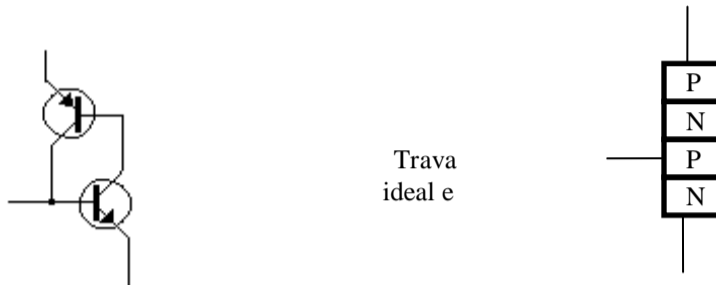


Introdução aos tiristores

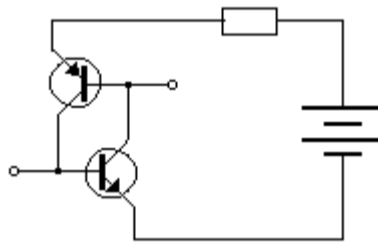
São os componentes básicos da Eletrônica Industrial, chaveando grandes cargas, como motores, eletroímãs, aquecedores, convertendo CA em CC, CC em CA e gerando pulsos de controle para outros tiristores.

Trava ideal a transistores

A estrutura semicondutora comum (com variações) dos tiristores é PNPN. A trava ideal é um circuito que permite compreender o funcionamento dos tiristores.



Funcionamento



No circuito, a base do transistor NPN é alimentada pelo coletor do PNP, e vice-versa. Não há inicialmente corrente de coletor alimentando o outro transistor, e ambos estão no corte.

Mas se aplicarmos um pulso positivo na base do NPN, ou negativo na do PNP, o transistor será ativado, fornecendo uma corrente amplificada na base do outro, que amplificará esta corrente fornecendo uma corrente ainda maior à base do transistor que recebeu o pulso. O processo leva rapidamente os transistores à saturação, fornecendo corrente somente limitada pela carga, o resistor.

Uma vez *disparada*, a trava só se desliga quando a corrente for limitada a um valor a um valor mínimo, *corrente de manutenção*, que não permite manter os transistores na saturação. Isto pode ser conseguido desligando o circuito, ou curto-circuitando os emissores.

A trava também pode ser disparada por *avalanche*, aplicando-se uma sobretensão entre os emissores, que inicia a ruptura em um dos transistores, alimentando a base do outro, o que leva à saturação como no caso do pulso, anterior.

- **SCR:**

É o principal dos tiristores, pelo número de aplicações.

A sigla significa retificador controlado de silício (**Silicon Controlled Rectifier**). Ele é um diodo controlado por pulso, aplicado no *gatilho* (*gate*). Sua estrutura PNPN é igual à da trava ideal, sendo o pulso positivo aplicado no terminal que corresponde à base do transistor NPN, o gatilho. O emissor do PNP é o *anodo* e o do NPN, o *catodo* do diodo.

- **SCS:**

É um tiristor semelhante ao SCR, mas com dois terminais de disparo, correspondentes às bases dos transistores da trava ideal, gatilho de anodo, Ga, e g. de catodo, Gc, permitindo disparo por pulsos negativo ou positivo, respectivamente.

Não é muito comum, sendo geralmente de baixa potência. A sigla significa chave controlada de silício (S de Switch).

- **Diodo de quatro camadas:**

É um tiristor de avalanche, sendo disparado com tensões de algumas dezenas de V. Seu dois terminais são o catodo e o anodo, não há gatilho.

É usado em geradores de pulso de disparo de SCR e osciladores dente-de-serra.

- **GTO:**

Todos os tiristores só se desligam quando a corrente cai abaixo da corrente de manutenção, o que exige circuitos especiais de desligamento em certos casos. O GTO permite o desligamento pelo gatilho, por pulso negativo de alta corrente, daí o nome (**G**ate **T**urn **O**ff, desligamento pelo gatilho).

Estruturalmente, é similar ao SCR, mas a dopagem e a geometria da camada do gatilho permite minimizar o sobreaquecimento no desligamento (que destruiria um SCR).

O deligamento é feito em geral através de descarga de um capacitor.

- **Foto-SCR:**

Se expusermos a junção NP central da trava ideal à luz, através de uma janela e lente, esta se comportará como um fotodiodo, fornecendo uma corrente de base ao transistor NPN, e disparando o SCR. Isto permite isolar o circuito de disparo, feito por um LED, do circuito de potência.

- **DIAC:**

Pode ser entendido como dois diodos Schokley em antiparalelo. O seu disparo ocorre quando se atinge a tensão de bloqueio em qualquer sentido, da ordem de 25 a 40 V. É usado em geral para disparar o TRIAC, em circuitos de controle de tensão CA por ângulo de disparo. Sua estrutura é PNP, e funciona como um transistor cuja base só é alimentada quando se atinge a tensão de ruptura, o que leva à saturação, caindo a tensão nos terminais para uns 0.2 V.

- **TRIAC:**

É o equivalente ao SCR, para operação em CA. A sua estrutura é a mais complexa entre os tiristores, contendo diversas regiões PNPN que atuam como travas ideais interligadas, o que permite que o disparo seja feito com tensão + ou -, e a polarização entre terminais principais 1 e 2 (análogos ao K e A do SCR) + ou -, o que é chamado *operação em 4 quadrantes*. A corrente de disparo é menor no quadrante 1 (gatilho e terminal principal 2 - MT2 - positivos em relação ao terminal principal 1- MT1) e maior no quadrante 4, (G + e MT2 -).

O TRIAC seria mais comum em aplicações CA se não fosse menos robusto e sensível (exige bem maior corrente de disparo), além de mais caro que 2 SCR's ou GTO's em antiparalelo de grandes correntes. É usado em controle de lâmpadas e motores universais, e chaveamento de cargas até uns 50A.

Disparo dos tiristores

Os tiristores podem ser disparados de diversos modos: através de pulso, por ângulo de fase em CA e por CC.

O *disparo por CC* é usado em chaveamento de cargas por longos períodos, como lâmpadas, calefatos, eletroímãs e motores, em sistemas de controle tipo liga-desliga e por ciclos. Nestes casos manter a alimentação de gatilho, apesar do consumo de energia desnecessário e o aquecimento da junção, simplifica o circuito de comando.

O *disparo por ângulo de fase* é típico de controle de luminosidade de lâmpadas em CA (dimmer), e de velocidade de motores universais ou de CC. Nestes, a cada ciclo da tensão CA de alimentação, é gerada uma tensão defasada por uma ou duas redes de atraso RC, e quando a tensão atingir a tensão necessária ao disparo do SCR ou TRIAC (mais a do DIAC, se estiver em série), num dado ângulo de fase, o tiristor é disparado. O processo se repete a cada ciclo (ou semiciclo, em onda completa), e variando o valor do(s) resistor(es), varia-se a porção do ciclo em que é alimentada a carga (*ângulo de condução* do tiristor), variando a tensão média e eficaz, e a potência na carga.

O *disparo por pulsos* é o mais sofisticado e preciso, e o mais empregado. Usa um gerador de pulsos, freqüentemente com *transistor unijunção*, UJT, que é outro tiristor, constituído de uma barra de material N, com uma porção lateral tipo P próxima do centro. A região P é o emissor, E, e os extremos da barra as bases 1 e 2, B1 e B2.

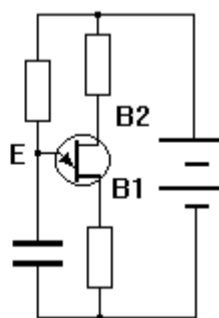
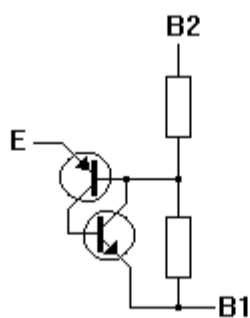


símbolo

estrutura do UJT

Funcionamento do UJT

O UJT atua como uma trava ideal com a base do PNP polarizada por um divisor de tensão, que é o efeito da barra N dividida pela região P. Quando a tensão no emissor for 0.6 V acima da tensão fornecida pelo divisor, o PNP é ativado, que polariza o NPN, disparando a trava. Quando a corrente cair abaixo do valor de manutenção, a trava se desliga.



de pulsos

Circuito equivalente

Gerador

O UJT é usado como gerador de pulsos, conforme o circuito à direita. O capacitor se carrega através do resistor e quando a tensão no E do UJT ultrapassa a tensão de disparo do UJT, fornecida pela fonte e resistores, ele se dispara, descarregando o capacitor e fornecendo um pulso curto ao resistor de carga, ligado à B1.

O valor da tensão de disparo está entre 0.55 e 0.8 vezes a tensão de alimentação, conforme o UJT. O período dos pulsos é próximo de $T = RC$ e a freqüência de $f = 1 / RC$, o resistor e o capacitor ligados ao emissor, variando um pouco com o UJT.