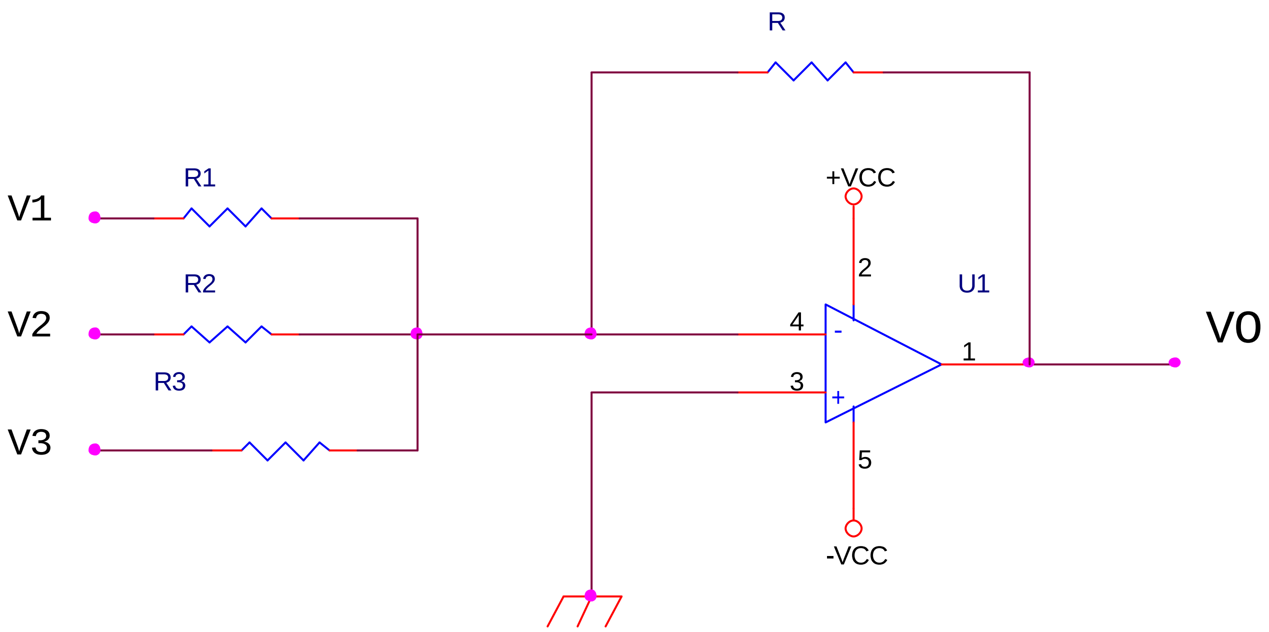
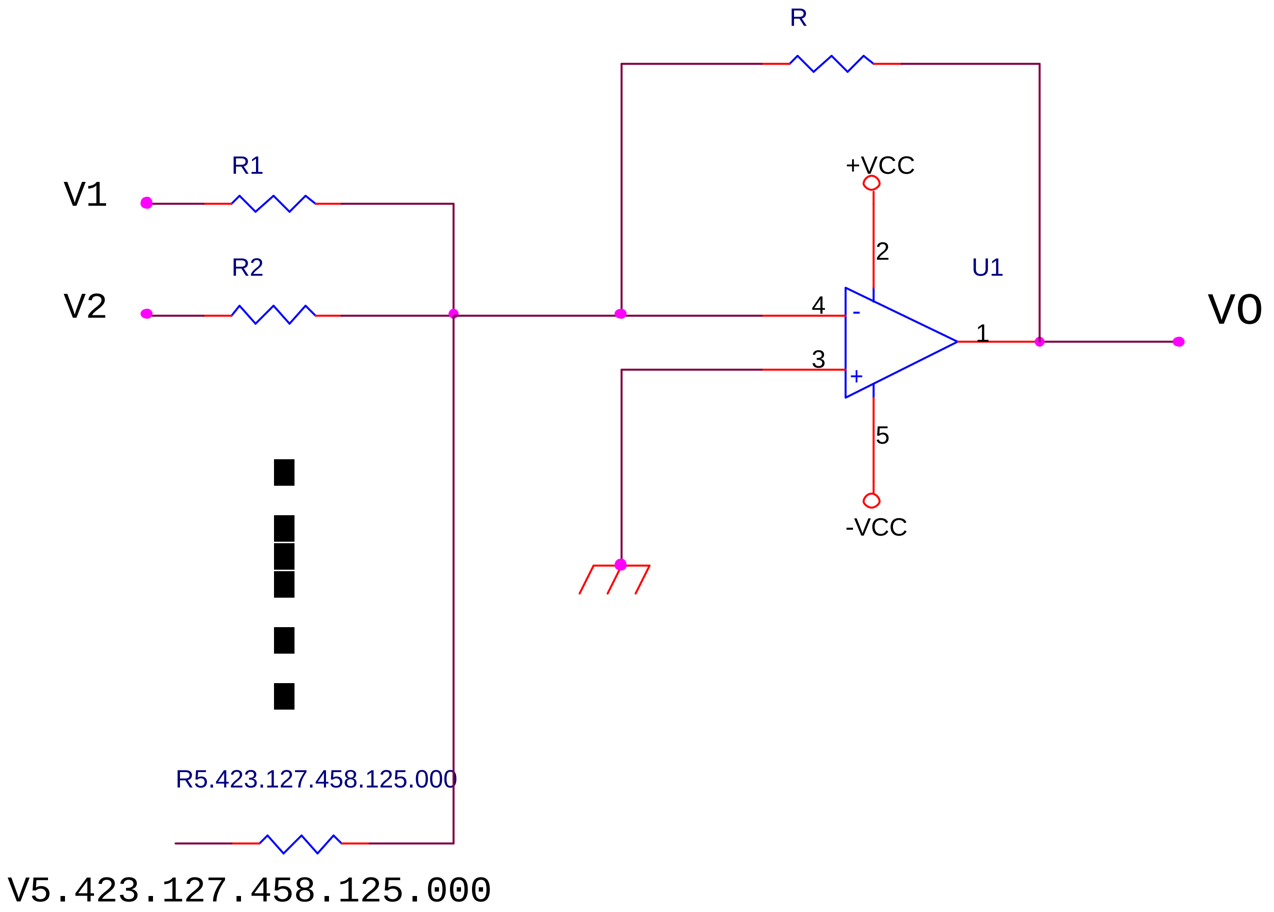
Altri circuiti con operazionali

Sommatore invertente



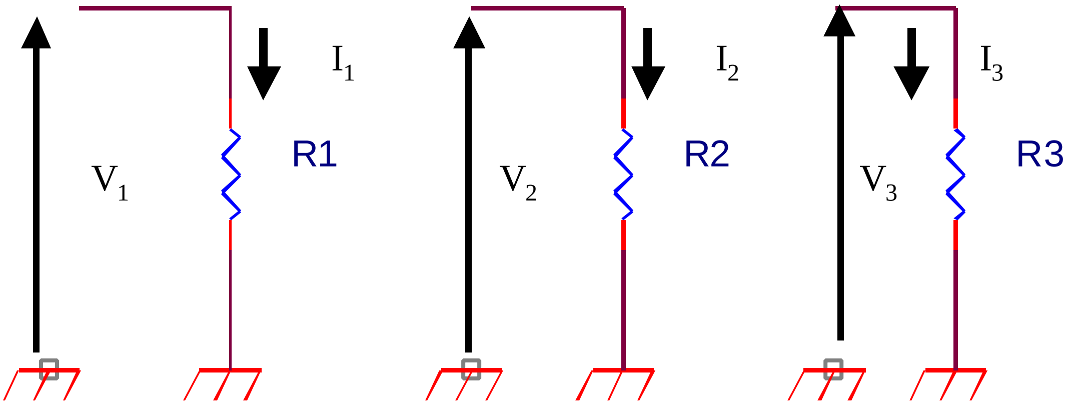
Con questo circuito possiamo ottenere in uscita un segnale che sia la combinazione lineare dei segnali d'ingresso. Con una opportuna scelta dei valori dei resistori avremmo in uscita, a meno del segno, la somma dei segnali di ingresso da cui il nome di tale configurazione. Nell'esempio di figura abbiamo un sommatore con tre ingressi. <u>*Ricordiamo per gli eventuali **DISTRATTI** che si tratta soltanto di un*</u>

ESEMPIO. IL discorso che andremo a fare ora vale per un numero qualsiasi di ingressi, anche per il seguente circuito



con un numero leggermente più alto di ingressi.

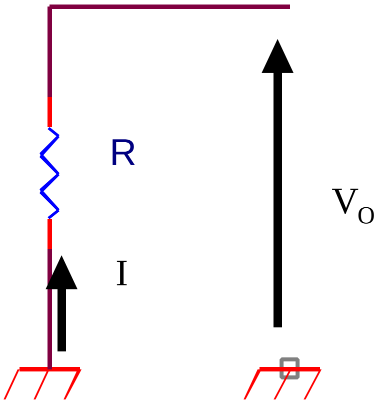
Ritornando all'esempio di tre ingressi, analizziamo il circuito usando le due ipotesi semplificative dell'operazionale ideale. L'ipotesi dell'A_{VO} infinita porta come al solito a dedurre che il morsetto 4 si trova a massa virtuale. Dal punto di vista delle tensioni posso allora disegnare tutte le resistenze d'ingresso in questo modo



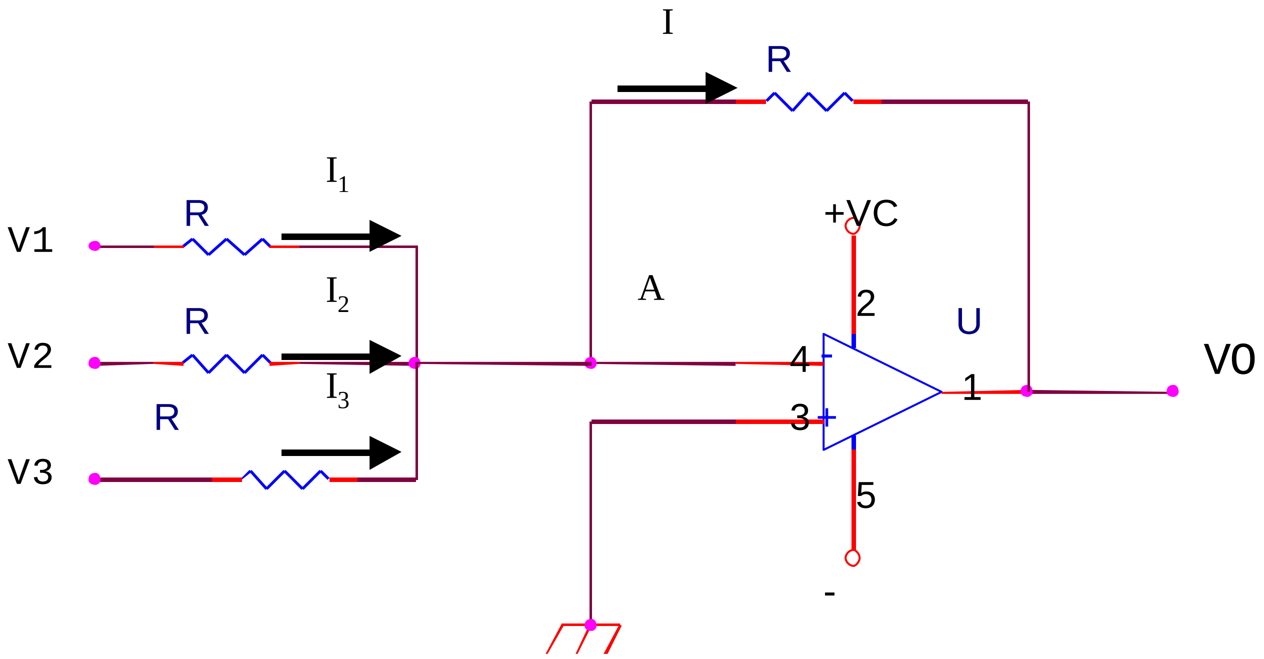
da cui, applicando i principi della meccanica relativistica e gli ultimi risultati degli studi sulle superstringhe, si ha

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_2}{R_2} \quad I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

Lo stesso discorso si può fare per la resistenza di retroazione, collegata con un morsetto a massa e l'altro alla tensione di uscita



Ora ricordiamo che, in questo disegno abbiamo che i versi convenzionali di corrente e tensione da noi scelti in virtù del principio del libero arbitrio inventato dal Padreterno, sono uguali, per cui, a causa della libera scelta fatta, abbiamo violato la convenzione dell'utilizzatore ben nota a voi tutti, noti esperti di fama mondiale, anzi nò, che dico?, di fama universale, in campo di elettrotecnica ed affini. Per tale motivo dobbiamo scrivere $I = -\frac{V_O}{R}$



Applicando il primo principio di Kirchhoff al nodo A si ha

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow -\frac{V_O}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \Rightarrow V_O = -\left(\frac{R}{R_1}V_1 + \frac{R}{R_2}V_2 + \frac{R}{R_3}V_3\right)$$

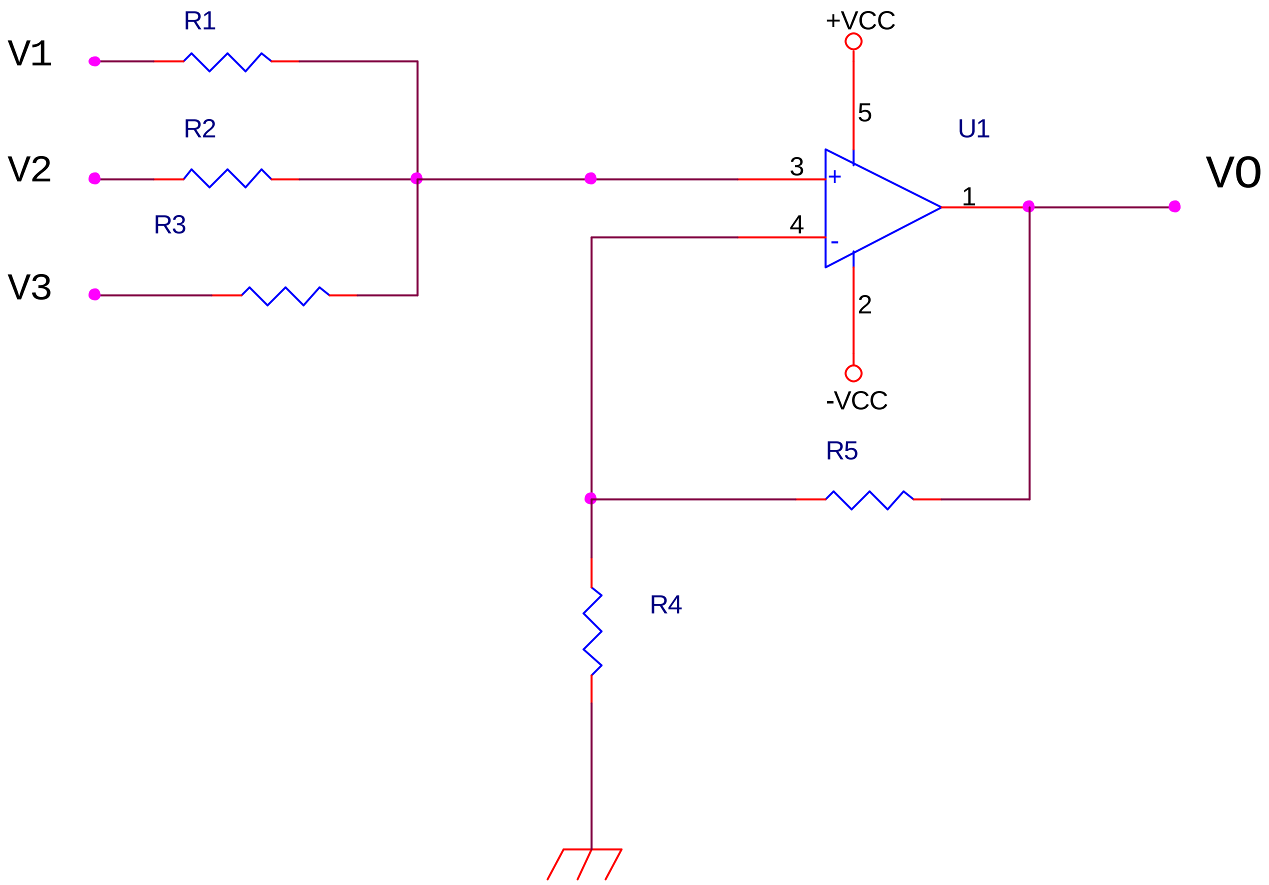
se le resistenze sono tutte uguali

$$V_O = -(V_1 + V_2 + V_3)$$

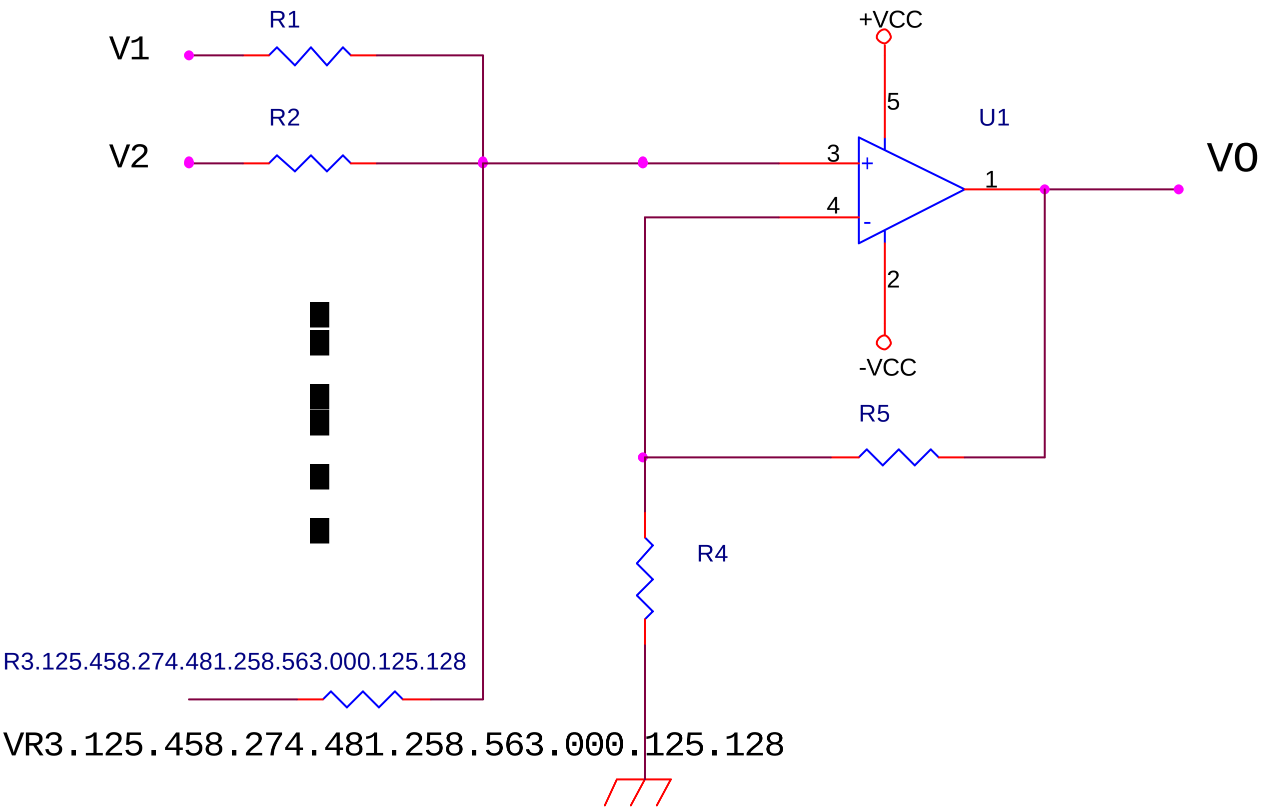
il segnale di uscita, a meno del segno, è la somma dei segnali d'ingresso.

Sommatore non invertente

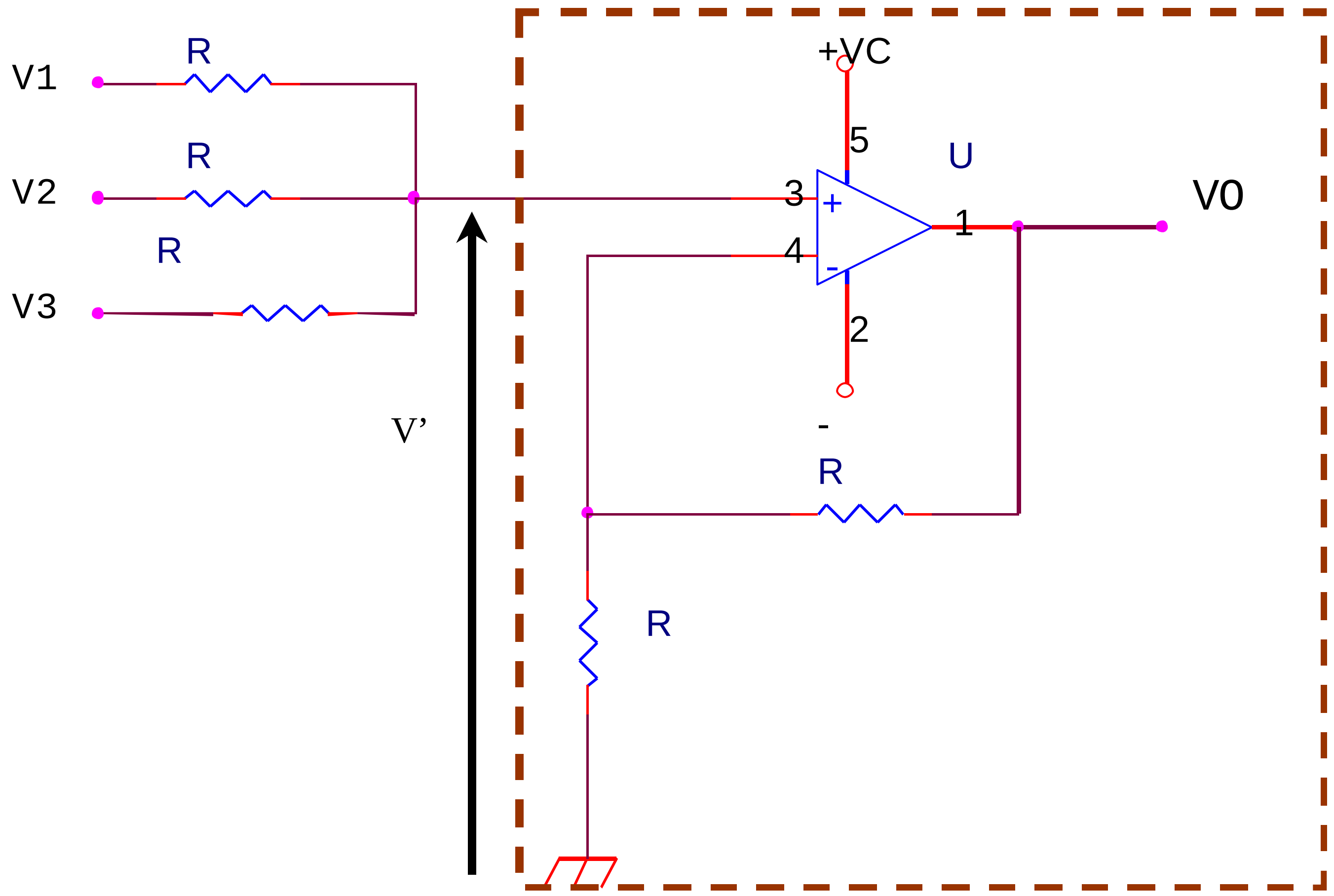
Vediamo ora un circuito analogo a quello precedente negli effetti, ma che non introduce lo sfasamento di 180°, non inverte il segnale



Anche in questo caso abbiamo tre segnali di ingresso solo come esempio. i discorsi che andremo a fare varranno anche, ad esempio, per il circuito seguente



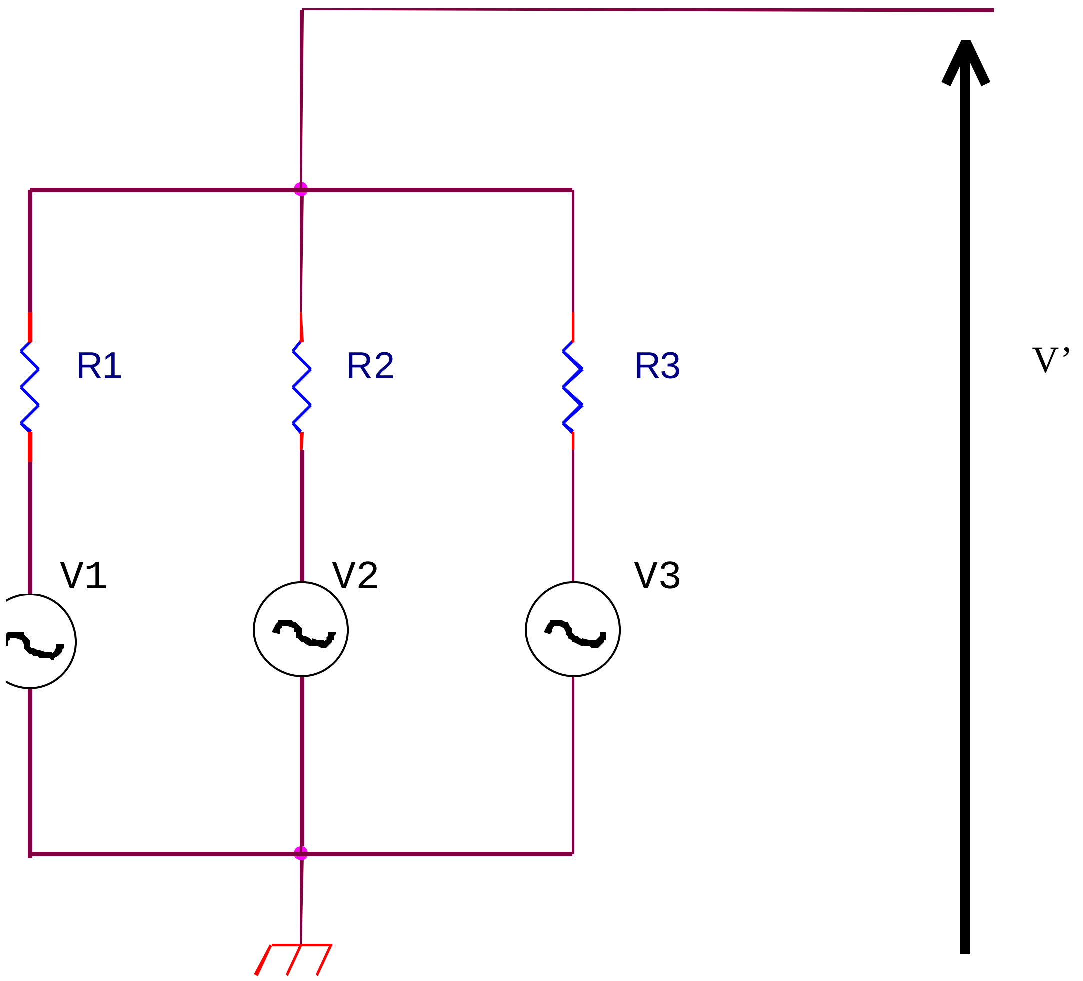
Tornando all’esempio con soli tre ingressi, per ricavare il legame fra ingresso e uscita dobbiamo notare che



la parte di circuito racchiusa nel riquadro costituisce un normale amplificatore in configurazione non invertente che amplifica la tensione V'. Dunque si ha

$$V_O = \left(1 + \frac{R_5}{R_4}\right) V'$$

Dobbiamo solo ricavare il legame fra V' e le tensioni d'ingresso. La situazione è la seguente



Abbiamo tre rami in parallelo ciascuno dei quali è costituito dalla serie di una resistenza e un generatore di tensione. Ora i lettori esperti di fisica delle particelle, buchi neri, quark e nebulose, sanno che per ricavare la tensione V’ occorre applicare il teorema di Millmann

$$V' = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

In definitiva abbiamo

$$V_O = \left(1 + \frac{R_5}{R_4}\right) \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Per fare in modo che la tensione di uscita sia esattamente pari alla somma delle tensioni di ingresso cominciamo col porre $R_1=R_2=R_3=R$

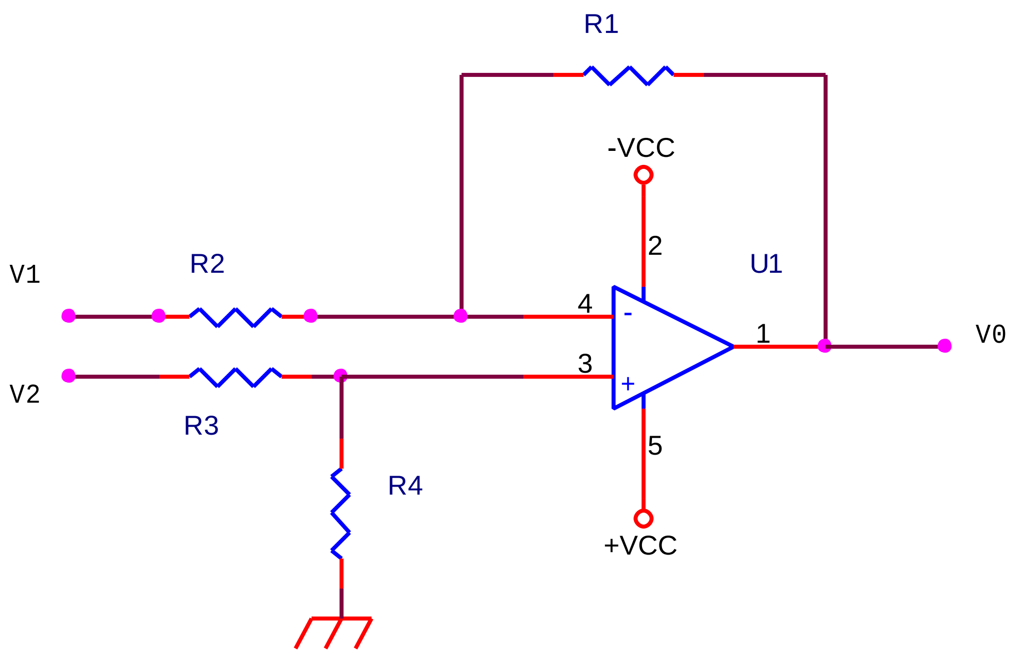
$$V_O=\left(1+\frac{R_5}{R_4}\right)\frac{\frac{V_1}{R}+\frac{V_2}{R}+\frac{V_3}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R}}=\left(1+\frac{R_5}{R_4}\right)\frac{\frac{1}{R}(V_1+V_2+V_3)}{\frac{3}{R}}=\left(1+\frac{R_5}{R_4}\right)\frac{(V_1+V_2+V_3)}{3}$$

in questo particolare circuito dobbiamo porre ora $R_5=2R_4$ in modo che il loro rapporto sia uguale a due e si abbia

$$V_O=(1+2)\frac{(V_1+V_2+V_3)}{3}=(3)\frac{(V_1+V_2+V_3)}{3}=V_1+V_2+V$$

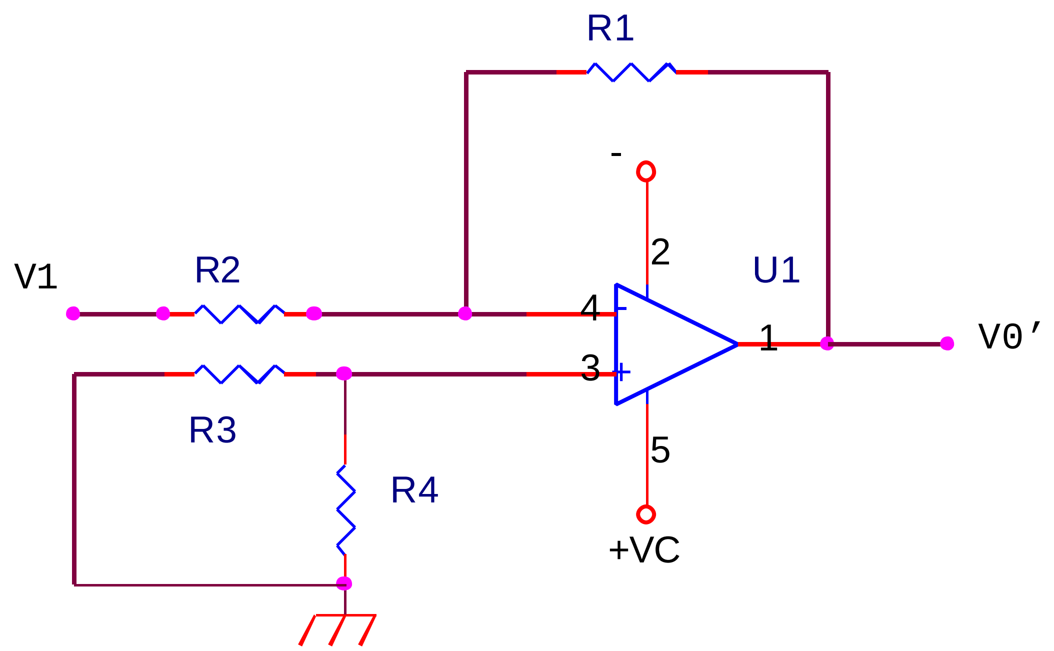
Osserviamo esplicitamente che, nella formula precedente abbiamo utilizzato un importante risultato risalente addirittura ai matematici babilonesi, secondo il quale 1 +2 fa 3. Allo stesso risultato si poteva giungere utilizzando un sofisticatissimo strumento prodotto dalle ricerche più avanzate nel campo dell'informatica e dell'astrofisica applicata, detto *pallottoliere.*

Amplificatore differenziale

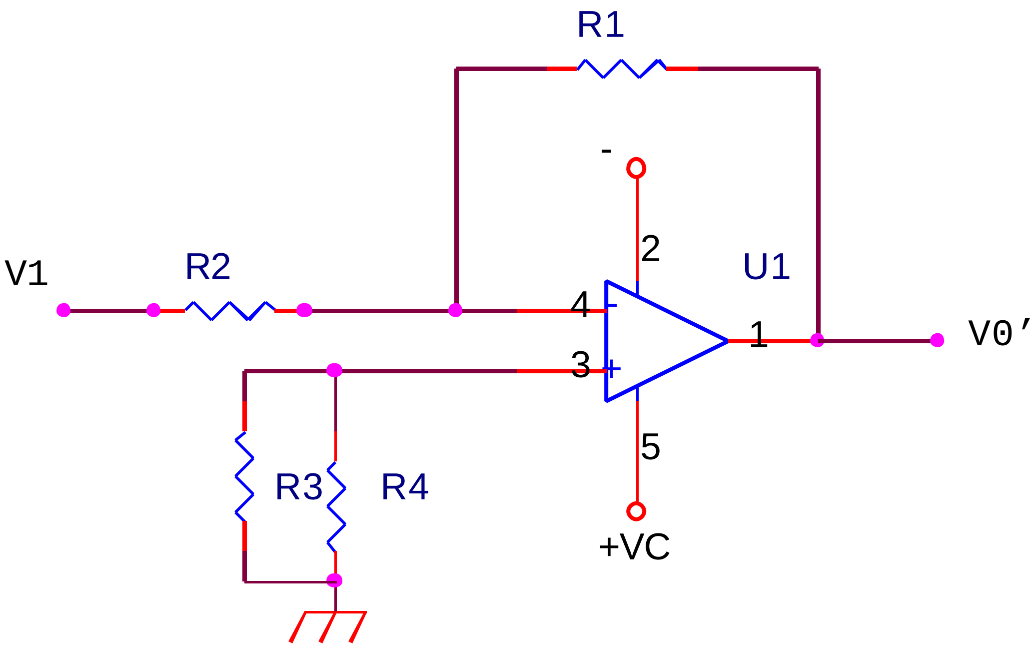


questo circuito fa in modo che la tensione di uscita sia proporzionale alla differenza fra le due tensioni di ingresso. Per studiare il legame ingresso-uscita, tenendo presente che ci troviamo di fronte ad un circuito lineare possiamo applicare il principio di sovrapposizione degli effetti.

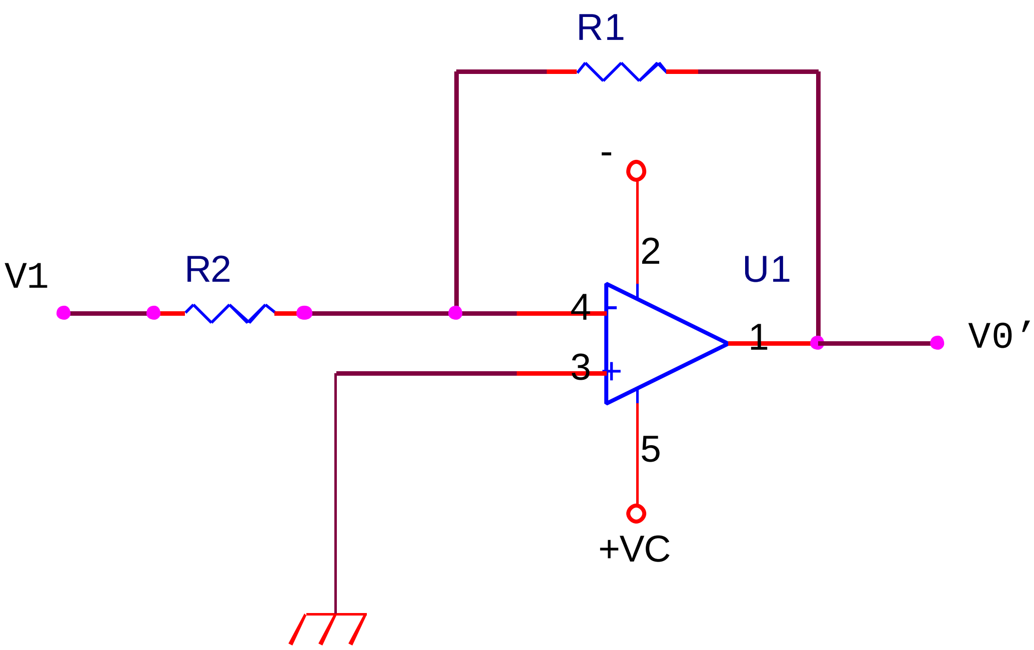
Poniamo inizialmente V_1 diverso da zero e V_2 uguale a zero e calcoliamo la V_O' in questo caso. Il morsetto di ingresso di V_2 va posto a massa



per cui il disegno diventa anche



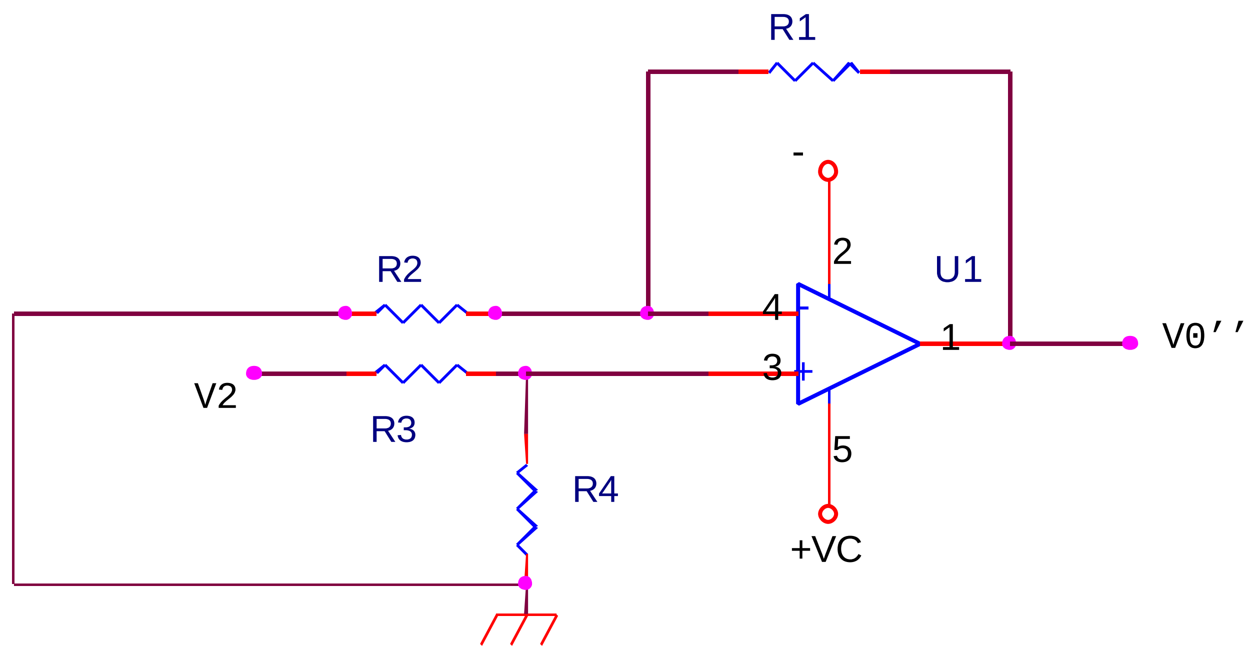
ma il parallelo fra R_3 ed R_4 si trova in serie con al resistenza d'ingresso dell'operazionale che è infinita per cui possiamo considerare nulla la sua influenza e abbiamo il seguente circuito



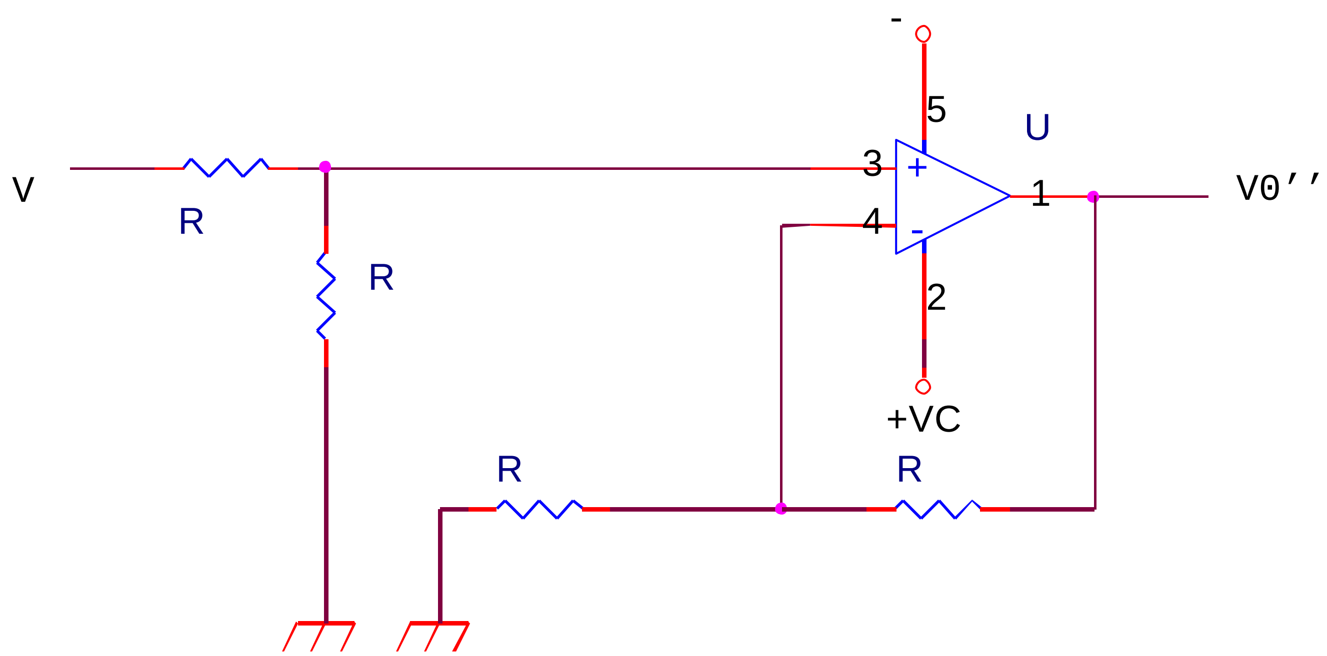
che costituisce un amplificatore in configurazione invertente. In definitiva

$$V_O' = -\frac{R_1}{R_2} V_1$$

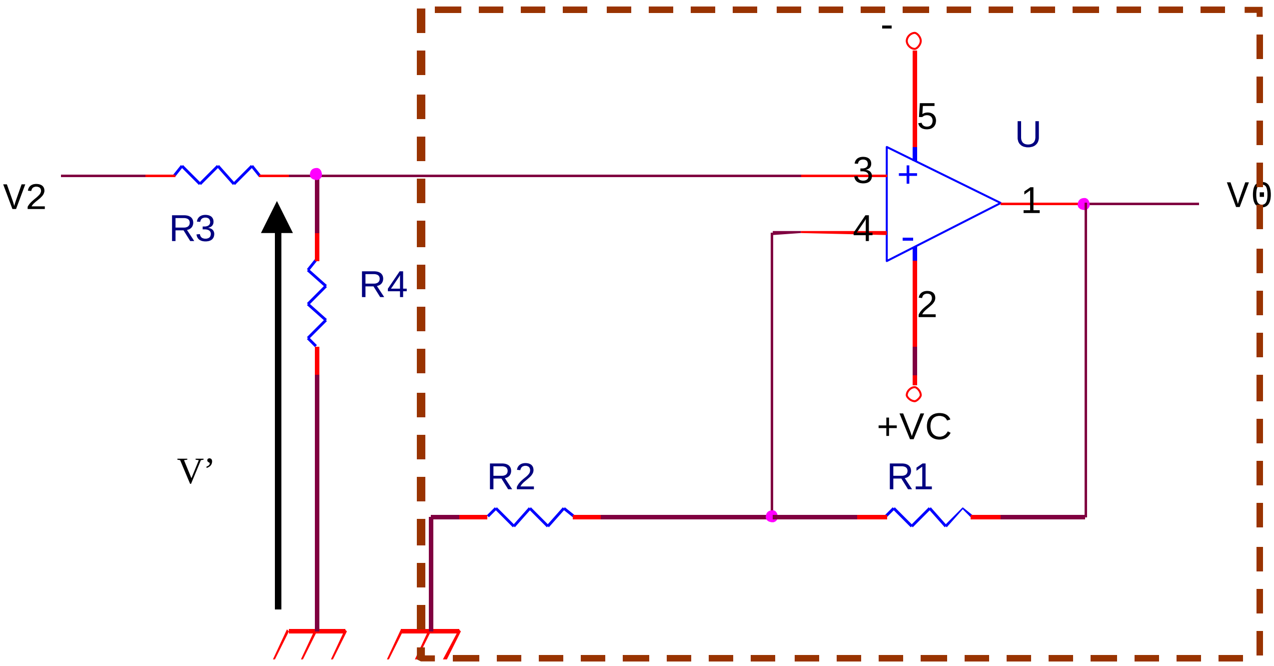
Poniamo ora V_1 uguale a zero e V_2 diverso da zero.



capovolgiamo il circuito



Notiamo che ora siamo di fronte ad un circuito amplificatore non invertente che amplifica non la V_2 ma la tensione ai capi di R_4



abbiamo allora

$$V_O''=\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)V'=\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)\frac{R_4}{R_3+R_4}V_2$$

Applicando il principio di sovrapposizione degli effetti ben noto a tutti i premi Nobel della IV A abbiamo

$$V_O=V_O'+V_O''=\left(1+\frac{R_1}{R_2}\right)\frac{R_4}{R_3+R_4}V_2-\frac{R_1}{R_2}V_1$$

se poniamo $R_1=R_2$ abbiamo

$$V_O=V_O'+V_O''=(1+1)\frac{R_4}{R_3+R_4}V_2-V_1=2\frac{R_4}{R_3+R_4}V_2-V_1$$

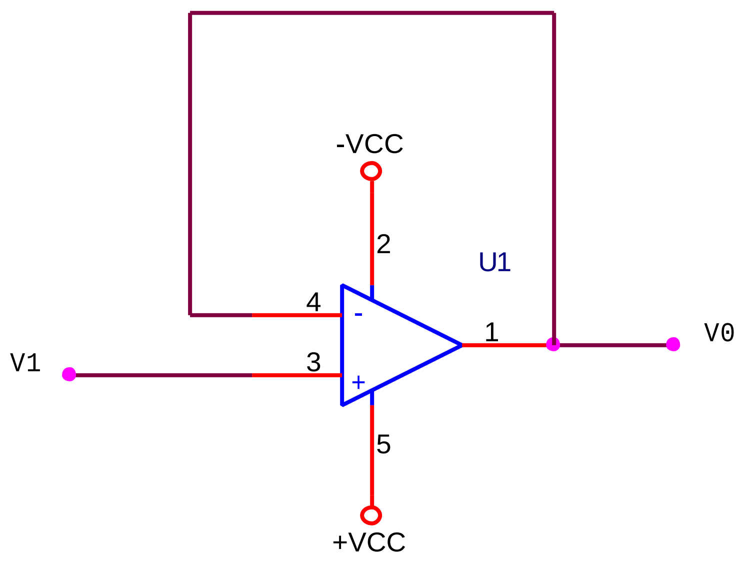
risultato ottenuto utilizzando i più potenti supercomputer della NASA.

Grazie alla vostra incommensurabile, stratosferica, oceanica, immensa, infinita, ecc., ecc. , genialità vi renderete conto che se poniamo $R_3=R_4$, otteniamo

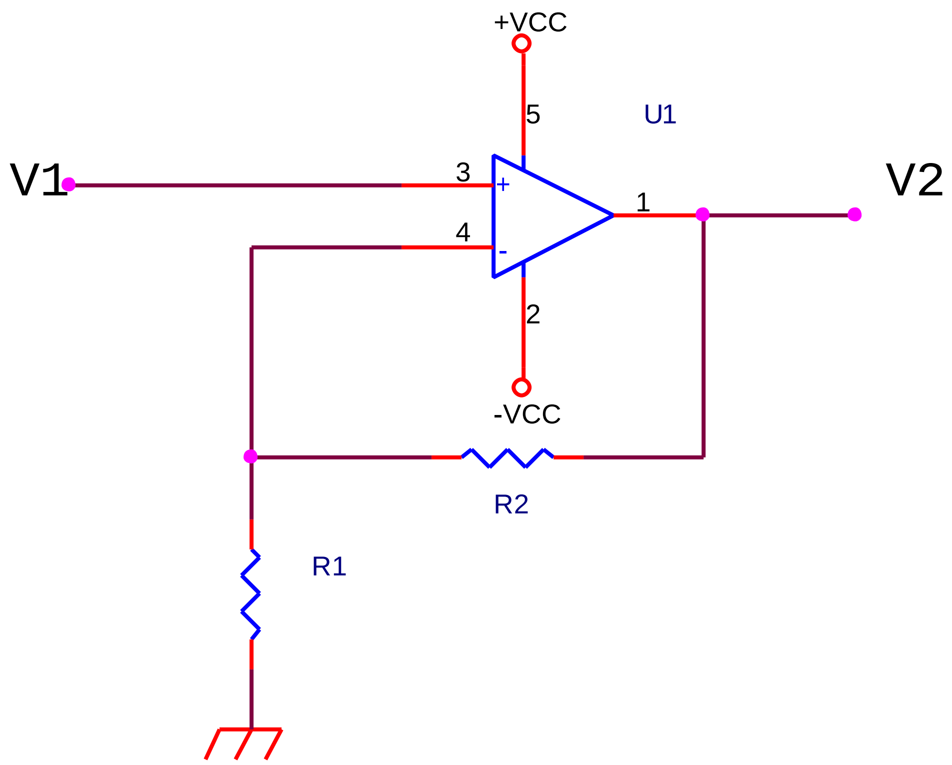
$$V_O=2\frac{1}{2}V_2-V=V_2-V_1$$

in quest'ultimo passaggio abbiamo fatto ricorso ad un risultato dell'algebra booleana detto *semplificazione*. Vediamo, dunque, che la tensione di uscita è pari alla differenza fra le tensioni di ingresso.

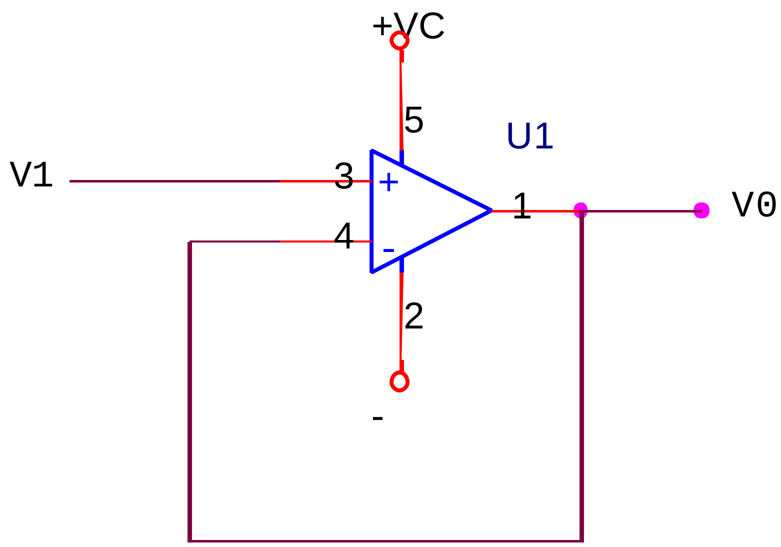
Buffer



questo circuito è detto anche inseguitore di tensione poiché la tensione di uscita è esattamente pari alla tensione di ingresso: $V_O=V_1$. Basta osservare che ci troviamo di fronte ad una configurazione non invertente



in cui R_2=0 e R_1 non c'è, il che equivale a dire che abbiamo messo una resistenza di valore infinito.



Ho girato il circuito nel caso che fra i geni si nasconda qualcuno poco intuitivo.

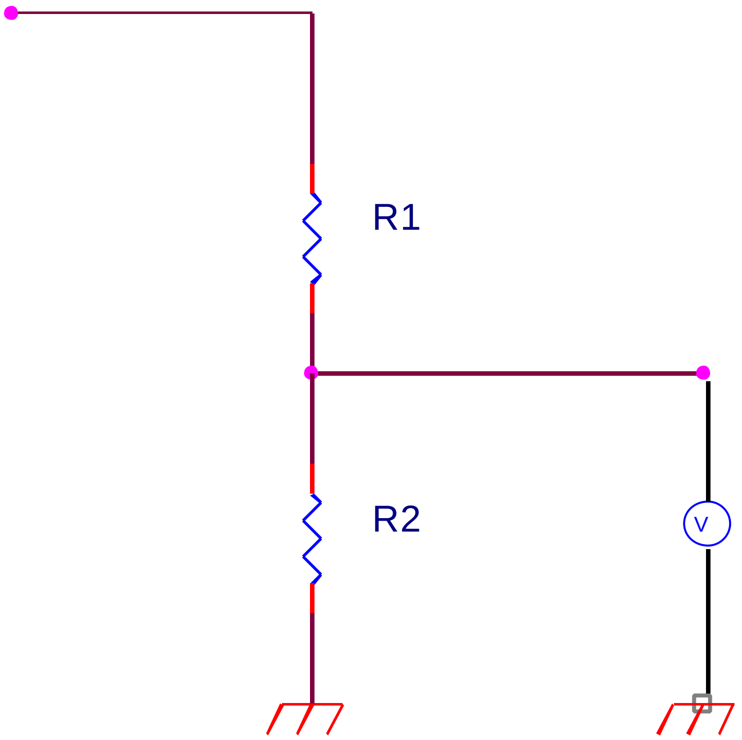
Applicando la formula

$$V_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_1 = \left(1 + \frac{0}{\infty}\right)V_1 = (1+0)V_1 = V_1$$

ci scusiamo con i matematici se abbiamo usato un linguaggio impreciso benché efficace, ma non avevamo alcuna voglia di metterci a parlare di limiti e quant'altro.

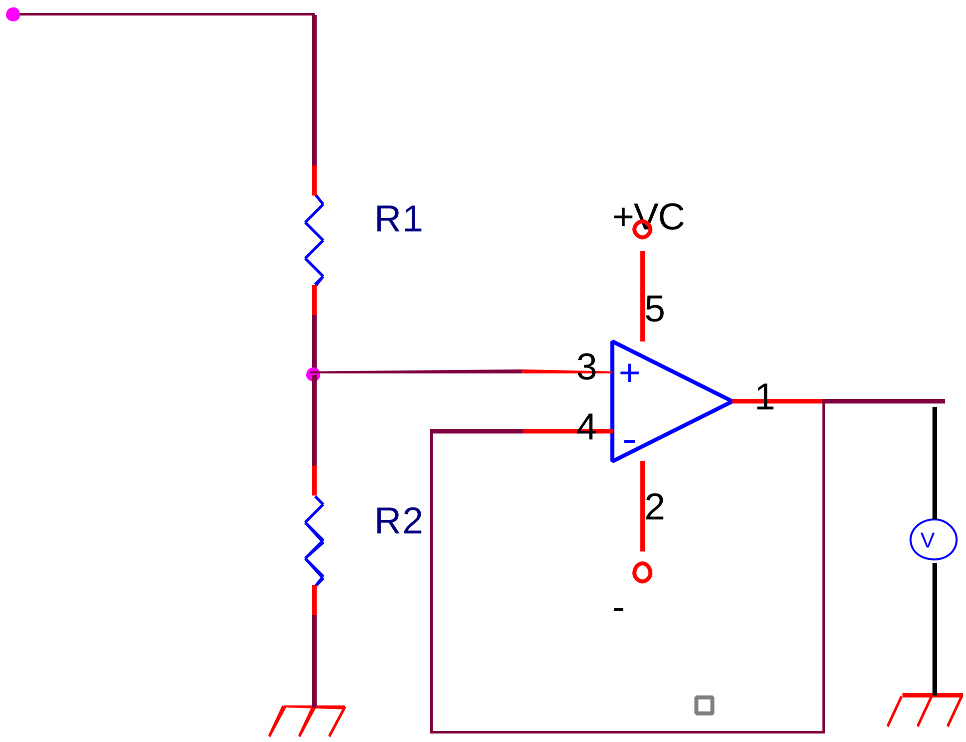
Una domanda abbastanza intelligente sarebbe: *ma a che c…(termine tecnico) serve un amplificatore che non amplifica? Sarebbe come dire uno studente che non studia (fatevi l'esame di coscienza)*. La risposta è che funziona da adattatore di impedenza.

Vediamo un esempio. Consideriamo la figura seguente.



con il voltmetro vogliamo misurare la tensione ai capi di R_2. ora sappiamo che l'inserzione di uno strumento di misura in un circuito introduce sempre un errore: nel nostro caso l'errore è dovuto al fatto che abbiamo introdotto nel circuito la resistenza interna del voltmetro in parallelo alla resistenza R_2 modificando dunque valori di tensioni e correnti nel circuito. Se il valore della R_2 e della resistenza R_V sono dello stesso ordine di grandezza, abbiamo un errore notevole.

Nel circuito seguente, invece,



In questo caso la resistenza R_2 si trova in parallelo alla resistenza elevatissima offerta dal buffer.