



Igor Arbanas (elettrodomus)

QDA DIMENTICATI. TIRISTORI: SCR PARTE 1

18 December 2011

Premessa

Gli appunti che avevo iniziato a trascrivere, proseguono il discorso con raddrizzatori e alimentatori, ma visto che sono stati esaminati (e bene) sia da [lillo](#) che da [marco438](#) abbastanza di recente, abbandono la strada e mi soffermo su una [richiesta](#) fatta qualche tempo fa sul forum. Anche se [qua](#) c'è già qualche riga scritta da [admin](#).

L'intento all'inizio, era la trascrizione *pari pari*, ma una rilettura, dopo (più o meno) un ventennio, mi lasciava alcuni dubbi, per cui ho provato un po' a perfezionare gli appunti.

Ovviamente saranno ancora gradite eventuali segnalazioni di possibili errori o suggerimenti per migliorare passaggi non chiari.

Tiristori

Dal greco *thyra* (= porta)

Sono **diodi multigiunzione** al silicio. Si tratta in generale di diodi *controllati*, ossia vengono portati in conduzione *mediante impulsi* di controllo. In pratica i tiristori sono dispositivi che possono funzionare come interruttori con stadio stabile ON (cioè acceso), od OFF (cioè spento). I tiristori possono avere due, tre o quattro terminali e possono essere **unidirezionali** oppure **bidirezionali**.

Ci sono:

- SCR
- Diodo Shockley
- Triac - Triodo AC
- Diac - Diodo AC
- GTO
- SCS

Utilizzo dei tiristori

Possono essere utilizzati per regolare la quantità di potenza erogata da un carico. Per es. per regolare l'intensità luminosa di una lampada o nella regolazione di velocità

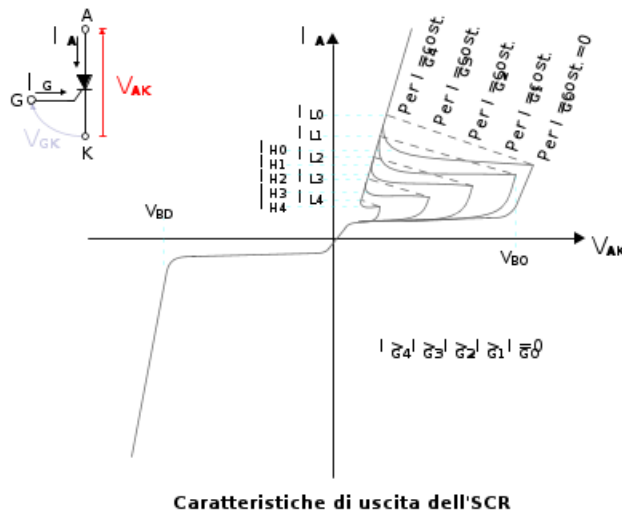
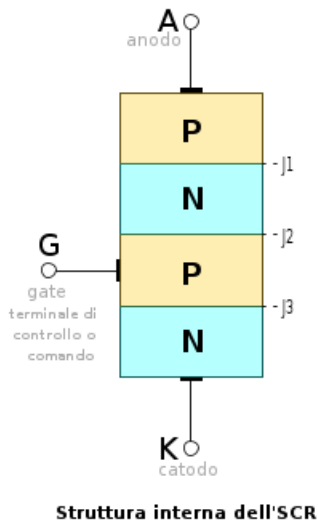
dei motori. I tiristori trovano largo impiego nei circuiti di potenza, cioè nei circuiti in cui sono in gioco correnti e tensioni molto elevate.

SCR o diodo di controllo

(Silicon Controlled Rectifier = *raddrizzatore controllato al silicio*)

È il tiristore più noto, spesso si usa indicare con *tiristore* proprio l'SCR.

Nell'SCR le correnti in gioco possono assumere valori di migliaia di ampere e analogamente possono fare i valori di tensione; così come si può arrivare a frequenze di 50 kHz.



Quando la tensione V_{AK} ai capi del dispositivo è positiva, cioè $V_{AK} > 0$, ovvero quando l'anodo è a potenziale più alto del catodo, le giunzioni $J1$ e $J3$ sono polarizzate direttamente, mentre la giunzione $J2$ lo è inversamente.

In assenza di corrente di gate ($I_G = 0$)

L'andamento della corrente anodica I_A in funzione della tensione anodo-catodo V_{AK} mostra che:

- A partire da $V_{AK} = 0$, quando la tensione aumenta, $J1$ e $J3$ sono polarizzate direttamente, mentre la $J2$ inversamente polarizzata, lascia passare la sola corrente inversa, che si può considerare trascurabile.

→ Il dispositivo è perciò interdetto, cioè in stato di bloccaggio.

- Allorché V_{AK} raggiunge un certo valore, pari a V_{BO} (tensione di *breakover*); la I_A comincia repentinamente ad aumentare, innescando un processo a valanga; che in breve neutralizza la barriera di potenziale ai capi di J2

→ Il dispositivo lo si può vedere come due giunzioni polarizzate direttamente, di conseguenza la caduta ai suoi capi si riduce a $1 \div 1,5V$

L'intensità di corrente che causa il fenomeno, prende il nome di corrente di aggancio o *latching* I_L .

Da questo valore in poi, la corrente anodica sale rapidamente, per piccoli aumenti di V_{AK} , come avviene per un normale diodo.

- Per disinnescare l'SCR è necessario che I_A scenda al di sotto del valore di mantenimento, o di *holding* I_H ; per esempio aprendo il circuito di uscita, o invertendo la polarizzazione fra anodo e catodo.
- Per tensioni V_{AK} negative, ovvero $V_{AK} < 0$, l'SCR rimane bloccato, finché non viene raggiunta la V_{BD} , tensione di rottura o *breakdown*.

→ L'SCR si comporta come un normale diodo in zona di rottura.

In presenza di corrente di gate ($I_G > 0$)

Iniettando una corrente $I_G > 0$, nell'elettrodo G, si provoca un'abbassamento della barriera di potenziale ai capi di J2, sicché è sufficiente una tensione V_{AK} più bassa, per provocare l'innescò dell'SCR.

- Più elevata è la I_G , più bassa è la tensione di innesco.
- Per valori sufficientemente elevati di I_G , l'SCR non presenta più la regione di bloccaggio diretto, ma commuta nella regione di conduzione non appena l'anodo va a positivo rispetto al catodo.

→ Il metodo normale di innesco è fornire il sufficiente valore di I_G al desiderato istante di tempo.

A commutazione avvenuta

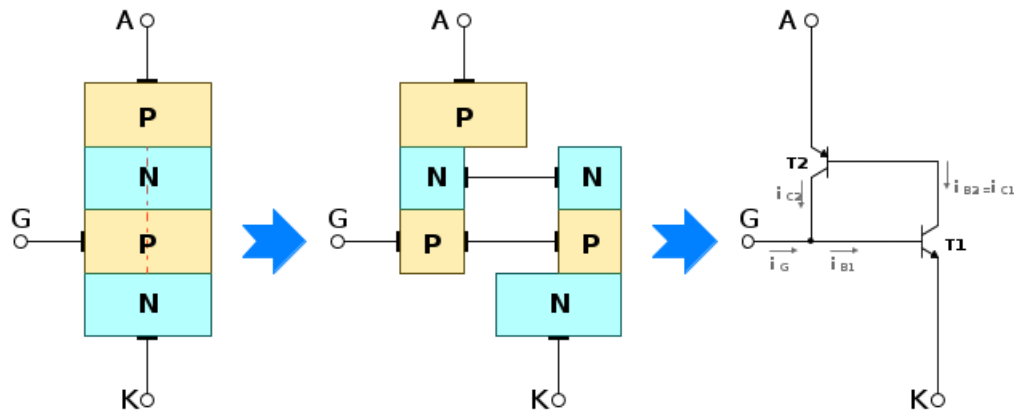
La corrente I_A si automantiene e la corrente I_G può essere rimossa.

→ L'elettrodo di controllo non ha più alcuna influenza sulla conduzione del tiristore.

Motivo per cui I_G può essere impulsiva

(Ovvero può essere rimossa ad innesco avvenuto)

Si può immaginare l'SCR sezionato, in modo che si possa dare origine a due BJT, uno di tipo PNP e l'altro NPN, connessi in maniera che la base di uno costituisca il collettore dell'altro e viceversa.

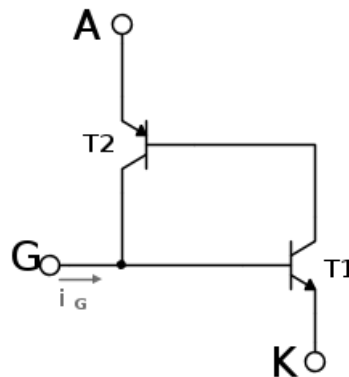


L'SCR può esser visto come un circuito formato da due BJT

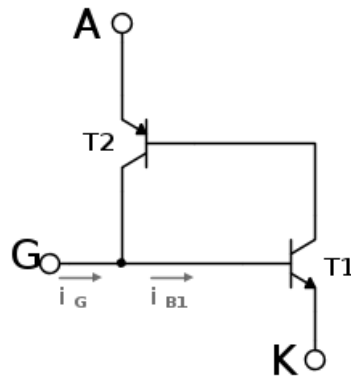
Se l'impulso iniziale applicato al gate basta a provocare correnti di intensità $I_{B1}h_{FE1}h_{FE2}$, allora tra i due BJT, si innesca una reazione positiva, grazie alla quale, anche se viene a cessare la I_G , le correnti diventano sempre più elevate fino a mandare in saturazione i due BJT, cioè a mandare in *stato di ON* l'SCR.

COME AVVIENE:

Si innietta una corrente I_G nell'elettrodo di gate

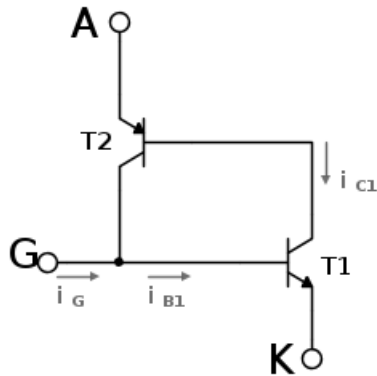


Si crea una
corrente I_{B1} che
pone in conduzione
 T_1



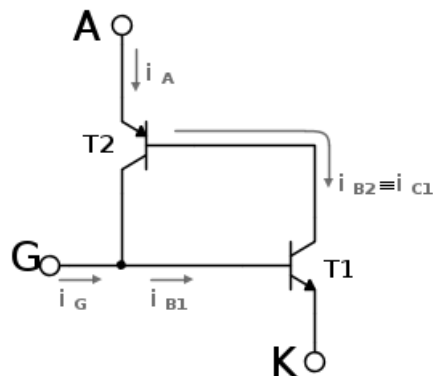
$$I_{B1} = I_G$$

La conduzione
permette il
passaggio di I_{C1}

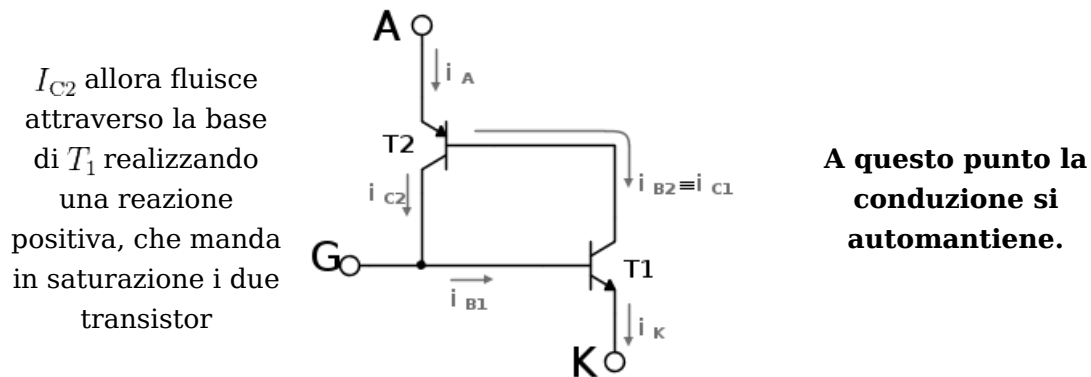
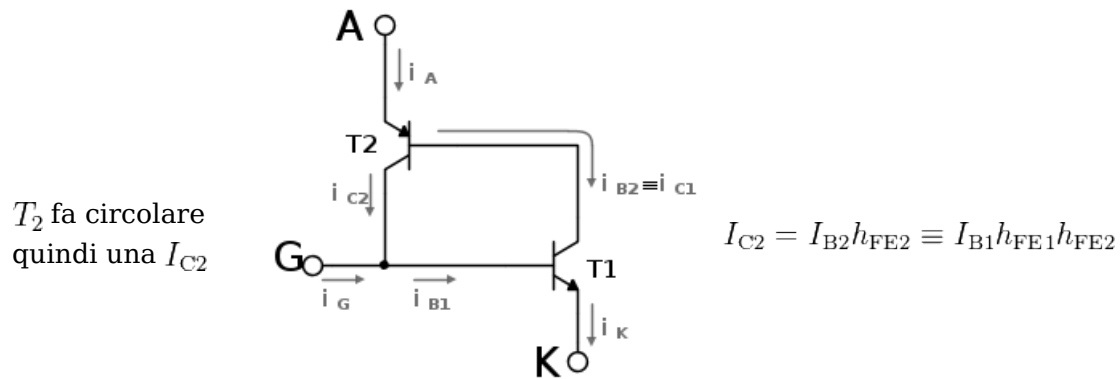


$$I_{C1} = I_{B1} h_{FE1}$$

Poiché $I_{C1} = I_{B2}$ si
pone in conduzione
anche T_2



$$I_{B2} \equiv I_{C1}$$



Questo normalmente avviene in $0,1 \div 1 \mu s$; tuttavia per gli SCR ad alta potenza, siamo nell'ordine di $10 \div 25 \mu s$.

QUINDI

Detto semplicemente, l'SCR può essere visto come un **diodo** che può essere controllato dall'esterno.

Infatti nel caso di segnale alternato sinusoidale (come avviene per un raddrizzatore a semionda) lascia passare solo la semionda positiva, ma **solo** quando riceve un impulso di comando da un circuito di controllo.

Per quanto si è visto possiamo allora dire che l'SCR è un dispositivo

- **bistabile**, in quanto presenta praticamente due stati (on e off);
- **unidirezionale**, in quanto lascia passare solo la corrente di segno positivo.

Applicazioni

Sfruttando semplicemente il fatto che siano dispositivi bistabili, gli SCR possono essere adoperati per attivare o disattivare completamente un circuito.

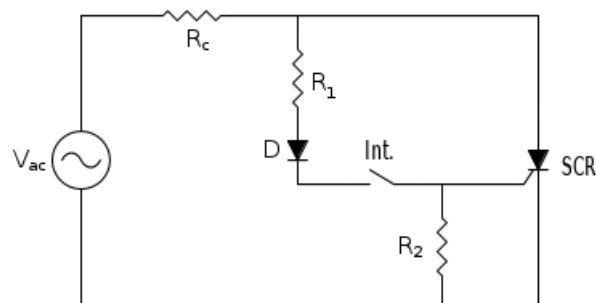
→ *interruttore di potenza*

Oppure per il cosiddetto *controllo in fase*.

INTERRUTTORE DI POTENZA

Per avere l'innesco vi sono diverse soluzioni, ma sostanzialmente sfruttano il principio di quella seguente.

Innesco con comando ad interruttore



L'innesco attraverso R_1 viene dato dall'interruttore al gate dell'SCR.

Il diodo D serve ad impedire una forte corrente inversa.

La resistenza R_2 evita l'innesco in presenza di spurie con int. aperto

Ad interruttore chiuso

- SCR conduce nei semiperiodi positivi, mentre in quelli negativi rimane interdetto.

→ Nel semiperiodo positivo, successivo ad uno negativo, sarà posto nuovamente in conduzione.

Ad interruttore aperto

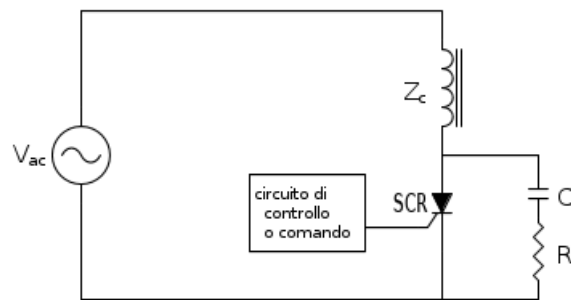
- SCR rimane interdetto

DISINNESCO

Quanto detto, vale nel caso di corrente alternata, mentre per quel che concerne la corrente continua, una volta innescata la conduzione, è necessario un ulteriore dispositivo di disinnesco.

Vi possono essere problemi anche nel caso di tensioni alternate, quando c'è un carico induttivo, che provoca uno sfasamento tensione/corrente, che può causare dei reinneschi indesiderati dell'SCR.

Disinnesco in AC con carico induttivo



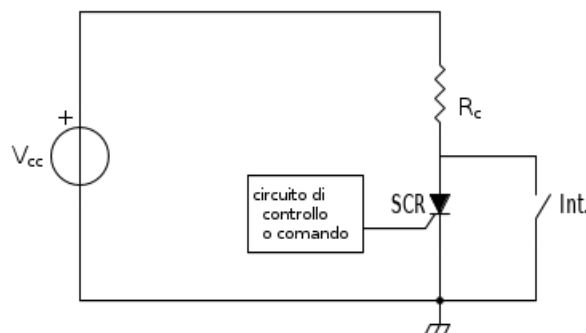
Valori tipici del circuito di smorzamento di tipo RC

R = centinaia di Ω

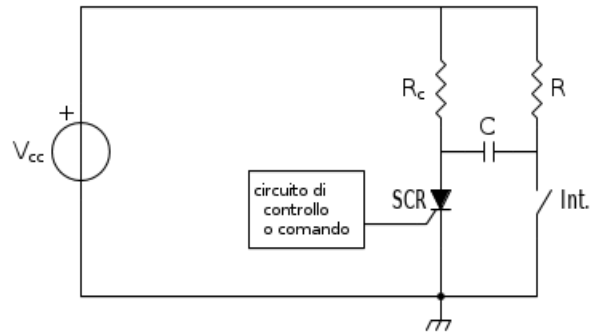
C = decine di μF

Disinnesco in DC con interruttore

Il principio di funzionamento è molto semplice e consiste banalmente nell'interruzione della corrente che fluisce attraverso il diodo, cortocircuitando anodo e catodo.

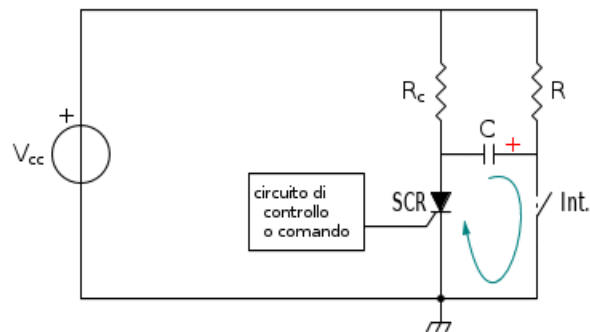


Disinnesco in DC a commutazione forzata



Il principio di funzionamento è il seguente:

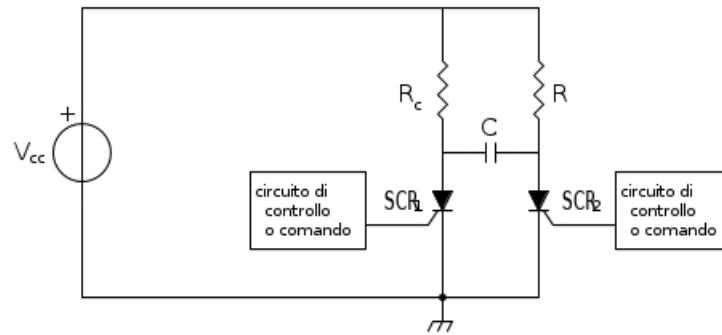
- impulso di gate
- SCR innescato
- anodo di SCR si trova pressoché a massa
- perciò C si carica attraverso R come in figura



Per disinnescare l'SCR si agisce su int.

In questo modo si chiude il circuito formato da C e SCR, così facendo viene a circolare una corrente generata da C che si oppone a V_{AK} , il che finisce per interdire l'SCR.

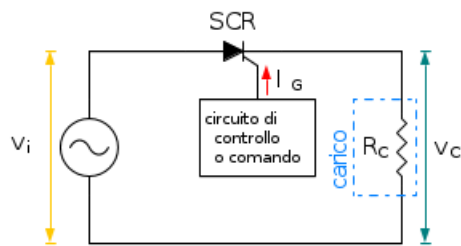
Lo stesso circuito si può realizzare con un altro SCR, che funge da interruttore.



CONTROLLO IN FASE

Un altro utilizzo che sfrutta il comportamento bistabile, mediante controllo in funzione della corrente alternata posta in ingresso, è il controllo continuo della tensione o della corrente di un'apparecchiatura che funge da carico.

Il tipo di controllo continuo, realizzato dall'SCR, viene detto controllo in fase.



V_i = Tensione di ingresso

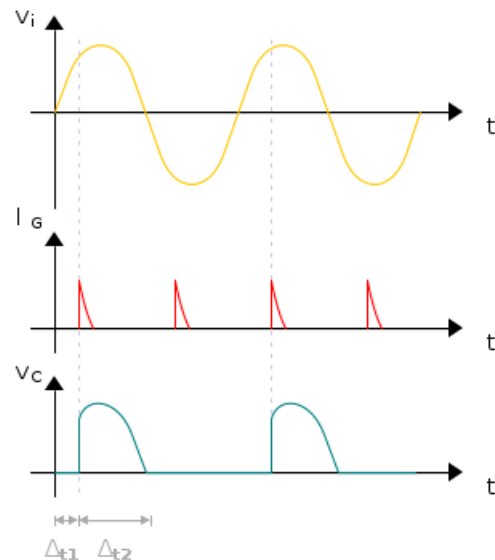
I_G = Impulsi di corrente di gate generati dal controllo

R_C = Resistenza di carico

V_C = Tensione sul carico

Δt_1 = periodo di innesco

Δt_2 = periodo di conduzione



Data la corrente sinusoidale erogata dal generatore, presente all'ingresso del circuito SCR, questi fa scorrere sul carico solo una porzione della semionda positiva della corrente d'ingresso.

L'entità di questa porzione di semionda può essere regolata fissando l'istante in cui viene applicato all'SCR l'impulso di comando che lo pone in conduzione.

Scegliendo opportunamente l'istante d'innesco dell'SCR, automaticamente si regola la tensione efficace sul carico.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Elettrodomus:qda-dimenticati-tiristori-scr-parte-1>"