

Giovanni Schgör (g.schgor)

GUIDA ALLA SIMULAZIONE DEI COMPONENTI ELETTRONICI (3- SCR)

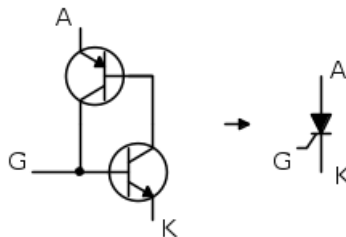
28 May 2012

SCR, Silicon Controlled Rectifier, in italiano **Diodo Controllato**, noto anche come Thyristor, italianizzato in **Tiristore**.

Si tratta di un componente che cinquant'anni fa ha rivoluzionato l'elettrotecnica, facendo nascere l'**elettronica di potenza**. Molte macchine rotanti vennero infatti rimpiazzate dai **convertitori statici** che permettevano l'alimentazione ed il controllo dei motori in continua direttamente dalla rete alternata, mentre prima occorreva un motore asincrono che trascinava una dinamo che a sua volta alimentava il motore in continua ([gruppo Ward-Leonard](#)).

Il diodo controllato

Costruttivamente è un semiconduttore a 4 strati che può essere visto come l'unione di 2 transistor complementari, PNP+NPN :



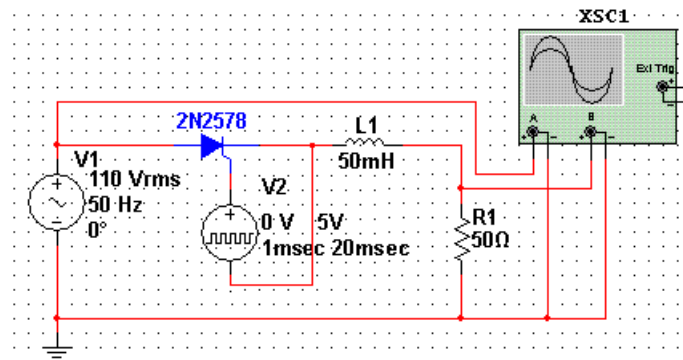
Sottoposto a tensione si comporta come un diodo solo se lo si "innesca" con un impulso di tensione sul terminale G (gate), come dettagliatamente [qui](#) illustrato.

Questo vecchio video sintetizza il comportamento del diodo controllato, alimentato in alternata monofase (Vca) e chiuso su un carico resistivo-induttivo R-L:

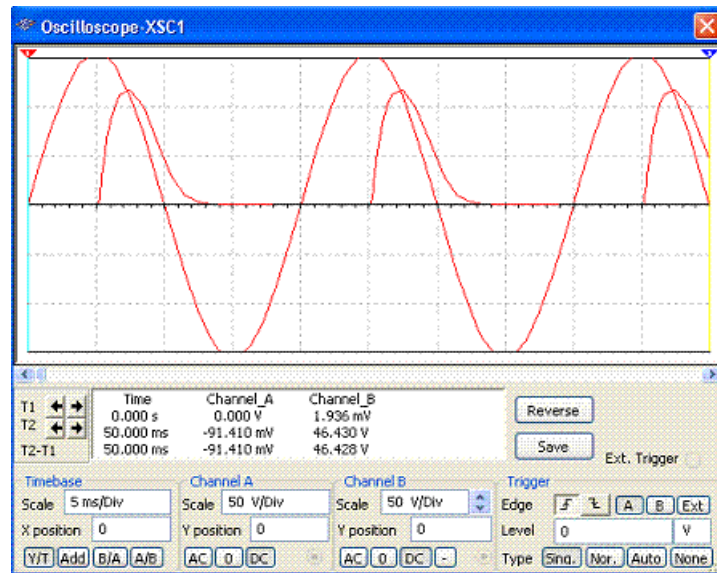
Flash

Oggi è possibile simulare direttamente il comportamento dell'SCR, ad es. utilizzando Multisim.

Scegliamo un tipico SCR, il 2N2578 (400V,25A) e riportiamo il circuito, osservandp le forme d'onda con un oscilloscopio virtuale (XSC1):

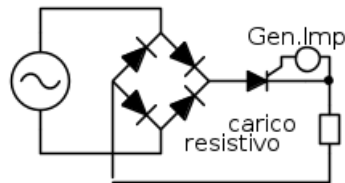


IL risultato è questo:



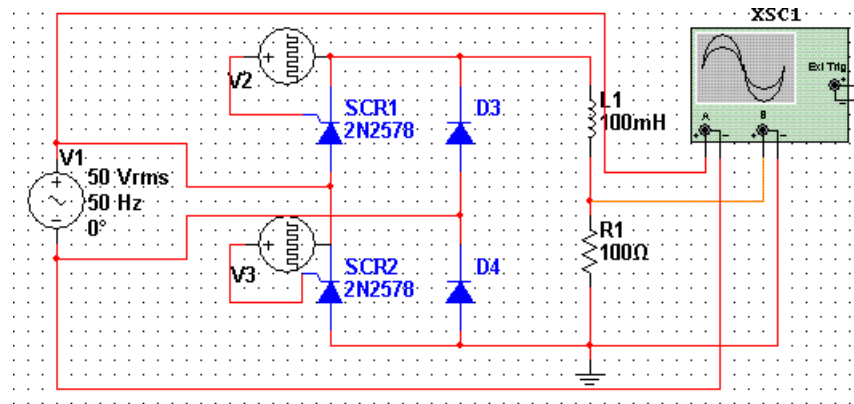
L'osservazione più importante è che l'SCR rimane in conduzione finché c'è il passaggio di corrente, quindi nel caso di carichi induttivi, questa rimane anche dopo che la tensione ha invertito la polarità. Ciò pone problemi nel caso si vogliano controllare entrambe le semionde di un'alimentazione monofase..

Una configurazione del genere è perciò consigliabile solo se il carico è puramente resistivo:

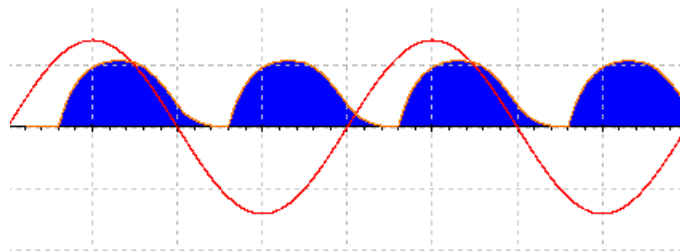


Raddizzatori e convertitori

Con carichi resistivi-induttivi si utilizzano due principali configurazioni; la prima con ponte semiconduttore (2 SCR + 2 diodi), la seconda con ponte a 4 SCR. Vediamo la differenza di comportamento, iniziando dalla prima configurazione.



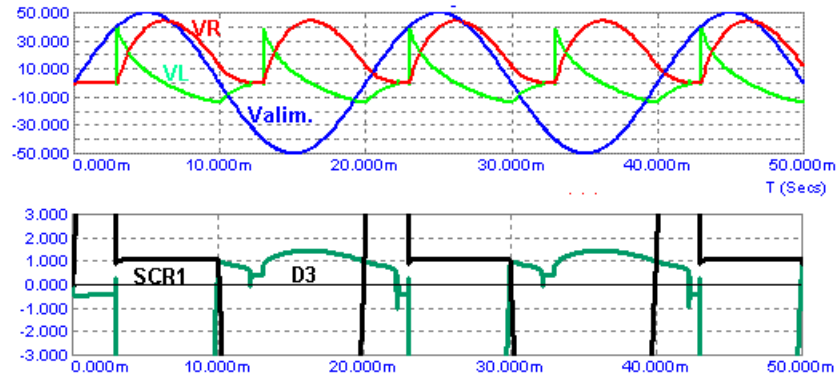
La figura rappresenta la simulazione in Multisim di una configurazione di **raddizzatore**, alimentata da una tensione alternata (V1) e con 2 generatori d'impulsi (V2 e V3) che "innescano" i relativi SCR in modo alternativo (una semionda SCR1+D4, la successiva SCR2+D3). Ovviamente il risultato è una continua pulsante in doppia semionda. Ecco la schermata dell'oscilloscopio virtuale (XSC1):



(si è evidenziato in blu l'andamento della tensione ai capi della parte resistiva, che riproduce l'andamento della corrente).

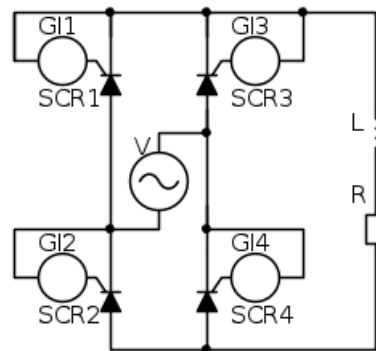
Con la simulazione è infatti possibile scindere la parte resistiva e quella induttiva, e vedere nel dettaglio il funzionamento degli SCR.

Ecco la simulazione in MicroCap di un analogo circuito, in cui oltre alla tensione di alimentazione (in blu) e la tensione ai capi della parte resistiva (in rosso), viene rappresentata la tensione ai capi della parte induttiva (in verde): si vede una prima parte (positiva) in cui l'energia viene accumulata nell'induttore ed una seconda (negativa) in cui questa energia viene ceduta.



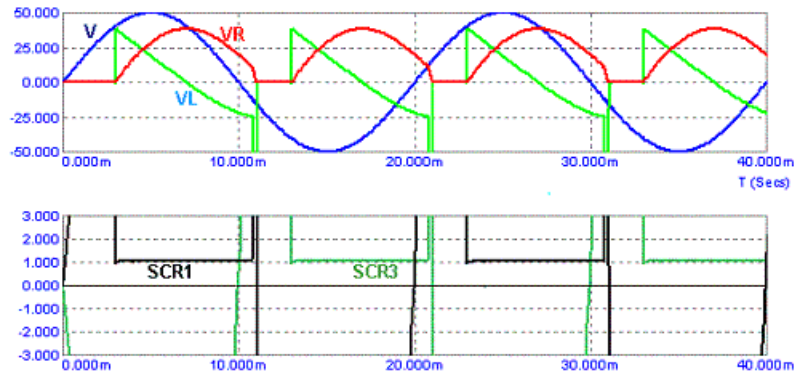
Particolarmente interessante è l'andamento dopo il passaggio per lo zero della tensione di alimentazione: abbiamo visto che il residuo di energia induttiva manteneva in conduzione l'SCR, mentre in questa configurazione la corrente trova una più facile via attraverso il corrispondente diodo. Si veda infatti la parte inferiore della figura col grafico (ingrandito attorno allo zero) delle tensioni ai capi rispettivamente di SCR1 e di D3: al passaggio per lo zero l'SCR1 smette di condurre, sostituito da D3.

Diverso è il comportamento con una configurazione a **convertitore**, cioè con un ponte a 4 SCR.



Un generatore monofase V alimenta un ponte di SCR, ciascuno dei quali pilotato dal proprio generatore d'impulsi (GI). L'accensione degli SCR deve essere incrociata (SCR1+SCR4 per una semionda, SCR3+SCR2 per la successiva).

Una simulazione in MicroCap, analoga a quanto visto prima per la configurazione a raddrizzatore, mostra la differenza:



Si vede nettamente che l'SCR in conduzione rimane tale anche dopo l'inversione della tensione ai suoi capi. Questo comporta due fatti importanti: che l'energia viene recuperata nella rete di alimentazione e che l'esaurimento della carica magnetica avviene più rapidamente rispetto al caso del raddrizzatore. Il recupero di energia è particolarmente importante nel caso di controllo di motori in fase di frenatura.

Nella pratica industriale vengono in realtà prevalentemente utilizzati raddrizzatori e convertitori trifasi, che pongono però problemi più complessi nella commutazione di conduzione fra le fasi.

Le configurazioni più usate sono con ponte a 6 SCR per **convertitori unidirezionali** (cioè per azionamenti di motori in un solo senso di marcia) e con doppio ponte in antiparallelo (quindi con 12 SCR) per i **convertitori bidirezionali** (cioè per motori pilotabili in entrambi i sensi di marcia).

Ritenendo che questi argomenti (piuttosto complessi) esulino dagli interessi dei frequentatori del Forum e sia riservato agli specialisti di elettronica di potenza, non entreremo quindi nei dettagli di queste configurazioni.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:G.schgor:guida-alla-simulazione-dei-componenti-elettronici-3-scr>"