

Misura della temperatura con sensore PT100

Questa relazione è stata effettuata in data 19/12/2024 dal gruppo 3 del laboratorio di SETM, formato da Carbone Orazio (S300511), Dandolo Giacomo (S296525), Favellato Francesco (S312697) e Genduso Cristina (S293536).

1 Caratteristiche dell'esperienza

1.1 Obiettivo

L'obiettivo di questa esperienza è sviluppare un termometro digitale utilizzando un sensore resistivo di temperatura Pt100 e una scheda Arduino Uno. L'esperimento include la progettazione del circuito di condizionamento del sensore, l'acquisizione e l'analisi dei dati raccolti, nonché la valutazione dell'incertezza associata alle misure.

1.2 Materiale utilizzato

1. Componenti elettronici:

- sensore di temperatura Pt100 a film sottile, di classe II (B);
- scheda Arduino Uno;
- resistenza per il circuito di condizionamento.

2. Software:

- IDE Arduino per la programmazione delle funzioni di acquisizione e di analisi dei dati;
- Serial Monitor per la lettura dei valori usati per il calcolo della temperatura.

3. Strumentazione:

- multimetro digitale Hewlett Packard 34401A;
- PC con porta USB per il collegamento alla scheda Arduino Uno.

1.3 Descrizione del sensore Pt100

Il sensore Pt100 è un sensore resistivo di temperatura il cui valore di resistenza varia in modo proporzionale alla temperatura. Le principali caratteristiche della classe utilizzata sono:

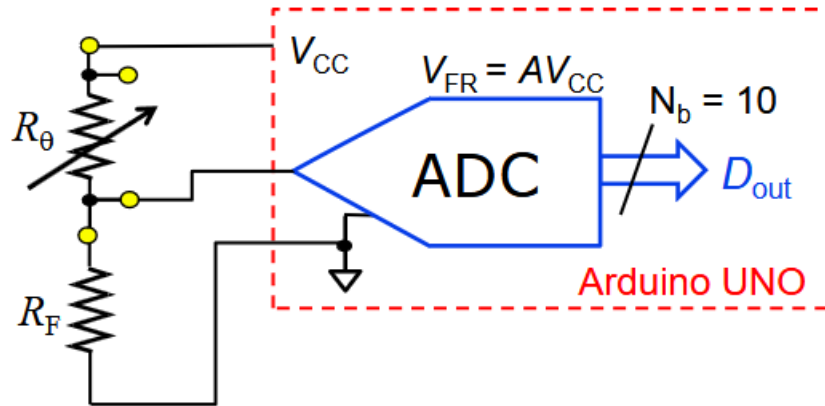
- resistenza nominale a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: $R_0 = 100\text{ }\Omega$;
- costanti di calibrazione A e B ;
 - $A = 3.9083 \cdot 10^{-3} (^{\circ}\text{C})^{-1}$;
 - $B = -5.775 \cdot 10^{-7} (^{\circ}\text{C})^{-2}$.
- incertezza: $\pm(0.30 + 0.005 \cdot |\theta|)^{\circ}\text{C}$.

2 Circuito di condizionamento

2.1 Progettazione

Il circuito è stato progettato come partitore di tensione per convertire la variazione di resistenza del sensore in una tensione misurabile. La configurazione utilizza:

- resistenza di riferimento $R_F = 1\text{ k}\Omega$, scelta per massimizzare la sensibilità mantenendo l'autoriscaldamento entro limiti trascurabili rispetto all'incertezza del sensore. Il valore effettivo misurato con il multimetro digitale è $R_F = 979\ \Omega$, che sarà il valore utilizzato nella relazione;
- tensione di alimentazione $V_s = 5\text{ V}$.



Circuito di condizionamento

2.2 Configurazione ed acquisizione dei dati

L'ADC della scheda Arduino è stato configurato con una risoluzione a $N_b = 10$ bit. Sono stati campionati i dati del sensore D_{out} a intervalli regolari e convertiti in valori di temperatura utilizzando la seguente funzione di taratura:

$$\theta = -\frac{A}{2 \cdot B} - \sqrt{\frac{A^2}{4 \cdot B^2} - \frac{1}{R_0 \cdot B} \cdot (R_0 + R_F - \frac{2^{N_b}}{D_{out}} \cdot R_F)}$$

Per avere un valore di riferimento è stato utilizzato un termometro esterno, che ha misurato una temperatura di $27\text{ }^\circ\text{C}$.

Successivamente, sono state effettuate le seguenti misurazioni:

- misurazioni singole: $27.41\text{ }^\circ\text{C}$, $30.52\text{ }^\circ\text{C}$, $33.54\text{ }^\circ\text{C}$;
- media di 100 misurazioni: $29.28\text{ }^\circ\text{C}$;
- media di 1000 misurazioni: $30.52\text{ }^\circ\text{C}$.

2.3 Analisi dei dati

Le misurazioni singole evidenziano l'incertezza di misura di circa $3.2\text{ }^\circ\text{C}$, come ci si aspetta dalle specifiche del circuito di condizionamento.

Le medie sono state utilizzate per ottenere una misura più accurata, riducendo l'incertezza statistica. La media delle N misure θ_i è stata calcolata utilizzando la formula:

$$\theta_{avg} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \theta_i$$

La media su 1000 misurazioni è risultata più stabile e con un'influenza del rumore inferiore, pur essendo più lontana dal valore atteso. La differenza è probabilmente attribuibile alla possibile usura della resistenza del sensore Pt100, che non permette misurazioni corrette.

2.4 Valutazione dell'incertezza

Definiamo $S_{V_F} = -1.54 \frac{mV}{^{\circ}C}$

L'analisi dell'incertezza è stata effettuata considerando i seguenti contributi principali:

- incertezza intrinseca del sensore Pt100;

$$\delta\theta^{sens} = 0.4526 \text{ } ^{\circ}C$$

- precisione della resistenza R_F ;

$$\delta R_F = 9.79 \text{ } \Omega$$

- errori di quantizzazione e non linearità dell'ADC della scheda Arduino;

$$\delta D_{out} = \frac{V_S}{2^{N_b}} = 4.88 \text{ } mV$$

- sensibilità di misura rispetto alla resistenza R_F ;

$$S_{\theta}^{R_F} = -0.241 \frac{^{\circ}C}{\Omega}$$

- sensibilità della misura rispetto al valore ottenuto dalla misura.

$$S_{\theta}^{D_{out}} = \frac{1}{S_{V_F}} = -0.649 \frac{^{\circ}C}{mV}$$

L'incertezza totale è stata stimata combinando i contributi usando la seguente formula:

$$\delta\theta = |S_{\theta}^{D_{out}}| \cdot \delta D_{out} + |S_{\theta}^{R_F}| \cdot \delta R_F + \delta\theta^{sens} = 4.6 \text{ } ^{\circ}C$$

Il valore delle misurazioni risulta compatibile con l'incertezza calcolata.

3 Confronto con il sensore LM335

Rispetto all'esperienza con il sensore LM335, il Pt100 ha mostrato una migliore stabilità nelle misurazioni multiple, ma un'incertezza complessiva maggiore nelle letture singole a causa della sua minore sensibilità. Tuttavia, l'utilizzo della media su molteplici campioni ha dimostrato un miglioramento nella precisione delle misure.

4 Conclusioni

L'esperimento ha permesso di acquisire competenze nella progettazione di sistemi di misura resistivi e nell'analisi delle incertezze. Le misurazioni effettuate sono risultate coerenti con le specifiche del sensore Pt100 e con le aspettative teoriche.

Per migliorare ulteriormente le misure, si potrebbe:

- utilizzare un riferimento di tensione più stabile;
- ridurre il numero del sistema implementando un filtro.

Questa esperienza ha evidenziato l'importanza di una corretta valutazione dell'incertezza per garantire la qualità delle misure in ambito metrologico.