

# CORSO ELEMENTARE DI ELETTRONICA



**P**<sup>PRIMI</sup>  
**PASSI**

## RESISTORI NTC-PTC

Il concetto di resistenza elettrica è stato più volte introdotto ed analizzato in questa rubrica, sia nell'aspetto generale che in quello particolare ed applicativo. Anche se le maggiori attenzioni sono sempre state rivolte alla struttura fisica, al comportamento, alla misura ed al cablaggio del resistore. Ovvero di quel componente che ogni dilettante monta nei propri dispositivi elettronici e che, assai frequentemente, appare nei progetti che il presente periodico propone ai suoi lettori.

Del resistore, l'hobbysta conosce almeno tre importanti caratteristiche, vale a dire:

- 1° — il valore resistivo
- 2° — la potenza di dissipazione
- 3° — la tolleranza

Ma della stabilità resistiva dell'elemento, al variare delle condizioni di lavoro e di temperatu-

ra, non tiene troppo conto. Ossia, non attribuisce grande importanza al valore ohmico del componente nelle sue diverse condizioni di funzionamento. Mentre, come è risaputo, il resistore muta alcune sue caratteristiche soprattutto al variare della tensione applicata, della corrente che lo attraversa e della temperatura. Tuttavia, se il componente è stato perfettamente costruito, esso conserva il valore nominale entro i limiti di temperatura di  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+100^{\circ}\text{C}$ . E una tale caratteristica deve aggiungersi a quelle precedentemente elencate. Perché soltanto al di fuori della gamma di temperature ora citate si verificano alcune lievi variazioni, ovviamente nell'ambito delle grandezze fisiche più naturali. Nei nostri laboratori, ad esempio, un comune resistore da 100 ohm, sottoposto alla temperatura di  $-30^{\circ}\text{C}$ , che nelle applicazioni elettroniche appare già straordinaria, ha subito una diminuzione di 4 ohm, scendendo a 96 ohm.

Quello stesso componente, poi, introdotto in un forno a temperatura di  $+200^{\circ}\text{C}$ , ha fatto segnalare, sulla scala dell'ohmmetro, un aumento resistivo di soli 3 ohm, salendo, da quello nominale di 100 ohm, al nuovo valore reale di 103 ohm.

Dunque, se qualificati entro certi confini termici ragionevoli, i resistori possono considerarsi come elementi poco condizionati dalle variazioni esterne di temperatura. Anche perché i costruttori di questi componenti, allo scopo di esaltarne la stabilità al variare delle condizioni di impiego, fanno uso, in sede di produzione, di speciali miscele a base di carbone, metalli rari ed altri ingredienti, tutti destinati a migliorare le caratteristiche dei resistori.

## RESISTENZE NTC

Se i resistori a valore ohmmico nominale costante sono quelli maggiormente utilizzati nei montaggi elettronici, in certe occasioni, come ad esempio nella misura e regolazione della temperatura, in quella del flusso di gas e liquidi, nella compensazione del coefficiente di temperatura di bobine ed avvolgimenti in genere, nella temporizzazione dei relè e nell'equilibrio dei circuiti transistorizzati, servono dei compo-

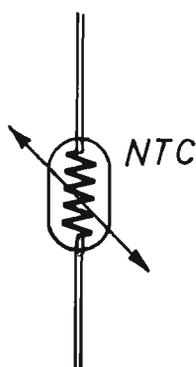
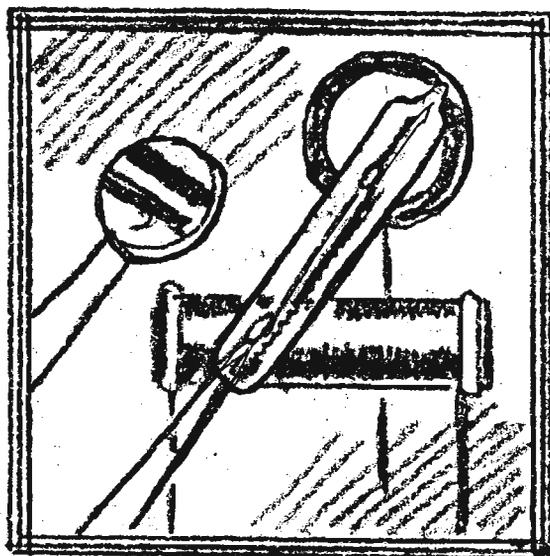


Fig. 1 - Simbolo elettrico, normalmente impiegato nella composizione degli schemi teorici, della resistenza a coefficiente di temperatura negativo.



nenti a resistenza variabile col mutare della temperatura esterna con cui debbono lavorare, ovviamente secondo una regola nota all'operatore. E tra questi, per primi, vanno ricordati i termistori NTC. Ovvero le resistenze caratterizzate da un elevato coefficiente di temperatura negativo, le quali, all'aumentare della temperatura esterna, riducono notevolmente il loro valore ohmmico.

La denominazione NTC, attribuita a questi particolari componenti, unisce le tre lettere iniziali di Negative - Temperature - Coefficient e ne compone la sigla caratteristica di riconoscimento.

Il simbolo elettrico, che negli schemi teorici contraddistingue la resistenza a coefficiente negativo NTC, è quello pubblicato in figura 1. L'espressione esteriore del componente, invece, va individuata in uno dei più comuni modelli attualmente in commercio e riportati in figura 2.

I termistori NTC sono internamente composti da una miscela di ossidi metallici, trattati chimicamente in modo da presentare proprietà semiconduttrici. In fase costruttiva vengono pressati unitamente ad un legante plastico e sinterizzati ad alta temperatura.

Il valore normale della resistenza NTC viene di solito considerato nella gamma di temperature comprese fra i  $20^{\circ}\text{C}$  e i  $25^{\circ}\text{C}$ . Ecco perché, ai fini dell'impiego pratico del componente, è necessario conoscere la variazione delle grandezze

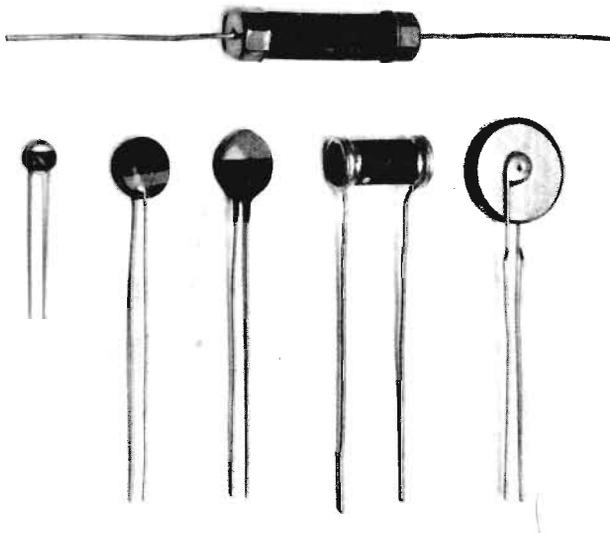


Fig. 2 - Alcuni modelli di resistenze NTC attualmente reperibili in commercio. In quelli a forma di dischetto, con fasce colorate, il valore resistivo viene individuato mediante lettura in codice.

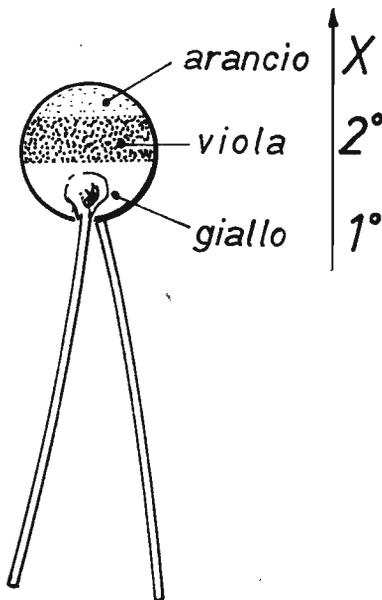


Fig. 3 - Il codice a colori di lettura delle resistenze NTC si applica a partire dal basso (prima cifra) e salendo poi verso l'alto. L'ultima fascia colorata identifica il moltiplicatore (X). Nell'esempio, qui riportato, il valore resistivo è di 47.000 ohm (giallo = 4; viola = 7; arancio = 000).

ohmmiche in relazione con quelle di temperatura. Variazioni che possono verificarsi secondo leggi lineari ma, più comunemente, logaritmiche.

Nei termistori a forma di disco con fasce colorate si legge, tramite il ben noto codice valido per i comuni resistori, il valore ohmmico del componente alla temperatura normale di +20° C. Per esempio, la NTC presentata in figura 3, con le tre fasce colorate in giallo - viola - arancione, assume il valore resistivo di 47.000 ohm alla temperatura di 20° C. Perché la lettura in codice si effettua, dal basso verso l'alto, nel seguente modo:

- 1° — giallo = 4
- 2° — viola = 7
- 3° — arancio = 000

In figura 3, la terza fascia, quella più in alto del componente, di color arancio, è stata segnalata con la lettera X, per ricordare all'operatore che questa individua il moltiplicatore, ovvero il numero di zeri da aggiungere alle cifre già identificate che, complessivamente, determinano la grandezza ohmmica di 47.000 ohm.

Come si è detto, le resistenze NTC, al contrario dei comuni resistori ad impasto di carbone, dimostrano una spiccata sensibilità resistiva al variare della temperatura in cui si trovano immerse. Per esempio, se il valore del componente

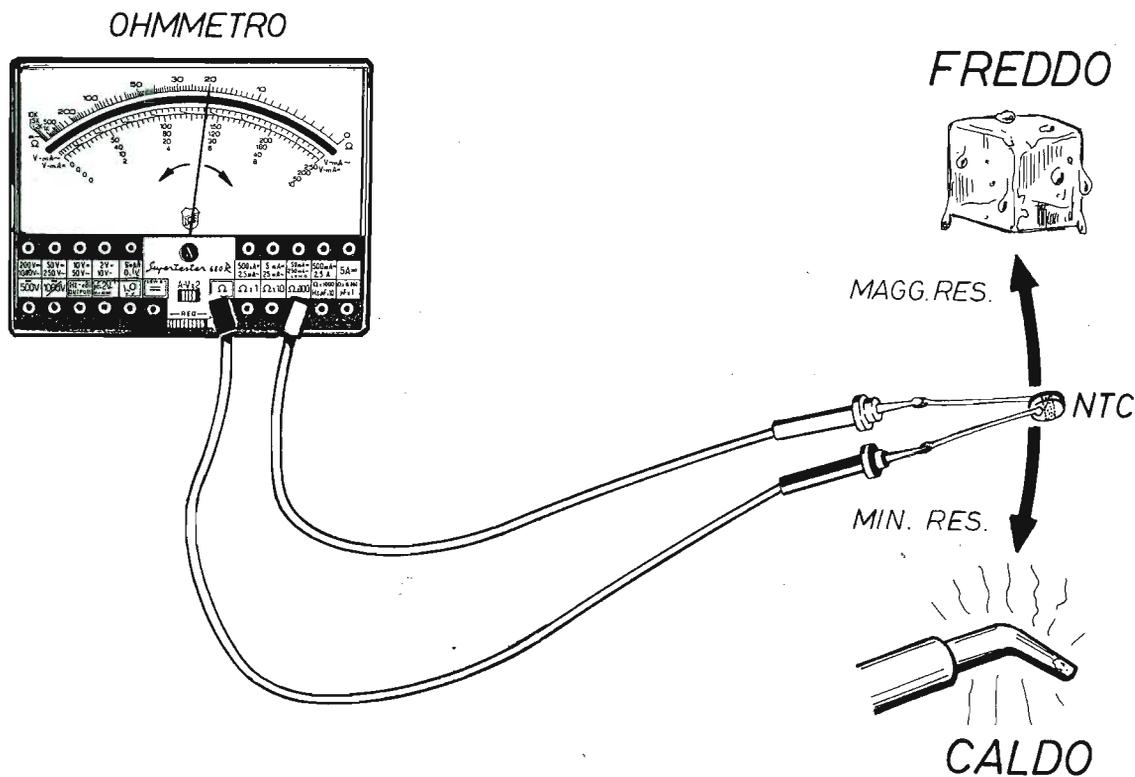


Fig. 4 - Commutando il tester nella funzione ohmmetrica e spostando poi, nel modo qui segnalato, la resistenza NTC verso un blocchetto di ghiaccio e la punta di un saldatore acceso, si possono verificare i comportamenti di questo particolare componente elettronico.



Fig. 5 - Simbolo elettrico della resistenza a coefficiente di temperatura positivo universalmente utilizzato negli schemi teorici.

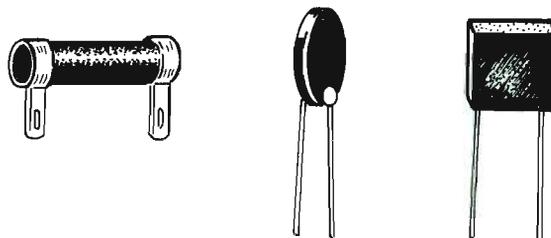


Fig. 6 - Modelli di termistori PTC di attuale reperibilità commerciale. L'aspetto esteriore di questi componenti non si discosta di molto da quello delle resistenze NTC.

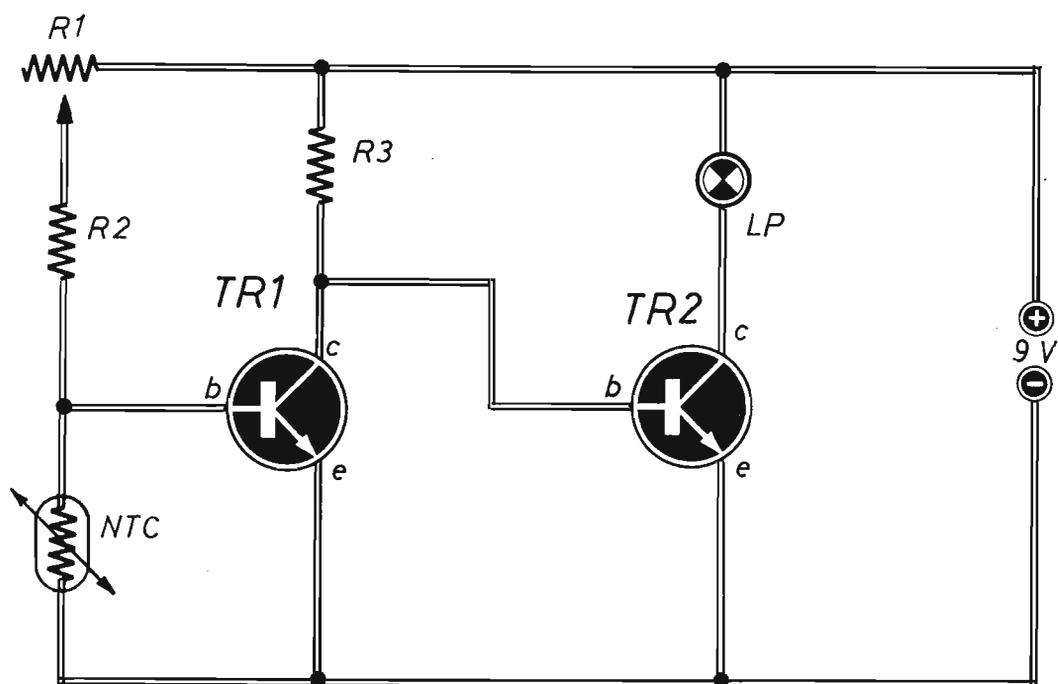


Fig. 7 - Circuito teorico sperimentale con il quale è possibile evidenziare la principale caratteristica delle resistenze NTC. Variando la temperatura esterna in cui si trova il termistore, mutano le condizioni di accesa o spenta della lampadina LP.

## COMPONENTI

### Resistenze

R1	=	1 megaohm (potenz. lin.)
R2	=	22.000 ohm - 1/4 W
R3	=	5.600 ohm - 1/4 W

### Varie

NTC	=	47.000 ohm - 20° C
TR1	=	BC107
TR2	=	2N1711
LP	=	lampadina (12 V - 0,1 A)
ALIM.	=	9 Vcc

pubblicato in figura 3 è di 47.000 ohm, alla temperatura di +20° C, le graduali diminuzioni o gli aumenti successivi delle temperature, dimezzate o raddoppiate, determinano i seguenti mutamenti di valori resistivi:

-	20° C	=	200.000 ohm
	0° C	=	100.000 ohm
+	20° C	=	47.000 ohm
+	40° C	=	25.000 ohm

+	80° C	=	12.000 ohm
+	160° C	=	6.000 ohm

Naturalmente, le grandezze fisiche ed elettriche sopra elencate, debbono considerarsi approssimative, perché dipendono dal comportamento più o meno lineare della stessa NTC, quando questo non è di tipo a variazione logaritmica. Un primo esperimento pratico, che consente di analizzare il modo di reagire di un termistore

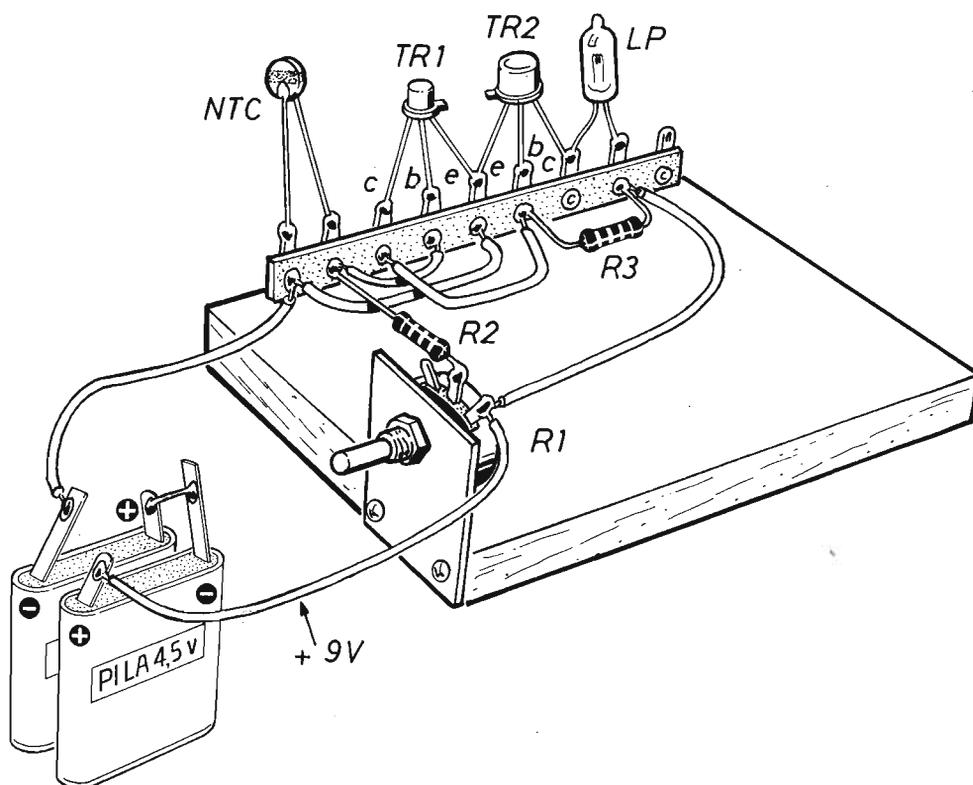


Fig. 8 - Schema pratico del circuito sperimentale di controllo delle resistenze NTC. Il potenziometro R1 viene regolato in fase di taratura del dispositivo.

NTC al mutare della temperatura esterna, è illustrato in figura 4.

L'esperimento consiste nel commutare il tester nella funzione di ohmmetro, esattamente sulla portata ohm x 100 e nel collegare sui due puntali gli elettrodi di una resistenza NTC. Quindi si pone il termistore a contatto con il ghiaccio e, successivamente, lo si avvicina alla punta di un saldatore elettrico. Naturalmente, poiché la resistenza NTC non è un componente polarizzato, il collegamento degli elettrodi di questa può avvenire in qualsiasi modo, senza tener conto del colore dei puntali dello strumento analogico.

Come si può facilmente intuire, questa prova pratica è di facile realizzazione e consente di constatare agevolmente la caratteristica fondamentale della resistenza NTC. La quale, quan-

do è in contatto con il pezzetto di ghiaccio, segnala un sensibile aumento del valore ohmico, mentre, trovandosi investita dal calore emanato dalla punta del saldatore elettrico, diminuisce di molto la propria resistenza.

Il modello di resistenza NTC, impiegato nell'esperimento di figura 4, è lo stesso analizzato teoricamente in precedenza, ossia un termistore da 47.000 ohm alla temperatura di 20° C.

### TERMISTORI PTC

Assieme alle resistenze variabili NTC, vanno menzionati i termistori PTC, anche se questi, come è stato detto, raramente vengono utilizzati nei montaggi dei dilettanti.

Le resistenze PTC vantano la proprietà di esibi-

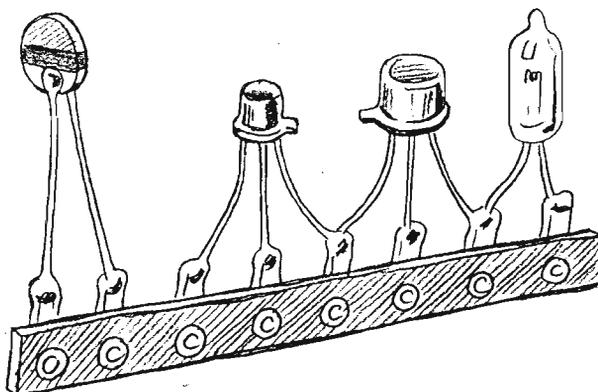


Fig. 9 - Il cablaggio della resistenza NTC, dei due transistor e della lampadina, si realizza su una morsettiere munita di almeno otto ancoraggi.

re un elevato coefficiente di temperatura positivo. Ossia, quando in queste aumenta la temperatura esterna, aumenta pure il loro valore ohmico. Infatti, la sigla PTC raccoglie le lettere iniziali dei termini Positive - Temperature - Coefficient.

I termistori PTC sono costruiti con materiale ceramico dotato di proprietà semiconduttrici. Le loro applicazioni avvengono principalmente nella misura delle temperature e nella temporizzazione di circuiti a relé.

Il simbolo elettrico del termistore, quello universalmente adottato nella composizione degli schemi teorici, è riportato in figura 5 mentre in figura 6 sono illustrati alcuni modelli di più comune reperibilità commerciale di questo particolare componente.

Riassumendo i concetti fin qui elencati, conviene ricordare che i due tipi di termistori posseggono le due principali caratteristiche:

**NTC = maggiore resist. al freddo**

**PTC = minore resist. al freddo**

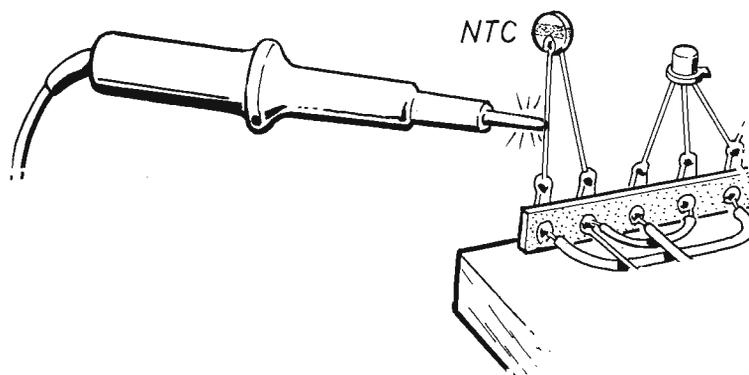
I due elementi, dunque, si comportano in modo del tutto opposto e le loro caratteristiche dipendono dalla natura del coefficiente N o P, che può essere quindi negativo o positivo.

Un esempio approssimativo di resistenza PTC

va individuato nei filamenti delle lampadine ad incandescenza, i cui valori ohmmici variano a seconda della temperatura raggiunta e le cui misure non sono di facile rilevamento. Infatti, utilizzando l'ohmmetro, ovvero il tester commutato nella funzione ohmmetrica, si legge un valore iniziale piccolo, che aumenta progressivamente col passare del tempo, a mano a mano che cresce la corrente erogata dalla pila dello strumento analogico lungo la spirulina della lampadina. Una tale misura, dunque, è sconsigliata al dilettante, che può invece accettare i valori ohmmici qui di seguito elencati e corrispondenti ad alcune grandezze di temperature in cui viene analizzato il filamento di una lampadina da 6,3 V - 150 mA in condizioni normali:

1,8 ohm	=	-	20° C (fil. spento)
3 ohm	=		0° C (fil. spento)
4 ohm	=	+	20° C (fil. spento)
8,8 ohm	=	+	400° C (fil. spento)
12 ohm	=	+	800° C (fil. rosso)
14 ohm	=	+	1000° C (fil. rosso)
25 ohm	=	+	1500° C (fil. rosso)
33 ohm	=	+	2000° C (fil. bianco)
40 ohm	=	+	3000° C (ill. normale)

Ovviamente, a seconda dell'aumento di temperatura del filamento, la colorazione di questo, inizialmente rossastra, diventa sempre più in-



**Fig. 10 - Gli esperimenti di controllo delle caratteristiche delle resistenze NTC consistono nell'avvicinare ed allontanare la punta di un saldatore acceso ad uno dei due reofori del componente.**

tensa, fino a raggiungere la luminosità normale. Ma ciò che importa nella lettura dei valori sopra elencati è la considerazione che una lampada ad incandescenza spenta presenta una minore resistenza elettrica di quando è accesa, assimilandosi al comportamento dei termistori PTC. Infatti, al momento dell'accensione, nella lampadina scorre una corrente di intensità superiore di circa dieci volte a quella di esercizio. E questo è il principale motivo per cui le lampade ad incandescenza si bruciano quasi sempre quando si interviene sull'interruttore per accenderle.

### ESPERIMENTO DIMOSTRATIVO

Il circuito sperimentale, proposto in figura 7, vuol interpretare praticamente il comportamento della resistenza NTC, sottoponendola ad una temperatura superiore a quella di normale esercizio ed osservando le varie fasi di accensione e spegnimento di una lampadina da 12 V - 0,1 A, ovviamente di tipo ad incandescenza, ossia dotata di filamento.

Inizialmente si stabilisce la condizione di lampadina LP spenta, ottenuta intervenendo sul perno del potenziometro R1 di tipo a variazione lineare e del valore di 1 megaohm. Ma per raggiungere questo stato elettrico del circuito di figura 7 non basta una sola operazione manua-

le. Perché dapprima si deve operare in modo che la lampadina LP si accenda, se questa appare spenta, e subito dopo occorre riportare il cursore del potenziometro all'indietro, lentamente, fino a provocare lo spegnimento di LP, arrestando qui la corsa resistiva di R1. In questo punto, infatti, si trova la soglia di scatto da una condizione elettrica all'altra del circuito di figura 7, ovvero da quella di lampada accesa all'altra di lampada spenta.

Il risultato delle operazioni ora descritte è da ritenersi perfetto se il cursore di R1 rimane fermo nella posizione immediatamente precedente a quella in cui si verifica l'accensione di LP:

### POLARIZZAZIONE DI BASE

Ma quali sono i motivi elettronici per i quali, manovrando il perno del potenziometro R1, la lampadina LP si accende e si spegne, pur rimanendo costantemente inserito l'alimentatore del circuito, qui rappresentato da una pila da 9 V? Semplicemente perché, variando la resistenza di R1, inserita nel circuito, cambia la tensione di polarizzazione del transistor TR1. Ma vediamo di spiegarci meglio, a beneficio dei lettori principianti che ancora non hanno bene assimilato il comportamento dei transistor in relazione con le tensioni di polarizzazione delle loro basi.

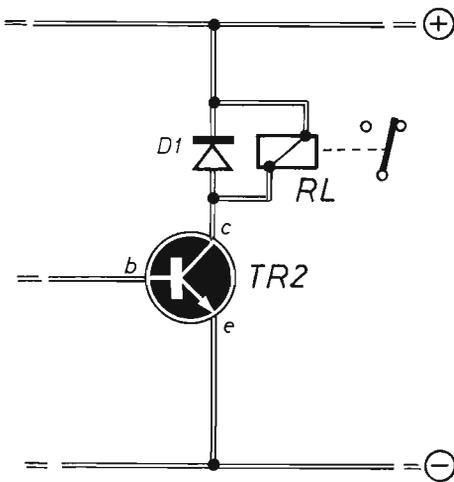


Fig. 11 - La lampadina segnalatrice, montata nel circuito sperimentale descritto nel testo, può essere sostituita con un relè, onde poter destinare il dispositivo ad un impiego pratico.

## COMPONENTI

- D1** = 1N4004 (diode al silicio)  
**RL** = relè (12 Vcc - 300 ohm)  
**TR2** = 2N1711  
**ALIM.** = 9 Vcc

Il transistor TR1 è di tipo NPN e, per funzionare, necessita quindi di una tensione di base positiva, contrariamente a quanto avviene per i modelli PNP, che richiedono tensioni negative in base. Ora, tenendo conto che, alla temperatura ambiente, valutata normalmente nella misura di 20° C, la resistenza NTC assume il valore di 47.000 ohm, mentre alla R2 viene assegnato quello costante di 22.000 ohm, se la resistenza di R1 viene totalmente esclusa, o inserita soltanto in minima parte, la tensione sulla base di TR1 è più vicina a quella della linea positiva di alimentazione e più lontana da quella negativa. Per dirla con altre parole, il transistor TR1 riceve in base una tensione positiva, che lo fa funzionare o, come si suol dire, lo rende saturo. Ma in queste condizioni, il flusso di corrente fra collettore ed emittore non provoca alcuna caduta di tensione sul collettore di TR1 e sulla

base di TR2 non arriva la tensione di polarizzazione necessaria al funzionamento. Dunque, TR2 rimane all'interdizione, ossia non conduce corrente fra collettore ed emittore e la lampadina LP rimane spenta.

Uno stato elettrico opposto, del circuito di figura 7, si verifica quando, avvicinando la punta di un saldatore acceso alla resistenza NTC, questa diminuisce il proprio valore ohmmico, nel rispetto della teoria precedentemente riferita, rendendo negativa la base di TR1 che, conseguentemente, va all'interdizione, cioè non conduce più corrente fra collettore ed emittore, permettendo alla resistenza R3 di applicare alla base del transistor TR2 la necessaria tensione positiva di funzionamento, quella che fa accendere la lampadina LP.

La somma dei valori ohmmici della porzione di resistenza inserita di R1 e di quella di R2, supera il valore resistivo della NTC riscaldata che, alla temperatura di 50° C, diventa di soli 25.000 ohm. Pertanto, sulla base di TR1, la tensione è più prossima a quella della linea negativa di alimentazione e più lontana da quella positiva e non può avviare il funzionamento del transistor, che rimane all'interdizione.

Riassumendo:

- 20° C = LP spenta = TR2 interdetto  
 50° C = LP accesa = TR2 saturo

oppure, ma ciò è la stessa cosa:

- NTC = 47.000 ohm = TR1 saturo  
 NTC = 25.000 ohm = TR1 interdetto

L'esperimento di figura 7, dunque, si articola in due tempi successivi. Dapprima si regola il circuito nel modo precedentemente descritto, quello che mantiene spenta la lampadina LP, poi si avvicina la punta del saldatore ad uno degli elettrodi della resistenza NTC e si osserva il comportamento di LP.

## MONTAGGIO

La realizzazione pratica del circuito sperimentale è presentata in figura 8. In essa si nota come il cablaggio sia realizzato su una tavoletta di legno in funzione di supporto isolante. Una piastrina metallica, applicata su uno dei fianchi della tavoletta, funge da supporto per il potenziometro R1 che, come è stato detto, deve

essere di tipo a variazione lineare, del valore di 1 megaohm.

I due transistor TR1 - TR2, la lampadina LP e la resistenza NTC vengono montati su una morsettiera a nove ancoraggi, di cui soltanto otto vengono utilizzati per il cablaggio circuitale, come del resto è chiaramente segnalato, a parte, nella figura 9.

L'alimentatore, che può essere rappresentato da una sola piccola pila da 9 V, va potenziato, con il collegamento di due pile in serie da 4,5 V, se il dispositivo sperimentale viene conservato per scopi didattici e fatto funzionare più volte nel tempo.

La punta del saldatore, in sede sperimentale, va appoggiata ad uno dei due reofori della resistenza NTC nel modo segnalato in figura 10,

con lo scopo di diminuirne il valore ohmmico.

La lampadina LP non si accende immediatamente, quando si stabilisce il contatto fra reoforo di NTC e punta di saldatore, perché deve trascorrere qualche secondo necessario a vincere le inevitabili inerzie circuitali. Così come la lampadina non si spegne subito dopo l'allontanamento della punta del saldatore dalla resistenza NTC, ma rimane accesa ancora per breve tempo in virtù dell'inerzia termica.

Lo schema pubblicato in figura 11 rappresenta una variante al circuito originale di figura 7, perché sostituisce la lampadina LP con un relé, sui terminali utili del quale si possono collegare moltissimi dispositivi, sia di segnalazione termica come di funzionamento condizionato dalla temperatura esterna.

## Raccolta PRIMI PASSI - L. 14.000

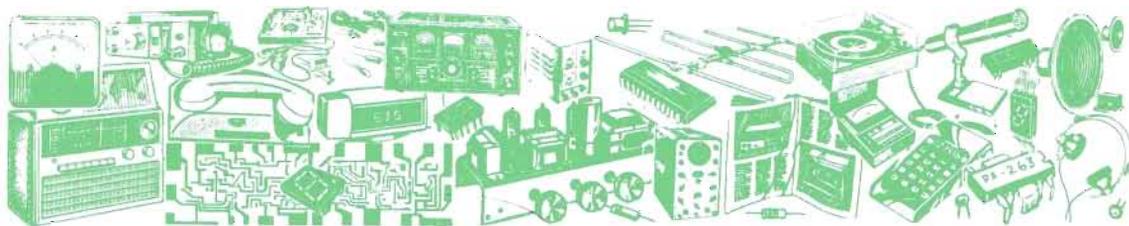
Nove fascicoli arretrati di maggiore rilevanza didattica per il principiante elettronico.

Le copie sono state attentamente selezionate fra quelle la cui rubrica "PRIMI PASSI" ha riscosso il massimo successo editoriale con i seguenti argomenti:

- 1° - Condensatori e Compensatori
- 2° - Dall'antenna alla rivelazione
- 3° - Trasformatori per radiofrequenze
- 4° - Radio: sezione audio
- 5° - Radio: circuiti classici
- 6° - Buzzer: categorie e tipi
- 7° - Resistenze fisse
- 8° - Resistenze variabili
- 9° - La legge di Ohm



Ogni richiesta della RACCOLTA PRIMI PASSI deve essere fatta inviando anticipatamente l'importo di L. 14.000 (nel prezzo sono comprese le spese di spedizione) a mezzo vaglia, assegno o conto corrente postale N. 916205 e indirizzando a: ELETTRONICA PRATICA - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52.



# VENDITE ACQUISTI PERMUTE

*Di questa Rubrica potranno avvalersi tutti quei lettori che sentiranno la necessità di offrire in vendita, ad altri lettori, componenti o apparati elettronici, oppure coloro che vorranno rendere pubblica una richiesta di acquisto od un'offerta di permuta.*

*Elettronica Pratica non assume alcuna responsabilità su eventuali contestazioni che potessero insorgere fra i signori lettori e sulla natura o veridicità del testo pubblicato. In ogni caso non verranno accettati e, ovviamente, pubblicati, annunci di carattere pubblicitario.*

*Coloro che vorranno servirsi di questa Rubrica, dovranno contenere il testo nei limiti di 40 parole, scrivendo molto chiaramente (possibilmente in stampatello).*

**VENDO** Sharp MZ-721 (tastiera, microprocessore Z-80 3,5 MHz, registratore e audio incorporati) - sistema operativo CP/M - Sharp DOS + 8 libri e 60 listati + manuale + programmi (più di 100 musicali introvabili e deejay elettronico) + copri-computer. Valore totale L. 1.700.000 cedo tutto a L. 1.200.000.

**PIETRELLI MARCELLO - P.za Don Minzoni, 13 - 52045 FOIANO (Arezzo) Tel. (0575) 649485**

**VENDO** prisma diagonale con specchio della MEADE, diametro 50 mm nuovo ancora imballato. Prezzo L. 500.000. Vendo prisma per uso terrestre diametro oculare 31,8 mm, può essere installato su qualsiasi telescopio. Prezzo L. 100.000. Vendo cinepresa CANON autozoom 318 M prezzo L. 150.000.

**NANETTI GIORGIO - Tel. (0532) 51679**

**VENDO** duplicatori di cassette per C64 - C128 al prezzo fisso di L. 8.000 cadauno e il loro progetto a L. 1.500.

**VARRIALE ANTONIO - Via Marcello, 21/b - 84085 MERCATO SAN SEVERINO (Salerno) Tel. (089) 890489 (dopo le 15,30)**

**VENDO** CB Lafayette Typhoon 226 CH + alimentatore + rosmetro con wattmetro + cavetto PLL. Tutto a L. 350.000.

**VINICIO SPINA - MILANO - Tel. (02) 90722109**

**DISPONGO** di schemi elettrici (fotocopie) di CQ, Hi Fi, giradischi, amplificatori. Vendo inoltre progetti di circuiti elettronici (fotocopie). Il catalogo è gratis.

**DE CESARIS IVAN - POMEZIA (Roma) Tel. (06) 9112205**

**IL SERVIZIO È COMPLETAMENTE GRATUITO**

