

web 13 Diodi

Il diodo è un dispositivo unidirezionale caratterizzato da due terminali, detti rispettivamente anodo (A) e catodo (K). Il simbolo grafico (fig. 1) indica la direzione di conduzione: la corrente può circolare solo dall'anodo verso il catodo, non viceversa.

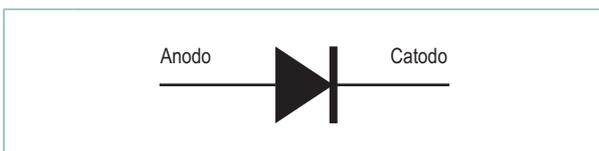


Fig. 1 Simbolo grafico del diodo.

Individuazione dei terminali

Il terminale di catodo è solitamente indicato sul contenitore mediante una striscia, come in fig. 2.

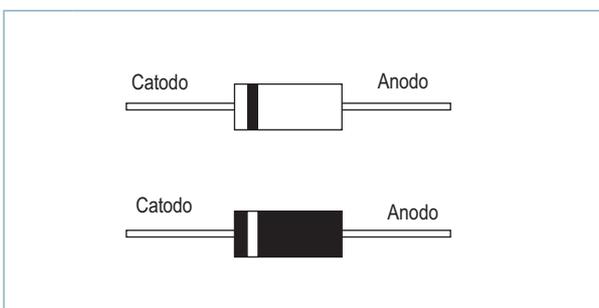


Fig. 2 Diodo.

Bisogna quindi ricorrere all'ohmetro solo quando il catodo non è identificabile a vista oppure per verificare l'integrità del diodo stesso.

Per eseguire tale test, occorre impostare il multimetro sulla funzione *diodo* (\rightarrow), inserire i cavi nelle boccole COM (puntale nero) e V-Ω-mA (puntale rosso, qui grigio), e verificare la continuità del componente in entrambi i versi (fig. 3):

- il diodo integro conduce da una e una sola parte;
- quando conduce, il puntale rosso (+) identifica l'anodo;
- quando conduce, il valore misurato è la caduta di tensione diretta del diodo.

Alcuni multimetri non hanno l'apposita portata diodo; in tali situazioni si può ricorrere alle portate ohmiche. In questo caso, quando il diodo è in conduzione, la resistenza è bassa; quando è polarizzato inversamente è elevatissima (simile a un circuito aperto).

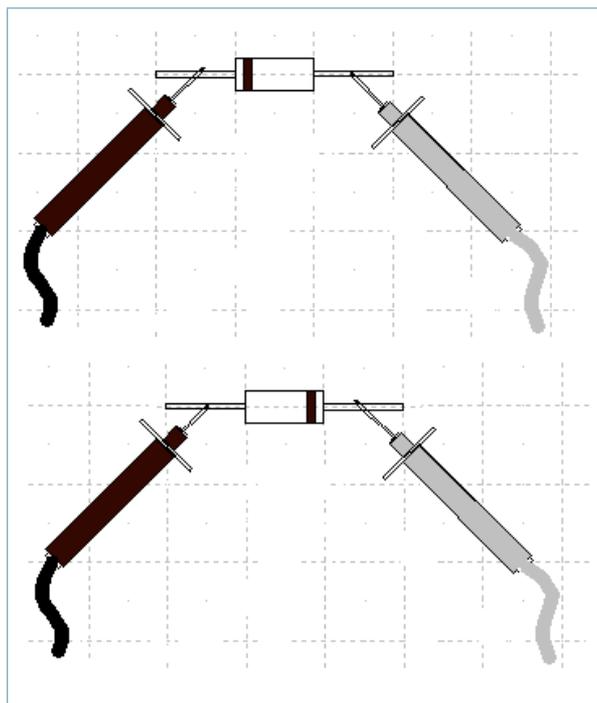


Fig. 3 Individuazione dei terminali.

Polarizzazione diretta e inversa

Dato il circuito in fig. 4, alimentato a 10 V continui, misurare la tensione ai capi di R1 e la corrente circolante nei due casi, con il diodo polarizzato prima in modo diretto e poi in modo inverso. Completare la tab. 1 e commentare i risultati ottenuti.

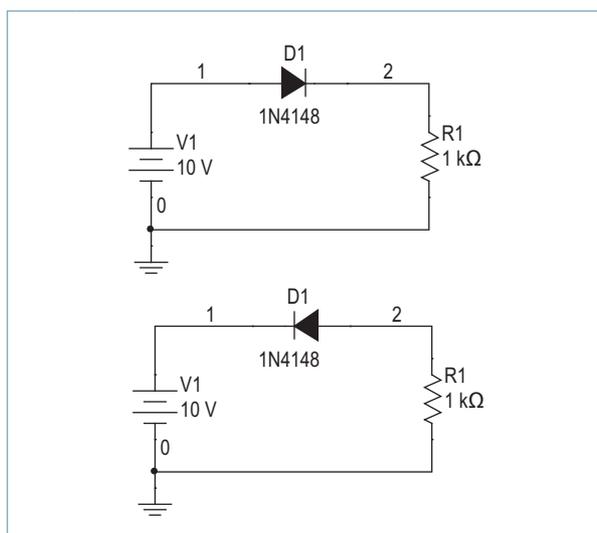


Fig. 4 Diodo nei due versi di polarizzazione.

	V(2)	I(R1)
Polarizzazione diretta		
Polarizzazione inversa		

Tab. 1 Valori rilevati.

Caratteristica tensione-corrente

Un diodo ideale si comporta da circuito aperto in polarizzazione inversa e da corto circuito in polarizzazione diretta, ovvero con corrente nulla in polarizzazione inversa e tensione nulla in polarizzazione diretta. Nella realtà, esistono alcuni parametri da tenere in considerazione (fig. 5).

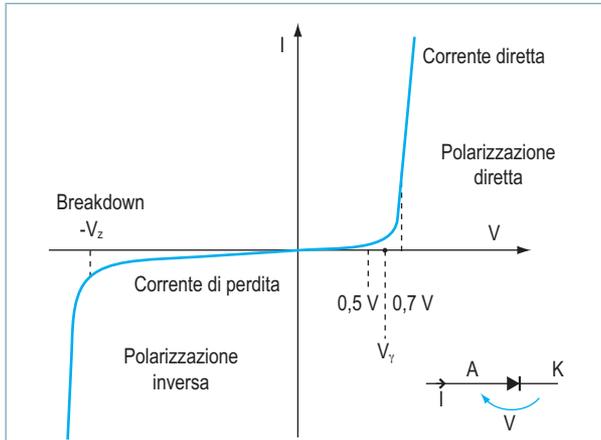


Fig. 5 Caratteristica V/I del diodo a giunzione.

Nel quadrante relativo alla polarizzazione diretta, superati gli 0,6 V tipici della barriera di potenziale V_γ , detta tensione di soglia, la corrente nel diodo aumenta con un andamento esponenziale (che diventa molto rapidamente quasi rettilineo) e con lieve variazione nella caduta di tensione. Con polarizzazione inversa, invece, esiste una corrente di perdita, fino alla **tensione di rottura** ($-V_z$), o tensione di *breakdown*. Superando tale tensione, la corrente diventa tanto elevata da poter risultare distruttiva per il diodo stesso.

Mediante il circuito in fig. 6, è possibile rilevare la caratteristica di un diodo (in simulazione o in pratica) utilizzando un oscilloscopio con funzione B/A, ovvero rappresentazione del canale B con asse orizzontale pilotato dal canale A.

Generatore e resistenza sono stati scelti in modo da limitare la corrente massima nel diodo. Le masse delle due sonde sono necessariamente poste in comune sul punto intermedio dei due componenti passivi; la corrente è rilevata come caduta su R1, cambiata di segno ($-B$) per rispettarne il verso, e la tensione ai capi del diodo va diretta sul canale A, che pilota la base dei tempi.

Da notare i valori rilevati con il cursore: $V = 0,6$ V, con $I = 1,385$ mA (pare che in simulazione B/A i valori dei cursori siano incolonnati in modo rovesciato, *Channel_B* con *Channel_A*).

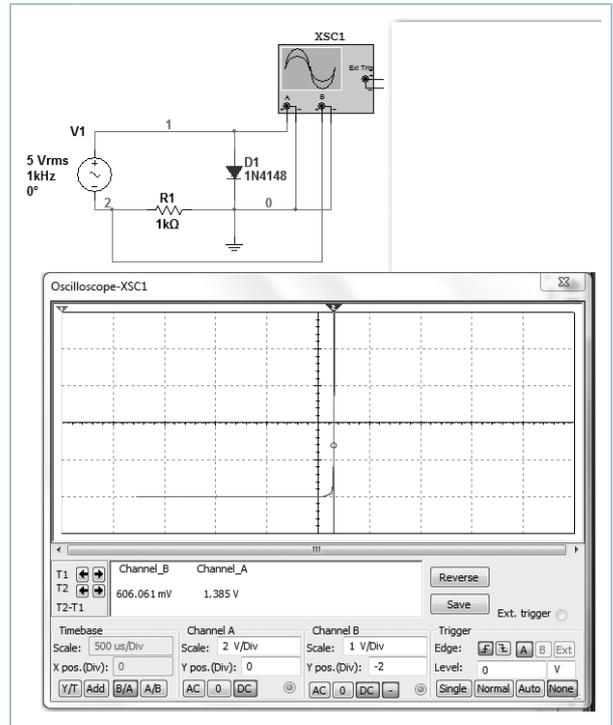


Fig. 6 Rilievo della caratteristica V/I del diodo.

Tecnologia dei diodi e data sheet

Le case costruttrici raggruppano in data books tutti i dati e le prestazioni di ogni componente elettronico da loro prodotto.

Si tratta di pagine in inglese, fitte di dati, sigle e grafici, non sempre di facile lettura e comunque tali da scoraggiare un lettore non esperto. Occorre imparare al più presto a districarsi tra le informazioni e individuare a colpo d'occhio quelle indispensabili.

Le informazioni sono organizzate nel modo seguente:

- la **sigla** del componente con una breve **descrizione** che ne evidenzia le caratteristiche specifiche;
- i **valori massimi** assoluti, cioè i valori che non possono mai essere superati senza alterare le caratteristiche o danneggiare il dispositivo;
- i **valori nominali dei parametri caratteristici**, cioè i dati più significativi che forniscono informazioni sulle prestazioni del componente in determinate condizioni di funzionamento (per esempio per certi valori di tensione o di corrente o per un dato valore di temperatura);
- le applicazioni più comuni, a volte complete di schemi elettrici già dimensionati;
- il **disegno** del componente, dal quale si ricavano le dimensioni, il tipo di contenitore, il numero dei pin e la loro identificazione.

La tab. 2 riporta i valori massimi assoluti specificati nel **data sheet** (Philips) dei diodi 1N4148 – 1N4448.

LIMITING VALUES					
In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134)					
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
V_{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	100	V
V_R	continuous reverse voltage		–	75	V
I_F	continuous forward current		–	200	mA
I_{FRM}	repetitive peak forward voltage		–	450	mA
I_{FSM}	non-repetitive peak forward voltage	square wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge;	–	4	A
		$t = 1\ \mu\text{s}$	–	1	A
		$t = 1\ \text{ms}$	–	0.5	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+200	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		–	200	$^\circ\text{C}$

Tab. 2 Valori massimi assoluti per i diodi 1N4148 – 1N4448.

Di tale tabella, i valori più indicativi sono:

- la massima tensione inversa applicabile in modo continuativo (*continuous reverse voltage*), $V_R \leq 75\ \text{V}$;
- il massimo valore di corrente continua diretta (*continuous forward current*), $I_F \leq 200\ \text{mA}$;
- la potenza massima dissipabile (*total power dissipation*) in un ambiente a 25°C , $P_{tot} \leq 500\ \text{mW}$.

Sempre per i medesimi componenti, in tab. 3 sono riportati i valori nominali di alcuni parametri significativi, per una temperatura interna (di giunzione) $T_j = 25^\circ\text{C}$.

Di tale tabella, i parametri più significativi sono:

- la caduta di tensione diretta (*forward voltage*, V_F), per alcuni valori di corrente diretta (I_F), per esempio $V_F \leq 1\ \text{V}$ con corrente diretta $I_F = 10\ \text{mA}$ per il diodo 1N4148;
- il valore della corrente inversa (*reverse current*, I_R), riferita ad un particolare valore di tensione inversa (V_R) e di temperatura della giunzione (T_j);
- il tempo di recupero inverso (*reverse recovery time*, t_{rr}), ovvero il tempo impiegato dal diodo

per passare dallo stato di conduzione a quello di interdizione, sempre riferito ad una particolare configurazione di test.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS					
$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified					
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
V_F	forward voltage 1N4148 1N4448	$I_F = 10\ \text{mA}$	–	1	V
		$I_F = 5\ \text{mA}$	0.62	0.72	V
		$I_F = 100\ \text{mA}$	–	1	V
I_R	reverse current	$V_R = 20\ \text{V}$	–	25	nA
		$V_R = 20\ \text{V}; T_j = 150^\circ\text{C}$	–	50	μA
I_R	reverse current; 1N4448	$V_R = 20\ \text{V}; T_j = 100^\circ\text{C}$	–	3	μA
C_d	diode capacitance	$f = 1\ \text{MHz}; V_R = 0$	–	4	pF
t_{rr}	reverse recovery time	when switched from $I_F = 10\ \text{mA}$ to $I_R = 60\ \text{mA}$; $R_L = 100\ \Omega$; measured at $I_R = 1\ \text{mA}$	–	4	ns
V_{fr}	forward recovery voltage	when switched from $I_F = 50\ \text{mA}$; $t_r = 20\ \text{ns}$	–	2.5	V

Tab. 3 Caratteristiche elettriche dei diodi 1N4148 – 1N4448, per temperatura di giunzione a 25°C .

I parametri forniti mediante le tabelle sono sempre riferiti a una specifica condizione di lavoro, pertanto il costruttore accompagna questi dati parziali, di più facile lettura, con **grafici** che ne riportano l'andamento in funzione di un secondo parametro e per diverse condizioni di funzionamento.

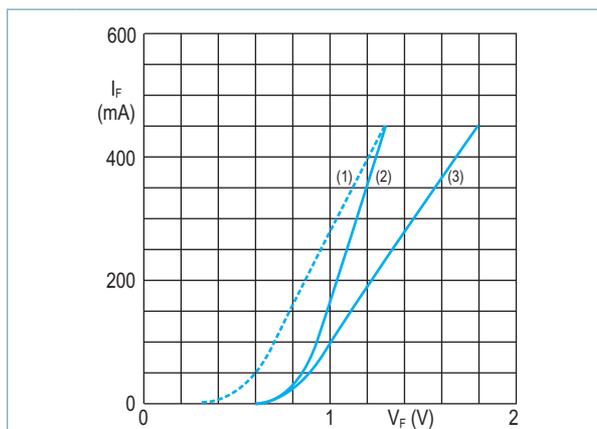


Fig. 7 Andamento tipico della corrente diretta in funzione della tensione diretta per $T_j = 175^\circ\text{C}$ (1) e 25°C (2); valori massimi per $T_j = 25^\circ\text{C}$ (3).

Il grafico in fig. 7 riporta per esempio tre caratteristiche statiche del diodo 1N4148, la prima (1)

con i valori tipici per $T_j = 175\text{ }^\circ\text{C}$, la seconda (2) e la terza (3) per $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$, rispettivamente con i valori tipici e massimi.

In tab. 4 sono posti a confronto i valori massimi a $25\text{ }^\circ\text{C}$ dei principali parametri di alcuni tra i diodi più noti.

Sigla	V_F continua [V]	I_F continua [mA]	V_F di picco [V]	I_F di picco [A]	t_{rr} [ns]	Note applicative
1N4148	0,75	10	1	0,1	4	uso generale
1N4007	0,9	1.000	2,3	25	5.000	raddrizzatore
1N6263	0,4	1	1	0,015	0,1	Schottky a bassa caduta

Tab. 4 Parametri tipici di alcuni diffusi diodi commerciali.

Contenitori

I diodi vengono prodotti in svariati modelli, diversi tra loro per corrente diretta supportata (da pochi milliampere a centinaia di ampere), velocità di commutazione, potenza dissipata, tensione inversa, ecc.

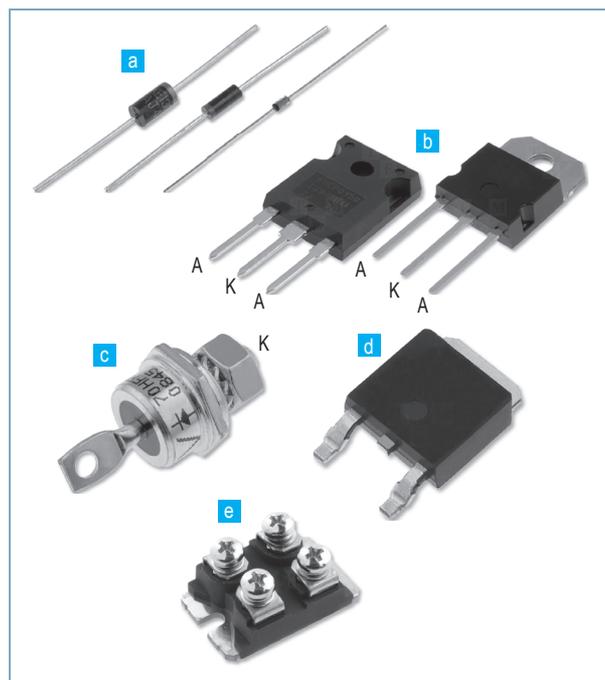


Fig. 8 Diodi in contenitore plastico cilindrico (a), plastico con piastra metallica (b), metallico con filettatura (c), a montaggio superficiale (d) e altri (e).

Queste differenze determinano il tipo di contenitore (fig. 8): plastico a forma cilindrica, plastico con piastra di metallo, metallo con filettatura per essere avvitato su un dissipatore di calore, ecc.

Diodo Zener

Mentre un diodo normale presenta tensioni inverse di rottura superiori a 50 V e fino a qualche migliaio di volt, il diodo Zener presenta tensioni di rottura inverse di qualche volt. Questa caduta rimane praticamente costante, anche in presenza di variazioni nelle tensioni dei generatori ed è perciò spesso utilizzata all'interno dei circuiti come tensione di riferimento (fig. 9).

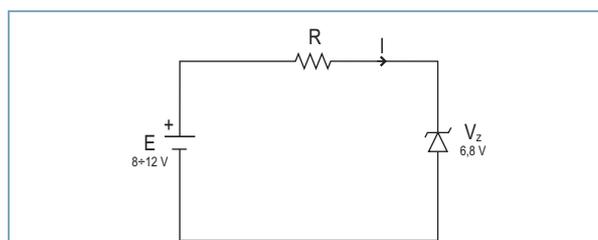


Fig. 9 Diodo Zener, simbolo grafico e applicazione.

L'individuazione dei morsetti, anodo e catodo, su un diodo Zener è analoga a quanto visto per un diodo normale, con l'avvertenza che, se la tensione di Zener è più bassa della tensione di batteria interna al multimetro, si potrebbe avere una segnalazione di caduta anche in inversa.

Analogamente a quanto già sperimentato con il diodo, mediante il circuito in fig. 10, è possibile rilevare in simulazione (o in pratica) la caratteristica tensione-corrente del diodo Zener, utilizzando l'oscilloscopio con funzione B/A. Determinare perciò il valore della tensione inversa per una corrente inversa di 2 mA e il valore della corrente diretta corrispondente a una caduta diretta di 1 V e riportarli nella tab. 5. Commentare i risultati.

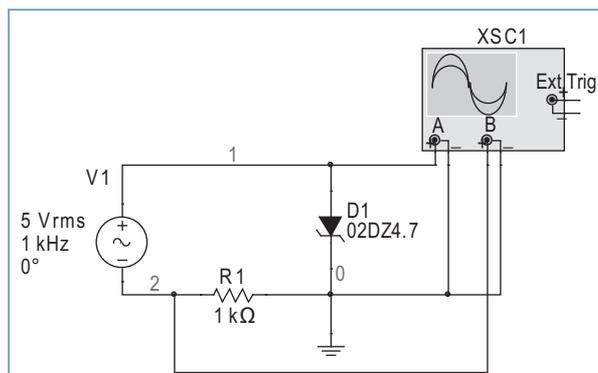


Fig. 10 Rilievo della caratteristica V/I del diodo Zener.

Zener 02DZ4.7	Tensione	Corrente
Polarizzazione diretta	1 V	
Polarizzazione inversa		-2 mA

Tab. 5 Valori rilevati.