

# Sensori di temperatura

## 1 Tipi di sensori di temperatura

Esistono diversi tipi di sensori di temperatura, ciascuno dei quali ha caratteristiche diverse. I principali parametri che determinano la scelta del tipo di sensore sono:

- il range di temperatura misurabile;
- la precisione (cioè il massimo errore di misura);
- la linearità dell'output del sensore rispetto alla temperatura;
- le dimensioni, le caratteristiche costruttive e il costo del sensore.

I tipi di sensori di temperatura più diffusi sono:

- *sensori integrati*, con uscita analogica o digitale;
- *termocoppie*;
- sensori a resistenza variabile, ulteriormente suddivisi in:
  - *termistori NTC*;
  - *Pt100*.

## 2 Sensori integrati

Un **sensore di temperatura integrato** comprende, in un singolo componente, sia il sensore vero e proprio che uno stadio di condizionamento del segnale, e, nel caso dei sensori a uscita digitale, anche un ADC. Questi sensori sono molto semplici da usare, poiché possono spesso essere collegati direttamente a un microcontrollore (usando un input analogico del microcontrollore, oppure un apposito protocollo di comunicazione per i sensori a uscita digitale), ma hanno range di misura (e precisione) limitati.

Un esempio di sensore integrato molto diffuso è l'LM35, che è in grado di misurare temperature da  $-55\text{ °C}$  a  $150\text{ °C}$ .





mediante il quale si otterrebbe una tensione di  $100 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}$ : così, l'intero range 0–5 V (ovvero tutta la risoluzione dell'ADC) verrebbe sfruttato per le temperature da  $0^\circ\text{C}$  a  $50^\circ\text{C}$ . Ad esempio, una temperatura di  $25^\circ\text{C}$ , che prima corrispondeva al valore digitale 51, adesso verrebbe letta come:

$$\frac{25^\circ\text{C} \cdot 100 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}}{4.88 \text{ mV}} = \frac{2500 \text{ mV}}{4.88 \text{ mV}} \approx 512$$

### 3 Termocoppie

Una **termocoppia** è formata da due fili di metalli diversi, che a un capo sono uniti tra di loro, formando una *giunzione*, mentre all'altro capo costituiscono i due terminali di uscita. Tra questi terminali si genera una piccolissima tensione, che è proporzionale alla *differenza* tra la temperatura della giunzione e quella dei terminali stessi.

Siccome la tensione generata da una termocoppia è nell'ordine di  $1\text{--}60 \frac{\mu\text{V}}{^\circ\text{C}}$  (il coefficiente esatto dipende dai due metalli che formano la giunzione), non è sufficiente collegarla direttamente a un microcontrollore: serve sicuramente un opportuno amplificatore. Inoltre, per ottenere una misura di temperatura assoluta, e non relativa, è necessario un secondo sensore (di tipo diverso) che rilevi la temperatura dei terminali.

Un altro problema è che la tensione di uscita non è esattamente lineare rispetto alla temperatura, quindi l'interpretazione dell'output di una termocoppia non è immediata:

- una possibilità è usare direttamente un'equazione che descriva la relazione tra temperatura e tensione;
- in alternativa, si può usare tale equazione per precalcolare una tabella di conversione (*lookup table*), e poi fare semplicemente riferimento a questa tabella ogni volta che si esegue una misurazione.

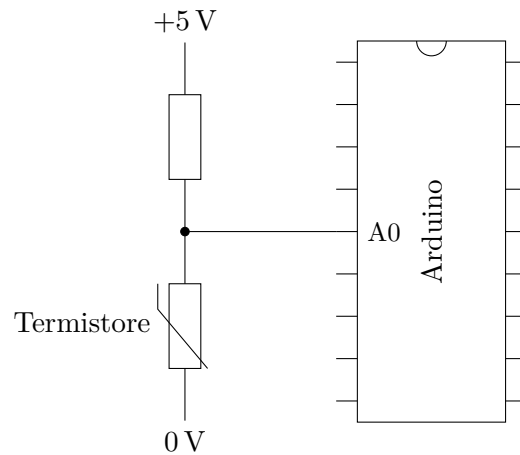
Il grande vantaggio delle termocoppie è il range di temperature misurabili: a seconda del tipo, si possono misurare temperature da  $-200^\circ\text{C}$  a più di  $1000^\circ\text{C}$ .

### 4 Termistori

Un **termistore** è una resistenza il cui valore è sensibile alla temperatura (molto più di quanto lo sia quello di una resistenza normale). In particolare, i termistori usati come sensori sono solitamente a coefficiente di temperatura negativo (**NTC**, **Negative Temperature Coefficient**), cioè hanno una resistenza che *diminuisce* all'aumentare della temperatura. Essi sono molto economici e sensibili, ma hanno un range di temperature limitato (in genere tra circa  $-100^\circ\text{C}$  e  $175^\circ\text{C}$ ) e una forte non linearità.

Il modo più semplice per usare un termistore, o in generale un sensore a resistenza variabile, è inserirlo in un partitore di tensione, in modo da generare una tensione proporzionale alla resistenza del sensore. Questa tensione può poi essere letta usando l'ADC di un

microcontrollore (eventualmente dopo un condizionamento del segnale, se necessario).  
Ad esempio:



## 5 Pt100

Un altro tipo di sensore di temperatura a resistenza variabile è il **Pt100**, così chiamato perché è realizzato in platino (Pt) e ha una resistenza nominale di  $100\ \Omega$  a  $0\ ^\circ\text{C}$ . A differenza dei termistori NTC, i Pt100 hanno un coefficiente di temperatura positivo, cioè una resistenza che *aumenta* all'aumentare della temperatura.

I Pt100 hanno un'ottima precisione, possono misurare un range di temperature piuttosto ampio (da  $-200\ ^\circ\text{C}$  fino a  $850\ ^\circ\text{C}$ ), e sono particolarmente lineari rispetto ad altri tipi di sensori, ma il loro costo è relativamente alto e la loro sensibilità è bassa (il coefficiente di temperatura è di circa  $0.385\ \frac{\Omega}{^\circ\text{C}}$ , quindi per ottenere misure precise serve un circuito che sia in grado di rilevare piccole variazioni di resistenza).