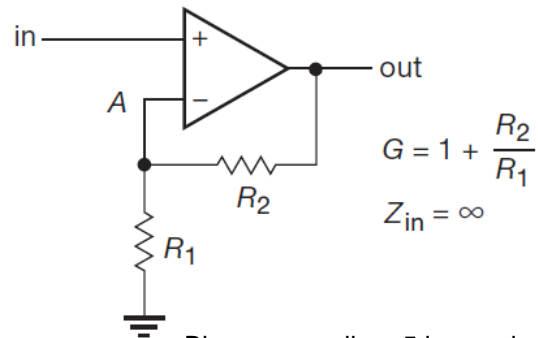
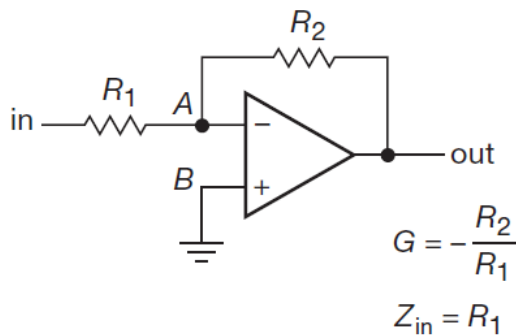


## Laboratorio 2 quarta esperienza prima parte

1) Utilizzando amplificatori operazionali LM741 alimentati con  $V_{cc} = \pm 15\text{ V}$ , progettate e realizzate un amplificatore invertente (**schema di sinistra**) avente guadagno ad anello chiuso pari, approssimativamente, a  $G = 10 \times N$ , dove  $N$  è il numero del vostro tavolo (errore sul guadagno  $\pm 1$ ).



Bisogna scegliere 5 ingressi, che una volta amplificati siano comunque ampiamente minori di 15V.

Misurate il guadagno massimo del circuito attraverso un fit su almeno 5 punti di  $V_{in}$ , acquisendoli nella zona in cui il guadagno non dipende dalla frequenza. **Mettersi a circa 100hz.**

Inoltre:

- 2) misurare il diagramma di Bode dell'ampiezza in funzione della frequenza (no fase), determinando la frequenza di taglio;  $|H(\omega_0)| = G/\sqrt{2}$
- 3) ripetete il punto 2 dopo aver modificato il circuito in modo da ottenere un guadagno dell'amplificatore 10 volte minore; verificate che il prodotto guadagno per banda passante resti costante;
- 4) stimate l'impedenza di ingresso del circuito realizzato; **Dovrebbe essere circa  $R_1$**

Opzionale

Scegliere fra una delle seguenti opzioni:

- verificare la capacità del circuito di trasferire potenza a un carico molto ridotto;
- ripetere le misure legate a velocità di risposta e banda passante con un integrato LF356;
- effettuare una misura accurata dello slew rate costruendo un comparatore a soglia nulla;
- ripetere la misura di guadagno per un amplificatore non invertente;
- ripetere la misura di impedenza d'ingresso per un amplificatore non invertente.

Bisogna costruire un altro circuito e mandare in input un'onda quadra.

## Laboratorio 2 quarta esperienza seconda parte

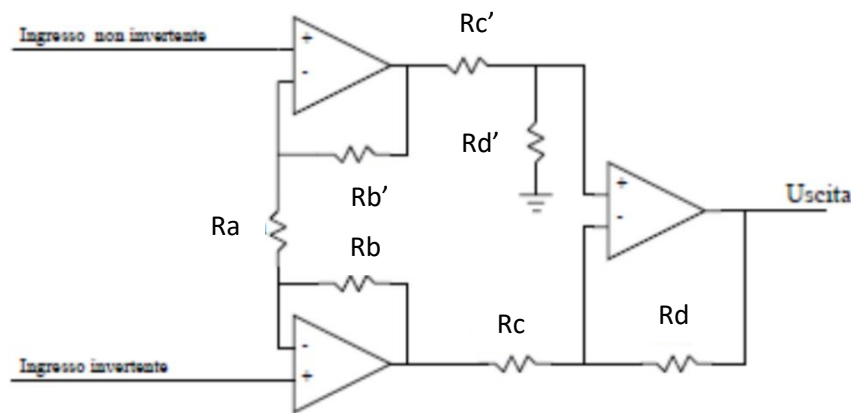
### Realizzazione e caratterizzazione di un amplificatore per strumentazione e misura del calore irradiato da sorgente luminosa

L'esperienza si propone di costruire e caratterizzare un amplificatore per strumentazione con guadagno compreso tra 100 e 200, utilizzando amplificatori operazionali e impiegarlo per verificare una semplice legge fisica: la dipendenza da  $1/d^2$  del calore irradiato da una sorgente luminosa in funzione della distanza.

Più è alto il guadagno più però il segnale diventa sensibile a rumore e fluttuazioni!

- 1) Realizzazione dell'amplificatore per strumentazione.

**A.** Costruire un amplificatore per strumentazione a due stadi come da schema mostrato a lezione



Dimensionare le resistenze in modo che il guadagno differenziale sia compreso tra 100 e 200. Suggerimento: ripartite il guadagno in modo equilibrato tra i due stadi

$$V_o = \frac{R_d}{R_c} \left( 1 + 2 \frac{R_b}{R_a} \right) \Delta V$$

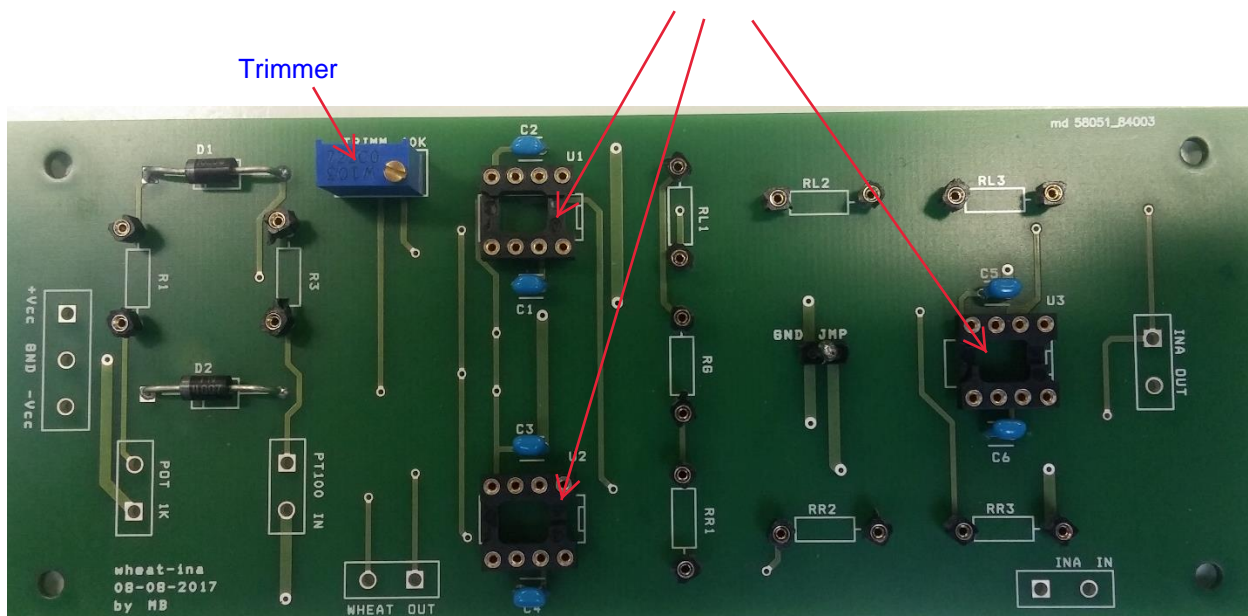
L'amplificatore per strumentazione è già parzialmente costruito e sarà racchiuso in una scatola metallica per minimizzare i disturbi. Dovrete montare gli amplificatori operazionali (attenzione al verso!!) e le resistenze seguendo lo schema riportato su aulaweb. Rispetto allo schema fatto a lezione si hanno le seguenti corrispondenze:

Schema scatola	Schema lezione (soprastante)
RG	Ra
RL1	Rb
RR1	Rb'
RL2	Rc
RR2	Rc'
RL3	Rd
RR3	Rd'

Per semplificare meglio scegliere  $R_c = R_{c'}$  e  $R_d = R_{d'}$ .

Per fare ciò seleziono più resistenze con lo stesso valore nominale e scelgo le coppie che più si avvicinano.

Qui è dove si inseriscono gli amplificatori operazionali.



Montate i componenti e verificare utilizzando l'oscilloscopio il corretto funzionamento dell'amplificatore

- B. Misurare ed eventualmente azzerare l'offset utilizzando trimmer presente sulla scheda.

Il circuito di azzeramento è riportato nella figura sottostante

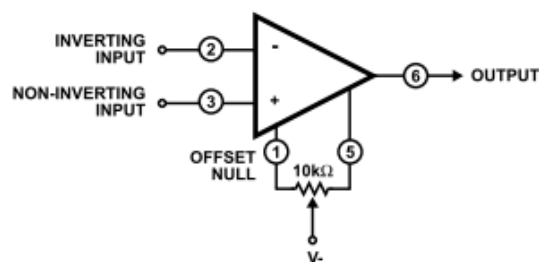


FIGURE 1. OFFSET VOLTAGE NULL CIRCUIT FOR CA741C, CA741, LM741C, AND LM741

Offset è presente perchè i due transistor possono non essere perfettamente identici, quindi le correnti sono leggermente diverse. quindi con il trimmer posso modificare la corrente in ingresso del primo stadio ed eliminare l'offset.

- C. Misurare il guadagno di modo comune mandando lo stesso segnale ai due ingressi. Valutare se il guadagno di modo comune sia trascurabile o se si debbano cambiare le resistenze ( $R_c$  e  $R_d$ ) per ridurlo.

Conviene utilizzare un ingresso DC o AC per effettuare la misura? Il segnale deve essere grande o piccolo?

- D. Misurare il guadagno differenziale e confrontarlo con il progetto.

- E. Valutare il rapporto di reiezione di modo comune (CMRR) definito come il rapporto tra il Guadagno differenziale e quello di modo comune.

Più è grande, migliore è l'amplificatore. L'ordine di grandezza è circa  $10^4$ .

- F. Valutare qualitativamente la banda passante dell'amplificatore

N.B: Nei punti C e D i guadagni saranno ricavati da fit su più misure

## 2) Misura della dipendenza dalla distanza del calore irradiato da una sorgente luminosa

Una sorgente luminosa (lampadina) posta in aria, trasmette calore verso l'ambiente circostante tramite irraggiamento e convezione. Se supponiamo puntiforme la sorgente, il calore irradiato si ripartisce in modo isotropo su tutto l'angolo solido. Rivelando il calore irradiato con un rivelatore (bolometro) a varie distanze ( $d$ ), si troverà quindi una dipendenza tipo  $1/d^2$ .

In questa esperienza useremo come sensore un **termometro al platino PT100, la cui resistenza dipende circa linearmente dalla temperatura nell'intorno di temperatura ambiente con una derivata di  $0.4 \Omega/K$**  (vedi tabella allegata).

Misurare il calore irradiato a varie distanze dalla sorgente richiede quindi la capacità di misurare  $R$  (o meglio le variazioni di  $R$ ) con elevata precisione.

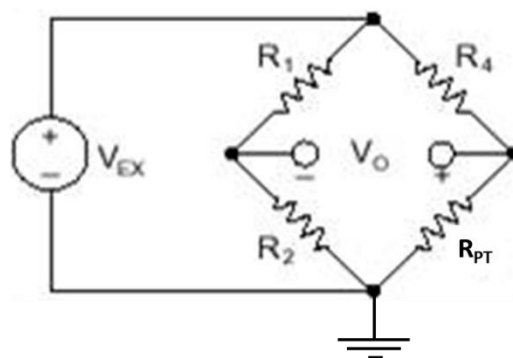
Per misurare con buona sensibilità le variazioni di  $R$ , il rivelatore sarà inserito in un ponte di Wheatstone il cui segnale di errore verrà applicato all'amplificatore realizzato al punto 1.

Piano di lavoro:

A) Interfacciare il voltmetro Keithley 2000 tramite porta seriale:

- partire dal sorgente `main_single_stud.cpp` disponibile su AulaWeb, che effettua il riempimento di un file di dati e di un TGraph con valori di default per tempo e tensione
- seguendo quanto descritto nel file, nella lezione sull'acquisizione dati e nel manuale del Keithley 2000, implementare: configurazione della seriale, lettura della tensione, lettura del tempo, lettura dell'errore sulla tensione (facoltativo)
- per compilare il sorgente, ricordarsi di aggiungere le direttive relative alle librerie ROOT: ``root-config --cflags --glibs``

B) Costruire un ponte di Wheatstone in cui uno dei rami è il sensore, collegarlo all'amplificatore per strumentazione e verificarne il funzionamento.



Il ponte di Wheatstone è molto utile perchè mi permette di misurare solamente le variazioni di resistenza. Ad esempio il passaggio da  $100\Omega$  a  $100.04\Omega$  senza il fastidio generato dalla presenza dei  $100\Omega$ .

Porre attenzione alla corrente che circola nel termometro al platino. Il termometro non deve autoriscaldarsi. Per questa ragione alimentarlo con  $I_{max}=5mA$ .

Come per l'amplificatore per strumentazione, i collegamenti per il ponte sono già presenti nella scatola. Una resistenza del ponte è un potenziometro (da quanto?). una resistenza sarà il termometro al platino. Vi restano da scegliere due resistenze in modo che il ponte sia abbastanza bilanciato.

C) Bilanciare il ponte da solo e successivamente bilanciare il ponte più finemente sfruttando

l'amplificatore

- D) Determinare la minima variazione di temperatura misurabile; collegare l'uscita dell'amplificatore al voltmetro e all'oscilloscopio e valutare le variazioni di tensione presenti ed imputabili quindi solo a rumore; a quali variazioni di resistenza e quindi di temperatura corrispondono? (questa è la vostra sensibilità)
- E) Posizionare il rivelatore a varie distanze da una lampada ad incandescenza. Per un paio di valori di distanza a vostra scelta, acquisire l'andamento temporale della resistenza del platino in seguito all'accensione della lampada; per fare questo misurare il valore di resistenza del platino a intervalli regolari (esempio 5 secondi) dal momento dell'accensione della lampada per un paio di minuti. Studiare la variazione di temperatura in funzione del tempo per evidenziare cambiamenti di regime.
- F) Determinato il tempo dopo il quale è più conveniente fare la misura (si possono scegliere anche più tempi di misura), graficare la variazione di temperatura in funzione della distanza e verificare l'andamento previsto.

Mettiamo il termometro ad una certa distanza dalla lampadina ancora spenta. Misuriamo la temperatura che dovrebbe essere, a meno di rumori, costante. Una volta accesa la lampadina dovremmo vedere un aumento e misuriamo il valore di  $T$  finale e il  $\Delta T$ .

Ripetiamo questo procedimento spegnendo e riaccendendo ogni volta la lampadina per ogni distanza.

Alla fine faremo quindi un grafico di  $\Delta T$  VS  $d$ .

L'andamento della resistenza del termometro è praticamente lineare oltre una certa temperatura (circa 15K).

A noi però interessa la variazione di  $R$