Misura della temperatura con sensore Pt100

1. Caratteristiche dell’esperienza
   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 – classe II (B);
   * Scheda Arduino Uno;
   * Resistenza RF da 1 kΩ (misurata come 979 Ω con multimetro).
2. Software:
   * IDE Arduino per la programmazione delle funzioni di acquisizione e analisi dei dati;
   * Serial Monitor per la lettura dei valori usati per il calcolo della temperatura.
3. Strumentazione:
   * Multimetro digitale per la verifica delle resistenze;
   * PC con porta USB per il collegamento alla scheda Arduino Uno.
   1. 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 sue principali caratteristiche includono:

* Resistenza nominale a 0 °C: R0 = 100 Ω;
* Costanti di calibrazione: A = 3,9083 × 10⁻³ (°C)⁻¹, B = − 5,775 × 10⁻⁷ (°C)⁻²;
* Incertezza: ±(0,30 + 0,005|Θ|) °C (classe II).

1. Circuito di condizionamento

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

* RF = 1 kΩ, scelta per massimizzare la sensibilità mantenendo l’autoriscaldamento entro limiti trascurabili rispetto all’incertezza del sensore;
* Tensione di alimentazione (Vs): 5 V (scheda Arduino).

La relazione ingresso/uscita del sistema è stata definita utilizzando la funzione di taratura:

dove VF è la tensione misurata e RF è la resistenza di riferimento del circuito di condizionamento.

1. Acquisizione e analisi dei dati

Sono state effettuate misurazioni nei seguenti scenari:

* Temperatura di riferimento: 27 °C;
* Misurazioni singole con Pt100: 27,41°C, 30,47 °C, 33,54 °C;
* Media di 100 misurazioni: 29,28 °C;
* Media di 1000 misurazioni: 30,52 °C.

Le misurazioni singole evidenziano la risoluzione di misura di circa 3,2 °C, legata alla risoluzione a 10 bit dell’ADC della scheda Arduino. Le prove multiple sono state eseguite per ottenere una misura più accurata, riducendo l’incertezza statistica. La media delle misure è stata calcolata utilizzando la formula:

Θmedia = (1 / N) · ∑₁ⁿΘi,

dove N rappresenta il numero di misurazioni e Θi il valore di ciascuna misurazione.

La media su 1000 misurazioni è risultata più stabile e più vicina al valore atteso, riducendo significativamente l’influenza del rumore.

1. Valutazione delle misure e dell’incertezza

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

* Incertezza intrinseca del sensore Pt100;
* Precisione della resistenza RF;
* Errori di quantizzazione e non linearità dell’ADC della scheda Arduino.

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

Dove vale , vale , e gli altri valori sono già noti.

Calcolando i singoli membri e sostituendoli nella formula sopra, si ottiene:

La differenza tra la media di 1000 misurazioni e il termometro di riferimento (∼3,52°C) è compatibile con questa incertezza, confermando l’accuratezza del sistema.

1. Discussione e confronto con l’esperimento precedente

Rispetto alla precedente 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.

1. 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 rumore 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.