{02} = v_2 + R_1 i_G = v_2 + \frac{R_1}{R_G} (v_2 - v_1)$$

$$v_0 = -\frac{R_2}{R_1} v_{01} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) v_{02}$$

$$= -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{R_2}{R_G} (v_2 - v_1) + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \left(v_2 + \frac{R_1}{R_G} (v_2 - v_1)\right)$$

$$= -\frac{R_2}{R_1} v_1 + \frac{R_2}{R_G} (v_2 - v_1) + \frac{R_2}{R_1} v_2 + \frac{R_2}{R_G} (v_2 - v_1)$$

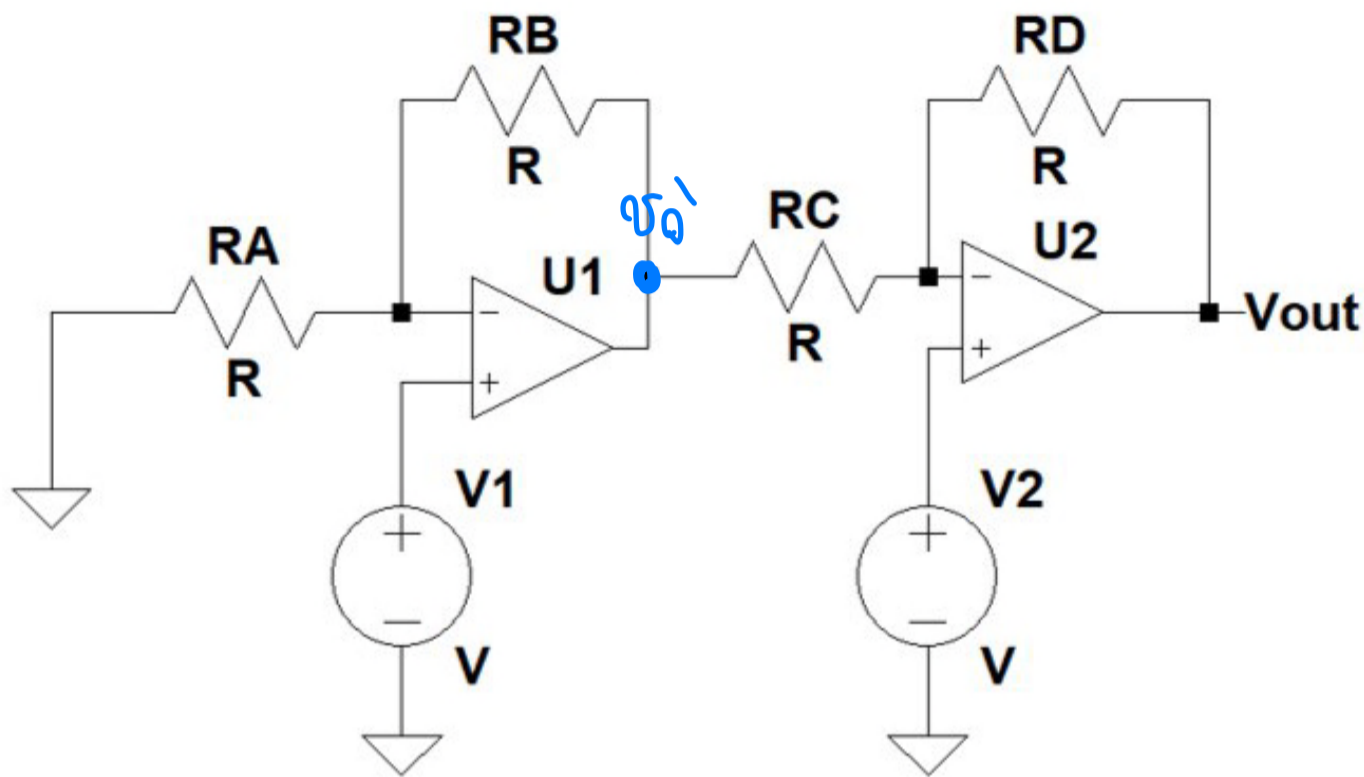
$$= \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1) + \frac{R_2}{R_G} (v_2 - v_1) = (v_2 - v_1) \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2}{R_G}\right)$$

Recupero 2018-07-04

Esercizio 4

Dato il circuito in figura,

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



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

$$1) \quad v_{a1} = \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right) v_1$$

$$v_o = -\frac{R_D}{R_C} v_{a1} + \left(1 + \frac{R_D}{R_C}\right) v_2 = -\underbrace{\frac{R_D}{R_C} \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right)}_{=10} v_1 + \underbrace{\left(1 + \frac{R_D}{R_C}\right)}_{=10} v_2$$

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

$$\Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{R_B}{R_A} \Rightarrow R_A = 9 R_B$$

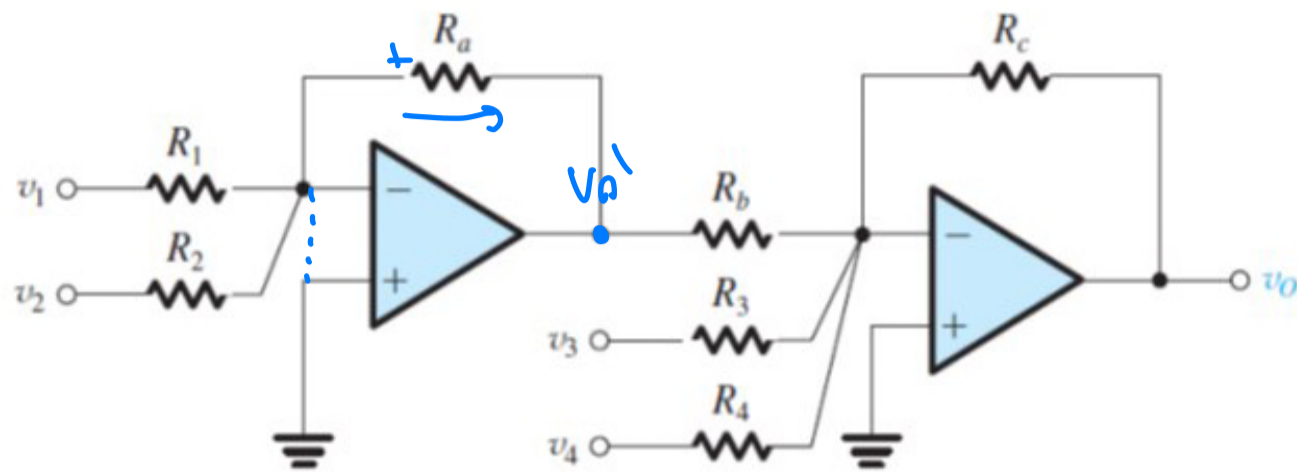
Scelgo $R_A = R_D = 9 \text{ k}\Omega$
 $R_C = R_B = 1 \text{ k}\Omega$

$$2) \quad i_{RD} = \frac{v_o - v_2}{R_D} = \frac{10(v_2 - v_1) - v_2}{R_D} = \frac{9v_2 - 10v_1}{R_D} = \frac{10}{9 \cdot 1000} = \frac{1}{9} \cdot 10^{-2}$$

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

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



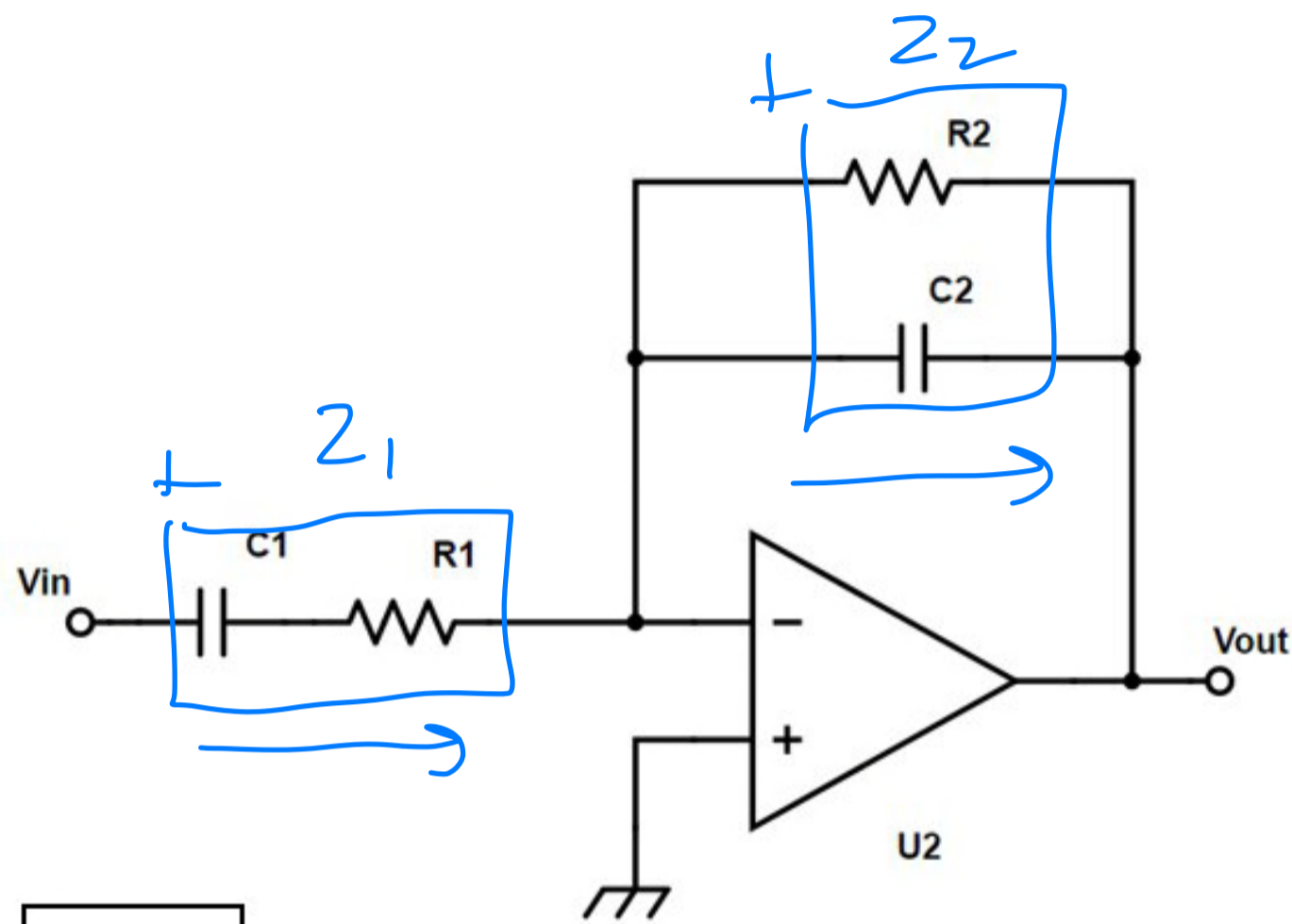
$$v_a = -\frac{R_a}{R_1} v_1 - \frac{R_a}{R_2} v_2$$

$$v_o = -\frac{R_c}{R_b} \left(-\frac{R_a}{R_1} v_1 - \frac{R_a}{R_2} v_2 \right) - \frac{R_c}{R_3} v_3 - \frac{R_c}{R_4} v_4$$

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 $W(s)$



$$R_1 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = 50 \text{ nF}$$

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

$$C_2 = 0.1 \text{ pF}$$

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

$$Z_2(s) = R_2 / (1 + sC_2R_2) = \frac{R_2}{1 + sR_2C_2}$$

$$W(s) = - \frac{Z_2(s)}{Z_1(s)} = - \frac{R_2}{1 + sR_2C_2} \cdot \frac{sC_1}{1 + sR_1C_1} = - \frac{R_2C_1}{s(1 + sR_2C_2)(1 + sR_1C_1)}$$

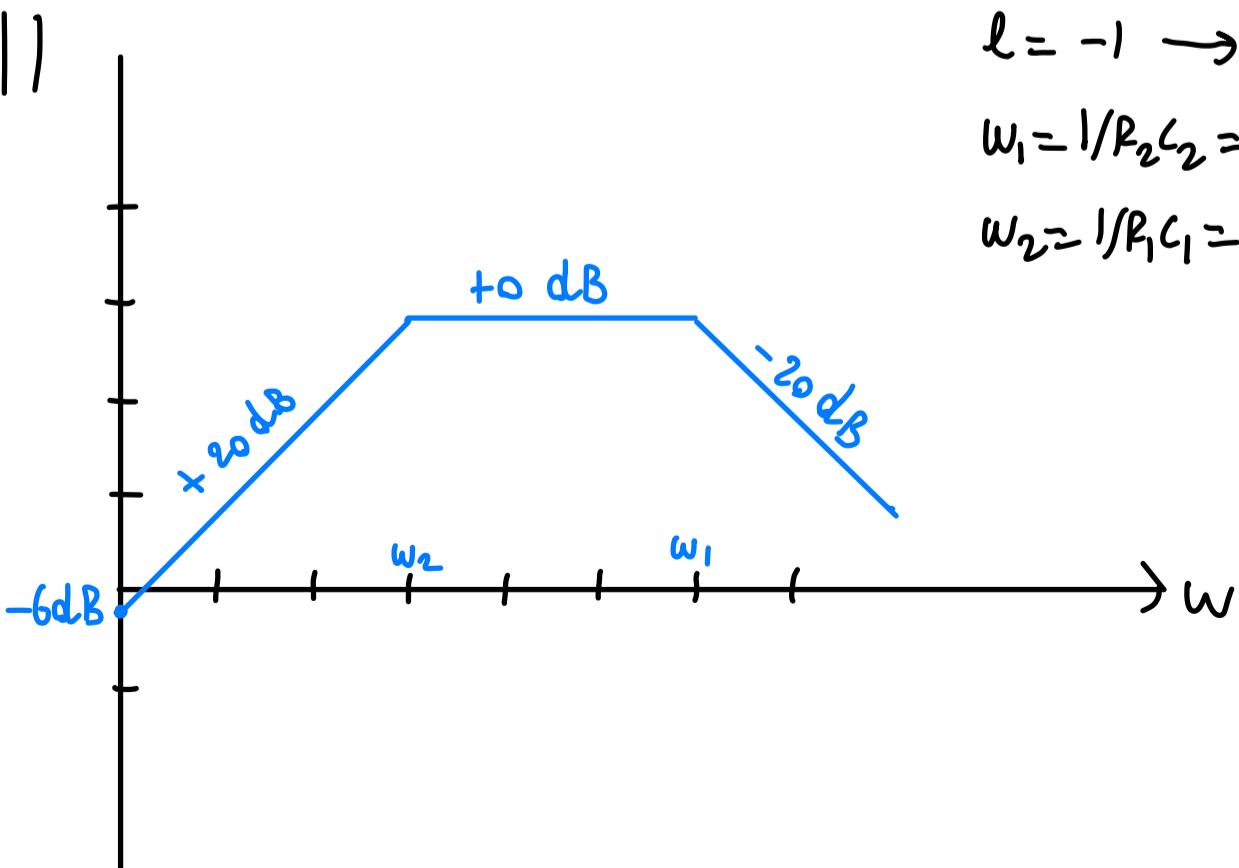
$$= \frac{K}{s^l} \cdot \frac{1}{(1 + s/w_1)(1 + s/w_2)}$$

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

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

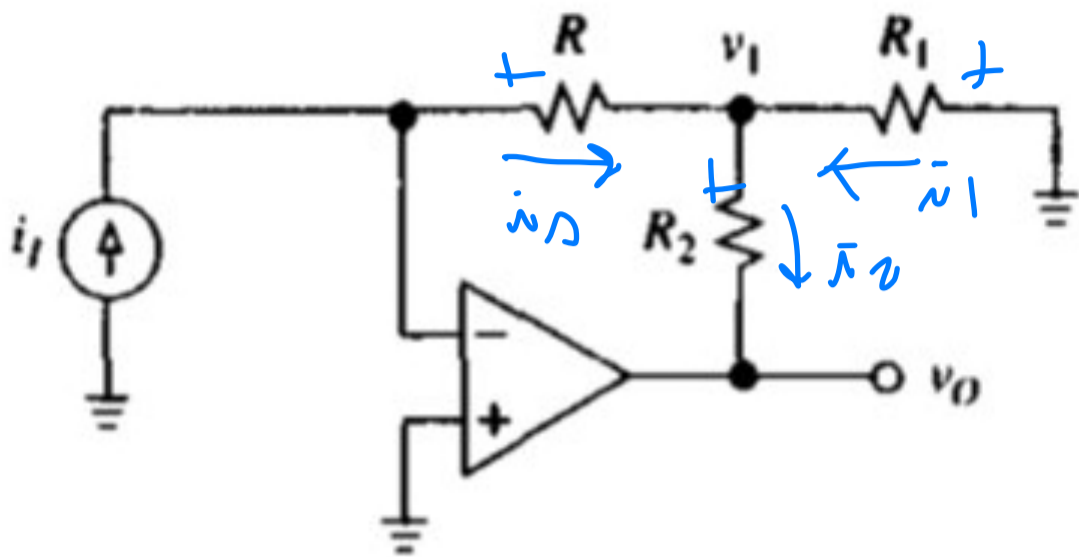
$$w_1 = 1/R_2C_2 = 10^6 \text{ RAD/S} \quad -20 \text{ dB/DEC}$$

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



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)

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

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

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

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

$$i_1 = \frac{V_{R_2}}{R_1} = \frac{R}{R_1} I_D$$

$$i_2 = I_D + i_1 = I_D + \frac{R}{R_1} I_D = \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) I_D$$

$$V_o = -R I_D - R_2 i_2 = -R I_D - R_2 \left(1 + \frac{R}{R_1}\right) I_D = \left(-R - R_2 - \frac{R R_2}{R_1}\right) I_D$$

$$2) \text{ V/A}$$

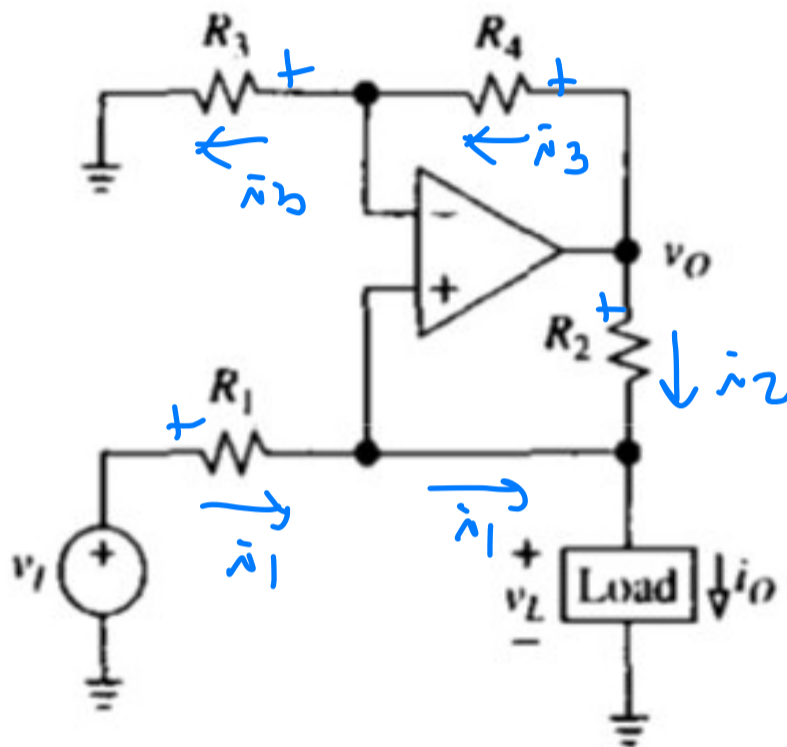
$$3) R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = 0$$

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 $R_1 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = R_4 = 5 \text{ k}\Omega$. Calcolare i_O/v_i nel caso $R_1=R_3=1 \text{ k}\Omega$, $R_2=R_4=5 \text{ k}\Omega$



$$1) \quad \hat{i}_O = \hat{i}_1 + \hat{i}_2 = \frac{v_i - v_L}{R_1} + \frac{v_o - v_L}{R_2}$$

$$2) \quad v_o = (R_3 + R_4) \hat{i}_3 = \frac{(R_3 + R_4)}{R_3} v_L$$

$$3) \quad \hat{i}_O = \frac{v_i}{R_1} - \frac{v_L}{R_1} + \frac{R_3 + R_4}{R_2 R_3} v_L - \frac{v_L}{R_2} = \frac{v_i}{R_1} + \left(-\frac{1}{R_1} + \frac{R_4}{R_2 R_3} \right) v_L$$

$$4) \quad \hat{i}_O = \frac{v_i}{R_1} + \underbrace{\left(-\frac{1}{R_1} + \frac{R_4}{R_2 R_3} \right)}_{=0} v_L$$

$$\frac{\hat{i}_O}{v_i} = \frac{1}{R_1} = 10^{-3}$$

Esame 2018-09-17

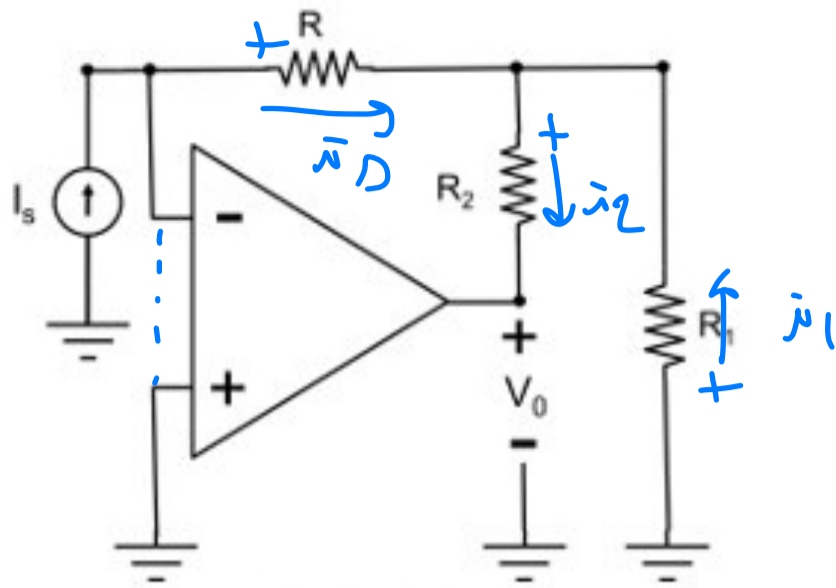


Figura 1

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 Is?

(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?

$$1) V_{R2} = V_R = I_D \cdot R$$

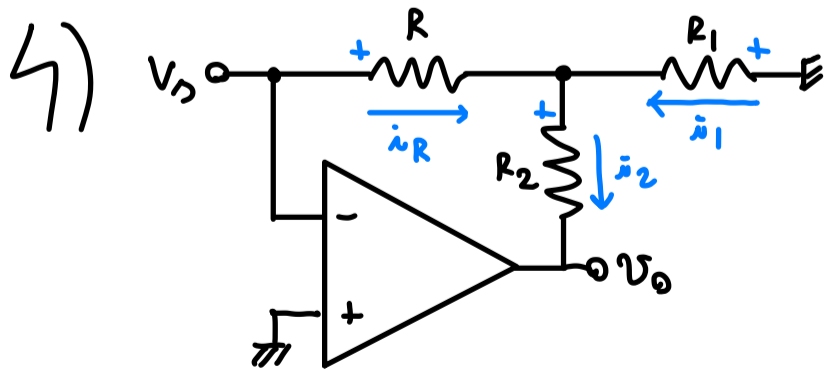
$$\dot{i}_1 = \frac{V_{R2}}{R_1} = \frac{R}{R_1} I_D$$

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

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

$$2) V/A$$

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



$$V_- = V_s \quad (\text{IMPOSTA})$$

$$V_+ = 0 \quad (\text{IMPOSTA})$$

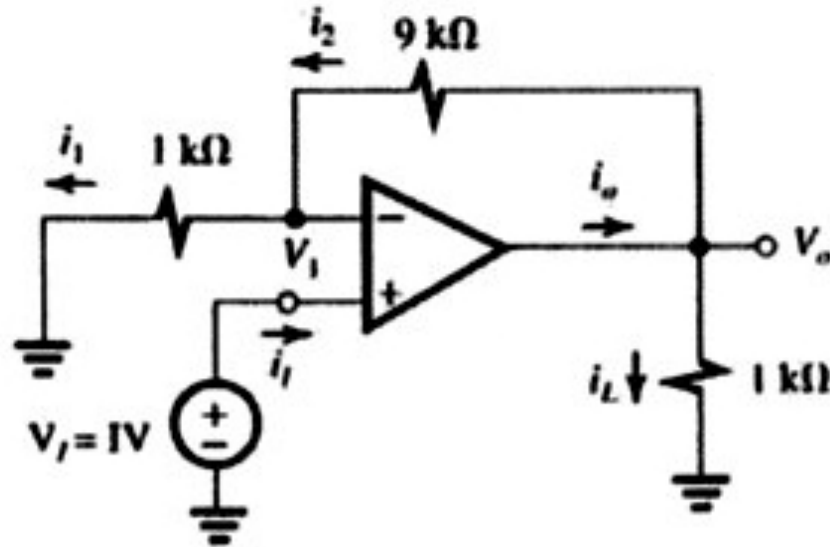
\Rightarrow PRINCIPIO DI MASSA VIRTUALE
NON VALIDO

$$\Rightarrow V_o = A \begin{matrix} +\infty \\ \uparrow \\ \downarrow \\ -\infty \end{matrix} (V_+ - V_-)$$

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_0 , i_L , i_0 .



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

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

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

$$V_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_I = 10 V_I = 10\text{ V}$$

$$\dot{i}_L = V_0 / R_L = 1\text{ mA}$$

$$\dot{i}_0 = \dot{i}_2 + \dot{i}_L = 2\text{ mA}$$