Rilevazione della temperatura con NTC

1 Introduzione

Lo scopo di questa esercitazione di laboratorio è quello di realizzare un termometro utilizzando come sensore un NTC. Il segnale, trasdotto in tensione, viene acquisito tramite la scheda DAQ NI6024 e successivamente elaborato tramite MatLab per ottenere il valore di temperatura misurato. Per affrontare questa esercitazione occorre avere ben presente il modello ed il funzionamento del ponte di Wheatstone e l'utilizzo della scheda DAQ NI6024E tramite il programma `DAQAccess.exe`. Nel sito `http://ladispe.eln.polito.it` potete trovare le dispense sull'esercitazione del ponte di Wheatstone, della scheda di acquisizione e tutti i data sheet necessari.

2 Il circuito

Il primo passo è quello di realizzare il circuito a ponte di Wheatstone che consente di determinare il valore di una resistenza misurando una tensione. In figura 1 è rappresentato una possibile configurazione del ponte di Wheatstone. Avete a disposizione un termistore NTC, un reostato multigiro da $1\,\mathrm{k}\Omega$ e la serie di resistenze commerciali E12 (vedi Appendice). Dimensionate e realizzate il ponte in modo che risulti equilibrato quando il termistore si trova a temperatura ambiente.

Per quanto riguarda il termistore, si ricorda che

$$R_{\mathrm{NTC}} = R_{T_0} \mathrm{e}^{\beta\left(\frac{1}{\mathrm{T}} - \frac{1}{\mathrm{T}_0}\right)} \tag{1}$$

dove R_{T_0} è la resistenza dell'NTC per $T = T_0$, β è il coefficiente dell'NTC, T è la temperatura assoluta misurata e T_0 è la temperatura di riferimento. In questo caso

R_{T_0}	$22\,\mathrm{k}\Omega$
β	$4300\,\mathrm{K}$
T_0	$298\,\mathrm{K}$

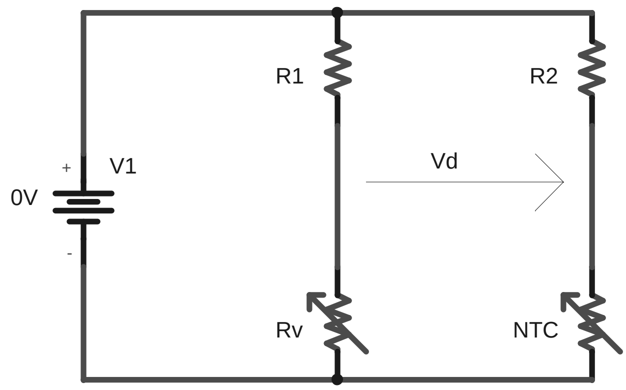

Figura 1: Ponte per l'NTC

3 Acquisizione dati

Dopo aver equilibrato il ponte, collegate i morsetti della scheda di acquisizione relativi al canale 0 ai nodi del ponte da cui prelevare la tensione di sbilanciamento v_d. Scegliere la frequenza di campionamento e il guadagno della scheda adatti per evitare fenomeni di aliasing, saturazione e avere minima incertezza di quantizzazione possibile. Acquisire la tensione v_d facendo compiere al termistore dei cicli termici durante l'acquisizione, ad esempio, toccandolo con le dita e lasciandolo libero per alcune volte. (Si ricorda che per la successiva elaborazione è necessario far creare al programma `daqaccess.exe` anche il file in formato ASCII dei dati acquisiti).

4 Elaborazione

Una volta acquisiti i dati dovete elaborarli creando un file MatLab che, dopo aver letto i dati dal file `.csv`, ricavi la temperatura dai valori di tensione acquisiti, utilizzando i modelli esposti in seguito. Per leggere il file `.csv` è consigliabile utilizzare la funzione `textread()`. Ricordatevi che la scheda fornisce dei numeri interi da -2048 a 2048 (12 bit) che dovete convertire in tensioni misurate tenendo conto della dinamica della scheda.

Per comodità di notazione (vedi esercitazione sul ponte di Wheatstone), è utile indicare il termistore con $R_\mathrm{NTC} = R_0\,(1+x)$ dove R_0 è la resistenza del termistore in condizioni di equilibrio del ponte e x è la variazione relativa di tale resistenza dovuta alla variazione di temperatura.

Dalla teoria sul ponte di Wheatstone, si ricava che

$$R_{\mathrm{NTC}} = R_{\mathrm{V}} \frac{R_2}{R_1} (1 + x) \tag{2}$$

Il procedimento, da ripetere per tutti i casi esposti nei paragrafi 4.1 4.2 e 4.3 è quello di ricavare la R_{NTC} dalla (2) e determinare la temperatura invertendo la (1).

Di seguito sono illustrati tre modi possibili per ricavare la R_{NTC}.

4.1 Approssimazione del primo ordine

Approssimando il modello del ponte di Wheatstone al primo ordine, si ha

$$v_{\mathrm{d}} = Sx \qquad \text{dove} \qquad S = \frac{A}{(A+1)^2} V_{\mathrm{CC}} \qquad \text{e} \qquad A = \frac{R_1}{R_{\mathrm{V}}}$$

Quindi, si ha

$$R_{\mathrm{NTC}} = R_{\mathrm{V}} \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{v_{\mathrm{d}}}{S}\right) \tag{3}$$

Implementare in MatLab questa relazione e ricavare i valori di R_{NTC} e di T.

4.2 Approssimazione del secondo ordine

Approssimando il modello del ponte di Wheatstone al secondo ordine, si ha

$$v_{\mathrm{d}} = Sx - \frac{S}{1+A} x^2$$

Implementare in MatLab la soluzione di questa equazione e, quindi, determinare R_{NTC} utilizzando la (2) e T tramite la (1).

4.3 Modello completo

Il modello non approssimato è

$$v_{\mathrm{d}} = \frac{Ax}{(A+1)(A+1+x)} V_{\mathrm{CC}}$$

Implementare in MatLab un algoritmo che ricavi numericamente x utilizzando la funzione `fzero()`[1] e, quindi, determinare R_{NTC} e T come nei casi precedenti.

[1] La funzione `fzero()` trova numericamente la soluzione di un'equazione nella forma $f(x) = 0$ nell'intorno di un punto x_0 dato come parametro in ingresso.

5 Confronto

Con i modelli esposti nei paragrafi 4.1 4.2 e 4.3 ricavate i valori di temperatura e confrontare graficamente e numericamente i risultati. Qual'è l'effetto della non linearità del ponte? In quale range di temperatura potrebbe essere utilizzato il modello del primo ordine mantenendo un'accuratezza di 2 °C (supponendo che le non linearità trascurate siano le sole fonti di incertezza)?

Copyright

Appendice

I resistori commerciali vengono prodotti con valori di resistenza che ricalcano una serie il cui indice determina il numero di valori logaritmicamente equispaziati presenti in ogni decade. Ad esempio, la serie E12 indica che ogni decade ($10\,\Omega \cdots 100\,\Omega$, $100\,\Omega \cdots 1\,\mathrm{k}\Omega$, ...) è coperta da 12 resistenze il cui rapporto tra consecutive è costante.

In generale, data una serie Eh, si ha

$$R_i = q^{i-1} R_1$$

dove R_1 è il valore di partenza e

$$q = \sqrt[h]{10}$$

Per la serie E12 i valori sono

$$10^{\alpha} \cdot \{1, 1.2, 1.5, 1.8, 2.2, 2.7, 3.3, 3.9, 4.7, 5.6, 6.8, 8.2\}\,\Omega.$$