

## SOMMARIO

- IMMUNITÀ AI DISTURBI IN UNA GIUNZIONE PN.....	2
Esempio 1 : .....	2
- DISTRUZIONE DI UNA GIUNZIONE PER ECCESSO DI I O PER ECCESSO DI V. ....	2
- CONNESSIONE IN PARALLELO DI DUE DIODI.....	2
Esempio 2 : .....	3
- CONNESSIONE IN SERIE DI DUE O PIÙ DIODI.....	3
Esempio 3 : .....	4
- DIODO DI LIBERA CIRCOLAZIONE (CARICHI INDUTTIVI). ....	4
- DIODI DI PROTEZIONE CONTRO IL BREAKDOWN.....	5

### *Diodi: Complementi e applicazioni*

prof. Cleto Azzani  
IPSI A Moretto Brescia  
1994

### - Immunità ai disturbi in una giunzione PN

Si consideri il circuito di fig. 1 si vuole illustrare la funzione svolta dalla resistenza R connessa in parallelo al diodo D. È evidente che risulta :

$$V_d = RI_r \quad 1.1$$

inoltre :

$$I_d = 0 \quad \text{se } V_d < V_\gamma \quad 1.2$$

$$I_d = I_t - \frac{V_d}{R} \quad \text{se } V_d \geq V_\gamma \quad 1.3$$

Il valore

$$I_s = \frac{V_\gamma}{R} \quad 1.4$$

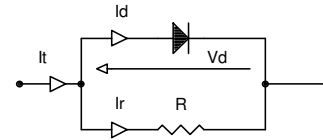


fig. 1 Diodo con R

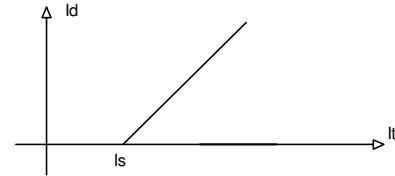


fig. 2 Curva  $I_d=f(I_t)$

può essere considerato la soglia di corrente al di sotto della quale la corrente nel circuito fluisce unicamente attraverso R il diodo D rimane perciò interdetto. Il circuito trova ampie applicazioni soprattutto nei circuiti transistorizzati che funzionano in modalità ON-OFF dove si richiede di attivare una soglia che introduca un appropriato livello di immunità ai disturbi.

### Esempio 1 :

Rendere immune a disturbi  $I_{max}=50\mu A$  una giunzione al Si ( $V_d=0,5V$ ). Il calcolo di R porge immediatamente il valore  $R = 10 \text{ KOhm}$ .

### - Distruzione di una giunzione per eccesso di I o per eccesso di V.

Una giunzione può distruggersi per due distinti motivi:

- Eccesso di corrente diretta (superamento della corrente max. diretta)
- Eccesso di tensione inversa (superamento del breakdown)

In entrambi i casi la distruzione della giunzione è provocata dal superamento della potenza massima dissipabile dal dispositivo. Generalmente nel caso a) l'effetto termico prodotto è tale da fondere ed interrompere la giunzione (che apparirà ad una misura esterna come un circuito aperto) mentre nel caso b) il circuito ad una misura esterna appare un circuito chiuso.

### - Connessione in parallelo di due diodi

Qualora si manifesti la necessità di dover raddrizzare una corrente di valore superiore a quello consentito da un unico diodo si può ricorrere al collegamento in parallelo di due o più diodi. Tuttavia nell'effettuare tale connessione è opportuno precisare quanto segue :

- date le inevitabili diversità, le due giunzioni non si comporteranno mai allo stesso modo: con la stessa ddp applicata non assorbono la medesima corrente per cui, con riferimento al circuito di fig. 3, non risulterà generalmente verificata la condizione (peraltro auspicabile):

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I}{2} \quad 1.5$$

- La mancata equipartizione della corrente fra i due diodi può provocare il danneggiamento per eccesso di corrente, della giunzione che conduce meglio (ipotizziamo per un attimo che si

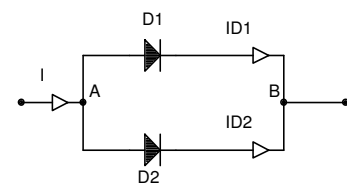


fig. 3 Diodi in parallelo

tratti di D1) e il conseguente e successivo danneggiamento di D2 che a seguito della interruzione di D1 viene di fatto percorso dall'intera intensità di corrente totale. Sorge perciò la necessità di modificare il circuito al fine di garantire una ripartizione quanto più equilibrata possibile di corrente fra i due diodi D1 e D2. Come indicato in fig. 4 si connette in serie a ciascun diodo una resistenza R di valore basso dimensionata utilizzando la seguente formula empirica:

$$RI_d = 0,5 \div 1 \text{ V} \quad 1.6$$

Con riferimento al circuito di fig. 4 si ipotizzi che D1 conduca meglio di D2; in tal caso risulta:

$$I_{D1} > I_{D2} \Rightarrow V_{CB} > V_{DB} \quad 1.7$$

ma poichè risulta :

$$V_{AB} = V_{D1} + V_{CB} = V_{D2} + V_{DB} \quad 1.8$$

si deduce immediatamente che deve essere :

$$V_{D2} > V_{D1} \quad 1.9$$

di fatto il circuito di fig. 4 "costringe" per così dire D2 a condurre maggiormente se D1 conduce maggiormente e viceversa.

### Esempio 2 :

Due diodi al Si da 5A devono essere connessi in parallelo; dimensionare le resistenze da porre in serie a ciascun diodo:

$$R = \frac{0,5 \div 1}{I_d} = \frac{0,5 \div 1}{5} = 0,1 \div 0,2 \text{ } \Omega$$

$$P = RI^2 = 2,5 \div 5 \text{ W}$$

### - Connessione in serie di due o più diodi

Qualora si manifesti la necessità di dover raddrizzare una tensione alternata sinusoidale il cui valore massimo è superiore alla tensione di breakdown di un unico diodo si può ricorrere al collegamento in serie di due o più diodi (vedi fig. 6). Tuttavia nell'effettuare tale connessione è opportuno fare attenzione ai problemi che si incontrano:

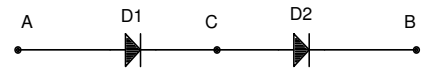


fig. 6 Diodi collegati in serie

a) date le inevitabili diversità, le due giunzioni non si comporteranno mai allo stesso modo nemmeno un condizioni di polarizzazione inversa: con la stessa ddp applicata non assorbono la medesima corrente per cui non risulterà generalmente verificata la condizione:

$$V_{D1} = V_{D2} = \frac{V_{MAX}}{2} \quad 1.10$$

b) La mancata equiripartizione della tensione inversa fra i due diodi può provocare il danneggiamento per superamento del breakdown, della giunzione che assicura l'apertura del circuito con minor corrente inversa (ipotizziamo per un attimo che si tratti di D1) e il conseguente e successivo danneggiamento di D2 che a seguito del corto circuito su D1 sarebbe di fatto sottoposto all'intera tensione inversa del circuito. Sorge perciò la necessità di modificare il circuito al fine di garantire una ripartizione quanto più equilibrata possibile di tensione inversa fra i due diodi D1 e D2. Come indicato in fig. 7 si connette in parallelo a ciascun diodo una resistenza R di valore molto elevato dimensionata con il criterio che il partitore resistivo non deve essere apprezzabilmente caricato dalla corrente inversa che percorre i diodi.

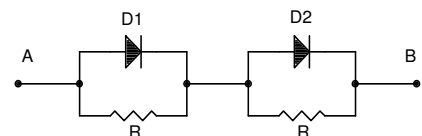


fig. 7 Diodi connessi in serie

### Esempio 3 :

Due diodi al Si 1N4005 (1A 600V  $I_r=30\mu A$ ) devono essere connessi in serie per rettificare una tensione di valore pari a 1KV; dimensionare le resistenze da porre in parallelo a ciascun diodo.

Ai capi di ciascun diodo si presenterà una tensione inversa pari a 500V; si assuma una corrente entro il partitore resistivo pari a 10 volte la  $I_r$  del diodo e di conseguenza si calcoli la R.

$$R = \frac{V_{INV}}{10I_r} = \frac{500}{300 \cdot 10^{-6}} = 1,6 M\Omega \quad (1,5 M\Omega)$$

### - Diodo di libera circolazione (carichi induttivi).

Come è noto dallo studio dei fenomeni transitori che riguardano i carichi ohmici induttivi, la brusca interruzione di corrente provoca una elevata sovratensione ai capi dell'interruttore SW (circuito di fig. 8 A). L'effetto è tanto più marcato e dannoso tanto più rapida è la interruzione del circuito. Ne consegue che se al posto di un interruttore tradizionale viene impiegato un interruttore elettronico (BJT, JFET o MOSFET) nel passaggio dallo stato ON (interruttore chiuso) allo stato OFF (interruttore aperto) l'interruttore allo stato solido viene quasi certamente distrutto in quanto la ddp che si presenta fra C (collettore) ed E (emettitore) in caso di BJT (o fra drain e source in caso di FET) supera di gran lunga la tensione di breakdown del componente. Si tenga presente che nella induttanza L percorsa dall'intensità di corrente I viene immagazzinata energia magnetica data dall'espressione:

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2$$

Ad interruttore aperto poichè I assume valore nullo, l'energia tende a zero. La variazione di energia nell'induttanza ovviamente avviene in un tempo finito. Per consentire uno smaltimento dell'energia senza produrre sovratensioni ai capi dell'interruttore SW si può collegare in parallelo al carico induttivo un diodo volante (o diodo di libera circolazione). Tale diodo risulta polarizzato inversamente finchè SW risulta chiuso. Non appena SW viene aperto la sovratensione prodotta nell'induttanza polarizza direttamente D1 e consente così un graduale smaltimento dell'energia accumulata nell'induttanza. Il transitorio di apertura, di tipo esponenziale è caratterizzato dalla costante di tempo:

$$\tau = \frac{L}{r}$$

ove con r si è indicato il valore complessivo della resistenza dell'induttanza e del diodo D1.

Considerato che il valore di r è generalmente basso la costante di tempo risulterà di valore elevato. In talune applicazioni (relè rapidi pilotati da BJT) è essenziale ridurre quanto più possibile tale costante di tempo; si provvede allora a collocare in serie al diodo D1 una resistenza R di valore opportuno in modo che la costante di tempo assuma il valore desiderato (circuito di fig. 9 C):

$$\tau = \frac{L}{r + R}$$

Il valore prescelto per R dovrà essere compatibile con la necessità di contenere entro valori accettabili la sovratensione che si presenta ai capi di SW nel momento dell'apertura del circuito.

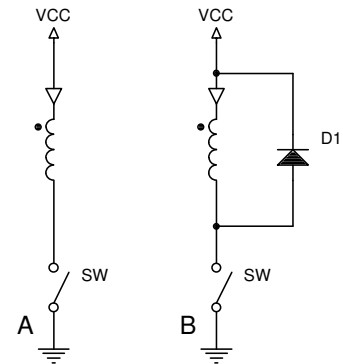


fig. 8 Interruzione di un carico induttivo in corrente continua

1.11

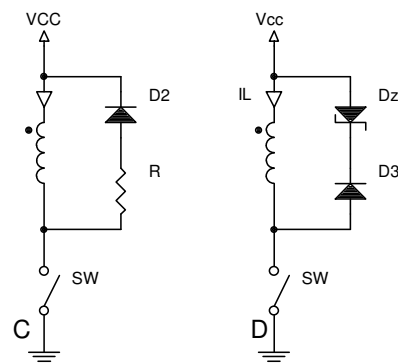


fig. 9 Interruzione di un carico induttivo in corrente continua

$$V_{CC} + RI_L < BV_{SW} \quad 1.14$$

$$R < \frac{BV_{SW} - V_{CC}}{I_L} \quad 1.15$$

Si noti che il valore di R è condizionato dall'intensità di corrente che normalmente percorre il carico induttivo (con SW chiuso). Nel circuito di fig. 9 D dovrà essere verificata la condizione:

$$V_{CC} + V_Z < BV_{SW} \quad 1.16$$

da cui:

$$V_Z < BV_{SW} - V_{CC} \quad 1.17$$

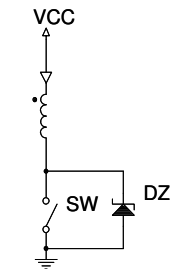


fig. 10 Interruzione di un carico induttivo in c.c.

Altro tipo di circuito molto usato è quello di fig 10; in esso il diodo zener DZ è disposto in parallelo all'interruttore SW; in tale circuito la  $V_Z$  deve soddisfare le condizioni :

$$V_{CC} < V_Z < BV_{SW} \quad 1.18$$

### - Diodi di protezione contro il Breakdown

I diodi LED (light emitting diode) sono caratterizzati da un basso valore della tensione di breakdown (attorno ai 3-5V). Bisogna prestare molta attenzione quando essi devono essere alimentati in corrente alternata. In fig. 11 vengono presentati due circuiti nei quali il diodo D1 protegge il LED dal pericolo di breakdown. Nel primo esempio D1 è connesso in serie al LED quindi entrambi risultano polarizzati direttamente (se V1 è positiva) o inversamente (se V1 è negativa). Nel secondo esempio D1 è connesso in antiparallelo (Catodo di D1 con Anodo del LED) perciò se il LED risulta polarizzato direttamente, D1 è polarizzato inversamente, se il LED risulta polarizzato inversamente, D1 è polarizzato direttamente con conseguente effetto protettivo sul breakdown del LED.

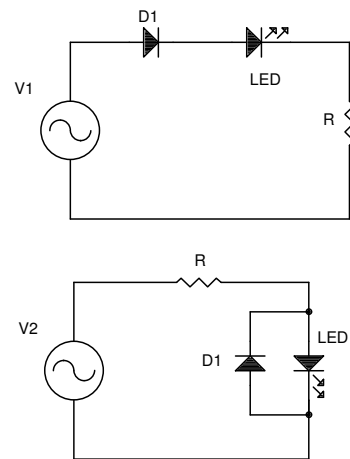


fig. 11 Protezione contro il breakdown alimentando LED in c.a.

---