

Termometro digitale

QUESTO PROGETTO CONSENTE DI AVERE A DISPOSIZIONE UN TERMOMETRO AMBIENTE DIGITALE DI OTTIMA PRECISIONE, IN CUI L'ELEMENTO SENSIBILE RISULTA COSTITUITO DALLA SONDA LM35, UN SENSORE TERMICO ALTAMENTE AFFIDABILE, CHE NON NECESSITA DI ALCUNA POLARIZZAZIONE ESTERNA ED IN GRADO DI FORNIRE UNA TENSIONE DI RIFERIMENTO PROPORZIONALE AL VALORE DI TEMPERATURA REGISTRATO

■ di EMANUELE LOFFARELLI

I termometri digitali presenti sul mercato nella loro affidabilità, sicuramente ottima, consistono in un elaborato circuito elettronico che s'identifica in un convertitore analogico/digitale, con il risvolto di un prodotto talvolta costoso e, in alcuni casi, anche complesso per la realizzazione. In figura 1 è rappresentato lo schema elettrico di un termometro digitale ambiente costituito esclusivamente da un partitore resistivo di regolazione, dalla sonda LM35DZ e da un voltmetro digitale scala 200 mV impiegato per la lettura della temperatura.

Particolarmente versatile, il circuito consentirebbe la rilevazione di temperature comprese addirittura tra 0 e +100 °C.

■ LE SOSTANZIALI DIFFERENZE TRA I TERMISTORI E LA SONDA LM35

I termistori sono dei resistori non lineari, in cui la variazione della resistenza è dovuta ad una modifica della temperatura, e possono avere un coefficiente di temperatura negativo, nel caso degli NTC, oppure positivo, nel caso dei PTC.

In questi componenti, resistenza e temperatura sono legate dalla relazione:

$$R_{T_2} = R_{T_1} (1 + \alpha \Delta T)$$

in cui:

- R_{T_2} : resistenza del conduttore rilevata ad un certo valore di temperatura;
- R_{T_1} : resistenza del conduttore a 25 °C (viene definita come "Nominal Resistance" ed è sempre fornita dal costruttore);



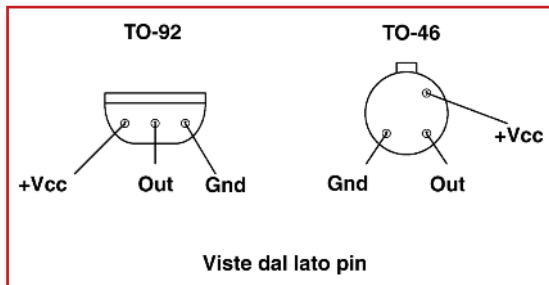
▲ Figura 1: NTC per applicazioni generali

- ΔT : variazione di temperatura;
- α : coefficiente di temperatura a 25 °C.

In commercio, è possibile reperire questi componenti in tre forme: a goccia, a disco e, più raramente, a sbarra, ed il loro impiego è rivolto alla misurazione e controllo della temperatura, non solo ambiente, ma anche per liquidi e superfici. Nell'immagine di figura 1 è rappresentato un NTC per applicazioni generali, adibito per la rilevazione di temperature di liquidi e superfici. Sia gli NTC, sia i PTC, avendo un comportamento non lineare, normalmente non vengono impiegati nei casi in cui necessiti precisione elevata e ripetibilità, venendo sostituiti da sensori integrati, come l'LM 3911 o lo stesso LM35. Il chip LM35 costituisce un sensore di precisione per la misura di temperatura, con la caratteristica di fornire un tensione proporzionale alla temperatura espressa in gradi Celsius: comunque,

TABELLA 1: Caratteristiche elettriche degli integrati della famiglia LM35

Sensore	Temperatura [°C]
LM35CZ	- 55 ÷ +150
LM35A	- 55 ÷ +150
LM35C	- 40 ÷ +110
LM35CA	- 40 ÷ +110
LM35DZ	0 ÷ +100



▲ **Figura 2:** La numerazione dei pin nell'LM35 in funzione del contenitore

la versatilità del suo impiego lo rende adattabile anche per misurazioni in scala Fahrenheit. La tensione di alimentazione deve essere compresa tra i 4 ed i 30V, a favore di un bassissimo consumo, circa pari a 116 μ A. Il valore di tensione in uscita dipende in modo lineare dalla temperatura, secondo un fattore pari a 10 mV/°C ed il chip non richiede alcuna polarizzazione esterna. In tabella 1 sono indicate le caratteristiche elettriche degli integrati facenti parte della famiglia LM35, mentre in figura 2 è raffigurata la numerazione dei pin del sensore in funzione del contenitore.

DESCRIZIONE DELLO SCHEMA ELETTRICO

In figura 3 è rappresentato lo schema elettrico del termometro digitale; il circuito, tramite IC1, viene alimentato alla tensione di 9 V, mentre R1 è stata inserita per la limitazione della corrente nei confronti della sonda IC2 (tabella 2).

Come precedentemente accennato, il sensore termico fornisce al pin U una tensione di riferimento secondo un fattore pari a 10 mV/°C, quindi alla temperatura di 10 °C tra il pin d'uscita U e GND, sarà presente una tensione di riferimento pari a:

$$V_u = 0,01 \times 10 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$V_u = 100 \text{ mV}$$

Mentre, ad una temperatura di 32 °C, V_u assumerà un valore pari a:

TABELLA 2: Elenco componenti

R1 = 2,7 k Ω
R2 = 68 k Ω - 2%
R3 = Trimmer multi giri 10 k Ω
C1 = 470 mF – Elettr. 35 V – low ESR
C2 = 47 nF
C3 = 47 nF
C4 = 100 mF – Elettr. 25 V – low ESR
C5 = 1 mF – Elettr. 25 V – low ESR
IC1 = 7809
IC2 = LM35DZ
BR1 = Ponte a diodi 200 V – 1,5 A
TRF = Trasformatore 12 V – 200 mA
Voltmetro digitale da pannello: tensione alimentazione 9 V, fondo scala 200 mV. Tutte le resistenze sono da 1/4 W. Si noti R2 con tolleranza del 2%.

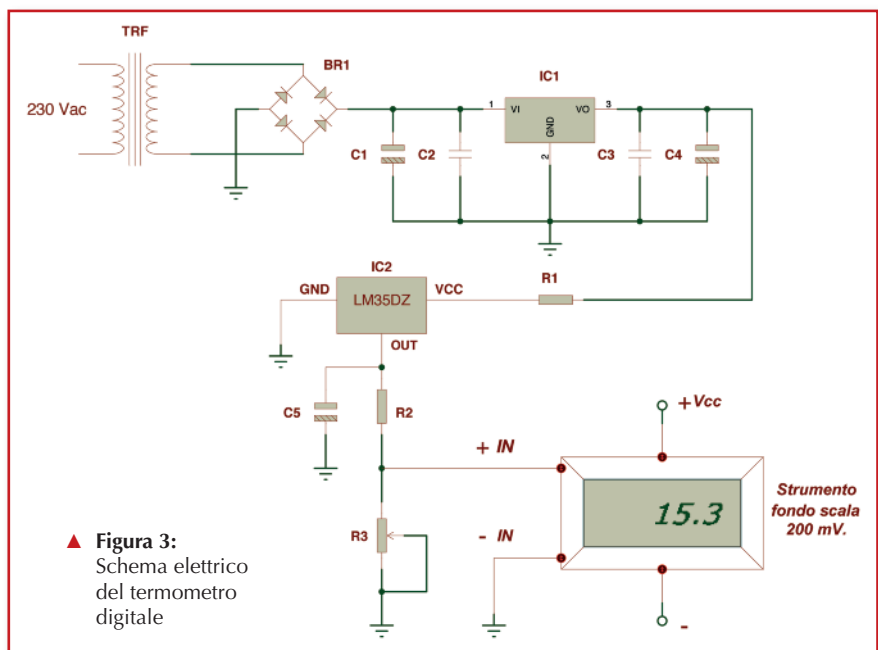
$$V_u = 0,01 \times 32 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$V_u = 320 \text{ mV}$$

Tramite il partitore resistivo costituito da R2 e dal trimmer multi giri R3 è possibile ridurre la tensione V_u ad 1/10 del suo valore, per poi leggerla tramite il voltmetro digitale scala 200 mV. La regolazione impostata tramite il partitore resistivo consente, quindi, di registrare un valore di temperatura molto preciso, la cui bassissima percentuale d'errore è associabile esclusivamente alla tolleranza del sensore LM35.

MONTAGGIO E TARATURA DEL CIRCUITO

Nell'immagine di figura 4 è raffigurato il circuito montato e la sua realizzazione risulta semplice.



▲ **Figura 3:** Schema elettrico del termometro digitale

Si può iniziare con il montaggio delle resistenze R1, R2 e del trimmer R3; si prosegue con i condensatori in poliestere, concludendo con quelli elettrolitici, rigorosamente a basso ESR. A seguire il ponte a diodi BR1, il regolatore IC1, concludendo con il sensore LM35DZ.

Prima d'impostare la taratura del circuito, dopo averlo alimentato, è necessario che la temperatura registrata dal sensore possa avere un valore stabile e bisogna, quindi, attendere almeno tre minuti prima dell'operazione di regolazione.

Per la taratura del circuito è necessario, tramite un multimetro digitale, registrare tra i pin OUT e GND la tensione di riferimento fornita dalla sonda termica, che corrisponderebbe alla temperatura ambiente.

Se la tensione misurata fosse pari a 0,2 V, significa che la temperatura ambiente sarebbe pari a 20 °C, mentre se fosse misurata una tensione pari a 0,135 V, la temperatura avrebbe un valore pari a 13,5 °C.

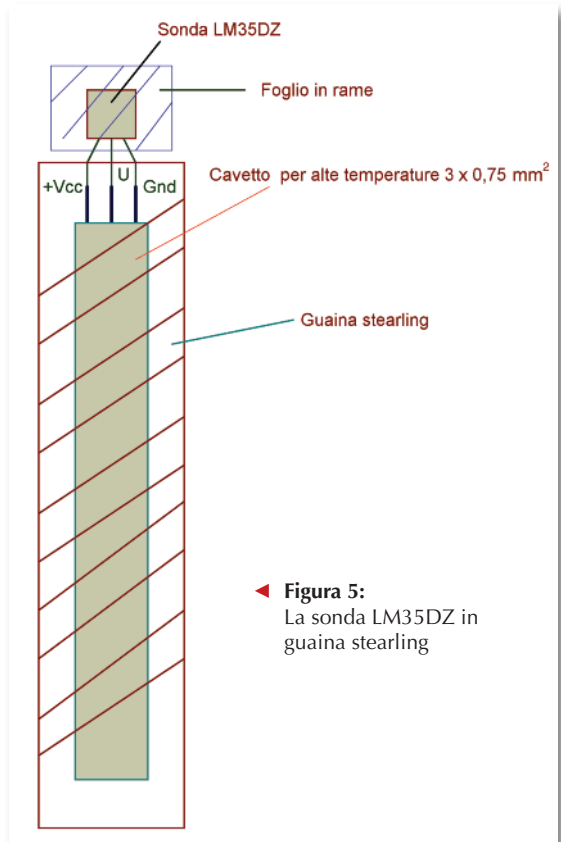
A questo punto, prendendo come riferimento una tensione di 0,2 V, bisogna agire sul trimmer multi giri R3, affinché sullo schermo del voltmetro digitale compaia con precisione il valore 20, che corrisponderebbero ai 20°C della temperatura ambiente; questa operazione consente la taratura definitiva del circuito.

Utilizzando come strumento campione un affidabile termometro digitale, è possibile notare come i due strumenti forniscano un'indicazione decisamente identica, con una differenza in eccesso o in difetto massima di soli 0,15 °C circa, un risultato decisamente soddisfacente.

Questo termometro digitale è stato concepito come termometro ambiente, utile quindi per registrare temperature comprese tra 0 e 40 °C; in considerazione però delle caratteristiche nominale della serie LM35, espresse in tabella 1, è possibile utilizzarlo per registrare temperature pari o addirittura superiori ai 100 °C.

In questo caso, è obbligatorio portare la sonda esterna al circuito, altrimenti avverrebbe l'immediata fusione dei componenti, e collegarla tramite un cavetto per alte temperature; questo va rivestito con guaina steirling (guaina di protezione alle alte temperature), mentre il sensore va avvolto in un sottile foglio in rame ed i terminali protetti da guaina termorestringente. Il tutto è visibile nell'immagine di figura 5.

Questo assemblaggio risulta molto utile per registrare le temperatu-



◀ **Figura 5:**
La sonda LM35DZ in guaina steirling

re di superfici, come nei circuiti antigelo, su tubazioni, ecc.

Per la registrazione della temperatura dei liquidi, il sensore, saldandolo sempre ad un cavetto per alte temperature, va inserito in un tubetto in acciaio inox, con il quale deve aderire il più possibile.

Se le temperature non superano i 70 °C, si può utilizzare la sonda LM35DZ, mentre per temperature superiori si consiglia il tipo CZ, come indicato in tabella 1.

■ MESSA IN OPERA DEL CIRCUITO COME TERMOMETRO AMBIENTE

Il sensore LM35 è un componente molto sensibile: ciò è dimostrabile dal fatto che, avvicinando il corpo umano ad esso ad una distanza di 5 cm circa, entro breve registra nell'ambiente circostante un sensibile aumento di temperatura. Per la corretta messa in opera del termometro è, quindi, necessario:

- non posizionarlo in prossimità di fonti di calore, ma bensì al centro di un eventuale locale, affinché rilevi esclusivamente la temperatura ambiente;
- il circuito non va esposto ai raggi solari, in quanto fornirebbe una temperatura falsata.

Utilizzando il termometro secondo quanto consigliato si può avere a disposizione un affidabile rilevatore di temperatura, con il pregio di un basso costo e di ottima precisione.

▼ **Figura 4:**
Prototipo del termometro digital

