

I Resistori ELETTRONICI

I resistori, chiamati spesso e impropriamente resistenze, sono componenti fondamentali nella realizzazione di qualunque circuito elettronico.

Sono prodotti in un'ampia varietà di forme, di valori ohmici e di potenze.

Vediamo quali sono gli aspetti tecnologici che li caratterizzano e li diversificano e quali sono le codifiche impiegate per identificarli tecnicamente

I resistori reali, chiamati spesso e impropriamente resistenze (più propriamente il resistore è l'oggetto fisico, mentre la resistenza è la grandezza fisica che ne quantifica il valore ohmico), sono caratterizzati dal valore della loro resistenza elettrica espressa in ohm (simbolo Ω) e dalla massima potenza (energia per unità di tempo) espressa in watt che sono in grado di dissipare senza distruggersi o deteriorarsi per surriscaldamento. Sebbene esistano moltissimi tipi di resistori, in questo articolo ci occuperemo prevalentemente di quelli che vengono impiegati in campo elettronico.

ASPETTI FISICI E TECNOLOGICI

La resistenza di un filo conduttore è data dalla seguente semplice relazione:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

dove l è la sua lunghezza, S la sezione e ρ la resistività del materiale. Essa vale alla temperatura alla quale è riferita la resistenza specifica ρ (resistività); quest'ultima è infatti funzione della temperatura. Tale dipendenza è valutabile mediante il coefficiente di temperatura lineare α e può essere descritta attraverso la seguente relazione linearizzata:

$$\rho(T_2) = \rho(T_1) [1 + \alpha_{T_1} (T_2 - T_1)]$$

dove α_{T_1} è il coefficiente di temperatura alla temperatura T_1 (la relazione può essere considerata valida in un intorno abbastanza ampio di temperature intorno a T_1). Queste semplici relazioni sono sufficienti per definire quali siano i parametri fisici che incidono sul valore ohmico offerto ai suoi capi da un resistore. Ciò è comprensibile dall'analisi della **figura 1** in cui è riportata la struttura fisica rispettivamente di una resistenza bobinata (in cui l'elemento resistivo è costituito da un filo avvolto intorno a un cilindro ceramico), di una resistenza a strato metallico (in cui l'elemento resistivo è un'elica metallica ancora una volta avvolta intorno a un nucleo cilindrico ceramico) e di una resistenza a strato di carbone (in cui vi è un'elica di carbone che si sviluppa intorno al solito corpo cilindrico ceramico). A parte il caso della resistenza bobinata quindi, l'elemento resistivo è realizzato depositando sulla superficie del cilindro uno strato di lega metallica, ossidi metallici o carbone appunto, successivamente inciso opportunamente al laser, con andamento elicoidale, in modo da ottenere il valore ohmico desiderato.

Il corpo della resistenza così ottenuto è rivestito di uno strato isolante simile a una ver-

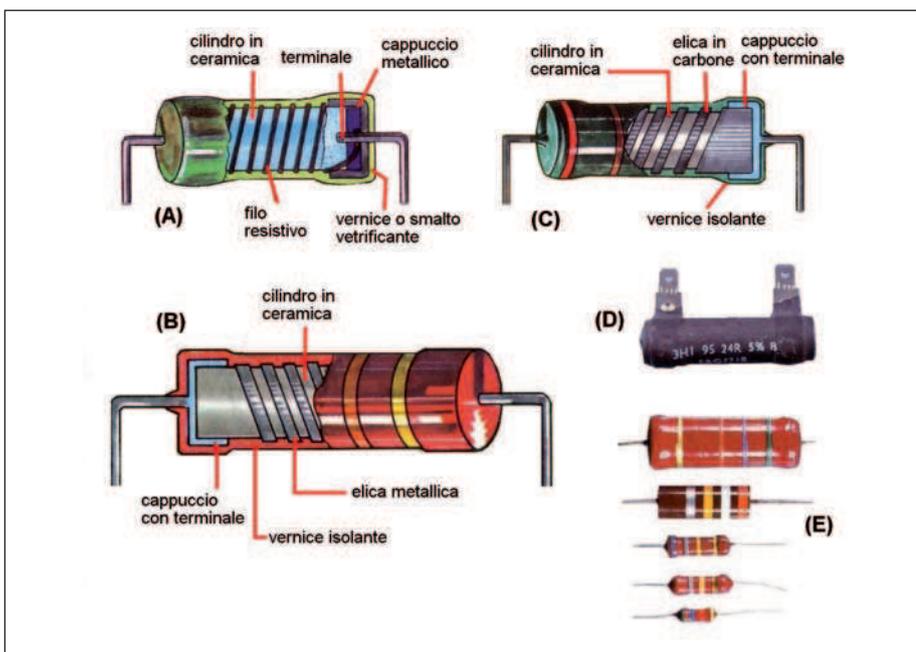


Figura 1: struttura fisica di una resistenza bobinata (A), di una resistenza a strato metallico (B), a strato di carbone (C) e aspetto esterno di alcune resistenze reali (E) [1].

nice su cui sono serigrafate le fasce colorate che ne codificano il valore ohmico nominale (codice dei colori). In commercio esistono resistenze di questo tipo con dimensioni tali da rispondere, in termini di potenza, allo standard 1/8W, 1/4W, 1/3W, 1/2W, 1W e 2W, con tolleranze sul valore ohmico tipicamente pari a 1%, 2%, 5%, 10% e 20%.

Le resistenze bobinate, diversamente dalle altre, sono in realtà utilizzate per potenze più elevate di 2W. Le resistenze a strato metallico sono invece impiegate per ottenere valori ohmici di elevata precisione: al posto dello strato di carbone vi è lo strato di metallo lavorato a spirale. La struttura fisica descritta conferisce in realtà al resistore una componente induttiva, ininfluenza in applicazioni a bassa frequenza, ma di disturbo a frequenze elevate. Per queste applicazioni si preferiscono resistori antinduttivi, realizzati comprimendo una miscela di polveri composite e resine, a formare un cilindro con dimensioni simili ai resistori a strato oppure i resistori di tipo SMD. È importante sottolineare come per essere stabile nel suo valore ohmico, il componente non debba surriscaldarsi; inoltre il valore ohmico del resistore può essere più o meno insensibile alla variazione della temperatura anche in funzione del materiale di cui è fatto.

Un parametro fondamentale: la potenza

Le resistenze sono caratterizzate non solo dal valore ohmico espresso in ohm ma anche da un valore di potenza espressa in watt. Quando si disegna un circuito elettrico si indica vicino a ogni resistenza il relativo valore ohmico, tuttavia nel momento in cui si realizza fisicamente il circuito non è sufficiente conoscere il valore ohmico della resistenza. Infatti, una cosa è impiegarla perché sia attraversata da una corrente pari a 100 mA, cosa ben diversa è impiegarla per una corrente pari a 10 A. Oltre al valore ohmico, il parametro fondamentale che determina il campo di impiego del resistore è quindi la potenza massima (espressa in watt) che esso è in grado di dissipare senza che si riscaldi a tal punto da distruggersi o danneggiarsi. Le resistenze elettroniche più piccoli in termini di potenza (1/8, 1/4, 1/2 W) hanno la tipica forma di piccoli cilindri provvisti di sot-

tili reofori terminali (**figura 2**) e sono realizzate generalmente in grafite. Resistenze analoghe solo leggermente più grandi sono realizzate per potenze pari a 1 o 2W. Resistenze di potenza ancora più elevata (potenze tipicamente pari a 3-5-7-10-15-20-30 W) impiegano invece nichelcromo e presentano un tipico corpo rettangolare in ceramica (**figura 3** e **figura 5**). Mentre per le prime il valore ohmico è riportato sul corpo del componente attraverso una speciale codifica che prende il nome di “codice dei colori”, per le ultime, il valore ohmico, insieme al valore di potenza massima è generalmente stampato sul corpo in forma numerica esplicita. Le dimensioni della resistenza sono in ogni caso fisicamente proporzionali alla potenza dissipabile (le dimensioni fisiche del resistore tipicamente crescono al crescere della potenza, ma non al crescere del valore ohmico). In **tabella 1** sono riportate le dimensioni tipiche delle resistenze ohmiche impiegate in elettronica per potenze pari rispettivamente a 1/8W, 1/4W, 1W e 2W.

Fondamentalmente, da un punto di vista di tolleranza, ci sono due tipi di resistenze a basso wattaggio per circuiti elettronici: resistenze a precisione standard e resistenze comunemente dette di precisione. La differenza sta nella diversa tolleranza del valore nominale; per il primo tipo tale valore può essere pari a $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ e $\pm 20\%$, mentre per il secondo tipo il valore è inferiore o uguale a $\pm 2\%$. Normalmente si adoperano le normalissime resistenze a precisione standard e solo in casi specifici, come nei circuiti di misura, si impiegano resistenze di precisione. Per esempio, una resistenza con valore nominale pari a 82000Ω e tolleranza del 5% presenta un valore reale che può variare tra $82000 \cdot 0,95 = 77900 \Omega$ e $82000 \cdot 1,05 = 86100 \Omega$. Al contrario la stessa resistenza con tolleranza dell'1% presenta un valore reale che può variare tra $82000 \cdot 0,99 = 81180 \Omega$ e $82000 \cdot 1,01 = 82820 \Omega$.

I valori ohmici standard dei resistori elettronici

I valori ohmici nominali dei resistori sono divisi in sei serie standard, ciascuna caratterizzata da una precisa tolleranza (**ta-**

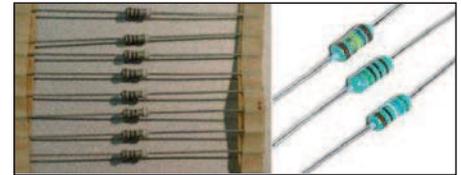


Figura 2: resistori da 1/8 di watt a ossido di metallo con terminali assiali a saldare [2].

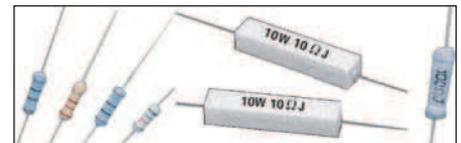
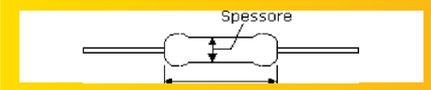


Figura 3: le resistenze da 1/8-1/4-1/2-1 watt hanno forma cilindrica. Il valore ohmico si ricava dalle fasce colorate incise sul corpo. Le resistenze da 3-5-7-10-15 watt hanno generalmente forma rettangolare in ceramica con sopra stampato il valore ohmico e la potenza in watt.

Tabella 1 - Relazione Dimensioni-Potenza per le resistenze elettroniche da 1/8W a 2W

POTENZA MAX (W)	SPESORE (mm)	LUNGHEZZA (mm)
1/8	2	3
1/4	2	6
1	3.5	12
2	5	15



bella 2). Le serie utilizzate più comunemente sono la E12 e la E24 (tolleranze pari rispettivamente a $\pm 10\%$ e $\pm 5\%$). Ormai sono invece raramente utilizzate le resistenze della serie E6 (tolleranza $\pm 20\%$) che stanno sostanzialmente scomparendo, mentre le resistenze delle serie E48, E96 ed E192, avendo una tolleranza inferiore al 2%, sono impiegate in applicazioni di precisione (e risultano ovviamente più costose). Quando si dimensiona un circuito elettronico si eseguono dei calcoli che portano a definire i valori e le caratteristiche tecniche di ciascun componente e tra queste quelle dei resistori. I valori risultanti dai calcoli, tuttavia, non sono mai quelli effettivamente impiegati nel circuito fisico; infatti in commercio esistono solo resistenze di valore standard suddivise per tolleranza nelle serie precedentemente elencate. Al dimensionamento teorico di un circuito segue, pertanto, in fase di realizzazione,

1,0 ohm	10 ohm	100 ohm	1.000 ohm	10.000 ohm	100.000 ohm	1,0 megaohm
1,2 ohm	12 ohm	120 ohm	1.200 ohm	12.000 ohm	120.000 ohm	1,2 megaohm
1,5 ohm	15 ohm	150 ohm	1.500 ohm	15.000 ohm	150.000 ohm	1,5 megaohm
1,8 ohm	18 ohm	180 ohm	1.800 ohm	18.000 ohm	180.000 ohm	1,8 megaohm
2,2 ohm	22 ohm	220 ohm	2.200 ohm	22.000 ohm	220.000 ohm	2,2 megaohm
2,7 ohm	27 ohm	270 ohm	2.700 ohm	27.000 ohm	270.000 ohm	2,7 megaohm
3,3 ohm	33 ohm	330 ohm	3.300 ohm	33.000 ohm	330.000 ohm	3,3 megaohm
3,9 ohm	39 ohm	390 ohm	3.900 ohm	39.000 ohm	390.000 ohm	3,9 megaohm
4,7 ohm	47 ohm	470 ohm	4.700 ohm	47.000 ohm	470.000 ohm	4,7 megaohm
5,6 ohm	56 ohm	560 ohm	5.600 ohm	56.000 ohm	560.000 ohm	5,6 megaohm
6,8 ohm	68 ohm	680 ohm	6.800 ohm	68.000 ohm	680.000 ohm	6,8 megaohm
8,2 ohm	82 ohm	820 ohm	8.200 ohm	82.000 ohm	820.000 ohm	8,2 megaohm

Figura 4: valori nominali della sequenza di resistenze standard E12 (tolleranza 10%).

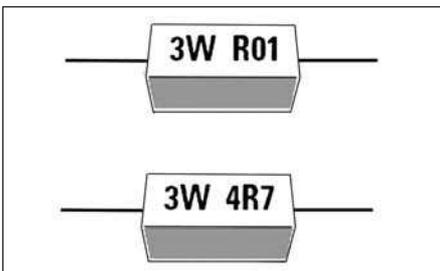


Figura 5: esempi di resistenze di potenza e relativa codifica del valore ohmico.

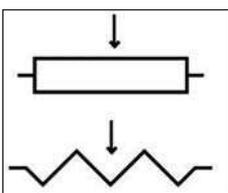


Figura 6: simbolo di un resistore variabile (trimmer).

l'impiego delle resistenze standard che presentano i valori ohmici più prossimi a quelli derivanti dai calcoli; in alternativa possono essere impiegati serie o paralleli di resistenze standard.

La normativa internazionale IEC 60063 definisce i valori standardizzati delle resistenze; il numero di valori disponibili aumentano con la precisione. Ad esempio, per la serie E6 (tolleranza 20%) sono consentiti sei valori: 10, 15, 22, 33, 47, 68 e relativi multipli di 10 (ad esempio 0,47 Ω, 4,7 Ω, 47 Ω, 470 Ω, 4,7 kΩ, 47 kΩ, 470 kΩ e così via). In funzione della tolleranza, la norma IEC 60063 definisce i valori standard riportati in **tabella 3**. In parentesi è ri-

portata la tolleranza specifica di ciascuna serie. La serie E192 diversamente dalle altre è usata per resistori con diverse tolleranze (0,5%, 0,25% e 0,1%). I valori delle singole serie sono ottenuti dalla seguente progressione geometrica:

$$ar^0, ar^1, ar^2, ar^3, \dots$$

Dove $r \neq 0$ è la ragione e il fattore a è pari a 1. La ragione e il termine N_{esimo} risultano ($n = 0 \dots (k-1)$) rispettivamente:

$$r = \sqrt[k]{10}$$

$$N = (\sqrt[k]{10})^n$$

Il valore k varia a seconda della serie: per la E6 (20%) $k=6$, per la E12 (10%) $k=12$, per E24 (5%) $k=24$, per E48 (2%) $k=48$, per E96 (1%) $k=96$ mentre per E192 (0,5%, 0,25% e 0,1%) $k=192$. Questo spiega anche il motivo del numero che segue la lettera E nella definizione dei valori nominali standard. La serie E6, per esempio, è caratterizzata da $k=6$ e quindi da 6 possibili valori numerici (le resistenze che ne fanno parte presentano questi valori ohmici e i rispettivi multipli), la serie E12 da 12 possibili valori e così via (**tabella 3**).

E6	E12	E24	E48	E96	E192
±20%	±10%	±5%	±2%	±1%	±0.5%

Tabella 2 - Classificazione delle resistenze in funzione delle tolleranze [3], [4]

Codifica delle resistenze elettroniche: il codice dei colori

Il valore ohmico delle resistenze più comunemente impiegate in elettronica non è stampato esplicitamente sul corpo del componente, bensì è serigrafato su di esso mediante una serie di fasce colorate che hanno un preciso significato (codice dei colori). Sul corpo del resistore sono riportate 4 o 5 bande colorate che lette in un determinato modo ne dichiarano il valore nominale. Le tabelle con i codici dei colori sono due, in quanto le normali resistenze hanno 4 anelli colorati, mentre le resistenze di precisione ne hanno 5 o 6. Per comprendere tale codifica è necessario far riferimento, rispettivamente, alla codifica dei Valori Numerici della 1^a e 2^a banda (anche 3^a nel caso di resistenze di precisione; **tabella 4**), alla Codifica del Moltiplicatore (3^a banda nelle resistenze tradizionali, 4^a in quelle di precisione; **tabella 5**), a quella della Tolleranza (4^a banda nelle resistenze tradizionali, 5^a in quelle di precisione; **tabella 6**) ed eventualmente a quella del Coefficiente di temperatura (**tabella 7**) alla cui analisi dettagliata si rimanda. I codici a colori per i resistori fissi sono definiti dalla EIA (Tabella codici colori EIA-RS-279).

Codifica a quattro bande

Soltanto le resistenze più economiche (tolleranza 20%) hanno tre bande di colore; le altre hanno sempre una quarta banda in colore argento o oro, che indica il valore della tolleranza: argento → +/- 10%; oro → +/- 5%. Poiché questi colori sono sempre presenti nell'ultima fascia, è ovvio che per leggere il valore di una resistenza si inizierà sempre dal lato opposto all'oro o all'argento. Vediamo ora la corrispondenza colore-cifra:

- prime due fasce: la regola fondamentale su cui si basa il codice dei colori è quella di far corrispondere a ciascuna cifra, che compone il valore di una resistenza, un preciso colore (**tabella 4**). La prima fascia colorata individua quindi la prima cifra del valore numerico: se questa fascia è di colore marrone la prima cifra è 1, se è rossa la cifra è a 2 e così via fino alla cifra 9 se il colore è il bianco. Cosa analoga può essere ripetuta per la seconda cifra;

FORTRONIC

electronics forum



enjoy
the electronic community

the *Electronics* Forum

- Opto & Display
- Power
- RF & Wireless
- Rework & Repair

2010
Tunisia
Turkey
Spain

**share
with
us**



assodel

organizzazione

Tecnoimprese Scari

Via Console Flaminio 19 • 20134 Milano
Ph +39 02 210 111 1 • Fax +39 02 210 111 222

www.fortronic.it

International partner



Latium
International
Electronics
Suppliers

with the support of



REGIONE LAZIO



Sviluppo LAZIO

CODICE MIP 2767925

Tabella 3 - Valori nominali standard delle resistenze secondo la normativa internazionale IEC 60063 [3]

E6 (20%)	10	15	22	33	47	68
E12 (10%)	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
E24 (5%)	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30
"	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91
E48 (2%)	100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169
"	178	187	196	205	215	226	237	249	261	274	287	301
"	316	332	348	365	383	402	422	442	464	487	511	536
"	562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953
E96 (1%)	100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130
"	133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174
"	178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232
"	237	243	249	255	261	267	274	280	287	294	301	309
"	316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412
"	422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549
"	562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732
"	750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976
E192 (0,5%,0,25%,0,1%)	100	101	102	104	105	106	107	109	110	111	113	114
	115	117	118	120	121	123	124	126	127	129	130	132
	133	135	137	138	140	142	143	145	147	149	150	152
	154	156	158	160	162	164	165	167	169	172	174	176
	178	180	182	184	187	189	191	193	196	198	200	203
	205	208	210	213	215	218	221	223	226	229	232	234
	237	240	243	246	249	252	255	258	261	264	267	271
	274	277	280	284	287	291	294	298	301	305	309	312
	316	320	324	328	332	336	340	344	348	352	357	361
	365	370	374	379	383	388	392	397	402	407	412	417
	422	427	432	437	442	448	453	459	464	470	475	481
	487	493	499	505	511	517	523	530	536	542	549	556
	562	569	576	583	590	597	604	612	619	626	634	642
	649	657	665	673	681	690	698	706	715	723	732	741
	750	759	768	777	787	796	806	816	825	835	845	856
	866	876	887	898	909	919	931	942	953	965	976	988

- terza fascia: la terza fascia colorata definisce il numero di zeri che è necessario aggiungere al valore ottenuto componendo in sequenza le prime due cifre (tabella 5). Essa individua, quindi, un fattore moltiplicativo potenza di dieci. In realtà la terza fascia può anche individuare un fattore di divisione; infatti il colore oro per la terza fascia indica fattore di divisione pari a 10, mentre il colore argento indica fattore di divisione pari a 100;
- quarta fascia: il valore ohmico reale di una resistenza non è mai esattamente pari a quello nominale ma può variare all'interno di una certa fascia di tolleranza

intorno al valore nominale. Se la quarta fascia presenta colore oro, la tolleranza è pari al $\pm 5\%$ rispetto al valore nominale, se invece è di colore argento la tolleranza è pari al $\pm 10\%$ (tabella 6).

Nello standard a 4 bande (tabella 8) si hanno quindi solo due cifre significative che corrispondono alle prime due bande. La terza banda è il fattore di moltiplicazione, mentre l'ultima è la tolleranza. La formula per calcolare il valore ohmico è: $(10xA+B) \times 10^M \pm T$, dove A e B sono le cifre corrispondenti alle prime due bande, M l'esponente del moltiplicatore base 10 e T la tolleranza.

Tabella 4 - Codifica dei Valori Numerici 1ª e 2ª banda (anche 3ª nel caso di resistenze di precisione)

Nero	0
Marrone	1
Rosso	2
Arancio	3
Giallo	4
Verde	5
Blu	6
Viola	7
Grigio	8
Bianco	9

Tabella 5 - Codifica del Moltiplicatore (3ª banda nelle resistenze tradizionali, 4ª in quelle di precisione)

Argento	0,01
Oro	0,1
Nero	1
Marrone	10
Rosso	100
Arancio	1K
Giallo	10K
Verde	100K
Blu	1M
Viola	10M

Tabella 6 - Codifica della Tolleranza (4ª banda nelle resistenze tradizionali, 5ª in quelle di precisione)

Argento	$\pm 10\%$
Oro	$\pm 5\%$
Marrone	$\pm 1\%$
Rosso	$\pm 2\%$
Verde	$\pm 0,5\%$
Blu	$\pm 0,25\%$
Viola	$\pm 0,1\%$

Esempi di codifica a quattro bande

Esempio 1: marrone - grigio - rosso - oro
 Valore: marrone - grigio $\rightarrow 18$
 Moltiplicatore: rosso $\rightarrow \times 100$
 $\rightarrow 1800 \Omega = 1,8k\Omega$
 Tolleranza: oro $\rightarrow \pm 5\%$
 Essendo (5% di 1800) = $(1800/100) \times 5 = 90$, una resistenza di questo tipo ha il valore ohmico reale compreso tra $(1800-90) \Omega$ e $(1800+90) \Omega$ cioè tra 1710Ω e 1890Ω .

Esempio 2: giallo - viola - verde - oro
 Valore: Giallo - Viola $\rightarrow 47$
 Moltiplicatore: Verde $\rightarrow \times 100K \Omega$
 $\rightarrow 4700 K \Omega = 4,7 M \Omega$
 Tolleranza: Oro $\rightarrow \pm 5\%$

Tabella 7 – Codifica del coefficiente di temperatura (6° banda), presente solo in resistenze di precisione (ppm/K = variazione di resistenza in ppm (punti per milione) per grado °K)

Nero	200ppm/K
Marrone	100ppm/K
Rosso	50ppm/K
Arancio	25ppm/K
Giallo	15ppm/K

Esempio 3: Giallo - Viola - Rosso - Oro
 Valore: giallo – viola → 47
 Moltiplicatore: Rosso → x 100
 → 4700 Ω = 4,7 kΩ
 Tolleranza: Oro → ±5%

In figura 4 sono riportati i valori nominali della sequenza di resistenze standard E12 (tolleranza 10%).

Codifica a cinque o sei bande

Passando dalle comuni resistenze a quelle di “precisione” a strato metallico, la lettura si complica leggermente, perché sul loro corpo vi sono 5, e in certi casi anche 6, fasce colorate. Tali resistenze sono caratterizzate da tre fasce di colore che indicano le prime tre cifre significative, mentre la quarta fascia indica il numero di zeri. In tabella 9 è riportato il codice a 5 e 6 bande. In alcuni casi, infatti, viene riportata una ulteriore sesta banda (non molto frequente) per indicare il coefficiente di temperatura. Nello standard a 5 bande si hanno 3 cifre significative che corrispondono alle prime tre bande. La quarta banda è il fattore di moltiplicazione, mentre l’ultima è la tolleranza. La formula per calcolare il valore è $(100xA+10xB+C) \times 10^M \pm T$ dove A, B e C sono le cifre corrispondenti alle prime tre bande mentre M è il moltiplicatore base 10 e T la tolleranza.

Esempio di codifica a cinque bande

Marrone - Rosso - Marrone - Arancio - Rosso
 valore: Marrone-Rosso-marrone → 121
 Moltiplicatore: arancio → x 1000
 → 121 kΩ
 Tolleranza: Rosso → ±2%

Esempio di codifica a sei bande

Marrone – rosso – viola – nero – oro - rosso
 Valore: Marrone - Rosso - Viola → 127
 Moltiplicatore: Nero → x 1
 → 127 Ω

Tabella 8 - Codifica dei resistori a 3 o 4 anelli colorati [2]

Colore	1° Anello	2° Anello	3° Anello	4° Anello
	Cifra 1	Cifra2	Moltiplicatore	Tolleranze
-	-	-	-	± 20%
argento	-	-	10 ⁻²	± 10%
oro	-	-	10 ⁻¹	± 5%
nero	0	0	10 ⁰	-
marrone	1	1	10 ¹	± 1%
rosso	2	2	10 ²	± 2%
arancio	3	3	10 ³	-
giallo	4	4	10 ⁴	-
verde	5	5	10 ⁵	± 0,5%
blu	6	6	10 ⁶	± 0,25%
viola	7	7	10 ⁷	± 0,1%
grigio	8	8	10 ⁸	± 0,05%
bianco	9	9	10 ⁹	-



Esempio: (Marrone=1), (Nero=0), (Arancio=3),
 10 x 1000 = 10kohm, Tolleranza (Oro) = ±5%

Tabella 9 - Codifica dei resistori a 5 o 6 anelli colorati [2]

Colore	1° Anello	2° Anello	3° Anello	4° Anello	5° Anello	6° Anello
	Cifra 1	Cifra2	Cifra3	Moltiplicatore	Tolleranza	Coef. di temperatura
-	-	-	-	-	± 20%	-
argento	-	-	-	10 ⁻²	± 10%	-
oro	-	-	-	10 ⁻¹	± 5%	-
nero	0	0	0	10 ⁰	-	200 ppm/K
marrone	1	1	1	10 ¹	± 1%	100 ppm/K
rosso	2	2	2	10 ²	± 2%	50 ppm/K
arancio	3	3	3	10 ³	-	15 ppm/K
giallo	4	4	4	10 ⁴	-	25 ppm/K
verde	5	5	5	10 ⁵	± 0,5%	-
blu	6	6	6	10 ⁶	± 0,25%	10 ppm/K
viola	7	7	7	10 ⁷	± 0,1%	5 ppm/K
grigio	8	8	8	10 ⁸	± 0,05%	-
bianco	9	9	9	10 ⁹	-	-



Esempio: (Giallo=4), (Violetto=7), (Nero=0), (Rosso=2),
 470 x 100 = 47kohm, Tolleranza (Marrone) = ±1%

Tolleranza: Oro → ±5%
 Coefficiente di temperatura: Rosso à 50ppm/K

Alcune osservazioni pratiche sull'impiego del codice dei colori

Una delle difficoltà che trova chi si avvicina per la prima volta alla realizzazione di un

circuito elettronico è quella di leggere correttamente il valore delle resistenze che sta maneggiando. Il più delle volte si è portati a misurare il valore ohmico della resistenza mediante l’impiego di un multimetro. Un vero tecnico, tuttavia, non ha bisogno di un multimetro poiché conosce il codice dei colori ed è capace di applicar-

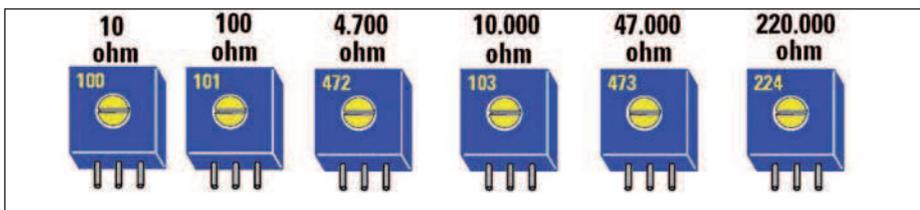


Figura 7: nei Trimmer il valore ohmico è spesso espresso mediante tre cifre. Le prime due sono quelle significative mentre la terza indica quanti zeri aggiungere per ottenere il valore nominale (100 significa quindi 10 Ω, 101 significa 100 Ω, 472 significa 4.700 Ω e così via).

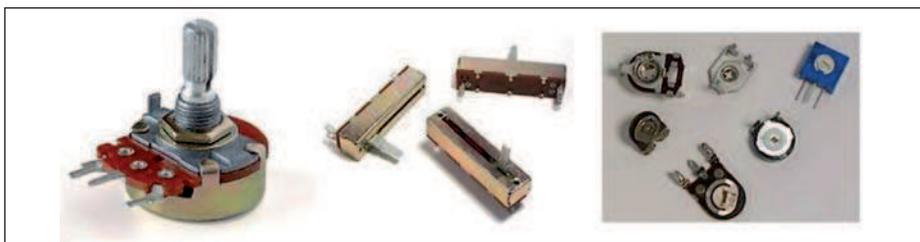


Figura 8: potenziometro da pannello con manopola (a sinistra) e da circuito stampato con regolazione a slitta (slider-al centro) o rotativa (a destra) [2].

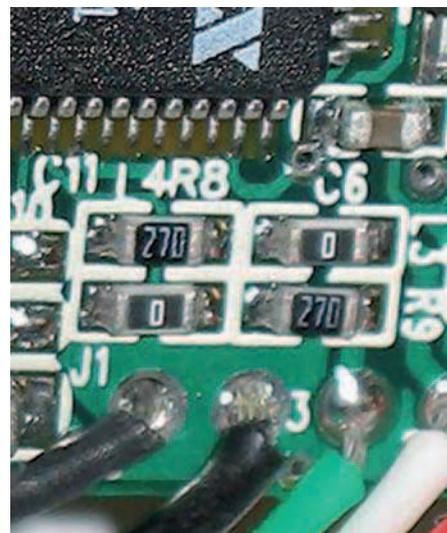


Figura 9: esempio di scheda con componenti SMD a bordo [2].

Tabella 10 – Dimensione standard dei package dei componenti SMD [2]

PACKAGE= DIMENSIONI IN POLLICI (LUNGHEZZA X LARGHEZZA) = DIMENSIONI IN MM

"01005"	= 0,016" × 0,008"	= 0,4 mm × 0,2 mm
"0201"	= 0,024" × 0,012"	= 0,6 mm × 0,3 mm
"0402"	= 0,04" × 0,02"	= 1,0 mm × 0,5 mm
"0603"	= 0,063" × 0,031"	= 1,6 mm × 0,8 mm
"0805"	= 0,08" × 0,05"	= 2,0 mm × 1,25 mm
"1206"	= 0,126" × 0,063"	= 3,2 mm × 1,6 mm
"1210"	= 0,12" × 0,10"	= 3,2 mm × 2,5 mm
"1812"	= 0,18" × 0,12"	= 4,6 mm × 3,0 mm
"2010"	= 0,20" × 0,10"	= 5,0 mm × 2,5 mm
"2512"	= 0,25" × 0,12"	= 6,3 mm × 3,0 mm

Tabella 11 – Esempi di codifica del valore ohmico di resistori SMD

"334"	= 33 × 10.000 ohm = 330 kohm
"222"	= 22 × 100 ohm = 2,2 kohm
"473"	= 47 × 1.000 ohm = 47 kohm
"105"	= 10 × 100.000 ohm = 1 Mohm

lo in maniera corretta e celere. Se siete ai primi passi con i circuiti elettronici, pertanto, tenete sempre a disposizione il codice dei colori e ogni volta che vi trovate nella condizione di dover conoscere il valore della resistenza che avete tra le mani, applicatelo; con il tempo vi diventerà familiare e di semplice applicazione.

Come accennato prima, le resistenze elettroniche il cui valore è codificato secondo il codice dei colori, possono ave-

re 4, 5 oppure 6 bande colorate. Fisicamente, una resistenza avendo una forma geometricamente simmetrica può far sorgere dubbi su quale sia l'estremo del componente da cui cominciare a leggere il codice. Per individuare il primo anello, si deve partire da quello più vicino a uno dei terminali metallici: non sempre ciò è agevole. In caso di dubbio, si possono fare alcune prove, prima partendo da un lato, poi dall'altro, nel conteggiare il primo anello: si possono trovare valori ragionevoli oppure no e dedurre di conseguenza se si sta orientando nel giusto verso il componente o nel verso opposto.

Un altro dettaglio utile allo scopo si deduce facendo riferimento alle precedenti tabelle: si può osservare come la fascia colore oro e quella di colore argento non portano mai significato di cifra ma di mol-

tiplicatore o tolleranza. Di conseguenza, se nella sequenza delle fasce ve ne è una di colore oro o argento (come accade nella maggior parte dei casi) è sufficiente cominciare a leggere il codice dal lato opposto. In ogni caso occorre posizionare la resistenza con i valori di tolleranza (generalmente i colori oro o argento) sulla destra.

Un'altra cosa che occorre osservare è che le bande, generalmente, non sono centrate rispetto al corpo del componente, pertanto si orienta questo in modo da avere a sinistra il terminale più vicino alle bande. Se tuttavia le bande appaiono centrate, una che si trova agli estremi generalmente è più larga delle altre: il componente va orientato in modo da vedere questa banda a destra.

Esistono poi situazioni in cui l'identificazione delle fasce colorate può apparire incerta anche per altri motivi: per esempio la quarta fascia poco evidente o cancellata oppure non si riesce a distinguere in maniera netta un colore da un altro, per esempio il rosso dall'arancio. In questi casi il problema può essere agevolmente superato ricordando ancora una volta che il valore ohmico che si deve ottenere dalla decodifica della sequenza deve in ogni caso risultare un valore standard.

Un altro dettaglio che può aiutare l'interpretazione del codice è quello che vede l'ultima banda (che può essere la 4^a o la 5^a) più distanziata dalle altre.

Per chi vuole memorizzare l'ordine del codice dei colori facilmente suggerisco di



Quartiere Fieristico CIVITANOVA MARCHE (MC)

6-7 MARZO 2010

**Orario:
9-13
15-19,30**

30ª Mostra Mercato Nazionale Radiantistica Elettronica

Materiale radiantistico per C.B. - Antenne e Parabole per radioamatori
Apparecchiature per telecomunicazioni - Surplus - Elettronica
Telefonia - Computers - e TV sat - Hi-Fi
Radio d'epoca - Editoria specializzata

9º Mercatino del Radioamatore

Libero scambio tra privati di apparecchiature amatoriali

in collaborazione con Associazione Radioamatori Italiani
Sezione di Civitanova Marche



DISCO

**Mostra mercato del disco usato in vinile
e CD da collezione**

info

ERF • ENTE REGIONALE PER LE MANIFESTAZIONI FIERISTICHE
Quartiere Fieristico di Civitanova Marche • Tel. 0733 780815 • Fax 0733 780820
www.erf.it - segreteria.radiantistica@erf.it

Tabella 12 – Esempi di codifica di resistori SMD di valore inferiore a 100 ohm

“100” = 10 × 1 ohm = 10 ohm

“220” = 22 × 1 ohm = 22 ohm

“470” = 47 × 1 ohm = 47 ohm

Tabella 13 – Esempi di codifica del valore di resistori SMD di precisione

“1001” = 100 × 10 ohm = 1 kilohm

“4992” = 499 × 100 ohm = 49,9 kilohm

“1000” = 100 × 1 ohm = 100 ohm

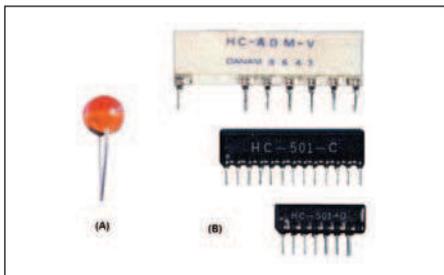


Figura 10: esempi di NTC (A) e di reti resistive (B) [1].

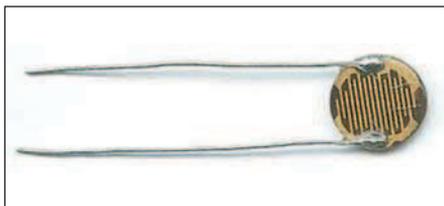


Figura 11: fotoresistore [2].



Figura 12: resistenza 0 Ω [2].

ricordare questa breve frase mnemonica trovata sul web: Non Metterti Rubicondo Alla Guida: Vino e Birra Van Giù Bene. Le iniziali delle parole sono anche le iniziali dei colori esattamente nella giusta sequenza.

Altri tipi di codifiche del valore ohmico

Il codice dei colori è generalmente applicato per resistenze elettroniche di bassa potenza (tipicamente 1/4W, 1/8W, 1W o 2W) che sono anche quelle fisicamente più piccole. Le resistenze di potenza maggiore e di piccolo valore ohmico, generalmente resistenze a filo, non impiegano il codice dei colori ma presentano spesso il valore ohmico direttamente stampato sul corpo (figura 5). Le situazioni più comuni che possono presentarsi sono:

- CASO 1: sul corpo appare scritto qualcosa del tipo 0,15 ohm oppure 1,5 ohm o ancora 15 ohm. In questo caso vi sono pochi dubbi, quello scritto è inequivocabilmente l'effettivo valore ohmico nominale del componente;
- CASO 2: sul corpo appare un valore numerico preceduto dalla lettera R. In questo caso tale lettera equivale ad anteporre alle cifre che la seguono “0,.” Pertanto R01 corrisponde a 0,01 Ω, R15 corrisponde a 0,15 Ω, R1 equivale a 0,1 Ω e così via;
- CASO 3: sul corpo appare la lettera R compresa tra cifre numeriche. In questo caso la lettera R equivale alla virgola. Per esempio 4R7 equivale a scrivere 4,7 Ω, 1R2 equivale a 1,2 Ω e così via.

Resistori variabili: i trimmer

Spesso nei circuiti elettronici occorre disporre di resistori il cui valore ohmico possa essere variato gradualmente da 0 Ω fino a un determinato valore massimo: questi componenti prendono il nome di trimmer e sono raffigurati con lo stesso simbolo di una resistenza cui è aggiunto il simbolo di cursore (figura 6). Per essere più precisi, resistori variabili possono essere divisi in due categorie: quelli regolabili manualmente (trimmer e potenziometri) e quelli che variano il proprio valore ohmico in funzione di un altro parametro fisico, tipicamente la temperatura (termo-resistori) o l'intensità luminosa della luce che li colpisce (foto-resistori). I trimmer e i potenziometri sono di frequente impiego in molte apparecchiature elettroniche di uso comune come radio, televisori, amplificatori, mixer, equalizzatori e in tutti i circuiti in cui è necessario operare sintonizzazioni, tarature o regolazioni. L'elemento fondamentale di questi componenti è un conduttore mobile strisciante sull'elemento resistivo attraverso il quale è possibile variare il valore della resistenza offerta dal componente stesso ai suoi morsetti. La regolazione può avvenire

a seconda dei casi in due modi: agendo su un cursore rotativo oppure su di un cursore lineare. Da un punto di vista costruttivo possono essere realizzati a strato, a filo, doppi, con o senza interruttore e possono presentare variazione resistiva lineare o logaritmica.

Mentre i potenziometri e i trimmer impiegati per regolazioni molto frequenti (per esempio la regolazione del volume di un apparato audio) sono tipicamente montati a pannello e sono dotati di opportuna manopola, quelli che servono per regolazioni saltuarie, per esempio tarature, non sono dotati di manopola, richiedono l'uso di un giravite per agire su una apposita vite di regolazione e sono, generalmente, montati direttamente sul circuito stampato dell'apparecchiatura. Un'altra distinzione che è possibile fare è quella tra trimmer a singolo giro e trimmer di precisione multigiro in cui la vite di regolazione consente di regolare il valore resistivo voluto con molta precisione su un range composto da più giri.

Spesso nei trimmer è impiegata una codifica del valore ohmico differente da quelle descritte fino a ora. Generalmente sul corpo del trimmer compare una sequenza di cifre che non rappresenta il reale valore ohmico massimo del trimmer. Il codice che esprime il valore ohmico del componente è di tipo numerico ed è composto da tre cifre: l'ultima cifra indica quanti zeri bisogna aggiungere al valore composto con le cifre precedenti per ottenere il valore ohmico nominale. Se per esempio sul corpo del trimmer è scritto 101, il valore ohmico massimo del trimmer corrisponde a 10, cui far seguire uno zero, quindi 100 Ω e non 101 Ω, come erroneamente si potrebbe essere portati a pensare. Analogamente, se sul corpo del trimmer c'è scritto 224, il valore ohmico del trimmer è pari a 22, cui far seguire 4 zeri, e quindi 220000 Ω e non 224 Ω. In figura 8 sono riportati alcuni esempi di questo tipo di codifica che dovrebbero essere sufficienti a dissipare qualunque dubbio in merito.

Tipi di trimmer

Vi sono in commercio trimmer di diversa forma e dimensione, anche da un punto di vista geometrico, tali da poter essere montati sia orizzontalmente che verticalmente sul circuito stampato (figura 8). General-

mente, il morsetto centrale rappresenta quello elettricamente connesso al cursore. Collegando uno dei due terminali estremi con il morsetto di cursore, si cortocircuita parte dell'intera resistenza ohmica; questa parte può essere variata agendo sul cursore e in tal modo è possibile ottenere il valore ohmico voluto. Questi componenti possono essere, in ogni caso, impiegati anche senza cortocircuitare il morsetto di cursore con uno di quelli estremi: in questo caso il componente è impiegato come potenziometro. Se non riuscite a intuire immediatamente l'importanza di questi componenti, pensate a quante volte vi è capitato di agire sulla manopola di una radio, variandone in questo modo il volume oppure sulle manopole di un equalizzatore variando il peso degli alti oppure dei bassi rispetto alle altre frequenze.

Oggi queste applicazioni sono meno comuni dal momento che la maggior parte dei controlli e delle regolazioni che si effettuano sulle apparecchiature sono di tipo digitale, tuttavia tali componenti restano di diffuso impiego in elettronica. Tra le diverse caratteristiche di un potenziometro vi è la legge di variazione del valore ohmico rispetto alla posizione angolare della manopola nel caso di potenziometro rotativo, o della posizione lineare del cursore nel caso di potenziometro a slitta. Tale legge di variazione può essere di natura lineare oppure logaritmica. Se vi state chiedendo a cosa possa servire un potenziometro logaritmico

presentate al fatto che il nostro udito presenta una sensibilità nei confronti della potenza sonora di tipo logaritmico; ciò significa che per percepire un raddoppio della potenza sonora è necessario che questa venga realmente quadruplicata. Ciò spiega il motivo per cui tutti i potenziometri impiegati nelle apparecchiature audio per la regolazione del volume sono generalmente di tipo logaritmico.

Resistori SMD

I resistori elettronici realizzati in tecnologia discreta mostrati fino a ora non sono gli unici impiegati in elettronica; vi sono resistori che si prestano al montaggio automatico e che permettono una maggiore integrazione dei componenti sulla board. Si tratta dei resistori realizzati in tecnologia SMD. L'immagine in **figura 9** mostra quattro resistori SMD (il componente nell'angolo in alto a destra, con il corpo di colore marrone, è un condensatore). Due resistori hanno valore di 0 ohm, gli altri due possono essere da 27 ohm o 270 ohm (la codifica dei costruttori può variare). I resistori SMD (acronimo di Surface Mounting Device) o SMT (Surface-Mount Technology) hanno l'aspetto di minuscole piastrine rettangolari di dimensioni variabili a seconda della potenza. Le dimensioni più comuni sono (lo standard è usato anche per i condensatori) quelle riportate in **tabella 10**. Il montaggio è automatizzato: sul circuito stampato viene posto il materiale sal-

dante sulle due piazzole di saldatura, mediante una macchina automatica programmata vengono quindi posti i componenti SMD nelle esatte posizioni della pasta saldante; segue il passaggio in un apposito forno che sottoponendo la piastra e i componenti posizionali sulla stessa ad un opportuno riscaldamento, secondo un preciso profilo temporale di temperatura, ne determina la saldatura.

Letture dei resistori a montaggio superficiale (SMD)

I resistori a montaggio superficiale sono generalmente marcati con un codice a tre cifre: le prime due sono cifre significative, la terza indica il numero degli zeri da aggiungere a queste per ottenere il valore ohmico nominale (**tabella 11**). La stessa codifica viene utilizzata anche per i condensatori a montaggio superficiale, per i quali il valore letto è da intendersi in pF.

Resistori di valore inferiore a 100 ohm sono marcati con una sequenza di tre cifre di cui l'ultima è uno zero cioè dieci elevato alla potenza zero cioè uno (**tabella 12**). I resistori di precisione sono invece siglati con un codice a quattro cifre. Le prime tre sono cifre significative mentre la quarta indica la potenza di dieci come mostrato negli esempi in **tabella 13**.

Reti resistive

Oltre ai resistori individuali, esistono componenti che integrano all'interno delle ve-

micromed
www.micromed.it

**COMPONENTI CNC
STEPPER E DRIVERS
MICROCONTROLLORI
ALIMENTATORI PC TAPE
PC FONDI TELECAMERE
RDS DECODER DISPLAY
LCD MOTORI CC CIRCUITI
INTEGRATI AUDIO VIDEO
OCCASIONI MINI ROBOT**

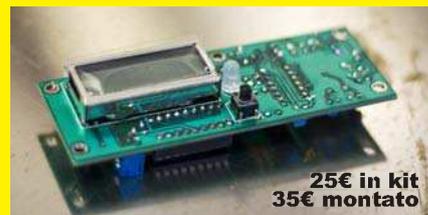
vendita per corrispondenza



M22
Motore Stepper
4 Fasi - 2A - 1,1 Ohm - 200 Passi

Prova il nuovo portale eshop!
eshop.micromed.it

RDS Decoder



**25€ in kit
35€ montato**

Dispositivo per l'acquisizione e l'elaborazione dei messaggi RDS delle stazioni radio FM. Applicabile a qualsiasi ricevitore anche portatile per individuare il nome della stazione e leggere trasmissioni di testo. Completo di display 1x8 e con la possibilità di aggiungere un display esterno 2x16 o 2x20.

CODICE MIP 277766

re e proprie "reti resistive", costruite con la tecnica chiamata "a film spesso", mediante un processo di metallizzazione su una sottile piastrina di ceramica (figura 10).

Resistori Custom

Esistono anche applicazioni in cui il resistore deve avere caratteristiche particolari; tipico è il caso degli strumenti di misura elettronici. Se in commercio non è disponibile il resistore con dimensioni, valore e precisione necessaria per l'impiego previsto, il costruttore dello strumento progetta da sé il resistore abbinandogli una sigla; questo risulta quindi un componente custom non in commercio che può, di conseguenza, essere fornito come ricambio solo dal costruttore dello strumento.

Le fotoresistenze

In elettronica esistono anche diversi componenti che non sono delle classiche resistenze ma piuttosto componenti in grado di variare il proprio valore ohmico in funzione dell'intensità di una determinata grandezza fisica rispetto alla quale risultano sensibili. Uno di questi è la fotoresistenza, cioè letteralmente resistenza sensibile alla luce. È facile verificare come il valore ohmico offerto ai propri terminali da una fotoresistenza possa variare da valori dell'ordine del megaohm (1-10M Ω) in condizioni di buio, a valori di poche decine di ohm in condizioni di forte intensità luminosa incidente. Per avere un'idea immediata di alcune applicazioni di componenti di questo tipo, si pensi agli automatismi di apertura e chiusura di un ascensore o di porte automatiche, oppure a sistemi di conteggio automatico di pezzi in una catena di montaggio o di produzione o ancora alla misura stessa dell'intensità luminosa.

Termoresistori (NTC e PTC)

I termoresistori o termistori sono invece resistori che presentano elevati valori del coefficiente di temperatura; essi si distinguono in PTC ed NTC (figura 10). I resistori PTC (Positive Temperature Coefficient) hanno un coefficiente di temperatura positivo, ossia aumentano la loro resistenza con l'aumento della temperatura mentre gli NTC (Negative Temperature Coefficient) presentano un coefficiente di temperatura negativo (tipicamente tra -6% e -2% per grado cen-

PER approfondire...

- [1] Scuola di elettronica, Teoria, tecnica, pratica (Enciclopedia Peruzzo Editore)
- [2] Resistore, <http://it.wikipedia.org>
- [3] G. Biondo, E. Sacchi, Componenti elettrici passivi (Normalizzazione e codificazione), Manuale di Elettronica e Telecomunicazioni, cap IX, 4° ed., Hoepli
- [4] Tabella dei colori dei resistori, www.elettronicando.net
- [5] www.conversioni.it
- [6] Electronic color code, <http://it.wikipedia.org>
- [7] www.themeter.net

tigrado), ossia riducono la loro resistenza con l'aumentare della temperatura. Essi sono impiegati o per la misura della temperatura o come sensori nei sistemi di controllo.

I resistori 0 Ω

Pochi sanno che in commercio esistono delle resistenze che presentano lo stesso aspetto delle comuni resistenze elettroniche e valore ohmico pari a zero Ω . Il valore è indicato con un unico anello nero (figura 12). Nel caso di realizzazione SMD questo può essere siglato "000" o "0000". L'uso di resistori da zero ohm è utile in molti casi:

- in alternativa a un componente previsto ma non usato in alcune applicazioni della scheda elettronica, si può prevedere, in parallelo, un resistore da zero ohm senza dover rifare il circuito stampato;
- nell'uso di circuiti integrati che possono avere vari modi di funzionamento, si mantiene aperta la possibilità di montare un resistore opportuno (compreso zero ohm) senza dover rifare il circuito stampato;
- in schede elettroniche particolarmente complesse (specialmente di tipo monofaccia), un resistore 0 Ω permette il passaggio di piste sotto di sé, facilitando lo sbroglio del circuito durante la progettazione ed evitando l'impiego di ponticelli filari durante la realizzazione.

Un problema che pongono i resistori da zero ohm è la dissipazione di potenza non calcolabile con la legge di Ohm (nei dati tecnici, generalmente viene indicata la massima corrente che il resistore può sopportare senza danneggiarsi).

Misura di resistenze saldate su una scheda elettronica

Nella pratica ci si può trovare a dover misurare valori di resistori già montati in un circuito senza poterli dissaldare e senza poter sezionare le piste che ne realizzano la connessione agli altri componenti. Usando un multimetro (con il circuito non alimentato), si legge un valore che pone almeno un limite minimo al valore effettivo della resistenza in questione, in quanto in parallelo al resistore vi sono altri elementi resistivi che abbassano la resistenza del ramo. Rifacendo la misura scambiando i terminali (la presenza di componenti attivi e diodi ha un comportamento nella misura diverso a seconda del verso della corrente che il multimetro imprime nella misura), si ottiene un secondo valore. Dopo questa seconda misura si scegliere il valore più alto tra quelli misurati, valore che in ogni caso è solo un limite minimo all'effettivo valore del componente.

Alcuni utili strumenti

Chiudiamo questo articolo, dedicato ai componenti resistivi comunemente impiegati in elettronica, segnalando, soprattutto a neofiti e principianti che non vogliono perder tempo a decifrare il valore di una resistenza decodificandone il codice dei colori, o che desiderino un ausilio didattico per prendere dimestichezza con questo tipo di operazioni, che in rete sono disponibili diversi applicativi free-ware utili allo scopo. ■