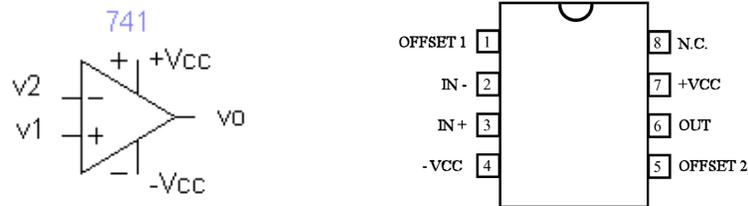


## 1. Amplificatore operazionale

L'amplificatore operazionale (A.O.) è un circuito elettronico in grado di amplificare la differenza tra due segnali elettrici applicati ai suoi ingressi. Tale amplificazione è elevatissima.

L'operazionale è costituito da decine di transistor, resistenze e diodi collegati tra loro opportunamente e inseriti in un circuito integrato con contenitore a 8 o 14 piedini.

In fig.1 si mostra il simbolo del più popolare amplificatore operazionale: LM741.



L'ingresso  $v_1$  è denominato **non invertente** mentre  $v_2$  è l'ingresso **invertente**.

L'operazionale, per poter funzionare, ha bisogno di due tensioni di **alimentazione**  $+V_{cc}$  e  $-V_{cc}$  solitamente di  $+15V$  e  $-15V$  di valore costante.

L'espressione della tensione di uscita vale:

$$v_o = A_d \cdot (v_1 - v_2) \quad [\text{Volt}]$$

ove  **$A_d$**  è il **guadagno di tensione**, adimensionale, di valore superiore a 100.000. In tal caso anche un piccolo valore di tensione  $v_1 - v_2$  è in grado di produrre un elevatissimo valore della tensione di uscita che facilmente potrebbe superare quello di alimentazione  $V_{cc}$ , cosa da evitare pena la distorsione del segnale.

In genere l'operazionale non viene utilizzato solo come si vede in fig.1° ma con opportune resistenze delle quali una collega l'uscita all'ingresso invertente. In tal modo è possibile ottenere il valore desiderato del guadagno di tensione.

Tra le principali caratteristiche di amplificatore operazionale ideale ricordiamo:

- gli ingressi invertente e non invertente non assorbono corrente dai circuiti esterni (resistenza di ingresso infinita);
- la resistenza di uscita è zero ( $v_o$  non cambia al variare del valore della resistenza di carico  $R_L$ ).

## 2. Amplificatore invertente

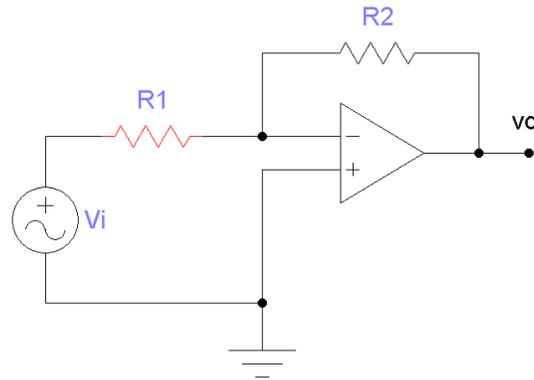


Fig.2. - Amplificatore invertente con A.O.

In figura 2 si mostra lo schema elettrico di un amplificatore invertente che utilizza un amplificatore operazionale.

Il segnale  $v_i$  è l'ingresso che si vuole amplificare.  $R_2$  è la resistenza di reazione che applica tra l'uscita e l'ingresso invertente.  $R_1$  è la resistenza che si applica tra l'ingresso  $v_i$  e l'ingresso invertente dell'operazionale. La tensione di uscita  $v_o$  vale:

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot v_i$$

Dalla formula precedente si possono ricavare le seguenti considerazioni:

- 1) l'amplificazione  $A_v = -R_2/R_1$  è negativa per cui se l'ingresso  $v_i$  è una tensione positiva, l'uscita  $v_o$  è una tensione negativa e viceversa.
- 2)  $A_v$  dipende dal rapporto delle due resistenze  $R_2$  e  $R_1$  per cui è possibile imporre un'amplificazione maggiore, uguale o minore di 1.

I valori tipici delle resistenze sono compresi tra  $1k\Omega$  e  $10k\Omega$ , la corrente erogata o assorbita dal terminale di uscita non deve superare tipicamente i 20mA, la tensione  $v_o$  che troviamo al morsetto di uscita non dipende dal valore della resistenza di carico  $R_L$  che eventualmente si inserisce tra uscita e massa (conseguenza della *resistenza di uscita* dell'operazionale *uguale a zero*). Infine, i due ingressi + e - dell'A.O. nello schema di fig.1 sono *equipotenziali* e poiché l'ingresso + è a massa, anche l'ingresso - è a potenziale di massa senza essere un effettivo punto di massa (concetto della *massa virtuale*).

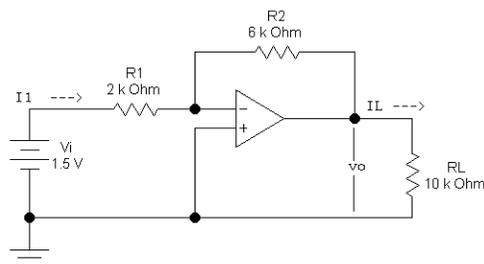


Fig.3

**Esempio 1:** Nel circuito di fig.3 calcolare il guadagno di tensione  $A_v$ , la corrente  $I_1$ , la tensione  $v_o$  e la corrente  $I_L$ .

**Risoluzione:**

$$A_v = -R_2/R_1 = -6/2 = -3$$

$$I_1 = V_i/R_1 = 1.5/2 = 0.75\text{mA}$$

$$v_o = A_v \cdot v_i = -3 \cdot 1.5 = -4.5\text{V}$$

$$I_L = v_o/R_L = -4.5/10 = -0.45\text{mA}$$

### 3. Amplificatore non invertente

In fig.4 si mostra lo schema elettrico dell'amplificatore non invertente che utilizza un A.O.

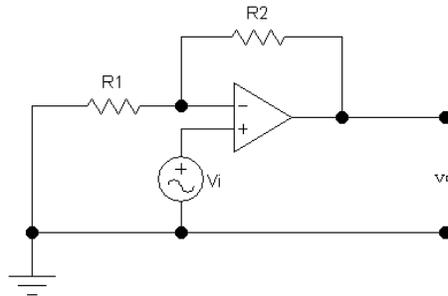


Fig.4 – Amplificatore non invertente con A.O.

Il segnale di ingresso  $v_i$  da amplificare è applicato sull'ingresso non invertente dell'A.O. ed il terminale di sinistra di  $R_1$  si collega a massa. Per tale configurazione si ha:

$$v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot v_i$$

Il guadagno di tensione  $A_v = 1 + R_2/R_1$  è non invertente per cui la tensione di uscita conserva lo stesso segno del segnale di ingresso. Anche per questa configurazione gli ingressi + e - sono equipotenziali, cioè:  $v_- = v_+ = v_i$ .

#### Esempio 2

Nel circuito di fig.5 sono noti:

- $V_i = 0.6V$
- $R_1 = 1.5K\Omega$
- $R_2 = 30K\Omega$
- $R_L = 5K\Omega$

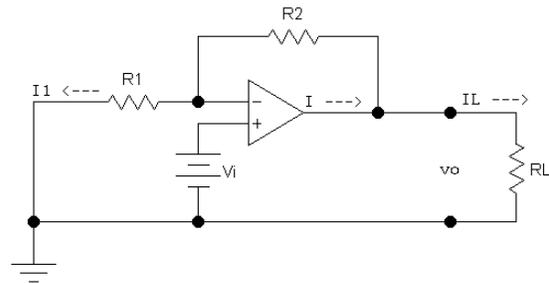


Fig.5

**Determinare:** Il guadagno di tensione  $A_v$ , la tensione di uscita  $V_o$ , la corrente  $I_1$  e la corrente  $I$  erogata dal terminale di uscita dell'operazionale.

**Risoluzione:**

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{30}{1.5} = 21$$

$$V_o = A_v \cdot V_i = 21 \cdot 0.6 = 12.6V$$

$$I_1 = \frac{V_-}{R_1} = \frac{V_i}{R_1} = \frac{0.6}{1.5} = 0.4mA$$

$$I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{12.6}{5} = 2.52mA$$

$$I = I_1 + I_L = 0.4 + 2.52 = 2.92mA$$