



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS

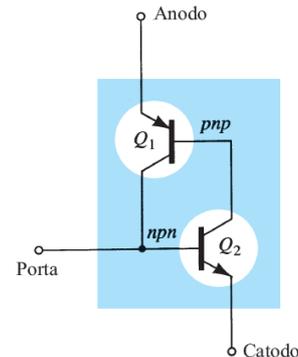
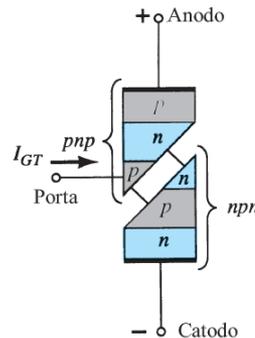
Docente: Rildo Afonso de Almeida

Dispositivos Eletrônicos

Retificadores controlados de silício (SCRs)

O diodo semiconductor de duas camadas levou a dispositivos de três, quatro e até cinco camadas.

Esses dispositivos de quatro camadas com um mecanismo de controle costumam ser chamados de tiristores, embora o termo seja aplicado mais frequentemente ao SCR.



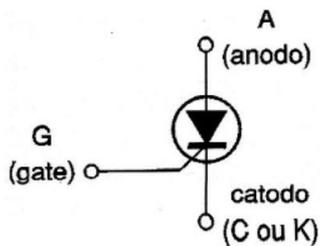


Retificadores controlados de silício (SCRs)

De todos os dispositivos *pnpn*, o retificador controlado de silício é o de maior interesse. Lançado em 1956 pela Bell Telephone Laboratories, algumas das áreas mais comuns de aplicação do SCR são as de controle de relés, circuitos de retardo de tempo, fontes de alimentação reguladas, chaves estáticas, controles de motor, choppers, inversores, cicloconversores, carregadores de bateria, circuitos de proteção, controles de aquecedores e controles de fase.

Retificadores controlados de silício (SCRs)

Recentemente, os SCRs foram projetados para *controlar* potências de até 10 MW, com especificações individuais de até 2000 A em 1800 V. Sua faixa de frequência de aplicação também foi ampliada para até 50 kHz, permitindo algumas aplicações de alta frequência, como o aquecimento por indução e a limpeza ultrassônica.



Simbolo



Invólucros Comuns



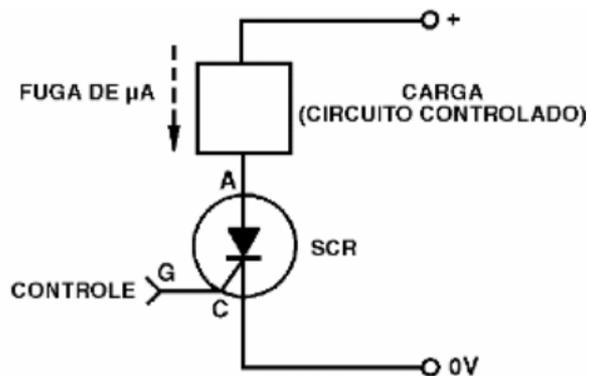


Retificadores controlados de silício (SCRs)

A operação básica do SCR é diferente daquela do diodo semicondutor de duas camadas, pois um terceiro terminal chamado *porta* (*gate*) determina quando o retificador muda do estado de circuito aberto para o de curto-circuito. Para polarizar o SCR de modo a termos seu funcionamento normal, devemos aplicar uma tensão positiva ao anodo, deixando o catodo sob potencial mais baixo, ou seja, negativo.

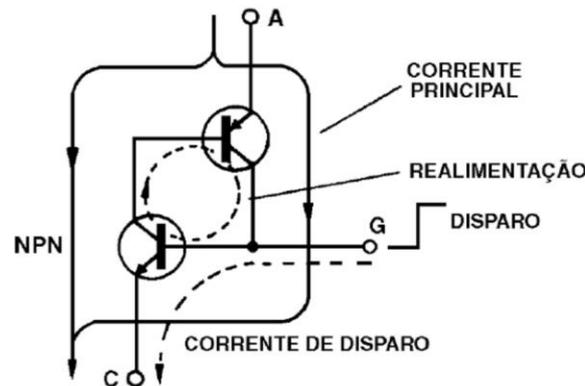
Retificadores controlados de silício (SCRs)

Nestas condições, apenas uma corrente muito fraca pode circular pelo componente devida a fugas dos elementos internos. Esta corrente é da ordem de milionésimos de ampère, e normalmente é desprezada, conforme mostra a figura abaixo.



Retificadores controlados de silício (SCRs)

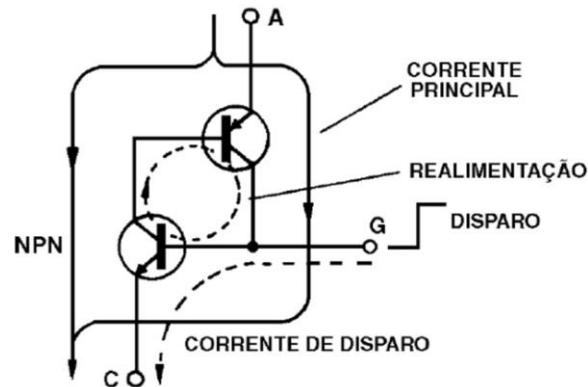
Para disparar o SCR devemos aplicar um sinal positivo no elemento de comporta (G), de modo que a junção base-emissor do transistor NPN seja polarizada no sentido direto.



Nestas condições, a corrente que circula pela base deste transistor é amplificada dando origem a uma corrente maior de coletor.

Retificadores controlados de silício (SCRs)

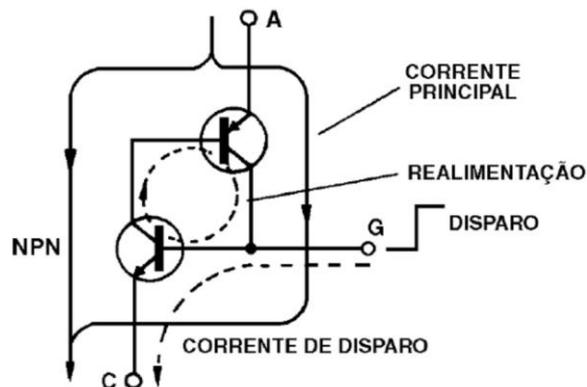
Mas, o coletor do transistor NPN está ligado à base do transistor PNP e, de tal forma que, circulando corrente nesta conexão, ela terá um sentido tal que fará o transistor PNP entrar em ação, amplificando-a.



O resultado é que, agora, por um efeito que se propaga, temos o aparecimento de nova corrente amplificada no coletor do transistor PNP.

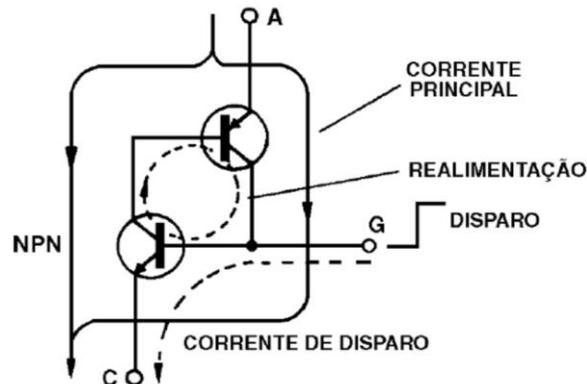
Retificadores controlados de silício (SCRs)

Veja, entretanto, que o transistor PNP tem seu coletor ligado de volta à base do transistor NPN, fechando assim um sistema de realimentação. Desta forma, a corrente de coletor do transistor PNP vem se somar à corrente de disparo, aumentando ainda mais a corrente no transistor NPN.



Retificadores controlados de silício (SCRs)

O resultado final é que todas as correntes neste circuito vão aumentar de intensidade até o máximo determinado pelas características de saturação do componente e, mesmo que tenhamos retirado o sinal inicial que deu origem ao processo, o componente continua conduzindo por um efeito de realimentação.





Retificadores controlados de silício (SCRs)

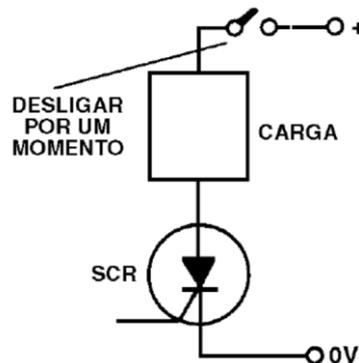
Circula então entre o anodo e o catodo do componente uma forte corrente que não depende mais do sinal que foi usado no disparo.

SCRs comuns são muito sensíveis podendo conduzir correntes de até alguns ampères entre o anodo e o catodo, quando um sinal de disparo de menos de 1 mA é aplicado à sua comporta.

Retificadores controlados de silício (SCRs)

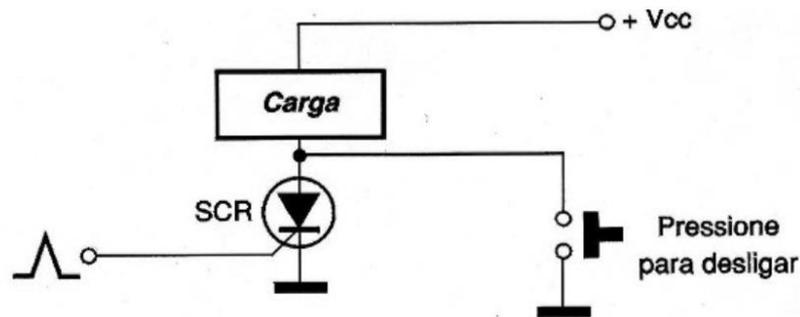
Para desligar o SCR, pois ele continua conduzindo mesmo depois de desaparecida a corrente de comporta inicial, temos diversas possibilidades.

Uma delas consiste em interromper por um momento a corrente principal, que circula entre o anodo e o catodo. Basta então desligar por um momento a alimentação para que o SCR desligue e fique à espera de um novo pulso de disparo.



Retificadores controlados de silício (SCRs)

Outra possibilidade consiste em curto-circuitar por um momento o anodo e o catodo, conforme mostra a figura abaixo.

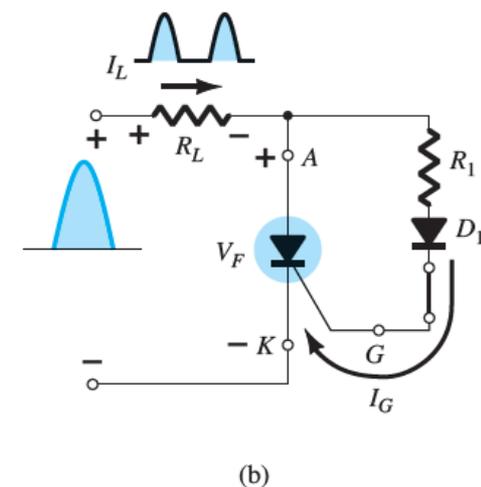


Na verdade, pressionando o interruptor em paralelo com o SCR por um instante, o que estamos fazendo na realidade é reduzir a zero a tensão entre o anodo e o catodo, cortando assim o fluxo principal de corrente pelo componente.

Aplicações do SCR

Chave estática em série

As formas de onda resultantes para corrente e tensão na carga estão mostradas na Figura (b). O resultado é um sinal retificado em meia-onda através da carga. Caso se deseje menos de 180° de condução, a chave pode ser fechada em qualquer valor de fase durante a porção positiva do sinal de entrada. A chave pode ser eletrônica, eletromagnética ou mecânica, dependendo da aplicação.

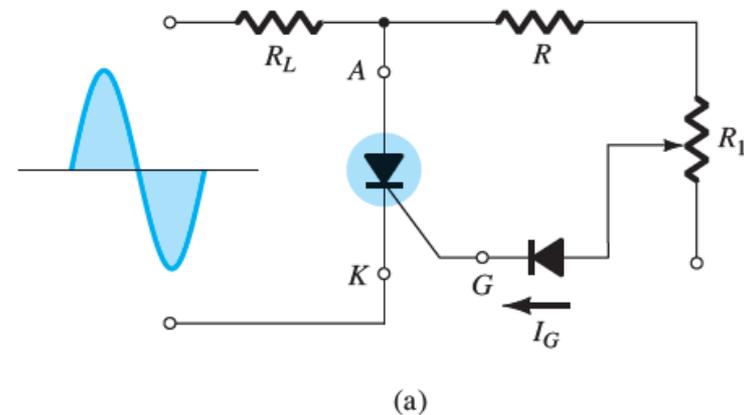


Aplicações do SCR

Controle de fase com resistência variável

Um circuito capaz de estabelecer um ângulo de condução entre 90° e 180° é mostrado na Figura ao lado.

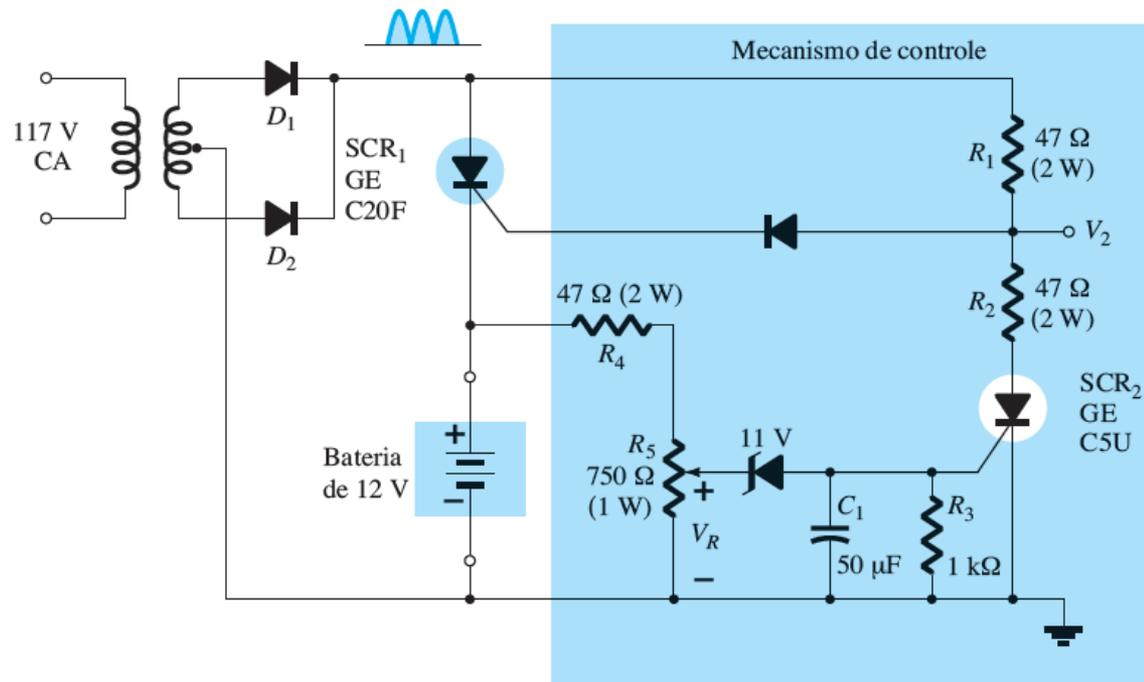
O circuito é semelhante ao da Figura anterior, exceto pela adição de um resistor variável e pela eliminação da chave.



Aplicações do SCR

Regulador carregador de bateria

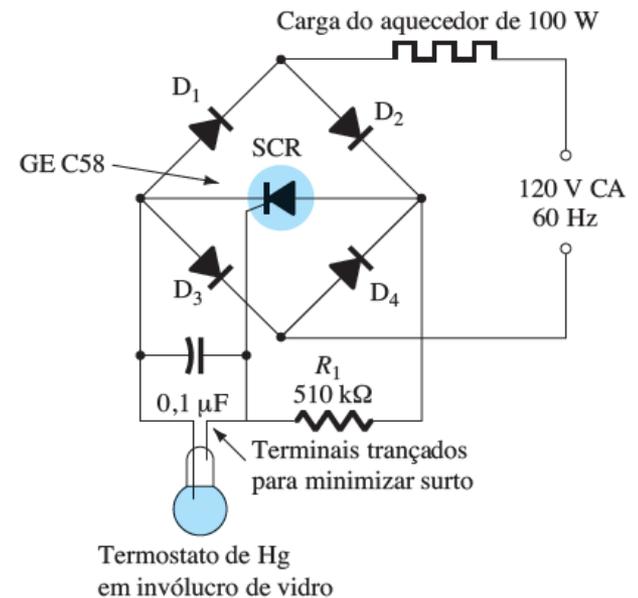
Uma terceira aplicação bastante comum do SCR consiste em um *regulador carregador de bateria*. Os componentes fundamentais do circuito são mostrados na Figura ao lado.



Aplicações do SCR

Controlador de temperatura

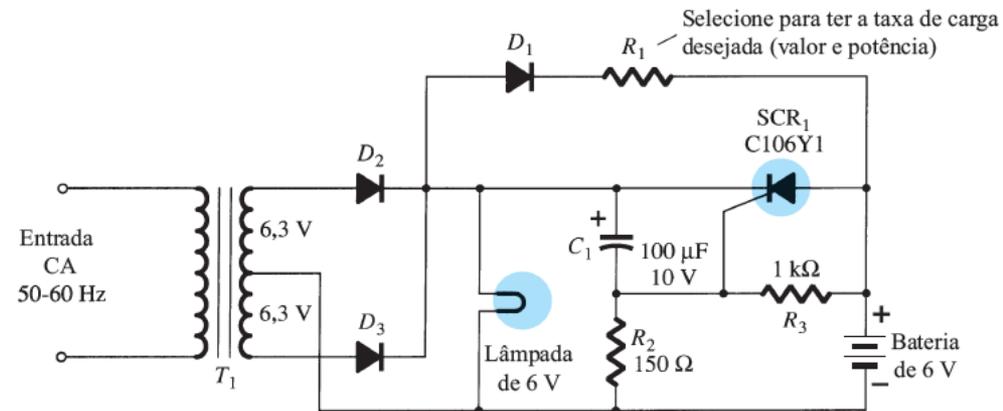
O diagrama esquemático do controle de um aquecedor de 100 W utilizando SCR é mostrado na Figura ao lado. Ele é projetado de tal maneira que o aquecedor de 100 W liga e desliga de acordo com os termostatos. Termostatos de mercúrio são muito sensíveis à variação de temperatura. Eles detectam mudanças de até $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$; porém, são limitados em aplicação pelo fato de poderem operar apenas com níveis de corrente muito baixos — abaixo de 1 mA.



Aplicações do SCR

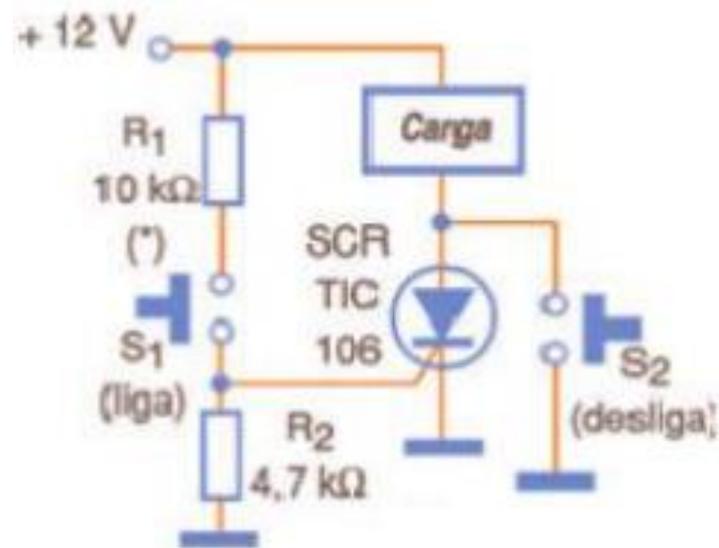
Sistema de iluminação de emergência

A Figura ao lado, trata-se de um sistema de iluminação de emergência de fonte única que manterá a carga em uma bateria de 6V para garantir sua disponibilidade, e também fornecerá a energia CC a uma lâmpada em caso e falta de energia.



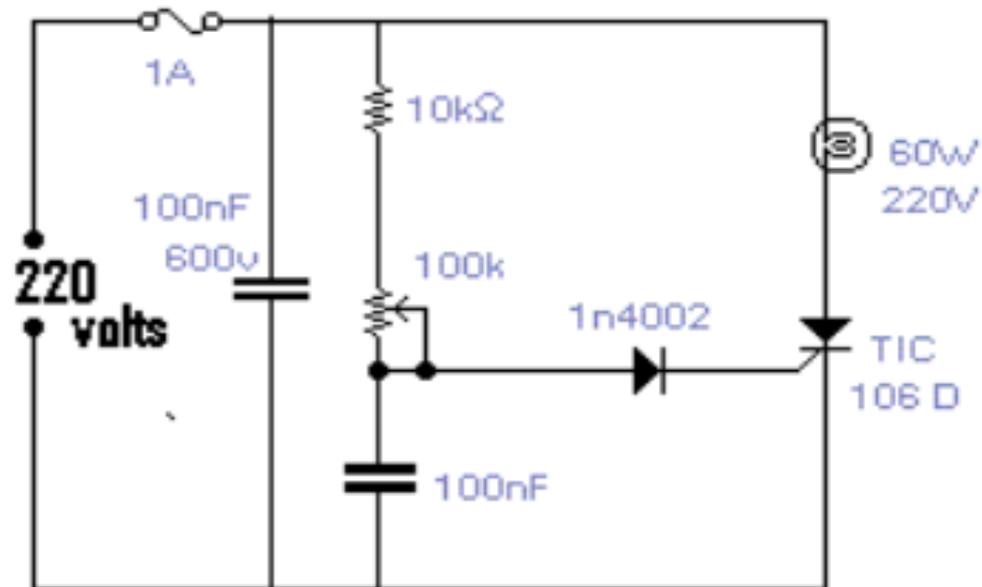
Retificadores controlados de silício (SCRs)

1) Montar o circuito abaixo no MultiSim e verificar o funcionamento.



Retificadores controlados de silício (SCRs)

2) Montar o circuito abaixo no MultiSim e verificar o funcionamento.





Bibliografia Básica

- 1-SEDRA, A.S. &SMITH, C. **Microeletrônica**, 4ª ed, Makron Books,2005.
- 2-MILLMAN, J. & HALKAIS, C.C, **Eletrônica**, 2ª ed, vol ½, McGrawHill do Brasil, 1981.
- 3-RASHID, M. H. **Power Electronics: Circuits, Devices and Applications**, 2ª ed, Prentice-Hall International, 1988.



Bibliografia Complementar

- 1-MALVINO, Albert Paul. **Electronic Principles with Simulation CD**. McGraw-Hill Professional. 7ª edição. 2006.
- 2-BOYLESTAD, Robert ; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. Prentice Hall. 8a edição. , 2007.
- 3-MOHAN, N.; UNDERLAND, T. M. & ROBBINS, W.P **Power Electronics: Converters, Applications and Design**, 2ª ed, John Wiley and Sons, 1995.
- 4-RESENDE, S. M. **A física de materiais e dispositivos eletrônicos**, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil, 1996