

# A Laurea in Fisica - Anno Accademico 2018-2019

19 dicembre 2018 – Secondo esonero del Lab di Seg. e Sistemi

Nome :

Cognome :

Matricola :

Canale/Prof :

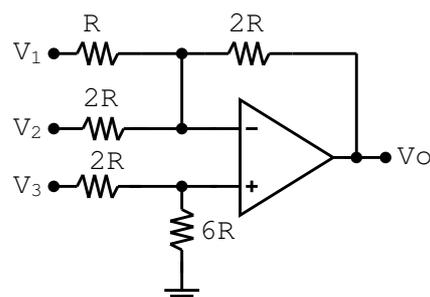
Gruppo Lab.:

Riportate su questo foglio le risposte numeriche con la relativa unità di misura.

## Esercizio 1. (8 punti)

Trovare la tensione d'uscita  $V_o$  dell'amplificatore operazionale riportato in figura.

Dati numerici:  $V_1 = 1\text{ V}$ ,  $V_2 = 2\text{ V}$ ;  $V_3 = 3\text{ V}$ .



$$V_o = \underline{\hspace{2cm}}$$

## Esercizio 2. (8 punti)

Un generatore di parità è un circuito che fornisce in uscita un "1" logico quando nel numero binario sono presenti un numero pari di "1" (cioè zero oppure due). Si consideri ora un numero binario a 3 bit e si scriva la tabella di verità e l'equazione canonica del generatore di parità. Progettare poi il circuito utilizzando un multiplexer a 8 ingressi.

$$Y = \underline{\hspace{2cm}}$$

## Esercizio 3. (8 punti)

Un sensore di pressione fornisce un segnale elettrico compreso nell'intervallo tra  $20\text{ mV}$  e  $320\text{ mV}$ . Si costruisca un circuito elettronico basato su uno o più amplificatori operazionali che faccia variare il segnale d'uscita nell'intervallo  $-6\text{ V}$  e  $+6\text{ V}$ , con la specifica che a  $20\text{ mV}$  corrisponda  $-6\text{ V}$  e a  $+320\text{ mV}$  corrisponda  $+6\text{ V}$ .

## Esercizio 4. (8 punti)

In una cisterna contenente del gas vengono continuamente monitorate la pressione, la temperatura e l'umidità con dei trasduttori che danno un livello di tensione compreso tra 0 e 5 V. Si vuole che la pressione rimanga al di sopra di 2 V, la temperatura al di sotto di 3 V e il livello di umidità al di sotto di 2 V. Si costruisca un sistema di allarme che faccia accendere un led verde quando tutte le sonde sono entro i valori nominali, faccia accendere un led giallo quando due delle sonde sono al di fuori dell'intervallo stabilito e faccia accendere un led rosso quando tutte le sonde eccedono il livello consentito.

Suggerimento: ad esempio si potrebbe usare un decoder.

# SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 19-12-2018 - A

## Soluzione Esercizio 1

L'esercizio si risolve applicando il principio di sovrapposizione degli effetti; colleghiamo a massa due ingressi alla volta e troviamo la tensione d'uscita in funzione dell'unico ingresso attivo.

a)  $V_1 = V_1$  mentre  $V_2$  e  $V_3$  sono a massa. In questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente è uguale a zero e abbiamo un amplificatore operazione invertente:

$$V_o^1 = -\frac{2R}{R}V_1 = -2V_1$$

b)  $V_2 = V_2$  mentre  $V_1$  e  $V_3$  sono a massa. Anche in questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente è uguale a zero e abbiamo un amplificatore operazione invertente:

$$V_o^2 = -\frac{2R}{2R}V_2 = -V_2$$

c)  $V_3 = V_3$  mentre  $V_1$  e  $V_2$  sono a massa. In questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente non è uguale a zero in quanto abbiamo un amplificatore non invertente.

$$V_+ = V_3 \cdot \frac{6R}{2R+6R} = \frac{3}{4} \cdot V_3$$

Per quanto riguarda  $V_-$  abbiamo, tenendo conto che le resistenze  $R$  e  $2R$  sono in parallelo ed equivalgono ad una resistenza di  $\frac{2}{3}R$ :

$$\frac{V_o^3 - V_-}{2R} = \frac{V_-}{2R/3} \Rightarrow V_o^3 = 4V_- = 4 \cdot \frac{3}{4}V_3 = 3V_3$$

Sommando i tre risultati abbiamo:

$$V_o = -2V_1 - V_2 + 3V_3 = -2 \times 1 - 2 + 3 \times 3 = 5 \text{ V}$$

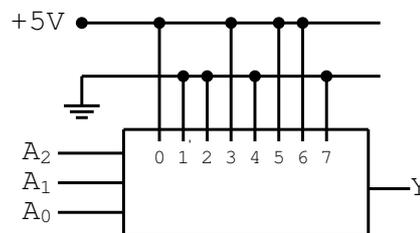
## Soluzione Esercizio 2

Un numero pari di bit si hanno per i numeri decimali zero, tre, cinque e sei. È sufficiente quindi collegare a 5 V i corrispondenti ingressi del multiplexer e a massa i restanti ingressi.

La funzione in forma canonica vale:

$$Y = \bar{A}_2\bar{A}_1\bar{A}_0 + \bar{A}_2A_1A_0 + A_2\bar{A}_1A_0 + A_2A_1\bar{A}_0$$

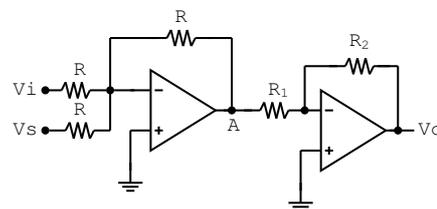
Utilizzando la mappa di Karnaugh si può notare che non può essere ridotta ulteriormente.



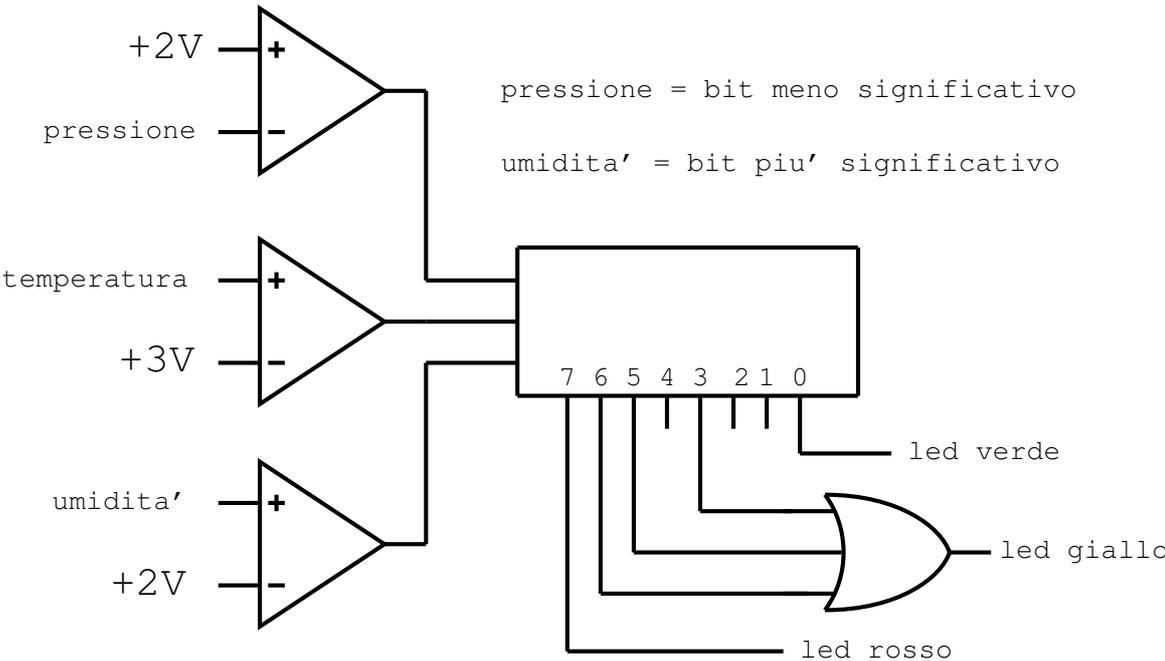
## Soluzione Esercizio 3

L'esercizio può essere risolto ad esempio con il circuito riportato in figura, costituito da un sommatore invertente seguito da un amplificatore invertente. Sommiamo al segnale d'ingresso  $V_i$  un segnale continuo  $V_s = -170 \text{ mV}$ . In questo modo quando il segnale d'ingresso vale  $20 \text{ mV}$ , il segnale all'uscita del sommatore nel punto A vale  $-(20 - 170) = +150 \text{ mV}$ , mentre quando il segnale d'ingresso vale  $320 \text{ mV}$ , il segnale nel punto A vale  $-(320 - 170) = -150 \text{ mV}$ . Se vogliamo che l'uscita  $V_o$  valga  $-6 \text{ V}$  quando il segnale nel punto A è di  $+150 \text{ mV}$ , dobbiamo scegliere il rapporto tra le due resistenze  $R_2$  e  $R_1$  pari a:

$$\frac{R_2}{R_1} = -\frac{V_o}{V_A} = -\frac{-6}{0.15} = 40$$



# Soluzione Esercizio 4



# B Laurea in Fisica - Anno Accademico 2018-2019

19 dicembre 2018 – Secondo esonero del Lab di Seg. e Sistemi

Nome :

Cognome :

Matricola :

Canale/Prof :

Gruppo Lab.:

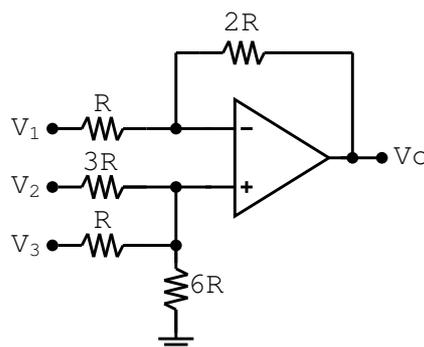
Riportate su questo foglio le risposte numeriche con la relativa unità di misura.

## Esercizio 1. (8 punti)

Trovare la tensione d'uscita  $V_o$  dell'amplificatore operazionale riportato in figura.

Dati numerici:  $V_1 = 2 V$ ,  $V_2 = 3 V$ ;  $V_3 = 4 V$ .

$V_o =$  \_\_\_\_\_



## Esercizio 2. (8 punti)

Utilizzando un contatore a 4 bit si costruisca un contatore di modulo 9, vale a dire un contatore che conti da zero a otto e poi inizi di nuovo a contare da zero. Supponiamo inoltre di collegare un led al bit più significativo del contatore e di utilizzare un clock di frequenza 18 Hz; stabilire la frequenza di accensione del led e per quanto tempo rimane acceso.

$f =$  \_\_\_\_\_;  $T =$  \_\_\_\_\_

## Esercizio 3. (8 punti)

Un circuito di misura fornisce un segnale elettrico compreso tra  $-70 mV$  e  $+300 mV$ . Si progetti un circuito elettronico basato su amplificatori operazionali che fornisca in uscita un segnale compreso tra 0 e  $+10 V$ .

## Esercizio 4. (8 punti)

Un sistema di 3 cisterne  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$  è monitorato da 3 sensori che ne misurano il livello di riempimento. Si vuole che la risposta dei sensori rimanga al di sopra di  $1.5 V$  per  $C_1$ , al di sopra di  $2.5 V$  per  $C_2$  e al di sotto di  $3 V$  per  $C_3$ . Si costruisca un sistema di allarme che faccia accendere un led verde quando tutti i sensori sono entro i valori richiesti, faccia accendere un led giallo quando  $C_1$  è al di sotto del limite consentito e contemporaneamente anche una delle altre due cisterne è al di sotto dei limiti, e faccia accendere un led rosso quando tutte le cisterne sono al di sotto dei limiti stabiliti.

Suggerimento: ad esempio si potrebbe usare un decoder.

# SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 19-12-2018 - B

## Soluzione Esercizio 1

L'esercizio si risolve applicando il principio di sovrapposizione degli effetti; colleghiamo a massa due ingressi alla volta e troviamo la tensione d'uscita in funzione dell'unico ingresso attivo.

a)  $V_1 = V_1$  mentre  $V_2$  e  $V_3$  sono a massa. In questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente è uguale a zero e abbiamo un amplificatore operazione invertente:

$$V_o^1 = -\frac{2R}{R}V_1 = -2V_1$$

b)  $V_2 = V_2$  mentre  $V_1$  e  $V_3$  sono a massa. In questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente non è uguale a zero in quanto abbiamo un amplificatore non invertente. Da notare che l'ingresso non invertente è connesso a massa tramite due resistenze, una pari a  $R$  e l'altra a  $6R$  che equivalgono ad una resistenza di  $\frac{6}{7}R$ . Di conseguenza abbiamo:

$$V_+ = V_2 \cdot \frac{6R/7}{3R+6R/7} = \frac{2}{9} \cdot V_2$$

Per quanto riguarda  $V_-$  abbiamo:

$$\frac{V_o^2 - V_-}{2R} = \frac{V_-}{R} \Rightarrow V_o^2 = 3V_- = 3 \cdot \frac{2}{9}V_2 = \frac{2}{3}V_2$$

c)  $V_3 = V_3$  mentre  $V_1$  e  $V_2$  sono a massa. Anche in questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente non è uguale a zero in quanto abbiamo un amplificatore non invertente. Da notare che l'ingresso non invertente è connesso a massa tramite due resistenze, una pari a  $3R$  e l'altra a  $6R$  che equivalgono ad una resistenza di  $2R$ . Di conseguenza abbiamo:

$$V_+ = V_3 \cdot \frac{2R}{3R} = \frac{2}{3}V_3$$

Per quanto riguarda  $V_-$  abbiamo:

$$\frac{V_o^3 - V_-}{2R} = \frac{V_-}{R} \Rightarrow V_o^3 = 3V_- = 3 \cdot \frac{2}{3}V_3 = 2V_3$$

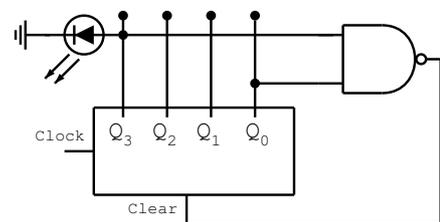
Sommando i tre risultati abbiamo:

$$V_o = -2V_1 + \frac{2}{3}V_2 + 2V_3 = -2 \times 2 + \frac{2}{3} \times 3 + 2 \times 4 = 6 V$$

## Soluzione Esercizio 2

Il contatore si deve azzerare quando compare il numero 9, ovvero 1001 in binario. Per fare ciò si mandano i bit 0 e tre del contatore ad un NAND la cui uscita è connessa al clear del contatore come in figura.

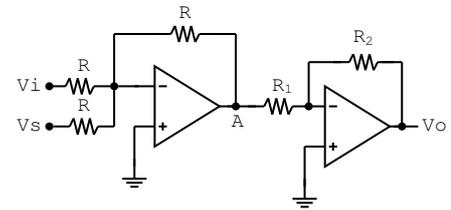
Il bit più significativo, ovvero il bit 3, è uguale a 1 solo quando si arriva al numero 8, poi si riazzera e si ricomincia a contare. Quindi esso è uguale a 1 solo una volta ogni 9 cicli di clock, quindi la frequenza di accensione del led è pari ad  $1/9$  della frequenza del clock, ovvero vale 2 Hz. Il led rimane acceso solo per la durata di un ciclo di clock, quindi  $1/18$  di secondo.



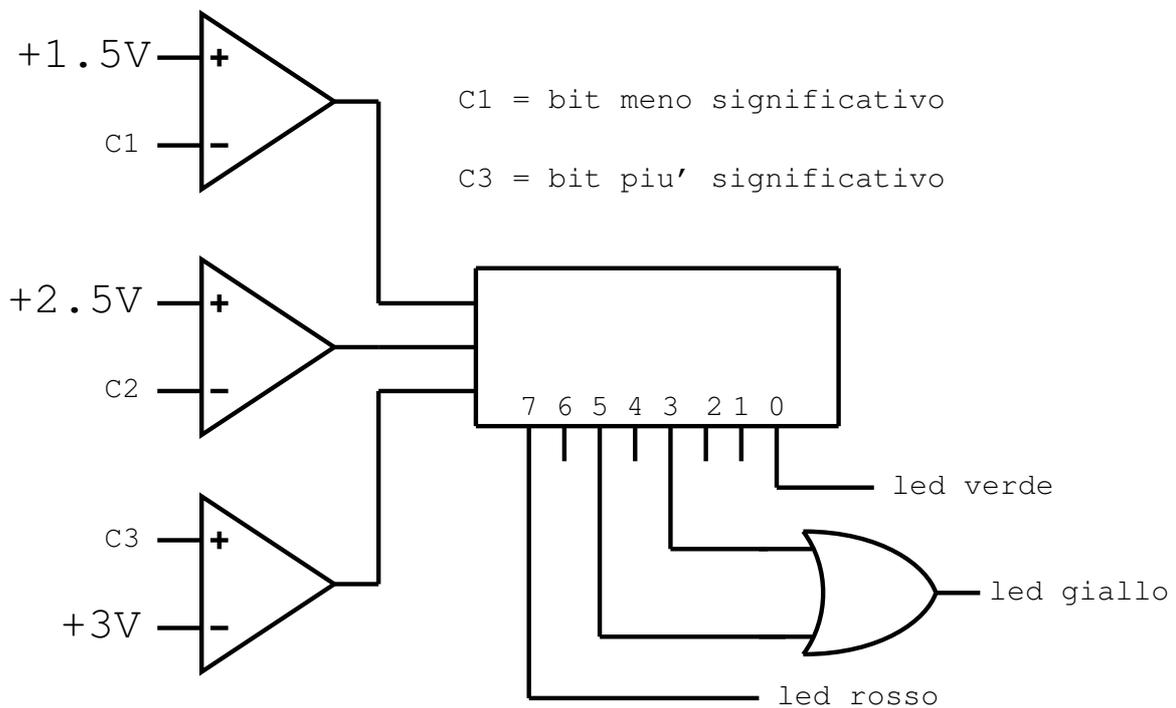
### Soluzione Esercizio 3

L'esercizio può essere risolto ad esempio con il circuito riportato in figura, costituito da un sommatore invertente seguito da un amplificatore invertente. Sommiamo al segnale d'ingresso  $V_i$  un segnale continuo  $V_s = +70 \text{ mV}$ . In questo modo il segnale all'uscita del sommatore nel punto A varia tra 0 e  $-370 \text{ mV}$ . Se vogliamo che l'uscita  $V_o$  vari tra 0 e  $+10 \text{ V}$ , dobbiamo scegliere il rapporto tra le due resistenze  $R_2$  e  $R_1$  pari a:

$$\frac{R_2}{R_1} = -\frac{V_o}{V_A} = -\frac{10}{-0.37} = 27$$



### Soluzione Esercizio 4



# C Laurea in Fisica - Anno Accademico 2018-2019

19 dicembre 2018 – Secondo esonero del Lab di Seg. e Sistemi

Nome :

Cognome :

Matricola :

Canale/Prof :

Gruppo Lab.:

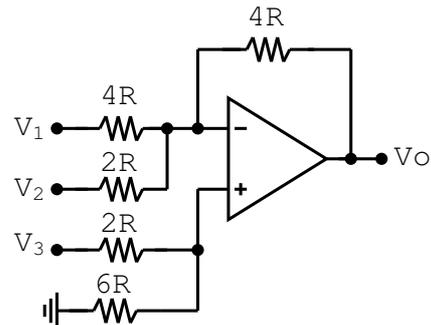
Riportate su questo foglio le risposte numeriche con la relativa unità di misura.

## Esercizio 1. (8 punti)

Trovare la tensione d'uscita  $V_o$  dell'amplificatore operazionale riportato in figura.

Dati numerici:  $V_1 = 1 V$ ,  $V_2 = 2 V$ ;  $V_3 = 3 V$ .

$V_o =$  \_\_\_\_\_



## Esercizio 2. (8 punti)

Si consideri un circuito con 3 ingressi logici che fornisce in uscita il valore "1" quando i tre bit d'ingresso contengono un numero dispari di bit a "1". Si scriva la tabella della verità e l'equazione canonica di tale circuito e lo si progetti utilizzando un multiplexer a 8 ingressi.

$Y =$  \_\_\_\_\_

## Esercizio 3. (8 punti)

Un trasduttore fornisce un segnale elettrico nell'intervallo tra  $-20 mV$  e  $+40 mV$ . Al fine di poter utilizzare questo segnale in maniera ottimale, si vuole costruire un circuito elettronico basato su uno o più amplificatori operazionali che faccia variare il segnale d'uscita nell'intervallo 0 e  $-1.5 V$ , facendo attenzione però che a  $-20 mV$  corrisponda 0 e a  $+40 mV$  corrisponda  $-1.5 V$ .

## Esercizio 4. (8 punti)

Tre bombole di gas nobili He, Ar e Xe sono monitorate da sensori di pressione che producono segnali nell'intervallo 0-5 V. Si vuole che la risposta di  $P_{Xe}$  rimanga al di sotto di 2 V, quella di  $P_{Ar}$  al di sotto di 3V e quella di  $P_{He}$  al di sopra di 2 V.

Si costruisca un sistema di allarme che faccia accendere un led verde quando tutti i sensori sono entro i valori richiesti, faccia accendere un led giallo quando uno qualsiasi dei sensori è al di fuori dei valori richiesti, faccia accendere un led rosso quando due dei sensori sono al di fuori dell'intervallo stabilito e faccia suonare una sirena quando tutti i sensori eccedono il livello consentito.

Suggerimento: ad esempio si potrebbe usare un decoder. Per la sirena potete usare come simbolo la scritta sirena!

# SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 19-12-2018 - C

## Soluzione Esercizio 1

L'esercizio si risolve applicando il principio di sovrapposizione degli effetti; colleghiamo a massa due ingressi alla volta e troviamo la tensione d'uscita in funzione dell'unico ingresso attivo.

a)  $V_1 = V_1$  mentre  $V_2$  e  $V_3$  sono a massa. In questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente è uguale a zero e abbiamo un amplificatore operazione invertente:

$$V_o^1 = -\frac{4R}{4R}V_1 = -V_1$$

b)  $V_2 = V_2$  mentre  $V_1$  e  $V_3$  sono a massa. Anche in questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente è uguale a zero e abbiamo un amplificatore operazione invertente:

$$V_o^2 = -\frac{4R}{2R}V_2 = -2V_2$$

c)  $V_3 = V_3$  mentre  $V_1$  e  $V_2$  sono a massa. In questo caso il potenziale dell'ingresso non invertente non è uguale a zero in quanto abbiamo un amplificatore non invertente.

$$V_+ = V_3 \cdot \frac{6R}{2R+6R} = \frac{3}{4} \cdot V_3$$

Per quanto riguarda  $V_-$  abbiamo, tenendo conto che le resistenze  $4R$  e  $2R$  sono in parallelo ed equivalgono ad una resistenza di  $\frac{4}{3}R$ :

$$\frac{V_o^3 - V_-}{4R} = \frac{V_-}{4R/3} \Rightarrow V_o^3 = 4V_- = 4 \cdot \frac{3}{4}V_3 = 3V_3$$

Sommando i tre risultati abbiamo:

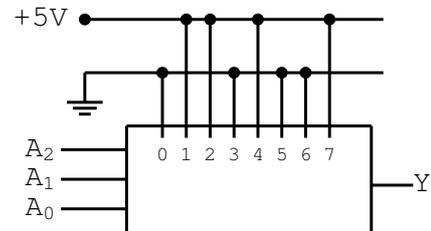
$$V_o = -V_1 - 2V_2 + 3V_3 = -1 - 2 \times 2 + 3 \times 3 = 4 \text{ V}$$

## Soluzione Esercizio 2

Il circuito deve mettere a "1" l'uscita solo quando un numero dispari di ingressi sono a 1, ovvero quando il numero binario contiene un numero dispari di 1. Questo si ha per i numeri digitali 1, 2, 4 e 7. Dalla tabella della verità si ricava la forma canonica:

$$Y = \bar{A}_2\bar{A}_1A_0 + \bar{A}_2A_1\bar{A}_0 + A_2\bar{A}_1\bar{A}_0 + A_2A_1A_0.$$

Il circuito si può realizzare con un multiplexer come in figura:

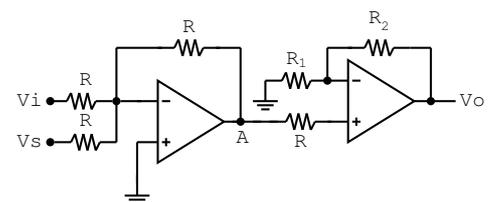


## Soluzione Esercizio 3

L'esercizio può essere risolto ad esempio con il circuito riportato in figura, costituito da un sommatore invertente seguito da un amplificatore non invertente. Sommiamo al segnale d'ingresso  $V_i$  un segnale continuo  $V_s = +20 \text{ mV}$ . In questo modo il segnale all'uscita del sommatore nel punto A varia tra 0 e  $-60 \text{ mV}$ . Se vogliamo che l'uscita  $V_o$  vari tra 0 e  $-1.5 \text{ V}$ , l'amplificazione deve essere pari a:

$$A = \frac{-1.5}{-0.06} = 25$$

di conseguenza il rapporto tra  $R_2$  e  $R_1$  deve valere  $A - 1 + 24$



# Soluzione Esercizio 4

