

Laboratorio di Fisica 3

Prof. F. Forti

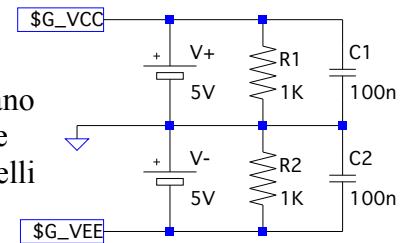
Esercitazione N. 15

Misura della costante di Boltzmann attraverso misure di rumore

In questa esercitazione si vuole effettuare una misura della costante di Boltzmann attraverso la misura del rumore termico in una serie di resistenze con valori diversi.

Avvertenze:

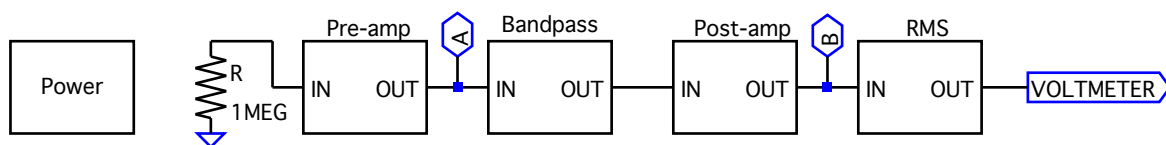
- il circuito da montare è relativamente complesso ed è particolarmente sensibile al rumore. E' importante quindi costruirlo in modo ordinato e soprattutto con collegamenti corti e schiacciati sulla basetta, in modo da minimizzare gli effetti di induzione.
- L'amplificazione del circuito è molto elevata. Per certe misure può essere utile attenuare il segnale in ingresso con un partitore per evitare la saturazione.
- I componenti utilizzati sono relativamente costosi. Cercare di trattarli con attenzione, soprattutto per quanto riguarda le tensioni di alimentazione. Per le alimentazioni utilizzare $\pm 5V$ con lo schema di filtraggio indicato a fianco.
- La resistenza dei ponticelli utilizzati per la distribuzione della massa può causare cadute di tensione ed oscillazioni che falsano le misure. Realizzare dei collegamenti aggiuntivi diretti tra le varie linee di distribuzione di massa utilizzate, con dei ponticelli dedicati.



0) **Materiale a disposizione.** Consultare i datasheet per le piedature e le caratteristiche degli integrati.

- INA114: Precision instrumentation amplifier
- AD708: ultra low offset dual op-amp (2 integrati)
- AD736: true rms-to-dc converter

1) **Schema a blocchi e metodo di misura.** In figura è rappresentato lo schema a blocchi del circuito. Si consiglia di effettuare il montaggio per stadi:



- Costruire il pre-amp e misurare la sua amplificazione e risposta in frequenza nel punto A
- Costruire il filtro passa banda ed il post-amp, e misurare amplificazione e risposta in frequenza tra A e B
- Costruire il convertitore RMS e verificarne il funzionamento con un segnale sinusoidale
- E' possibile misurare direttamente la amplificazione e risposta in frequenza del circuito complessivo mandando segnali molti piccoli in ingresso utilizzando un partitore 1000:1.
- Collegare i tre circuiti e misurare la tensione V_{RMS} in uscita in funzione della resistenza in ingresso, collegando resistenze di valore diverso. Ci si aspetta la seguente relazione:

$$V_{RMS} = V_{0n} \sqrt{1 + \frac{R}{R_T} + \frac{R^2}{R_n^2}}, \text{ dove } R \text{ è la resistenza in ingresso;}$$

- $V_{0n} = A_0 V_n$ è il rumore in uscita a resistenza nulla
- $R_T = \frac{V_n^2}{4k_B T \Delta f} = \frac{V_{0n}^2}{4k_B T A_0^2 \Delta f}$ è la resistenza equivalente del rumore serie dell'amplificatore riferito all'ingresso

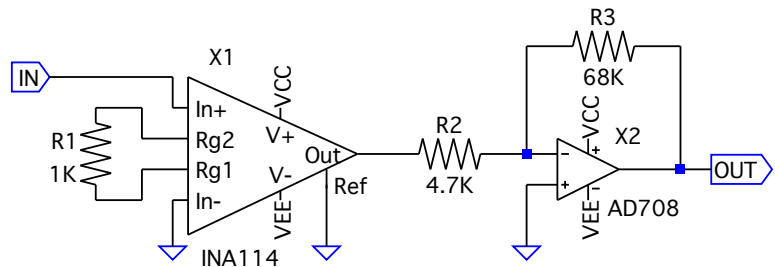
- $R_n = V_n/I_n$ è il rapporto tra il rumore parallelo ed il rumore serie dell'amplificatore, riferiti all'ingresso
- f. I tre parametri V_{on} , R_T ed R_n devono essere determinati dal fit, mentre l'amplificazione totale A_0 (= prodotto delle amplificazioni dei singoli circuiti) e la larghezza di banda Δf devono essere determinati in modo indipendente dalle misure sul circuito. Invertendo le relazioni indicate sopra è possibile quindi determinare k_B .

2) Implementazione dei blocchi di circuito.

a. Pre-amplificatore

Misurarne la risposta in frequenza ed amplificazione, mandando un segnale sinusoidale in ingresso. Dal datasheet del INA114,

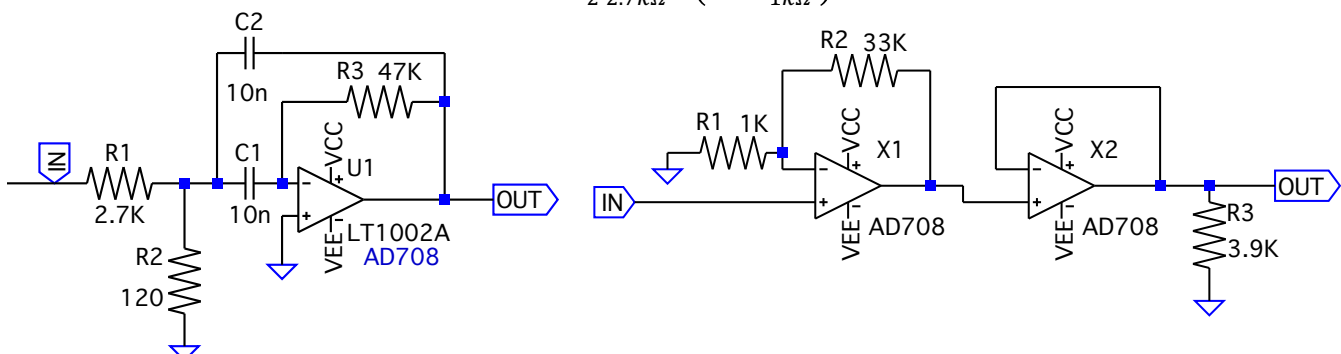
il guadagno del primo stadio è $1 + \frac{50k\Omega}{1k\Omega} = 51$, mentre del secondo è $\frac{68k\Omega}{4.7k\Omega} = 14.5$. Fare attenzione non saturare il circuito.



b. Filtro passabanda e post amplificatore

Misurare la risposta in frequenza da A a B, in particolare misurando la larghezza di banda $\Delta f = f_{MAX} - f_{MIN}$ e l'amplificazione a centro banda che dovrebbe essere

$$\frac{47k\Omega}{2 \cdot 2.7k\Omega} \cdot \left(1 + \frac{33k\Omega}{1k\Omega}\right) = 296$$



$f_0 = 6.7\text{kHz}$ (teorico)

$f_0 = 6.4\text{kHz}$ (dovuto ai poli dell'opamp)

c. Convertitore RMS

Misurare la risposta del convertitore ad un segnale sinusoidale in ingresso di frequenza opportuna, ricordando che in tal caso $V_{RMS} = V_{MAX}/\sqrt{2}$

