

AMPLIFICATORI OPERAZIONALI

1

Configurazione invertente

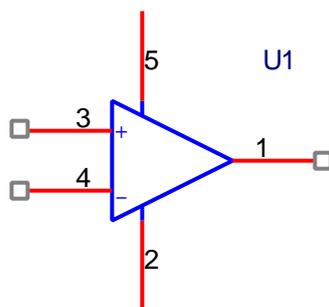
3

Configurazione non invertente

6

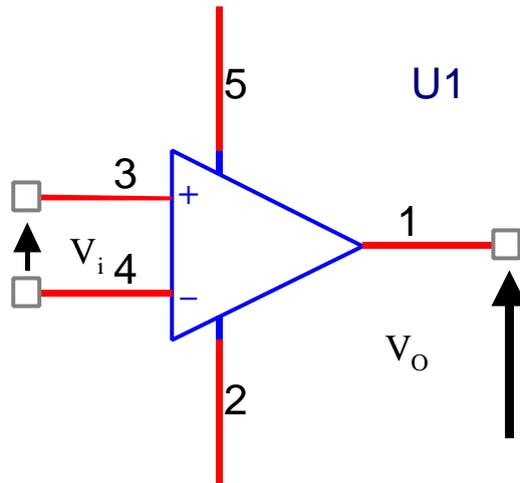
AMPLIFICATORI OPERAZIONALI

Un amplificatore operazionale è un dispositivo integrato il cui simbolo circuitale è il seguente

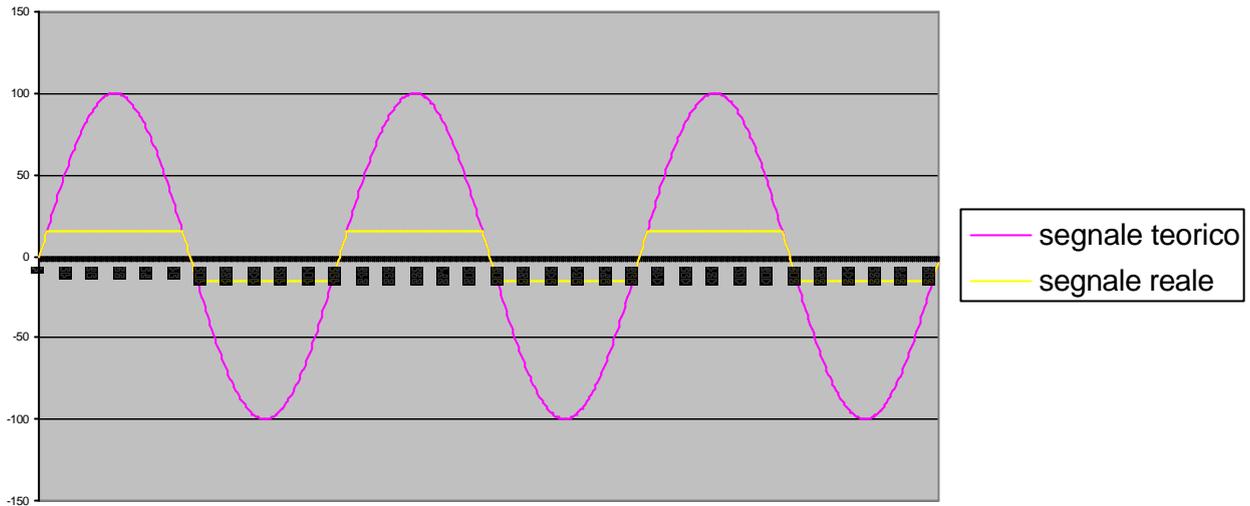


il morsetto 1 è il morsetto di uscita. La tensione di uscita andrà prelevata fra questo morsetto e la massa del circuito in cui esso è inserito. Abbiamo poi i due morsetti di ingresso 3 e 4. il morsetto indicato con il segno + è detto morsetto non invertente, l'altro è detto morsetto invertente. I morsetti 5 e 2 sono morsetti di alimentazione, l'operazionale, infatti, nella generalità dei casi necessita di un'alimentazione simmetrica duale.

Teoricamente tale dispositivo dovrebbe amplificare il segnale presente fra i due morsetti di ingresso



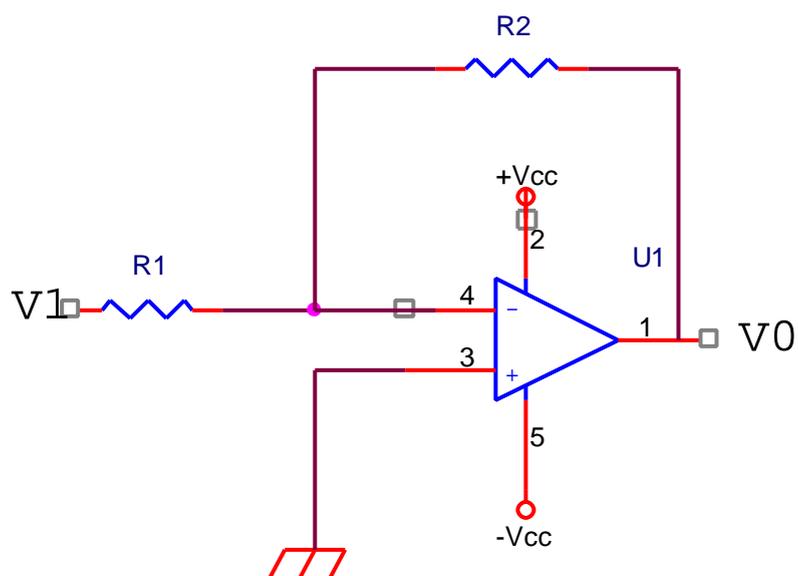
il guadagno $A_{VO} = V_o/V_i$ detto guadagno ad anello aperto, è però, un valore elevatissimo, dell'ordine di 10^5 . Ciò comporta che l'operazionale non si può utilizzare in questo modo per amplificare segnali. Supponiamo, ad esempio, di voler amplificare un segnale sinusoidale la cui ampiezza massima sia 1 mV. Dovremmo avere in uscita un segnale di ampiezza pari a 100 V, ma questo è improponibile. Nella realtà il segnale di uscita non può superare il range di valori imposto dalla tensione di alimentazione. Se, ad esempio, l'operazionale è alimentato con tensioni di +15 e -15 volt il segnale di uscita sarà compreso fra questi valori. Per essere più precisi il valore minimo della V_o supererà di 1-2 volt il valore della tensione di alimentazione negativa mentre il valore massimo sarà inferiore di 1-2 volt rispetto al valore della tensione di alimentazione positiva. Ciò che otterremo in uscita sarà allora qualcosa del genere rappresentato nella figura seguente



Abbiamo, in pratica, una forte distorsione del segnale di ingresso con al conseguente perdita di informazioni ad esso associate. Se volevamo amplificare una canzone di Nino d'Angelo perderemmo la possibilità di ascoltare le stupende melodie.

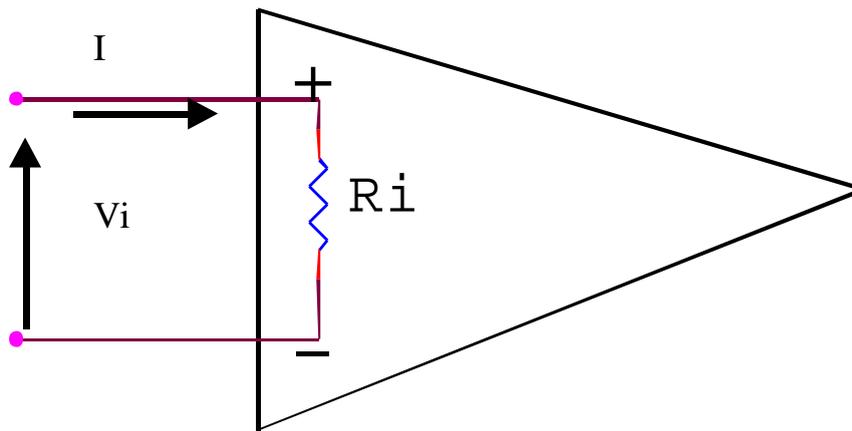
Per usare l'operazionale come amplificatore dovremo allora inserirlo una configurazione circuitale tale da limitare il guadagno di tensione.

Configurazione invertente



Per analizzare questo circuito dobbiamo introdurre delle ipotesi semplificative sull'operazionale.

1. la prima ipotesi semplificativa è di supporre A_{VO} infinito. Nella realtà come già accennato, abbiamo un guadagno elevatissimo (valori tipici 200.000).
2. la seconda ipotesi semplificativa è che la resistenza d'ingresso

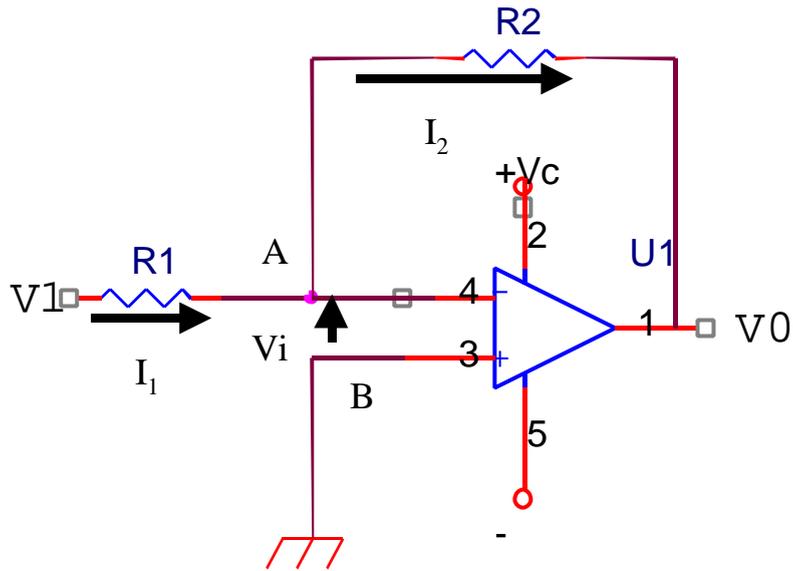


intesa come il rapporto fra la tensione d'ingresso e corrente assorbita dai morsetti d'ingresso, sia infinita. Nella realtà la R_i ha un valore elevatissimo dell'ordine del megaohm o addirittura del gigaohm.

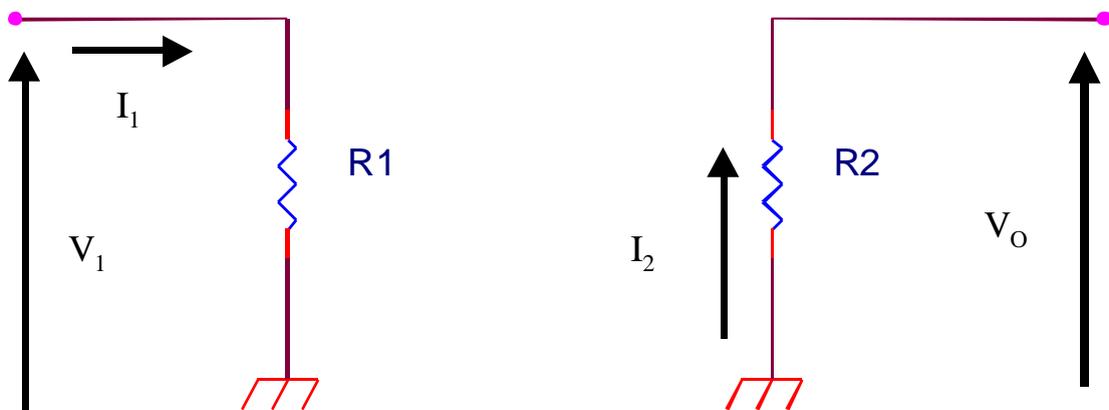
Applichiamo ora tali ipotesi al nostro circuito. Se applichiamo la prima ipotesi

osserviamo che, poiché $A_{VO} = \frac{V_o}{V_i}$, sfruttando un risultato della teoria della relatività

generale di Einstein, possiamo scrivere anche che $V_i = \frac{V_o}{A_{VO}} = \frac{V_o}{\infty} = 0$



Il fatto che V_i sia nulla comporta che i nodi A e B siano allo stesso potenziale. Poiché il nodo B è collegato a massa si trova a potenziale zero, ma allora anche A si trova a potenziale zero pur non essendo fisicamente collegata a massa. Si dice che A è a *massa virtuale*. Possiamo *drammatizzare* questa situazione nel modo seguente

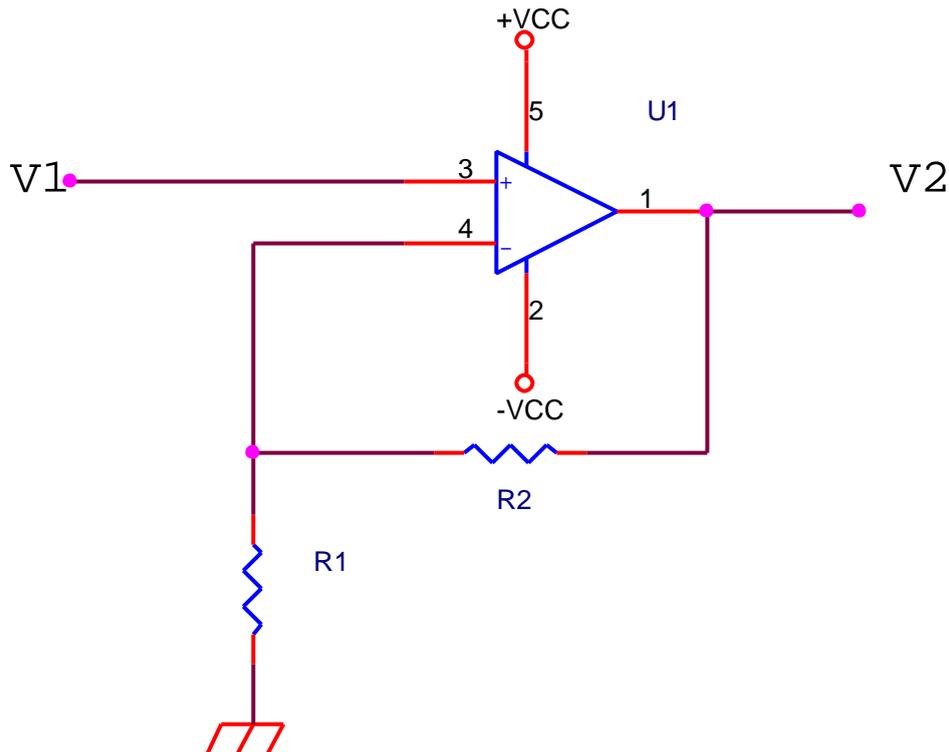


si avrà $i_1 = v_1/R_1$ e $i_2 = -v_2/R_2$. nel secondo caso il segno $-$ è dovuto al fatto che corrente e tensione non rispettano la convenzione dell'utilizzatore. Applicando la seconda ipotesi si ha che l'operazionale non assorbe corrente per cui $i_1=i_2$. In definitiva

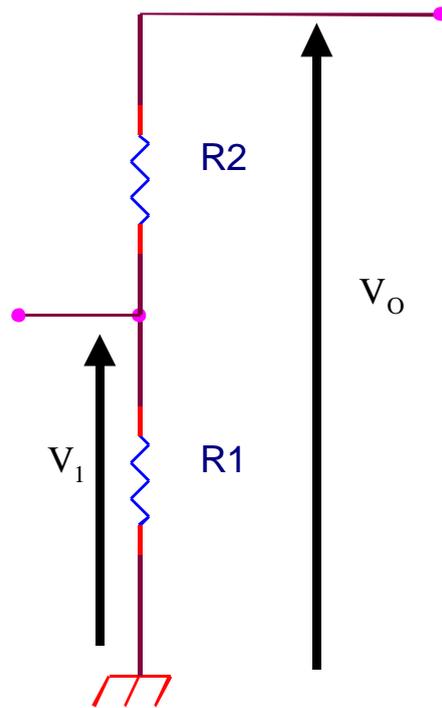
$$\frac{V_1}{R_1} = -\frac{V_o}{R_2} \Rightarrow \frac{V_o}{V_1} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Scegliendo opportunamente i valori delle resistenze possiamo realizzare il guadagno che vogliamo. Se, ad esempio $R_2 = 10 \text{ Kohm}$ e $R_1 = 1 \text{ Kohm}$ otteniamo un guadagno $A_V = 10$.

Configurazione non invertente



In questo circuito applicando 'ipotesi di considerare A_{VO} infinita abbiamo che i morsetti 3 e 4 si trovano allo stesso potenziale. Ora il morsetto 4 è collegato ad uno dei morsetti della resistenza R_1 mentre il morsetto 3 è collegato alla tensione d'ingresso V_1 . Ne deriva che la tensione ai capi di R_1 e la tensione d'ingresso coincidono. Se applichiamo la seconda ipotesi semplificativa circa la resistenza d'ingresso dell'operazionale si ha che non si ha assorbimento di corrente ai morsetti dell'operazionale, per cui nelle resistenze R_1 ed R_2 circola la stessa corrente. Le due resistenze sono dunque in serie. Possiamo riassumere la situazione nel modo seguente



Applicando la formula del partitore di tensione si ha

$$V_1 = V_0 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_1 \Rightarrow V_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_1$$