

Misura di temperatura con sensore PT100 e scheda Arduino Uno

Simone Aronica, Giovanni Bloise,
Gabriele Camisa, Giuseppe Casale

11 dicembre 2022

Indice

1	TODO	2
2	Strumenti usati	2
3	Sintesi dell'esperienza	2
4	Circuito di condizionamento	2
4.1	Valutazione dell'incertezza	2
4.2	Firmware	3
4.3	Dithering	4
5	Conclusioni	4

1 TODO

2 Strumenti usati

3 Sintesi dell'esperienza

L'esperienza consiste nella misurazione della temperatura ambientale in laboratorio mediante la scheda a microcontrollore Arduino Uno e un sensore di temperatura PT100. Bisogna anche riportare la correlazione di tali misure all'incertezza attesa e a valori di riferimento osservati su un secondo termometro digitale più accurato.

4 Circuito di condizionamento

La scheda Arduino Uno implementa un convertitore analogico-digitale a 10 bit con cui è possibile convertire un voltaggio in input, in un range da 0 V alla tensione di riferimento di 5 V, in codici digitali da 0 a 1023. Il sensore PT100 incorpora una resistenza dipendente dalla temperatura secondo:

$$R_\theta = R_0 \cdot (1 + A \cdot \theta + B \cdot \theta^2)$$

$$R_0 = 100 \, \Omega$$

$$A = 3.9083 \cdot 10^{-3} \, ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5.775 \cdot 10^{-7} \, ^\circ\text{C}^{-1}$$

per cui è possibile ottenere come output la tensione su una resistenza posta in serie al sensore stesso.

Per ottimizzare la sensibilità $S_{V_F}^\theta = \frac{\partial V_F}{\partial \theta}$, rimanendo contemporaneamente in condizioni di autoriscaldamento accettabili, si è collegato il PT100 in una configurazione di partizione resistiva con un resistore di valore nominale $R_F = 1 \, \text{k}\Omega$ (successivamente rivalutato a $(976.00 \pm 10.76) \, \Omega$ tramite il multimetro digitale). La tensione di output del circuito di condizionamento V_F è stata prelevata ai capi di R_F . La serie è stata alimentata tramite USB 2.0 ad una tensione di $V_S = (5.00 \pm 0.25) \, \text{V}$. Con questa configurazione si ha una sensibilità di $S_{V_F}^\theta = -1.54 \, \text{mV} \, ^\circ\text{C}^{-1}$ e un autoriscaldamento $\Delta\theta_{s-o} \approx 0.2 \, ^\circ\text{C}$.

4.1 Valutazione dell'incertezza

La funzione di taratura

$$\theta = -\frac{A}{2 \cdot B} - \sqrt{\frac{A}{4 \cdot B^2} - \frac{1}{R_0 \cdot B} \cdot \left(R_0 + R_F - \frac{V_S}{V_F} \cdot R_F \right)}$$

si può manipolare notando che è possibile eliminare la dipendenza da (TODO: Aggiungere Vcc):

$$V_q = \frac{V_{FR}}{2^{N_b}} = \frac{V_{CC}}{2^{N_b}}$$

$$D_{\text{out}} = V_{CC} \cdot \frac{R_F}{R_F + R_\theta} \cdot \frac{1}{V_q}$$

$$D_{\text{out}} = V_{CC} \cdot \frac{R_F}{R_F + R_\theta} \cdot \frac{2^{N_b}}{V_{CC}}$$

$$D_{\text{out}} = 5^{N_b} \cdot \frac{R_F}{R_F + R_\theta}$$

L'incertezza assoluta sulla temperatura dipende quindi solo da D_{out} , R_F e dal sensore.

$$\begin{aligned} \delta\theta &= \left| S_\theta^{V_s} \right| \delta V_s + \left| S_\theta^{V_F} \right| \delta V_F + \left| S_\theta^{R_F} \right| \delta R_F + \delta\theta^{\text{sens}} \\ &= - \frac{R_f}{2BR_0V_F\sqrt{\frac{A^2}{4B^2} - \frac{C - \frac{R_fV_s}{V_F} + R_F}{BR_0}}} \cdot \delta V_s + \\ &\quad \frac{R_FV_s}{2BR_0V_F^2\sqrt{\frac{A^2}{4B^2} - \frac{R_0 - \frac{R_FV_s}{V_F} + R_F}{BR_0}}} \cdot \delta V_F + \\ &\quad \frac{1 - \frac{V_s}{V_F}}{2BR_0\sqrt{\frac{A^2}{4B^2} - \frac{R_0 - \frac{R_FV_s}{V_F} + R_F}{BR_0}}} \cdot \delta R_F + \delta\theta^{\text{sens}} \end{aligned}$$

dove il termine $\delta\theta^{\text{sens}} = (0.3 + 0.005 \cdot |\theta|)^\circ\text{C}$ incorpora le incertezze dovute ai parametri A , B e R_0 , dei quali non sono disponibili le singole incertezze.

4.2 Firmware

La funzione di taratura è stata implementata, insieme alla visualizzazione delle misure di temperatura nel seguente codice sorgente:

```

1  const int pin = A3;
2  const long Rf = 976;
3  const long R0 = 100;
4  const double A = 3.9083*pow(10, -3);
5  const double B = -5.775*pow(10, -7);
6  const int Vs = 5;
7
8  void setup() {
9      pinMode(pin, INPUT);
10     Serial.begin(9600);
11 }
12
13 void loop() {
14     int Dout = analogRead(pin);

```

```

15     double T = -(A/(2*B))-sqrt(pow(A,2)/(4*pow(B,2))-1/(R0*B)*R0+Rf
16     -pow(2, 10)/Dout*Rf);
17     Serial.print("Valore sensore: ");
18     Serial.println(Dout);
19     Serial.print("Valore temperatura in Celsius: ");
20     Serial.println(T);
21     Serial.println("#####");
22
23     delay(1000);
24 }

```

4.3 Dithering

Il valore finale è calcolato come media su 20 misurazioni, da cui si ricava un valore di 26.85°C e $D_{\text{out,max}} = 800$.

5 Conclusioni