



**Elettronica Applicata**  
**a.a. 2017/2018**  
**Esercitazione N°3**

**MISURA DELLA TENSIONE DI  
OFFSET DI UN AMPLIFICATORE  
OPERAZIONALE**

**COMPENSAZIONE DELL' OFFSET**

Prof. Ing. Elena Biagi  
Sig. Marco Calzolari  
Sig. Andrea Giombetti Piergentili  
Ing. Simona Granchi  
Ing. Enrico Vannacci

[www.uscndlab.dinfo.unifi.it](http://www.uscndlab.dinfo.unifi.it)



# Sommario

- Misura e compensazione dell'offset in un amplificatore operazionale in configurazione a catena chiusa (compensazione esterna o interna)
- Struttura interna dell'amplificatore operazionale  $\mu A741$ : come agisce la correzione dell'offset



# Tensione di offset

## DEFINIZIONE:

*Differenza di potenziale che deve essere applicata all'ingresso di un amplificatore operazionale, in modo differenziale, per ottenere in uscita una tensione nulla.*

Alimentando un operazionale e cortocircuitando tra loro gli ingressi, idealmente si dovrebbe avere uscita nulla; in realtà si misura una certa tensione.

- Configurazione a catena aperta:  
L'uscita satura per via dell'elevato guadagno differenziale.
- Configurazione a catena chiusa:  
L'uscita dipende dal guadagno a catena chiusa del circuito.

La tensione di offset è tipica di una catena accoppiata



# Lista dei componenti

*Per entrambe le configurazioni di correzione offset*

$C_1$ : 100nF (opzionale)

$C_2$ : 100nF (opzionale)

$C_3$ : 100nF

POT: potenziometro da 10k $\Omega$

$R_8$ : potenziometro da 100k $\Omega$

$R_1$ : 1k $\Omega$  (0.25W)

$R_2$ : 47k $\Omega$  (0.25W)

$R_3$ : 1k $\Omega$  (0.25W)

$R_4$ : 100k $\Omega$  (0.25W)

$R_5$ : 4.7k $\Omega$  (0.25W)

$R_6$ : 330k $\Omega$  (0.25W)

$R_7$ : 330k $\Omega$  (0.25W)

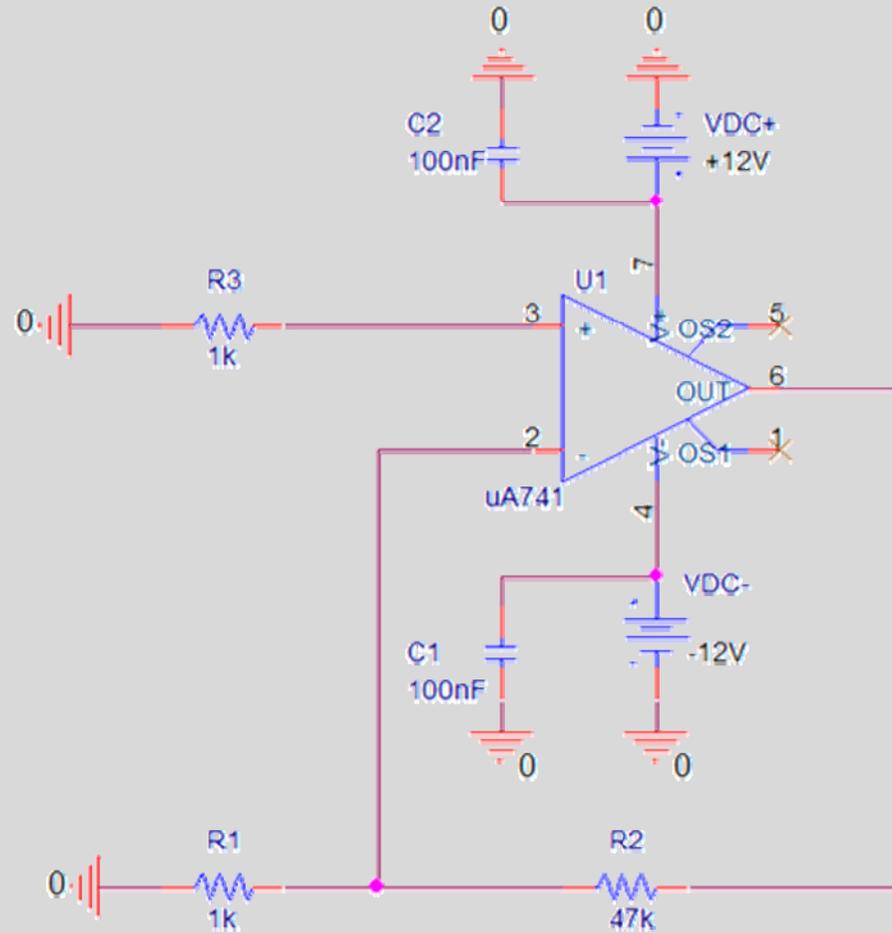
$U_1$ : amplificatore operazionale  $\mu$ A741, package DIP8

NOTA: i condensatori in parallelo alle alimentazioni,  $C_1$  e  $C_2$ , sono opzionali; non intervengono nella funzione di trasferimento del circuito.



# Schema del circuito

*Amplificatore operazionale in configurazione non invertente*





# Relazione tra in e out

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:

$$V_{out} = 48V_{in}.$$

## 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:

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



## Calcolo di $V_{offset}$

- Collegare  $R_3 = 1k\Omega$  (ingresso del circuito) a massa. Misurare quindi il valore medio della tensione di uscita  $V_{out}$ : dalla relazione

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

si può ricavare il valore della tensione di offset,  $V_{offset}$ . Il valore tipico dovrebbe essere, al massimo, dell'ordine di 5÷10mV.

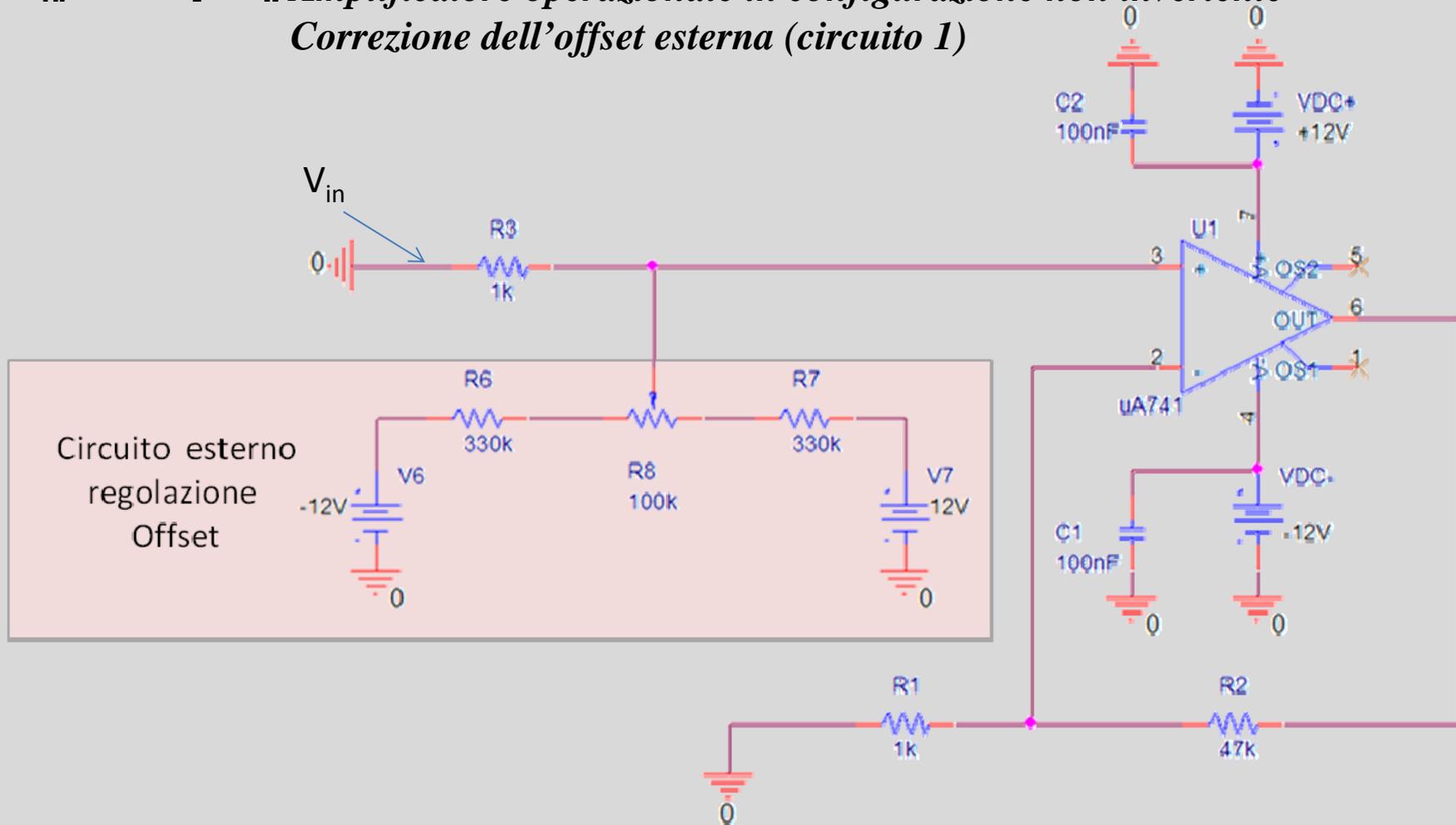
- Effettuare la misura di  $V_{out}$  sostituendo a  $R_3$  prima la resistenza  $R_4$  (100k $\Omega$ ) e poi la resistenza  $R_6$  (330k $\Omega$ ).

**DOMANDA:** Come cambia il valore di  $V_{offset}$ ?



# Schema del circuito

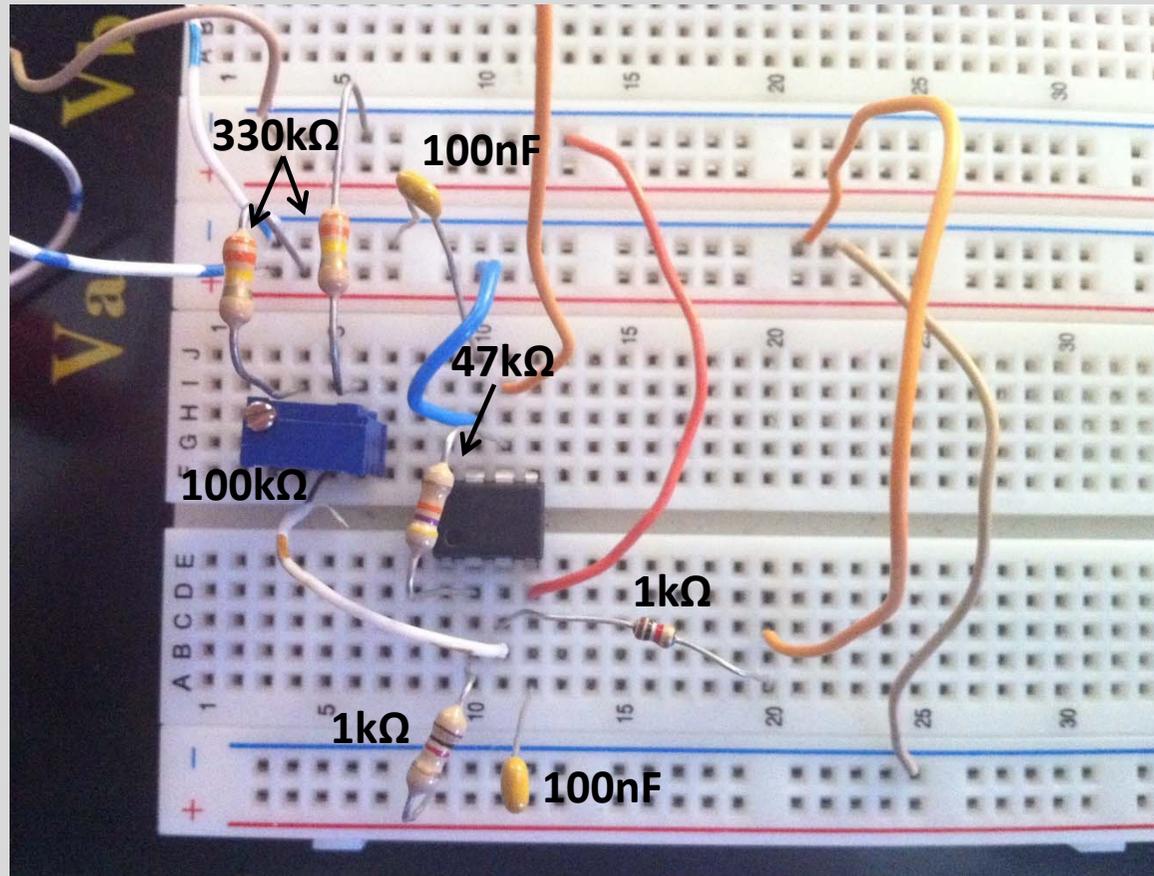
*Amplificatore operazionale in configurazione non invertente  
Correzione dell'offset esterna (circuito 1)*





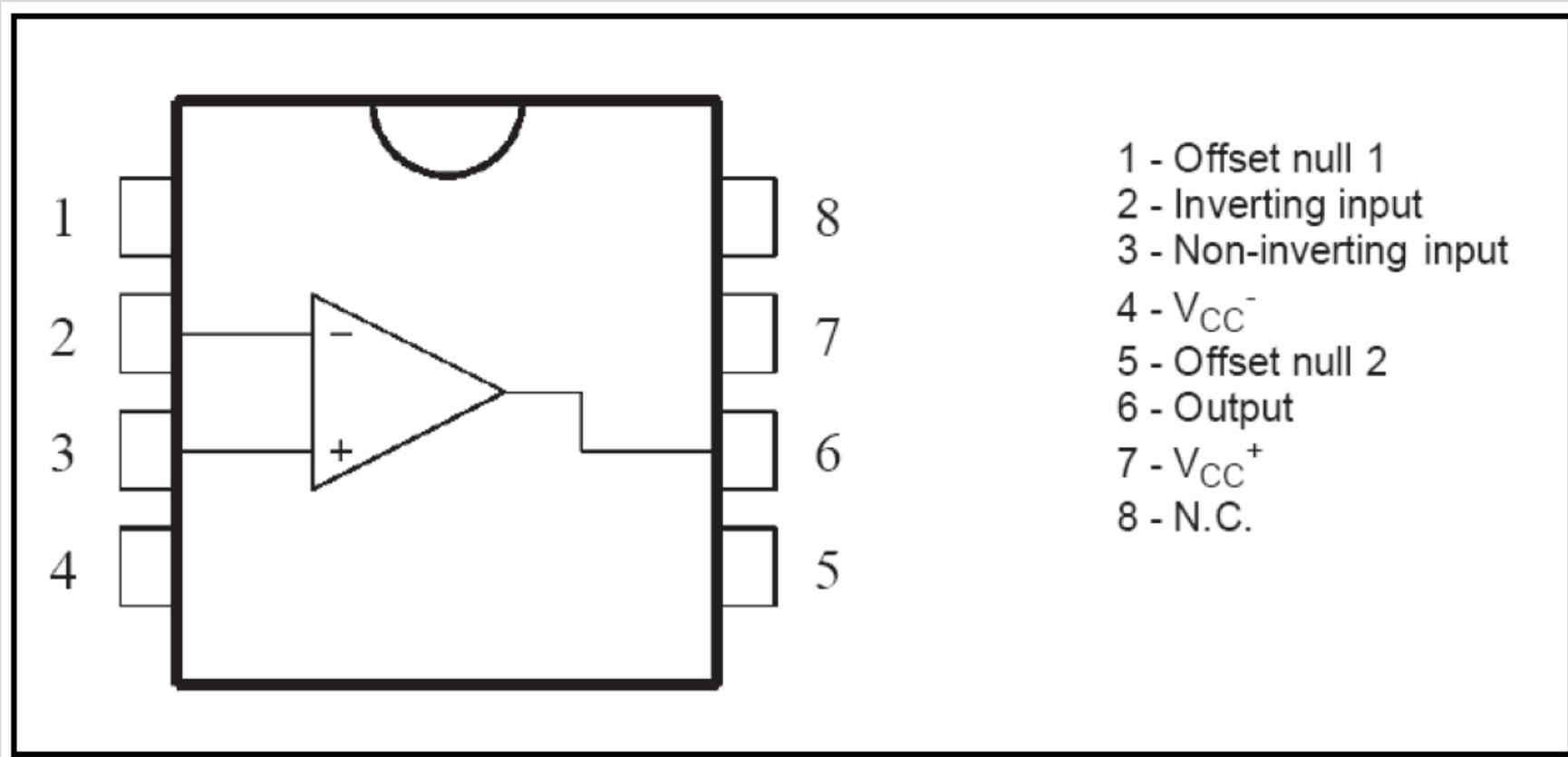
# Montaggio suggerito

*Correzione dell'offset esterna (circuito 1)*





# Pinout del $\mu A741$





# Compensazione dell'offset

## Compensazione esterna

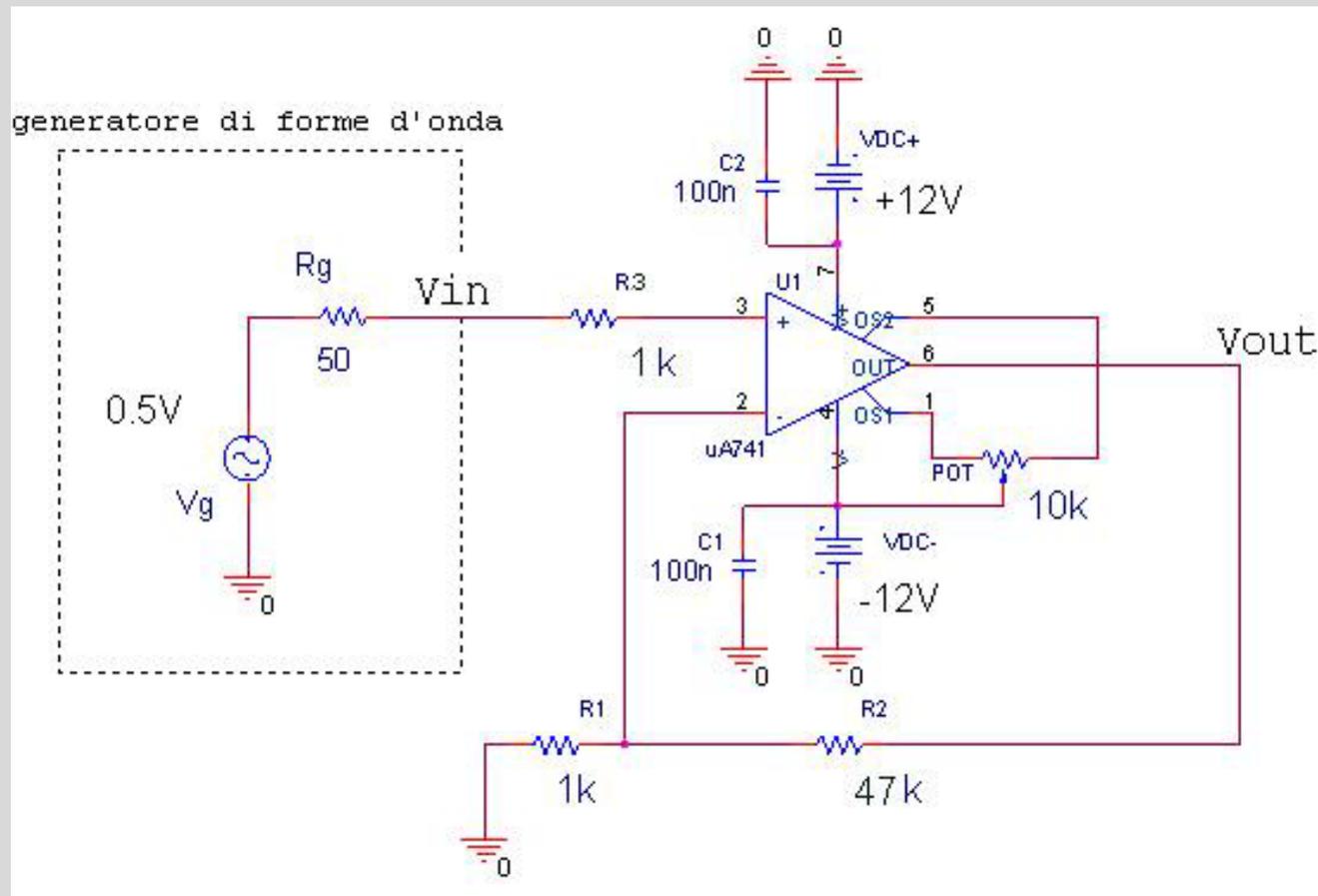
➤ Agire con il cacciavite sul potenziometro  $R_8$ , fino a minimizzare il valore dell'offset in uscita: difficilmente si riuscirà ad ottenere 0V, ma è plausibile assestarsi su poche decine di mV. Questo metodo è valido per la compensazione di qualsiasi tipo di amplificatore operazionale.

Si noti che il modello di amplificatore  $\mu A741$  possiede due ingressi ausiliari sui piedini 1 e 5, vale a dire "Offset null 1" e "Offset null 2". Tali piedini sono specifici per la minimizzazione dell'offset, è quindi possibile fare una compensazione *interna*.



# Schema del circuito

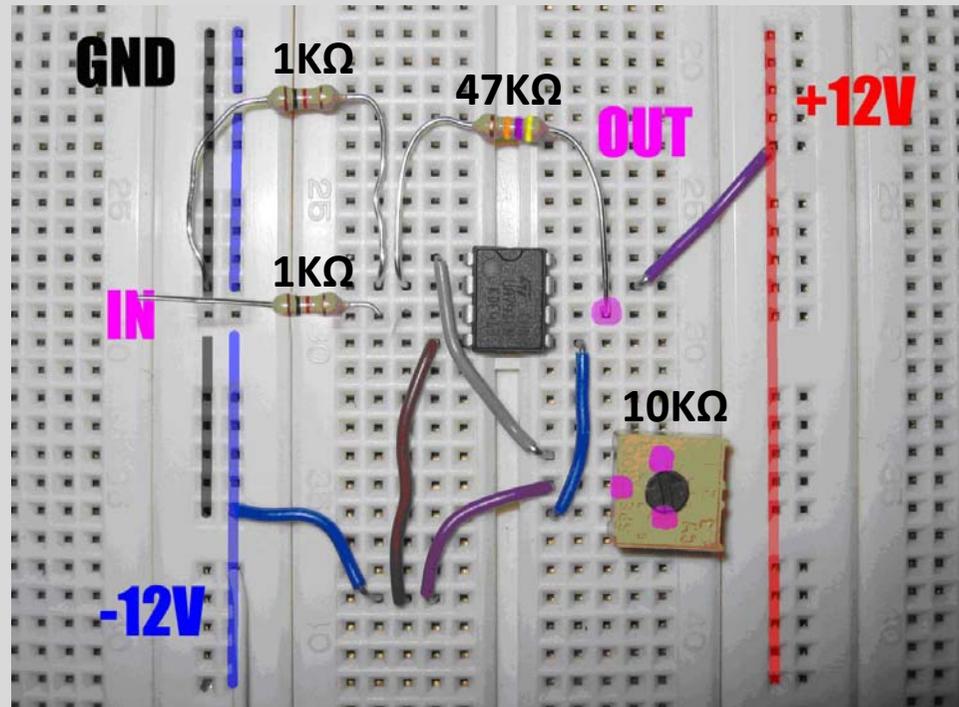
*Amplificatore operazionale in configurazione non invertente  
Correzione dell'offset interna (circuito 2)*





# Montaggio suggerito

.. *Correzione dell'offset interna (circuito 2)*



➤ Anche in questa configurazione circuitale, mettere  $R_3$  a massa e agire con il cacciavite sul potenziometro fino a minimizzare il valore dell'offset in uscita.



# Misura della banda del circuito per punti

- Collegare ora l'ingresso del circuito al generatore di forme d'onda, come mostrato nello schema di slide 12, ed impostare un segnale di ingresso sinusoidale con ampiezza di 0.4VPP (0.2VPP sul display del generatore).
- Eseguire la misura della banda del circuito (solo il modulo) per punti variando la frequenza della sinusoide in ingresso. Utilizzare la tabella nella slide 18 per riportare i dati e disegnare il grafico con Excel.



# Blocco della continua

*Esperimento (!?)*

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.

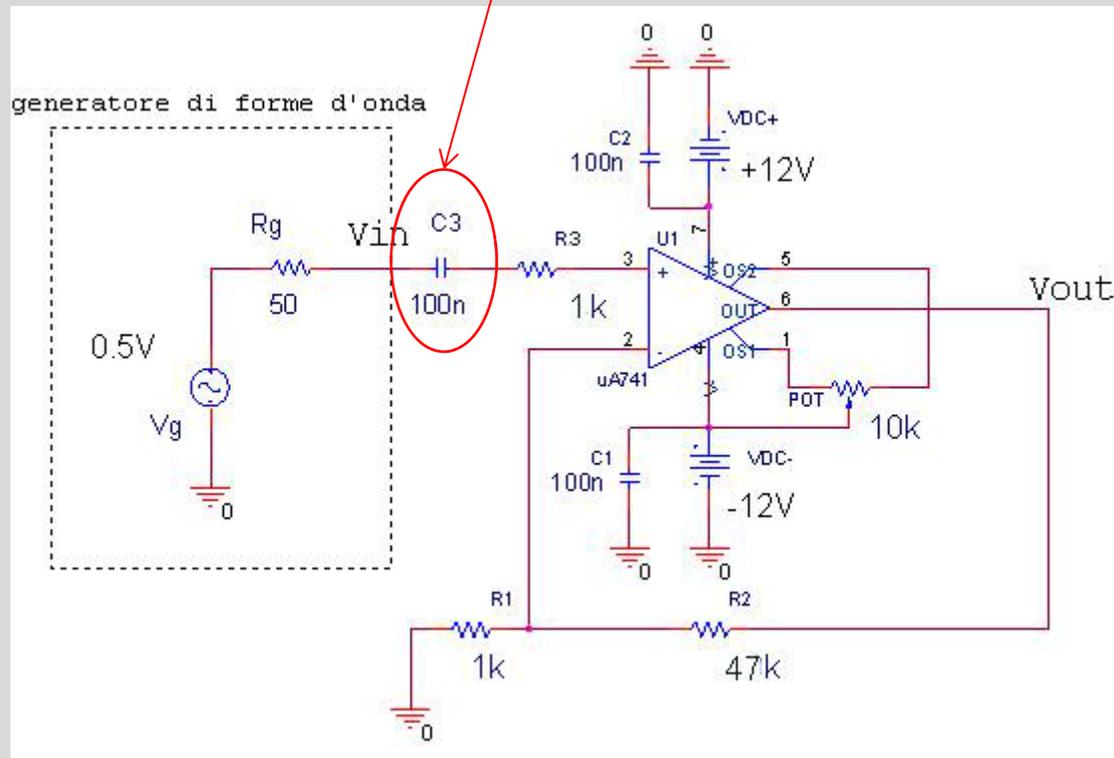
Ammettiamo di **NON VOLER AMPLIFICARE LA TENSIONE CONTINUA** con il nostro stadio: si può pensare di inserire tra i due stadi un condensatore per bloccare la componente in continua del segnale (vedi slide 16).



# Blocco della continua

*Esperimento (!?)*

Si inserisce un condensatore per il blocco della continua





# Blocco della continua

*Esperimento (!?)*

➤ Simuliamo questa situazione impostando il generatore di segnale su di un'onda sinusoidale di ampiezza  $0.4V_{PP}$  ( $0.2V_{PP}$  sul display) e frequenza  $1kHz$ ; aggiungiamo una tensione continua, dal menù *offset del generatore di forme d'onda*, di  $+0.8V$  ( $+0.4V$  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  $R_5$  da  $4.7k\Omega$   
... (DOVE???)



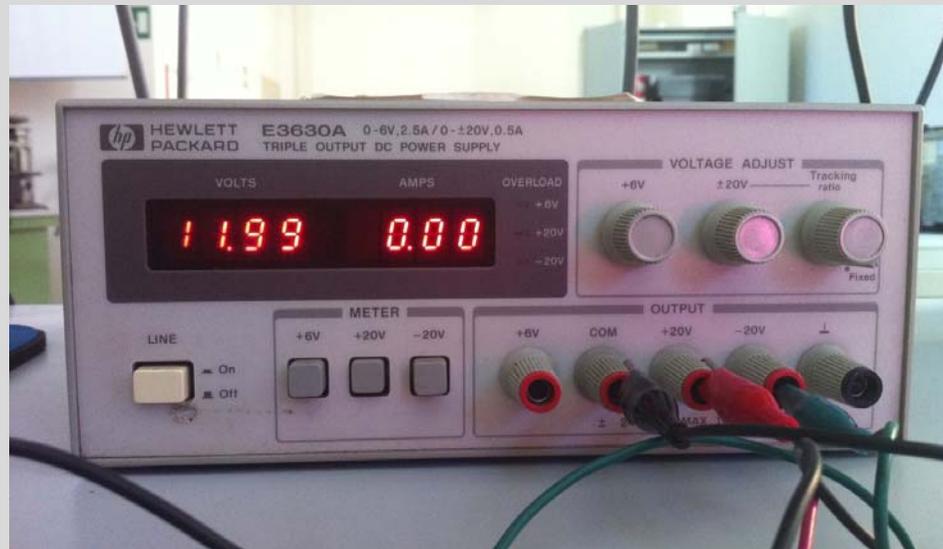
# Tabella

F [kHz]	V <sub>in</sub> [V]	V <sub>out</sub> [V]	V <sub>out</sub> / V <sub>in</sub>	V <sub>out</sub> / V <sub>in</sub> (dB)
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			



# Alimentare il circuito

Il circuito deve essere alimentato tramite l'alimentatore da banco con tensione duale di +12V e -12V.



Prima di collegare il circuito controllare di aver collegato in modo corretto i piedini e impostare i giusti valori di alimentazione!!



# Alimentare il circuito

L'alimentatore HP E0630A presenta:

- 1 uscita singola (+6V)
- 1 uscita duale ( $\pm 20V$ )

## ATTENZIONE

- Il morsetto di riferimento (massa) è quello indicato dalla scritta «COM» (colore rosso). Il morsetto con il simbolo di terra (colore nero) è connesso al case metallico dello strumento.
- Le spie luminosa indicata con la scritta «OVL» (OverLoad) si accende in caso di cortocircuito dell'alimentazione e comunque nei casi in cui dal carico viene richiesta una potenza maggiore della massima trasferibile: **SPEGNERE IMMEDIATAMENTE L'ALIMENTATORE**



## Alla fine?

*Siete pregati di smontare tutti i componenti dalla protoboard e rimetterli nella scatoletta numerata.*

*Nelle cassette con gli attrezzi vanno riposti:*

- ✓ *Protoboard*
- ✓ *Multimetro*
- ✓ *Cacciavite*
- ✓ *Cavetti con coccodrilli*
- ✓ *Succhiastagno*
- ✓ *Pinze*
- ✓ *Tronchesi*
- ✓ *Forbici*

***GRAZIE!***