

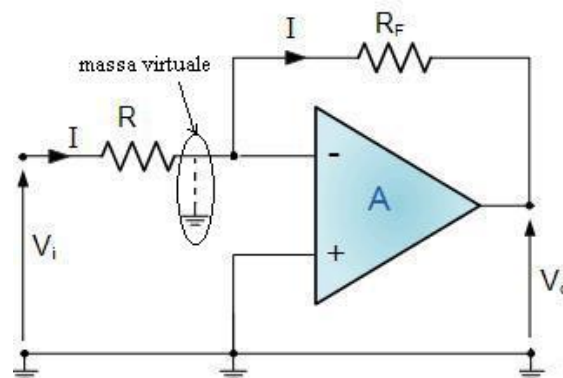
AMPLIFICATORE INVERTENTE

Abbiamo visto che quando le tensioni V sono applicate ai morsetti dell'amplificatore operazionale, l'uscita V_O può assumere i seguenti valori:

- $V_O = V_{Omax}$ **positivo** se $V_+ > V_-$;
- $V_O = V_{Omax}$ **negativo** se $V_+ < V_-$;

L'ingresso indicato con il segno + si dice ingresso non invertente;

L'ingresso indicato con il segno – si dice ingresso invertente



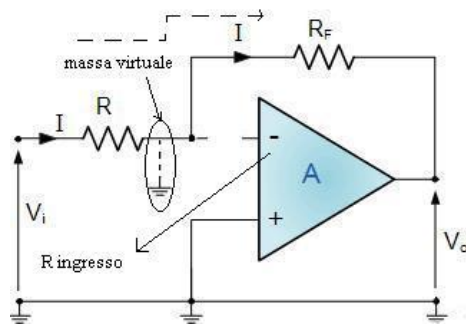
Circuito 1

Il disegno mostra un' **AMPLIFICATORE INVERTENTE**.

Ora, per poter utilizzare l'amplificatore in zona lineare colleghiamo l'uscita con l'ingresso; tale collegamento avviene non direttamente sennò facciamo cortocircuito, quindi ci mettiamo una resistenza R_F ; l'altro ingresso va a massa.

Considerazioni preliminari:

- 1) In zona di funzionamento lineare, nell'amplificatore si ha che $V_+ = V_-$; nell'amplificatore invertente V_+ è collegata a massa per cui, dato che $V_+ = V_-$ segue che anche V_- è collegata a massa (NOTA: V_- non è direttamente collegata alla massa, ma è a massa virtuale);
- 2) la R di ingresso dell'amplificatore ideale vale: $R_i \rightarrow \infty$ per cui la corrente I non entra nell'ingresso invertente (perché troverebbe $R_i \rightarrow \infty$) ed è obbligata a seguire il percorso tratteggiato mostrato nella figura sottostante. Si deduce, pertanto, che le due correnti I sono uguali;



Ora CALCOLIAMO LA V_O :

Partiamo calcolando la corrente I sulla resistenza R dal circuito 1:

$$I = \frac{V_i}{R}$$

Calcoliamo la I su R_f

$$I = \frac{\text{tensione alla coda} - \text{tensione alla punta}}{R_f} = \frac{0 - V_O}{R_f} = -\frac{V_O}{R_f}$$

Le due correnti sono uguali quindi avremo:

$$-\frac{V_O}{R_f} = \frac{V_i}{R}$$

Pertanto:

$$V_O = -V_i \cdot \frac{R_f}{R} \quad V_O \text{ è opposta a } V_i$$

Poniamo:

$$\frac{R_f}{R} = K(\text{costante}) \quad \text{quindi:}$$

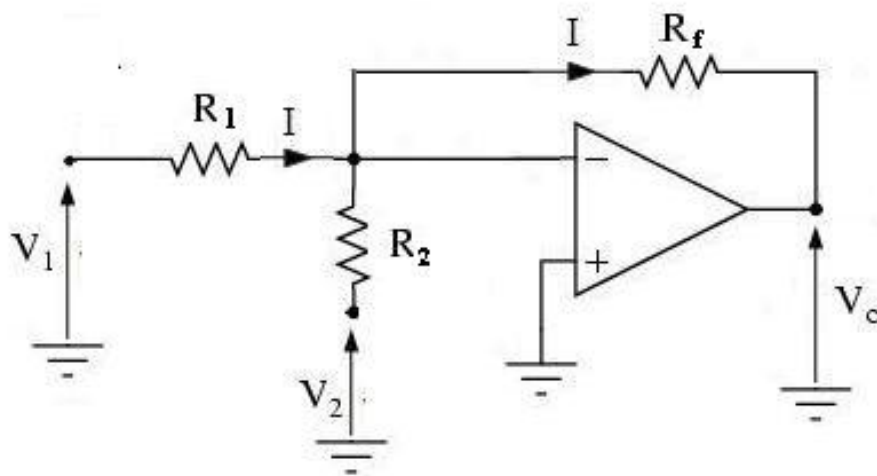
$$V_O = -K \cdot V_i$$

significa che l'**AMPLIFICATORE INVERTENTE** permette di moltiplicare l'ingresso per una costante

se $K > 1 \rightarrow V_o > V_i \rightarrow$ si ha AMPLIFICAZIONE tra uscita ed ingresso
 se $K < 1 \rightarrow V_o < V_i \rightarrow$ si ha ATTENUAZIONE tra uscita ed ingresso
 se $K = 1 \rightarrow V_o = -V_i \rightarrow$ la tensione di uscita è uguale a quella di ingresso
 ma di segno opposto

SOMMATORE INVERTENTE

Per realizzare un SOMMATORE abbiamo bisogno di almeno due ingressi



Calcoliamo la V_o nel circuito lineare a 2 ingressi applicando il principio di sovrapposizione degli effetti:

$$V_{O1} = -V_1 \cdot \frac{R_f}{R_1}$$

$$V_{O2} = -V_2 \cdot \frac{R_f}{R_2}$$

$$V_o = -V_1 \cdot \frac{R_f}{R_1} - V_2 \cdot \frac{R_f}{R_2} = -\left(V_1 \cdot \frac{R_f}{R_1} + V_2 \cdot \frac{R_f}{R_2} \right) \quad \text{formula 1}$$

Il circuito è un sommatore invertente e quindi ci aspettiamo che fornisca in uscita la somma, cambiata di segno; vogliamo, quindi, ottenere in uscita la seguente somma:

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

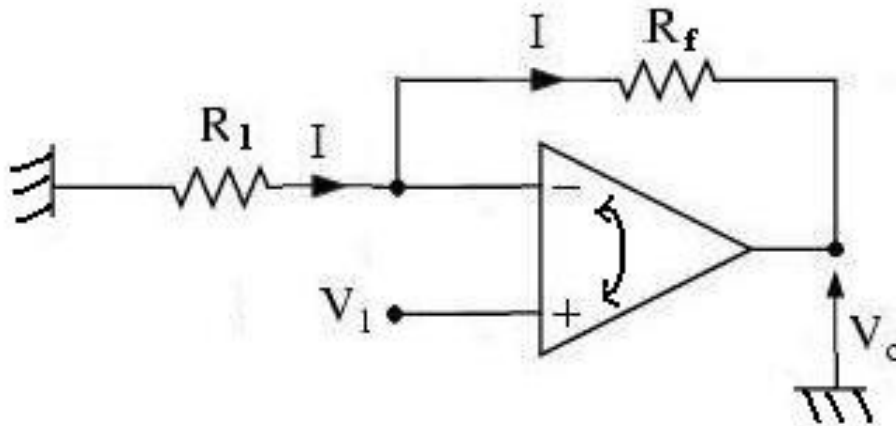
Ci chiediamo, quindi, quanto devono valere le costanti K per ottenere la somma $-(V_1 + V_2)$ a partire dalla formula 1;

Il valore delle costanti K deve essere = 1; quindi si deduce che:

$$\frac{R_f}{R_1} = \frac{R_f}{R_2} = 1 \Rightarrow R_f = R_1 = R_2$$

CONCLUSIONE: per avere un sommatore invertente le 3 resistenze devono essere uguali

AMPLIFICATORE NON INVERTENTE



In questo AMPLIFICATORE il segnale di ingresso (tensione V_1) viene applicato all'ingresso non invertente (l'ingresso va sul morsetto + per questo si chiama non invertente).

Sappiamo che la tensione $V_+ = V_-$; quindi la tensione V sul morsetto negativo è anche V_1

Ora CALCOLIAMO LA V_0 :

Partiamo calcolando la corrente I sulla resistenza R_1 e poi calcoliamo la corrente I sulla resistenza R_f

$$I = \frac{0 - V_1}{R_1}$$

$$I = \frac{V_1 - V_0}{R_f}$$

Con ragionamento analogo a quello fatto per l'amplificatore invertente si sa che le due correnti I devono essere uguali, quindi:

$-\frac{V_1}{R_1} = \frac{V_1 - V_O}{R_f}$ risolvendo per trovare V_O abbiamo che :

$$V_O = V_1 \cdot \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)$$

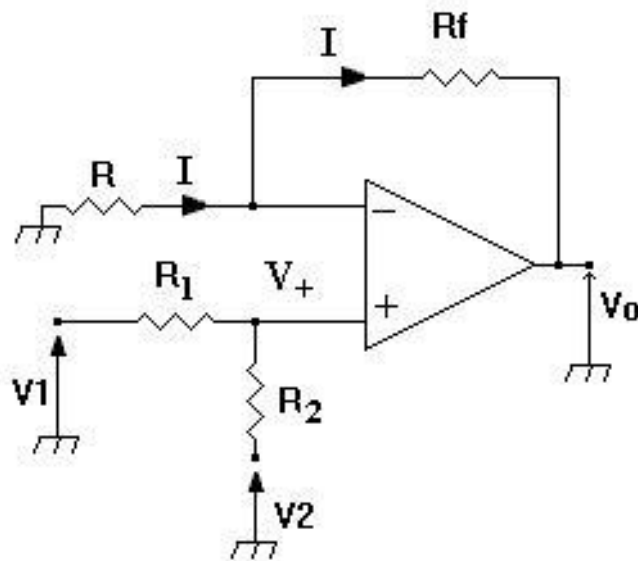
$$\frac{R_f}{R_1} = k$$

$$V_O = V_1 \cdot (1 + k) \qquad 1 + k = K$$

$$V_O = V_1 \cdot K$$

Dato che $K = 1 + k$, non puo' mai essere $K < 0$; $K < 1$; avremo K sempre > 1
per cui l'AMPLIFICATORE NON INVERTENTE amplifica sempre.

SOMMATORE NON INVERTENTE

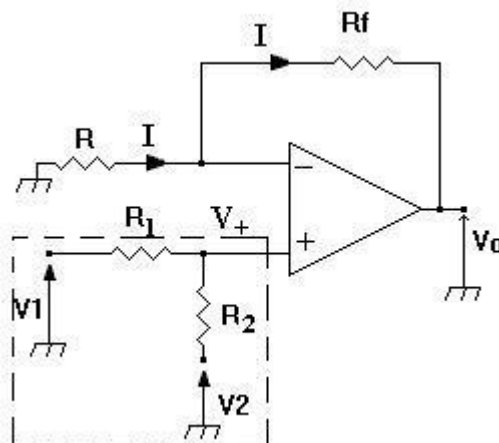


Per realizzare un SOMMATORE abbiamo bisogno di almeno due ingressi

Come al solito ci interessa calcolare la V_o ;

Per prima cosa, studiamo la parte di circuito nel rettangolo tratteggiato (vedi figura sottostante): osserviamo che la tensione sul morsetto + è V_+ per cui applicando il teorema di MILMANN abbiamo che:

$$V_+ = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 R_2} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2}$$



Ora calcoliamo la V_O ;

Partiamo calcolando la corrente **I** sulla resistenza **R**:

$$I = \frac{0 - V_+}{R}$$

Calcoliamo la **I** su **R_f**

$$I = \frac{V_+ - V_O}{R_f}$$

Le due correnti sono uguali quindi avremo:

$$-\frac{V_+}{R} = \frac{V_+ - V_O}{R_f} \text{ risolvendo per trovare } V_O \text{ avremo che :}$$

$$V_O = V_+ \cdot \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \text{ e sostituendo il valore di } V_+ \text{ otteniamo :}$$

$$V_O = V_+ \cdot \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) = \frac{R_2 V_1 + R_1 V_2}{R_1 + R_2} \cdot \left(1 + \frac{R_f}{R}\right)$$

Il circuito è un **sommatore non invertente** e quindi ci aspettiamo che fornisca in uscita la somma, con lo stesso segno; vogliamo, quindi, ottenere in uscita la seguente somma:

$$+ (V_1 + V_2)$$

TO BE CONTINUED.....