

# Esercitazione di Laboratorio – Corso di Elettronica 2 anno 2005/2006

## Misura della tensione di offset di un amplificatore operazionale $\mu A741$ e compensazione dell'offset

### 1) Schema elettrico del circuito da montare

Il circuito deve essere alimentato con tensione duale di +12 V e -12 V. Il terminale di massa dell'alimentatore è quello contrassegnato con la scritta COM.

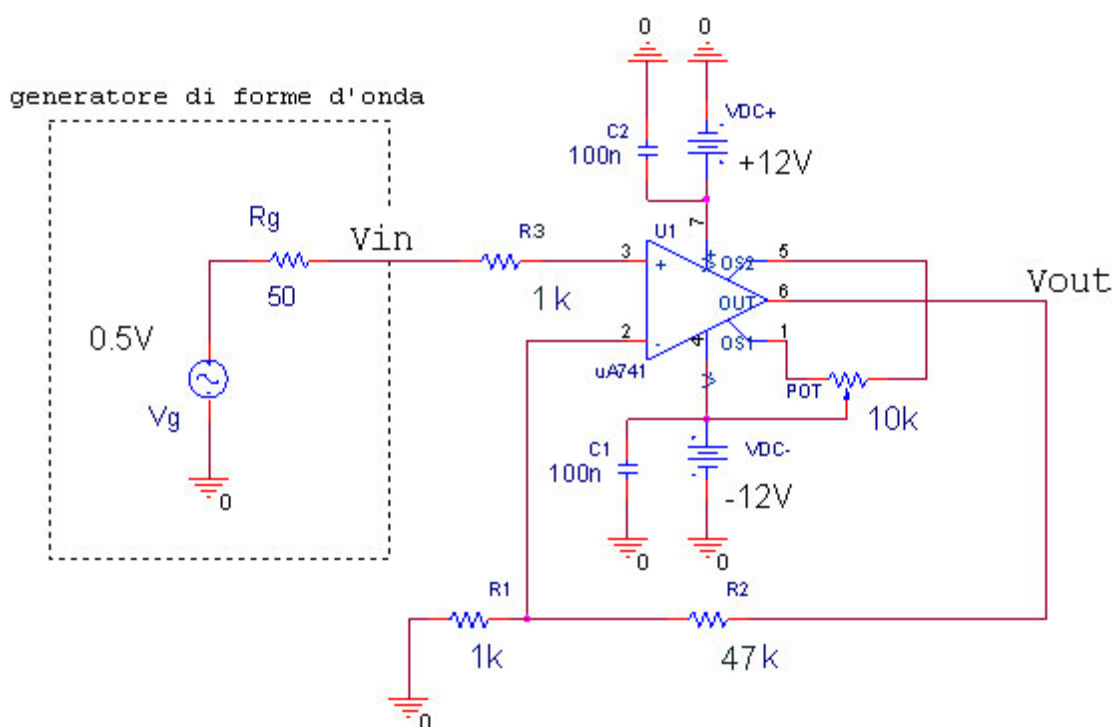


Figura 1

## LISTA DEI COMPONENTI

R1 = 1 k $\Omega$  (1/4 W)

R2 = 47 k $\Omega$  (1/4 W)

R3 = 1 k $\Omega$  (1/4 W)

POT = potenziometro 10 k $\Omega$

U1 = amplificatore operazionale  $\mu$ A741

C1 = 100 nF (OPZIONALE)

C2 = 100 nF (OPZIONALE)

Altri componenti per i passi successivi dell'esercitazione:

C3 = 100 nF

R4 = 4.7 k $\Omega$

### NOTA

I condensatori in parallelo alle alimentazioni, C1 e C2, sono opzionali; non intervengono nella funzione di trasferimento del circuito.

**DOMANDA: a cosa servono C1 e C2?**

## 2) Relazione tra ingresso ed uscita

Con l'approssimazione di guadagno differenziale ad anello aperto infinito e corrente nei morsetti di ingresso nulla, per il principio di massa virtuale si trova che:

$$V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_{in} = \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_{in}$$

In questo caso, con i componenti impiegati, sarà quindi:  $V_{out} = 48 V_{in}$ .

### NOTA

Anche la tensione di offset viene riportata sull'uscita amplificata dello stesso fattore per cui è amplificato il segnale di ingresso, vale a dire di 48. Cioè:

$$V_{offset\_in\_uscita} = 48 V_{offset}$$

**DOMANDA: perché?**

## MONTAGGIO SUGGERITO

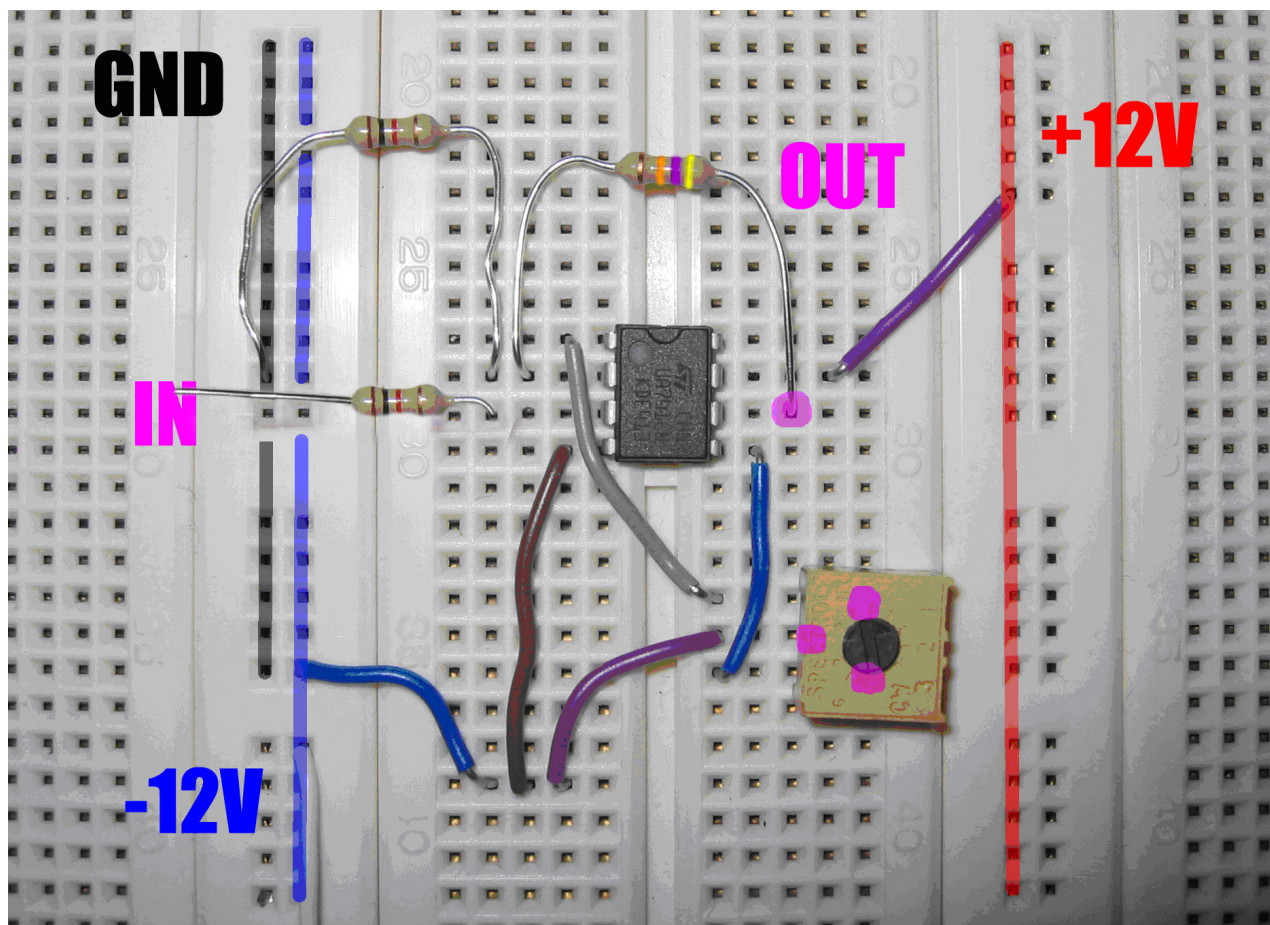


Figura 2

## PINOUT DEL $\mu A741$

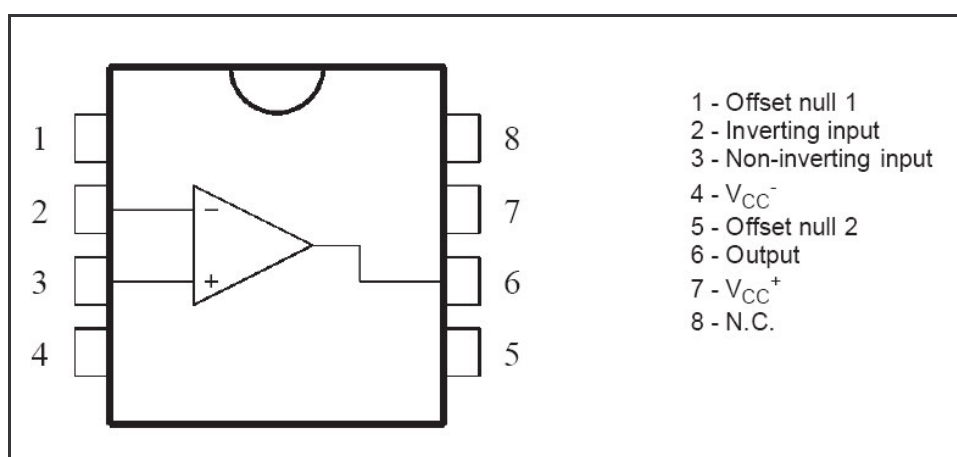


Figura 3

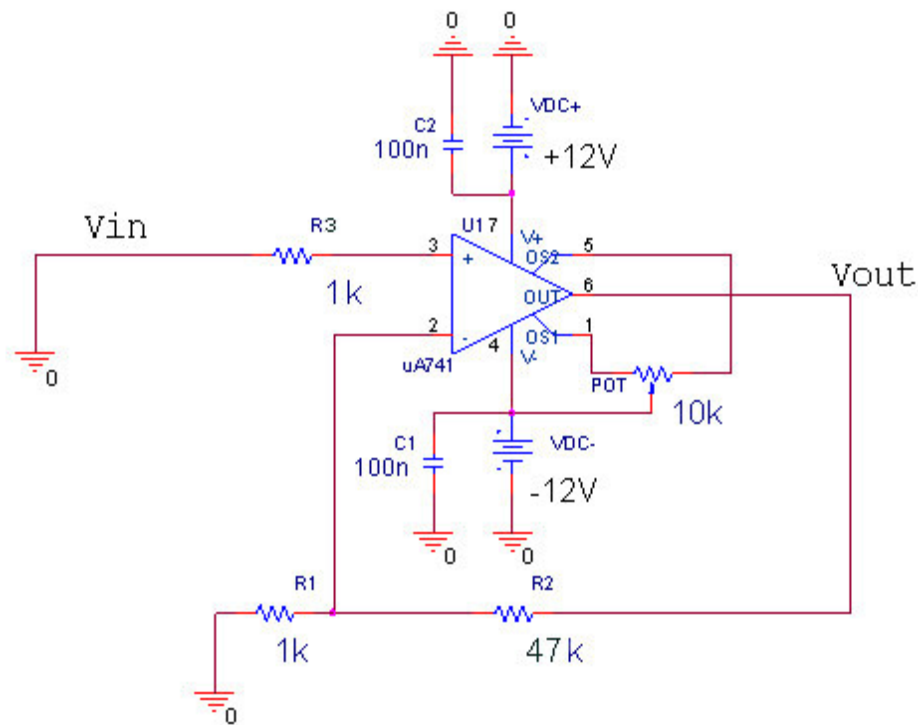


Figura 4

### 3) Calcolo della tensione di offset

Collegare l'ingresso del circuito a massa (prima di collegare l'ingresso a massa accertarsi che il generatore di forme d'onda sia scollegato!!!).

Misurare quindi il valore medio della tensione di uscita  $V_{out}$ . Dalla relazione  $V_{offset\_in\_uscita} = 48 V_{offset}$  si può ricavare il valore della tensione di offset,  $V_{offset}$ . Il valore tipico dovrebbe essere, al massimo, dell'ordine di 5÷10 mV.

### 4) Compensazione dell'offset

Agire con un piccolo cacciavite sul potenziometro, fino a minimizzare il valore dell'offset in uscita: difficilmente si riuscirà ad ottenere 0 V, ma è plausibile assestarsi su poche decine di mV.

Si noti che il  $\mu A741$  possiede due ingressi ausiliari, specifici per la minimizzazione dell'offset. Non tutti gli operazionali hanno questi ingressi ausiliari.

**DOMANDA:** in assenza degli ingressi ausiliari, come si può compensare la tensione di offset?

## 5) Misura della banda del circuito per punti

Collegare ora l'ingresso del circuito al generatore di forme d'onda, come mostrato nello schema di Figura 1, ed impostare un segnale di ingresso sinusoidale con ampiezza di 0.4 V picco-picco (0.2 V picco-picco sul display del generatore, come al solito).

Eeguire la misura della banda del circuito (solo il modulo) per punti variando la frequenza della sinusoide in ingresso.

Utilizzare la tabella a pagina 7 per riportare i dati ed il grafico a pagina 8.

**DOMANDA: qual è la frequenza di taglio a -3 dB del circuito?**

## 6) Esperimento: blocco della continua (!?)

Supponiamo che il circuito che abbiamo realizzato sia uno stadio amplificatore di un circuito più complesso e che lo stadio a monte (la cui uscita va in ingresso al nostro amplificatore) fornisca un segnale composto da una sinusoide sovrapposta ad una tensione continua.

Ammettiamo di NON VOLER AMPLIFICARE LA TENSIONE CONTINUA con il nostro stadio: si può pensare di inserire tra i due stadi un condensatore per bloccare la componente in continua del segnale (vedi Figura 5).

Simuliamo questa situazione impostando il generatore di segnale su di un'onda sinusoidale di ampiezza 0.4 V<sub>PP</sub> (0.2 V<sub>PP</sub> sul display) e frequenza 1 kHz; aggiungiamo una tensione continua, dal menù *offset* del generatore di forme d'onda, di +1 V (+0.5 V sul display).

**DOMANDE:**

1. cosa ottengo in uscita?
2. perché? (suggerimento: e se lascio l'ingresso scollegato, che accade?)
3. provate ad inserire il resistore R4 da 4.7 kΩ ...(DOVE???)

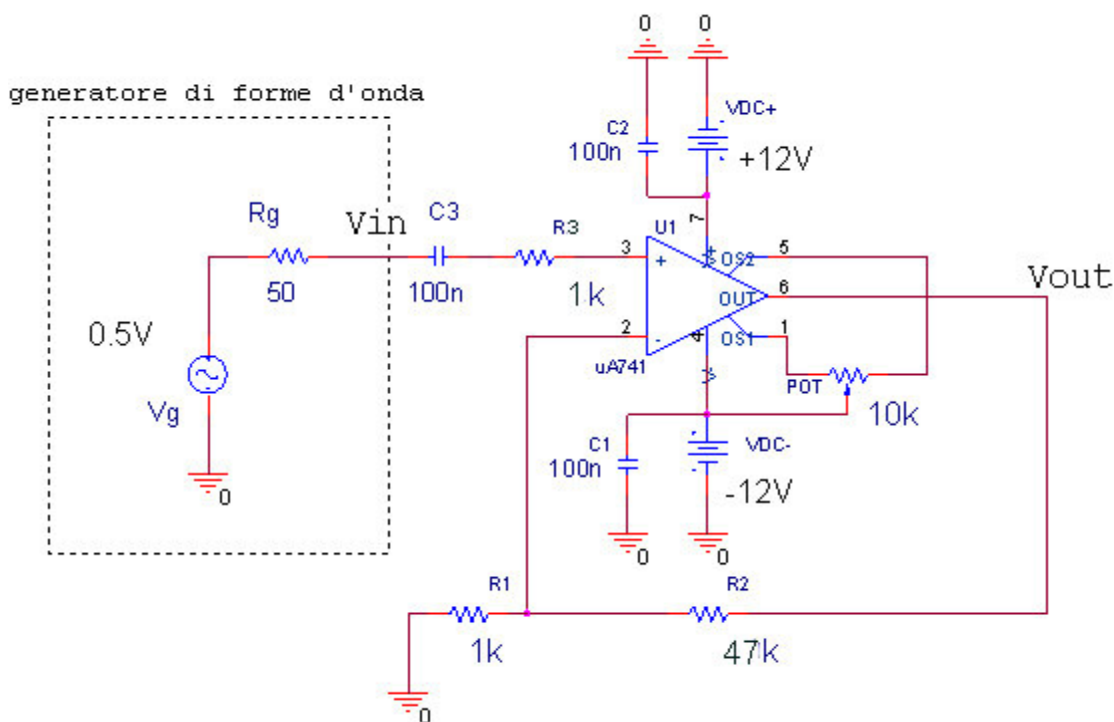
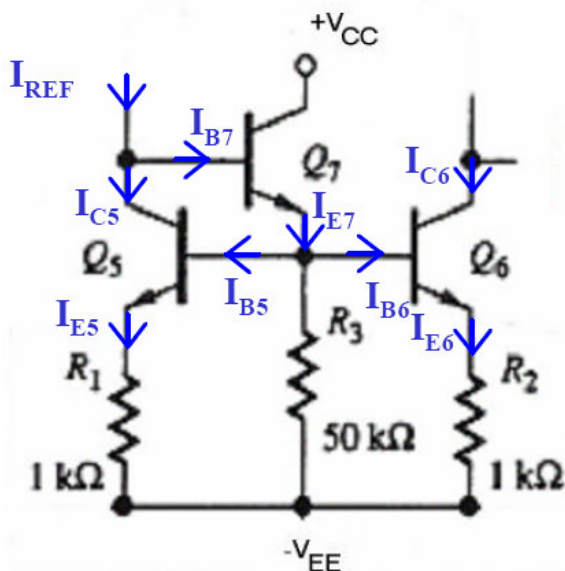


Figura 5

## Appendice – come agisce la correzione dell'offset nel $\mu A741$

Lo stadio differenziale di ingresso impiega un carico attivo per formare uno specchio di corrente



$$I_{E7} = I_{B5} + I_{B6} + \frac{V_B}{50K}$$

$$I_{B7} = \frac{I_{B5}}{(\beta + 1)} + \frac{I_{B6}}{(\beta + 1)} + \frac{V_B}{(\beta + 1)50K} \ll I_{C5}$$

Quindi,  $Q_7$  assicura che  $I_{B7}$  sia trascurabile.

Ma  $I_{E5} \approx I_{REF}$  e  $R_1 = R_2$  e poichè

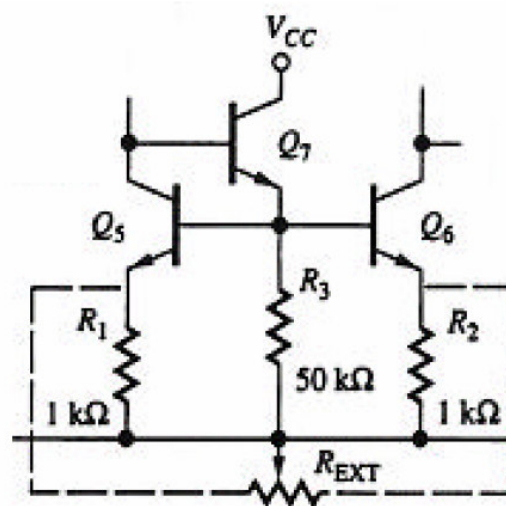
$$V_B = I_{E6}(R_2) + V_{BE6} = I_{E5}(R_1) + V_{BE5}$$

con i bjt  $Q_5$  e  $Q_6$  perfettamente uguali, si ha:

$$I_{REF} = I_{E6} \approx I_{C6}$$

Se i due bjt  $Q_5$  e  $Q_6$  non sono uguali, i due rami dello specchio risultano sbilanciati, da qui l'offset.

Correzione dell'offset tramite collegamento di trimmer ai piedini dedicati



Il  $\mu A741$  permette al progettista di regolare, dall'esterno, la corrente nel carico attivo per ottenere il bilanciamento tra i due rami ed assicurare (nei limiti) l'assenza di tensione di offset sull'uscita. Il bilanciamento della corrente si ottiene tramite l'impiego di un trimmer ( $R_{EXT}$ ) esterno che rimpiazza  $R_1$  ed  $R_2$  con:

$$R_1 \rightarrow R_1 \parallel (xR_{Potentiometer}) \quad \text{e} \quad R_2 \rightarrow R_2 \parallel ((1-x)R_{Potentiometer})$$

$$\text{con } 0 \leq x \leq 1$$

<b>f [kHz]</b>	<b>V<sub>in</sub> [V]</b>	<b>V<sub>out</sub> [V]</b>	<b>  V<sub>out</sub> / V<sub>in</sub>  </b>	<b>  V<sub>out</sub> / V<sub>in</sub>   [dB]</b>
0.5	0.4			
1	0.4			
3	0.4			
5	0.4			
7	0.4			
9	0.4			
10	0.4			
11	0.4			
12	0.4			
13	0.4			
14	0.4			
15	0.4			
20	0.4			
30	0.4			
50	0.4			
100	0.4			
200	0.4			



