

# Amplificatore operativo

Prof. Hajj Ali

<https://digilander.libero.it/alihajj/>

<https://www.youtube.com/@alihajj9994>

Per info

[hajjali2000@yahoo.it](mailto:hajjali2000@yahoo.it)

# Amplificatore differenziale

**L'amplificatore differenziale** ad anello chiuso è usato per ottenere un segnale in uscita proporzionale alla differenza di due segnali in ingresso (Figura 1).

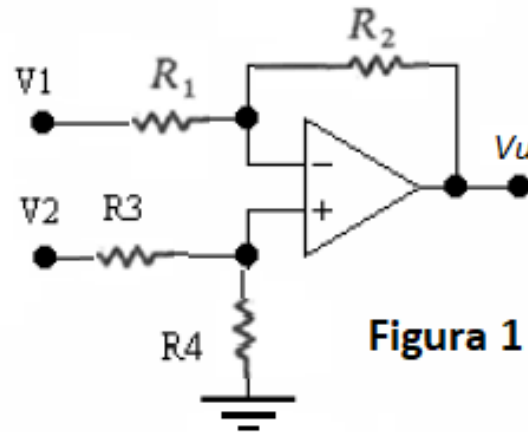


Figura 1

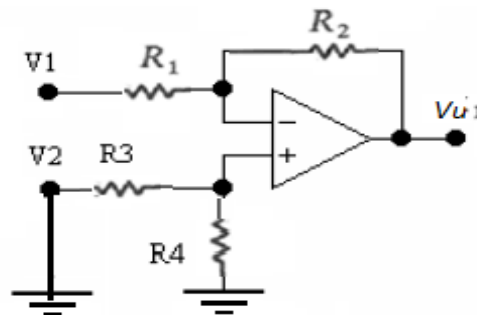
Questa configurazione, rispetto a quella ad anello aperto, evita di far lavorare l'amplificatore operazionale in  **saturazione**  e consente di  **pesare la differenza dei segnali d'ingresso**  in funzione dei valori delle resistenze esterne.

# Amplificatore differenziale - dimostrazione

Il **calcolo dell'uscita** si ottiene applicando il teorema della **sovrapposizione degli effetti**, consiste di attivare un ingresso alla volta e ricavare l'uscita parziale corrispondente, l'uscita finale è la somma delle uscite parziali.

## Dimostrazione:

1)  **$V_2 = 0$  e  $V_1 \neq 0$** : la configurazione è quella di un **amplificatore invertente**.



Il guadagno:  $G_1 = V_{o1} / V_1 = -R_2 / R_1$   
La prima tensione parziale di uscita è:

$$Vu1 = - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_1$$

# Amplificatore differenziale - dimostrazione

2)  **$V_1 = 0$  e  $V_2 \neq 0$** , la configurazione è di un **amplificatore non invertente**.

Il guadagno:  **$G_2 = V_{u2} / V_x = 1 + (R_2 / R_1)$**

La seconda tensione parziale di uscita è:

$$V_{u2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_x$$

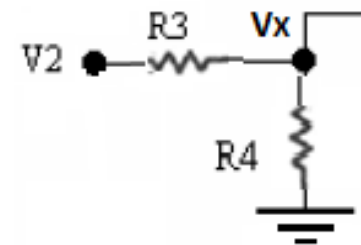
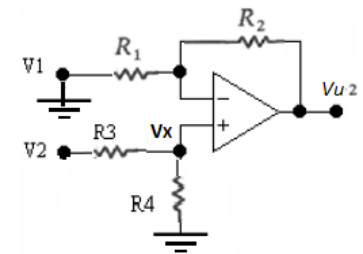
$V_x$  è collegata a  $V_2$  attraverso il partitore  $R_3$  e  $R_4$

$$V_x = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_2$$

$$V_{u2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_2$$

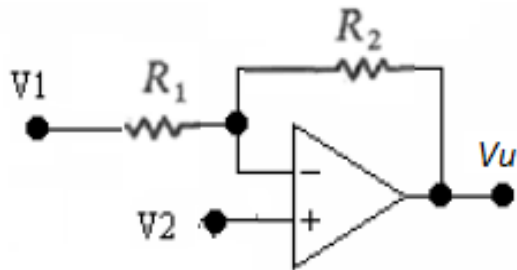
La tensione di uscita è la somma delle due tensioni parziali

$$V_u = V_{u1} + V_{u2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_2 - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_1$$



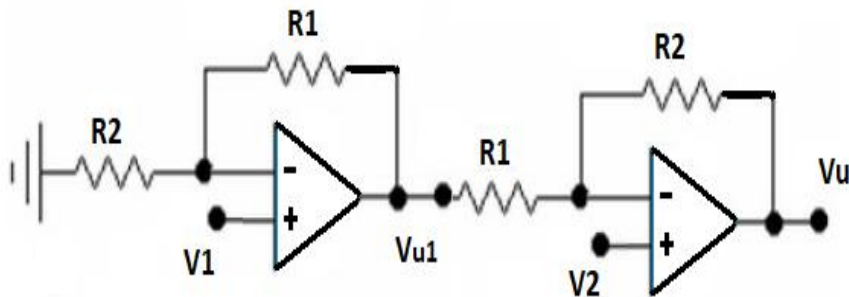
# Amplificatore differenziale speciale

- 1) **La configurazione (a):** è formata dalla sovrapposizione di due amplificatori: non invertente e invertente. Nella formula dell'uscita, il primo guadagno è sempre maggiore di 1 rispetto al secondo.



$$V_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_2 - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_1$$

- 2) **La configurazione (b):** Amplificatore differenziale a due stadi



$$V_u = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot (V_2 - V_1)$$

# Amplificatore differenziale di strumentazione

Questo dispositivo viene utilizzato nel caso dell'amplificazione di segnali che richiedono elevata precisione (esempio campo medico).

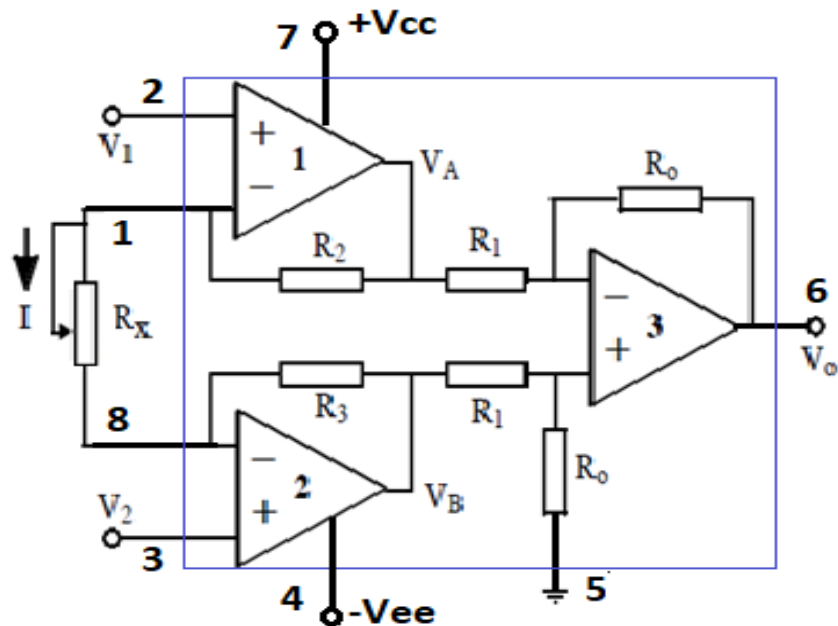
Il circuito è formato:

1 e 2) differenziali speciali

**La configurazione (a)**

3) Amplificatore differenziale

Il guadagno del componente è regolabile utilizzando una sola resistenza di ingresso esterna  $R_X$ , mentre tutti gli altri componenti sono all'interno del circuito integrato (INA128 o INA129).



# Amplificatore differenziale di strumentazione

## 1 e 2) differenziali speciali :

### Blocco 1)

$$V_A = (1 + R_2/R_x)V_1 - (R_2/R_x)V_2$$

$$V_A = V_1 - R_2(V_2 - V_1)/R_x$$

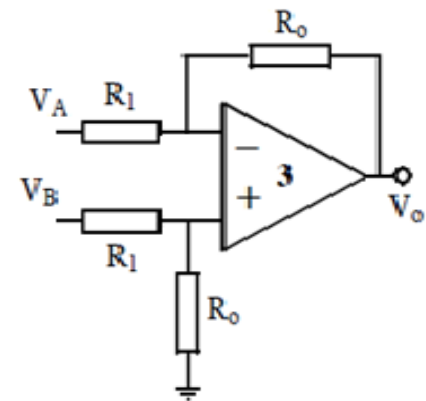
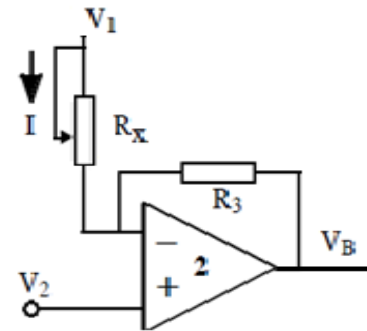
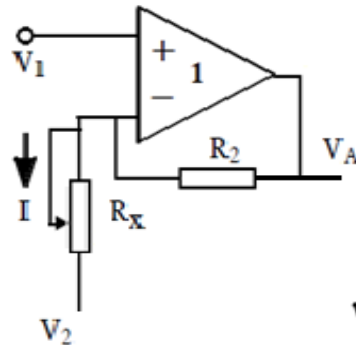
### Blocco 2)

$$V_B = (1 + R_3/R_x)V_2 - (R_3/R_x)V_1$$

$$V_B = V_2 + R_3(V_2 - V_1)/R_x$$

### Blocco 3) Amplificatore differenziale

$$V_0 = (R_0/R_1)(V_B - V_A)$$



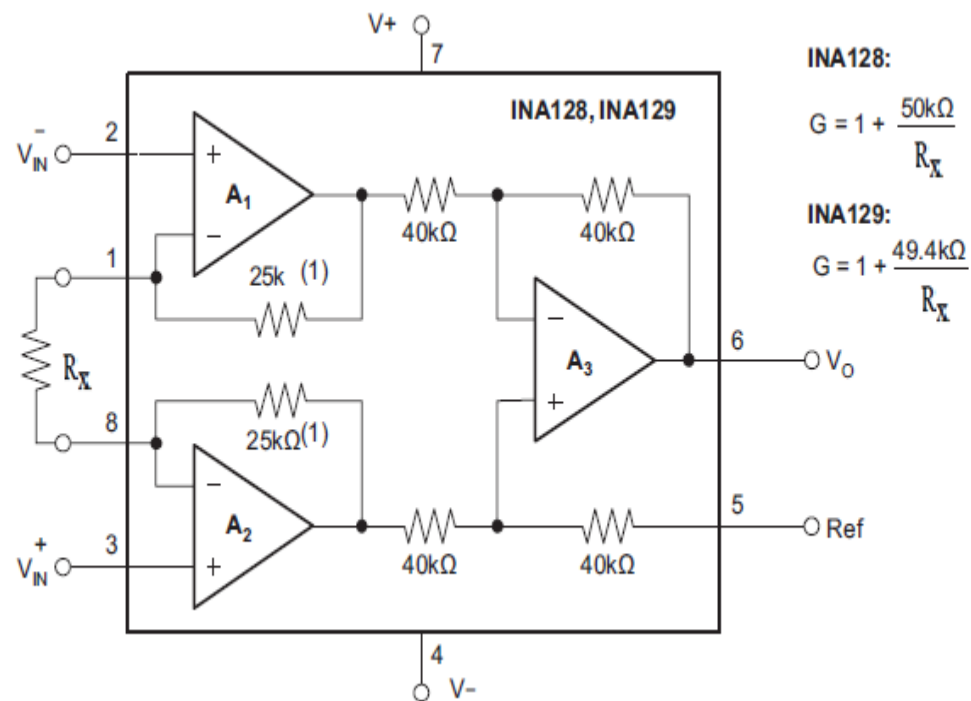
# Amplificatore differenziale di strumentazione

**Il risultato finale della tensione di uscita è:**

$$V_0 = (R_0/R_1)(V_B - V_A) = (R_0/R_1)[1 + (R_2 + R_3)/R_X](V_2 - V_1)$$

Il guadagno di questo circuito, che è anche detto “**differenziale da strumentazione**”, può essere aggiustato con un solo potenziometro, senza influenzare il bilanciamento.

Di solito si pone  $R_2 \approx R_3$ , ed una resistenza in serie ad  $R_X$  per limitare il guadagno del primo stadio. Esempio (vedi figura)





# Amplificatore differenziale di strumentazione

## L'amplificatore di strumentazione é caratterizzato da:

- una elevata impedenza di ingresso;
- basse correnti di polarizzazione (bassa tensione di offset);
- elevata CMRR: reiezione della tensione di modo comune (non amplifica rumori grandezza comune ai due input);
- ingressi differenziali ben bilanciati
- caratteristiche elettriche stabili al variare della temperatura.