

# Laboratorio di Segnali e Sistemi

## - Esercitazione -4 -

# Amplificatore Operazionale 2



Claudio Luci  
SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

*last update : 070117*

# Argomenti dell'esercitazione:

- Amplificatore differenziale
- Sommatore non invertente

Importante: il sommatore servirà per l'esercitazione 9, quindi non "smontatelo".

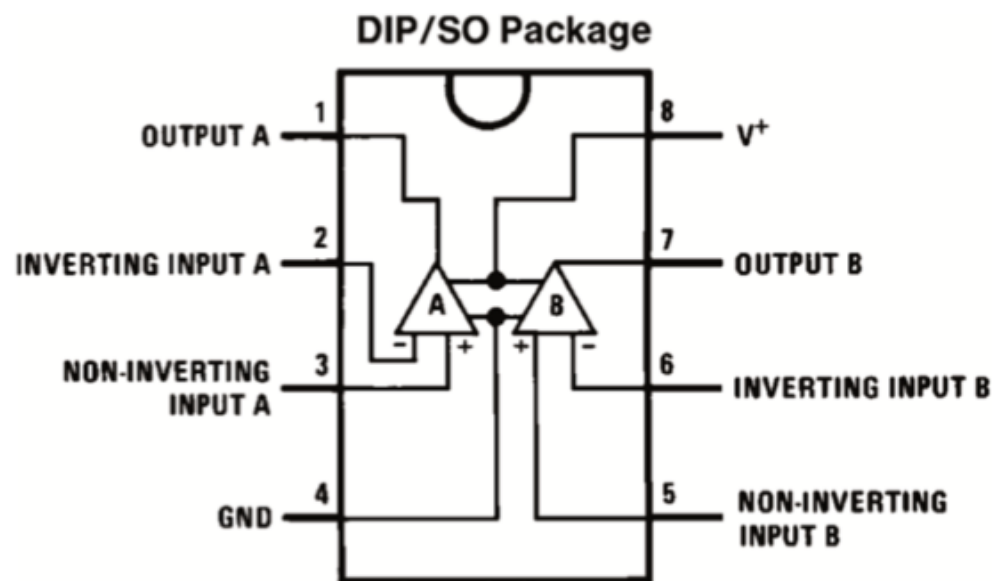
Fatelo in una parte "isolata" della scheda così non occupate tutto lo spazio.

Fate un montaggio "pulito"

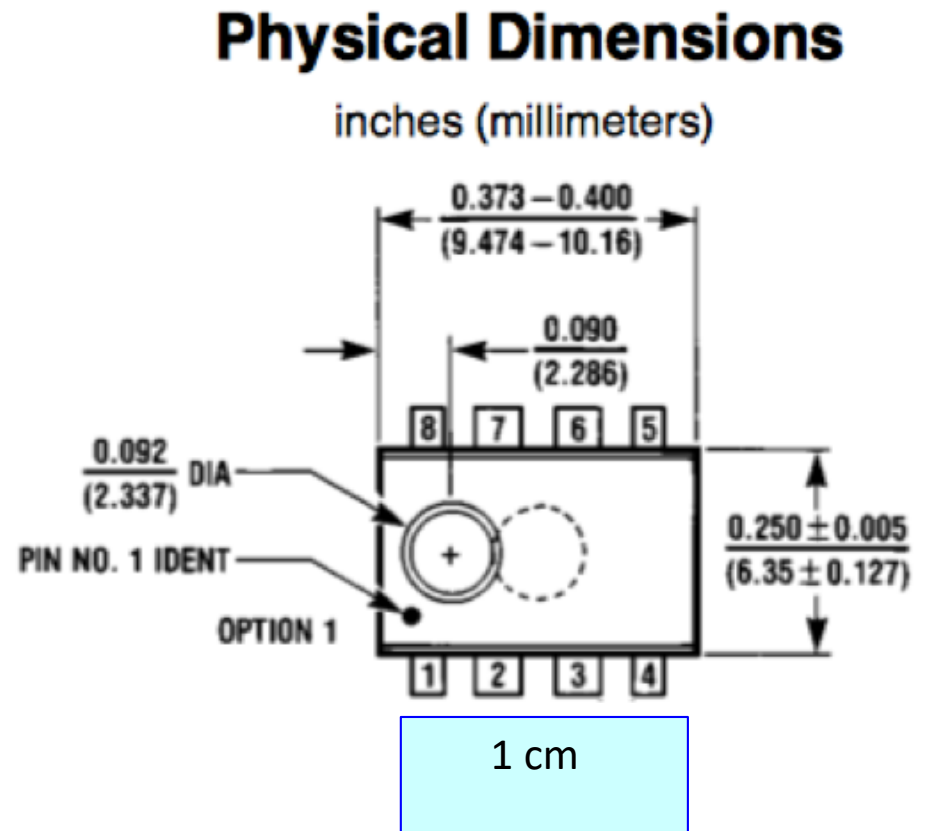
N.B. per l'esercitazione 9 potreste aver bisogno di un sommatore a 3 ingressi e non a 2. Potete provare a fare questo a 3 invece di quello a 2.

# OP-AMP LM358: piedinatura

- ❑ In laboratorio utilizzeremo l'amplificatore operazionale LM358. Si tratta di un circuito integrato a 8 piedini che contiene due amplificatori operazionali.
- ❑ Questo op-amp può funzionare con alimentazione singola positiva e ground, ma è preferibile usare la doppia alimentazione collegando il negativo sul ground.
- ❑ La differenza tra le due tensioni deve essere inferiore a 32 V, quindi ad esempio si può usare  $\pm 15$  V.
- ❑ L'amplificatore non può erogare correnti elevate, quindi le resistenze della rete di reazione non possono essere troppe piccole.

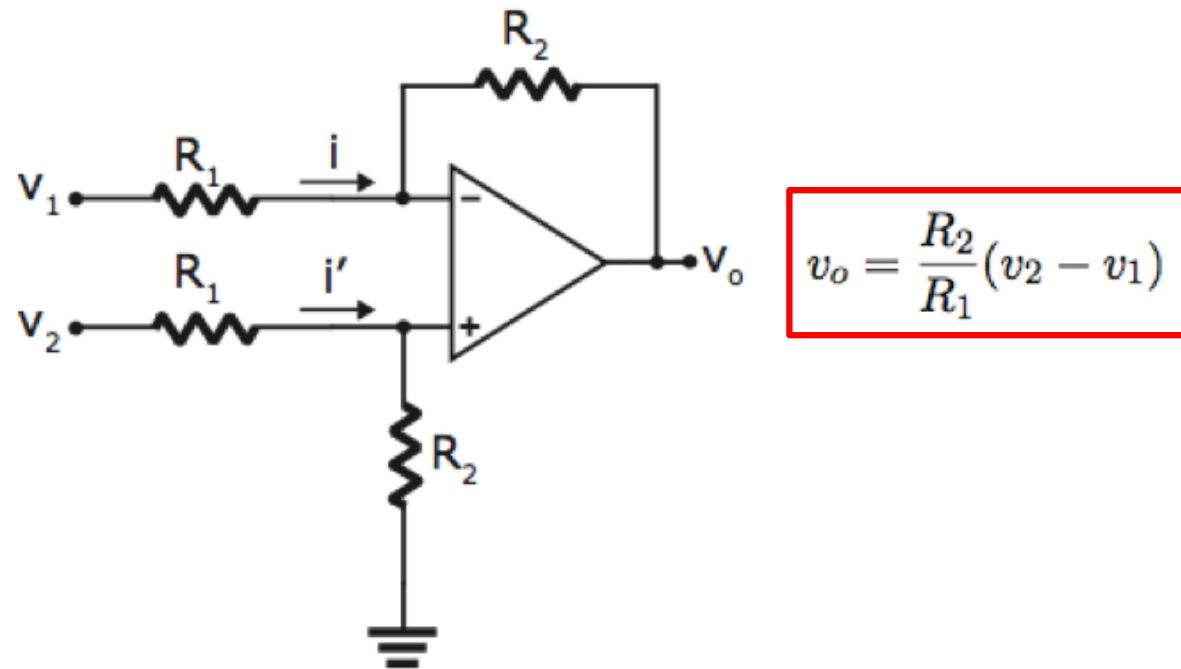


L'integrato è visto dall'alto



1 cm

# Amplificatore differenziale



## 5.2 Progettazione e montaggio

Progettare e montare un circuito amplificatore differenziale con  $G=5$  come in Fig. 5.1. Misurare l'amplificazione differenziale  $A_d$ , quella di modo comune  $A_c$  ed il Common Mode Rejection Ratio (CMRR),  $\rho = \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$ . Confrontare i risultati con le attese.

# Misure amplificatore differenziale

Possiamo misurare direttamente  $A_c$  inviando lo stesso segnale ai due ingressi. Ci aspettiamo che  $A_c$  sia piccola, quindi l'ampiezza del segnale d'ingresso deve essere convenientemente grande per ottenere un buon segnale di uscita.

Viceversa, l'amplificazione differenziale deve essere ricavata misurando separatamente le due amplificazioni  $A_1$  e  $A_2$ , dove

$$A_1 = \frac{v_o}{v_1} \quad \text{con} \quad v_2 = 0$$

$$A_2 = \frac{v_o}{v_2} \quad \text{con} \quad v_1 = 0$$



$$A_d = (A_1 - A_2)/2$$

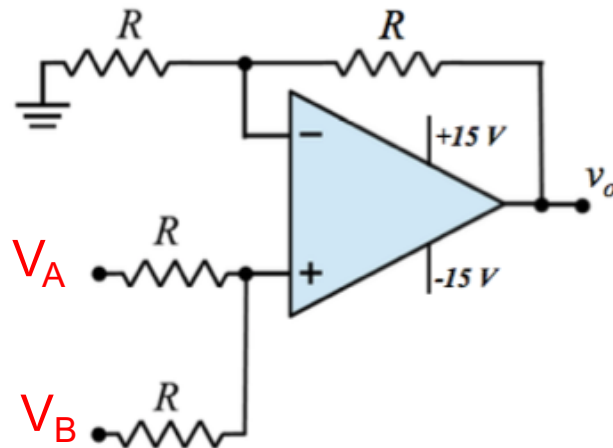
In pratica si deve inviare lo stesso segnale ai due ingressi alternativamente e misurare il valore sull'uscita  $v_o$ .

Quando si effettuano le misure connette a massa l'ingresso non utilizzato. A questo punto possiamo ricavare  $\rho$  il Common Mode Rejection Ratio (CMRR).

Conviene effettuare queste misure a media frequenza, verificando che i valori trovati siano, almeno come ordine di grandezza, in accordo con i valori attesi (è bene verificare le misure per due o tre valori di frequenza, vogliamo essere sicuri di non trovarci vicini alla frequenza di taglio superiore del circuito, che può essere anche relativamente bassa). Ci aspettiamo di trovare, per  $A_1$  e  $A_2$ , due valori molti simili in valore assoluto, ma di segno opposto;  $A_d$  rappresenta in sostanza la media dei due valori assoluti, mentre  $A_c$  è la differenza. Quindi è chiaro che il circuito è tanto migliore quanto più  $A_1$  e  $A_2$  sono vicini (sempre in valore assoluto!). Si noti che le amplificazioni in singola di questo circuito sono elevate, quindi va verificato che il segnale in uscita non sia distorto. In tal caso occorre ridurre opportunamente l'ampiezza del segnale d'ingresso.

Da tutte le considerazioni qui esposte è chiaro che queste misure sono delicate, vanno quindi eseguite con cura.

# Sommatore non invertente



$$v_o = \frac{R+R}{R} \cdot \frac{R}{2} \cdot \left[ \frac{V_A}{R} + \frac{V_B}{R} \right] = V_A + V_B$$

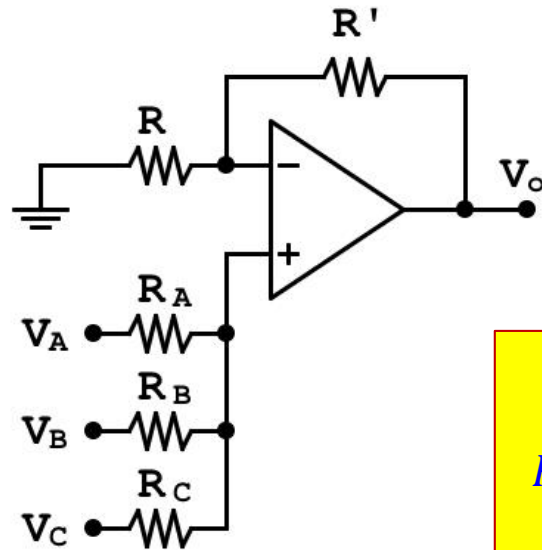
Progettare e montare un circuito sommatore non-invertente a due ingressi come indicato in Fig. 5.2 utilizzando l'amplificatore operazionale LM358. In fase di progettazione si tenga conto che quando si sommano i segnali di ingresso:

$V_{out} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{R'}{R} \right) (S1 + S2)$ . Dato che il valore della tensione di alimentazione vale  $\pm 15$  V si deve rispettare la relazione  $V_{out}^{Max} \leq 15V$  se si vuole mantenere il sommatore nella

L'ingresso

corretta regione di lavoro. Misurare le amplificazioni dei due ingressi cortocircuitando l'uscita non utilizzata. Verificarne il comportamento del circuito utilizzando come segnali d'ingresso da sommare un'onda sinusoidale ed un livello costante di 5V (ricavato, mediante un trimmer) da una delle alimentazioni, oppure due onde sinusoidali (utilizzando anche il secondo generatore di funzioni disponibile sul banco). In quest'ultimo caso, scegliendo le frequenze delle due onde poco diverse tra loro, potrete osservare all'oscilloscopio il fenomeno del battimento. Al termine dell'esperienza non smontare il circuito che verra' utilizzato nell'esercitazione n. 9.

# Sommatore non invertente a 3 ingressi

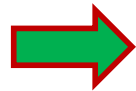


$$V_o = \frac{R'+R}{R} \cdot R_K \cdot \left[ \frac{V_A}{R_A} + \frac{V_B}{R_B} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \right]$$

Scegliete

$$R_A = R_B = R_C = R_i = 1 \text{ k}\Omega \quad (\text{ad esempio})$$

$$R' = 2 \cdot R$$



$$V_o = \frac{3R}{R} \cdot \frac{R_i}{3} \cdot \frac{1}{R_i} \cdot (V_A + V_B + V_C)$$

1. Misurate separatamente l'amplificazione di ciascun canale mandando un segnale solo su un ingresso e cortocircuitando gli altri due a massa.
2. Mandate tre segnali continui sui tre ingressi e verificate che l'uscita sia la somma dei tre
3. Mandate due segnali sinusoidali su due ingressi e cortocircuitate il terzo a massa e verificate il fenomeno dei battimenti
4. Mandate un'onda quadra su un ingresso e un segnale sinusoidale di ampiezza piu' piccola e frequenza piu' grande su un altro ingresso (cortocircuitate sempre il terzo) e verificate sull'oscilloscopio cosa ottenete.



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

## Fine esercitazione 4