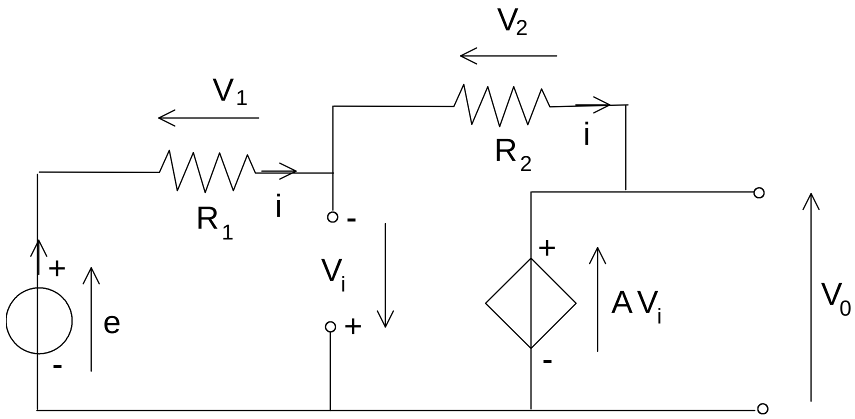
Circuiti operazionali

a) Esercizio di partenza



Nel seguente esercizio si vuole calcolare V_o

1) Si esegue una KVL sulla maglia più esterna:

$$e = V_1 + V_2 + A \cdot V_i \quad \Rightarrow \quad e = i \cdot R_1 + i \cdot R_2 + A \cdot V_i$$

Quindi si ottiene che i vale:

$$i = \frac{e - A \cdot V_1}{R_1 + R_2}$$

2) Si esegue una KVL nella maglia più interna:

$$V_i + e = V_1 \quad \Rightarrow \quad R_1 \cdot i$$

sostituendo, si ottiene che:

$$V_i + e = R_1 \cdot \frac{e - A \cdot V_1}{R_1 + R_2}$$

Svolgendo i passaggi algebrici, si ottiene che:

$$V_i = -e \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2 + A \cdot R_1}$$

Poichè per definizione del generatore pilotato, vale che $V_0 = A \cdot V_i$, si ottiene che:

$$V_0 = -e \cdot \frac{A \cdot R_2}{R_1 + R_2 + A \cdot R_1}$$

Supponiamo ora che A sia molto grande, a tal punto che:

$$A \rightarrow \infty$$

Risolvendo il limite, si ottiene questo risultato:

$$\lim_{A \to \infty} -e \cdot \frac{A \cdot R_2}{R_1 + R_2 + A \cdot R_1} = -e \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

Quindi si ha un risultato finito anche se A è infinito:

$$V_0 = -e \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

b) Definizione di amplificatore operazionale

Data la formula del generatore pilotato:

$$V_0 = V_i \cdot A \text{ e } V_i = \frac{V_0}{A}$$

Si può compiere questa considerazione:

$$\lim_{A\to\infty} \frac{V_0}{A} = \frac{1}{A} = 0$$

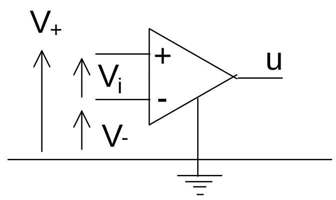
Quindi si ha che:

$A \to \infty$

$V_i \to 0$

$V_0 = -e \cdot \frac{R_2}{R_1}$

A questo punto si può introdurre un nuovo elemento: l'amplificatore operazionale ideale:



L'amplificatore operazionale è definito dalle seguenti equazioni:

a) $i_+ = 0$ - Infatti è come se il morsetto + finisse nel vuoto all'interno del circuito

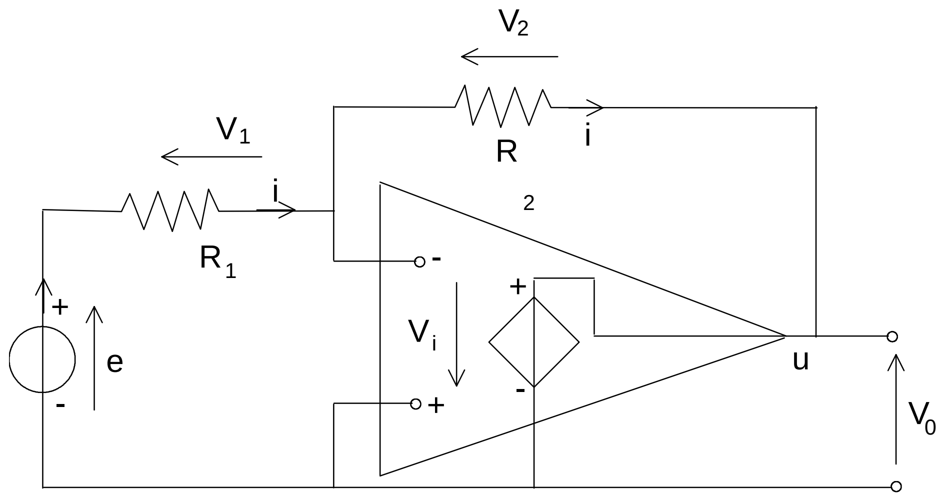
b) $i_- = 0$ - Infatti è come se il morsetto - finisse nel vuoto all'interno del circuito

c) $V_i \to 0$: E' come se i due poli fossero cortocircuitati. In realtà non lo sono, perchè non passa corrente, e perciò si chiama *corto circuito virtuale*

$V_i = V_+ - V_- \Rightarrow V_+ = V_- = 0$

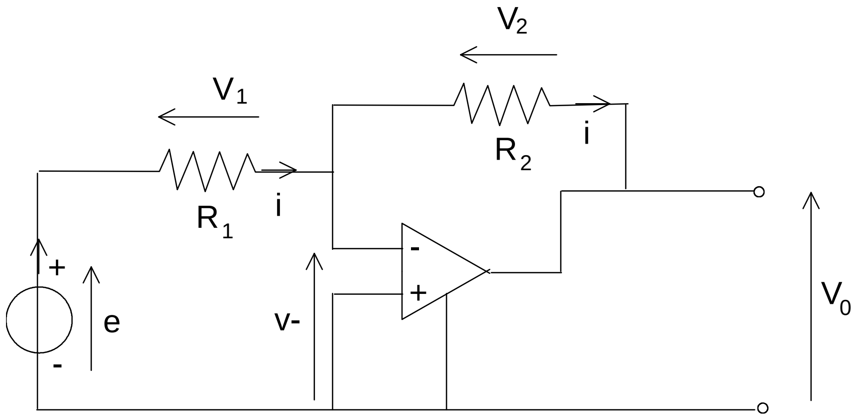
d) $V_u = A \cdot V_i$, ricordando l'ipotesi che $A \to \infty$ e $V_1 \to 0$

Per capire meglio il suo significato, si può considerare il circuito precedente, sovrapponendovi un operazionale:



c) Risoluzione dell'esercizio precedente

Ora si risolve il precedente problema considerando applicato un operazionale e non un generatore pilotato:



Considero che:

$V_+ = 0$ per definizione di operazionale

$V_- = 0$ per definizione di operazionale

Applicando la KVL nella prima maglia a sinistra si ha che:

$$e - V_1 - V_+ = 0 \quad \Rightarrow \quad e = V_1 \quad \Rightarrow \quad e = R_1 \cdot i_1$$

Da cui si ottiene:

$$i_1 = \frac{e}{R_1}$$

La corrente i_1 è uguale a i_2, perchè non ha altri percorsi da compiere. Il polo + dell'operazionale infatti deve essere considerato come spezzato. Quindi:

$$i_2 = \frac{e}{R_1}$$

Da cui si ricava che:

$$V_2 = \frac{e}{R_1} \cdot R_2$$

Applicando la KVL, si ottiene che:

$$V_+ - V_2 - V_0 \quad \Rightarrow \quad V_0 = V_2$$

Quindi si conclude:

$$V_0 = -\frac{e}{R_1} \cdot R_2$$

Si è ottenuto la stesso risultato di prima.

Configurazioni tipiche dei circuiti operazionali:

- Inseguitore di tensione
- Amplificatore invertente
- Amplificatore sommatore
- Amplificatore non invertente
- Amplificatore differenziale

Vedi il libro R. Perfetti, Circuiti Elettrici, a pag. 112 per la descrizione dettagliata delle varie configurazioni.