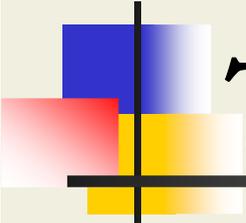
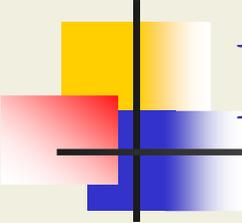


Eletrônica Analógica e de Potência



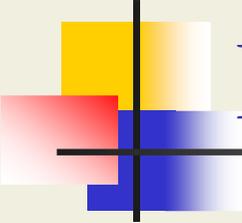
Tiristores

Prof.: Welbert Rodrigues



Introdução

- O nome tiristor engloba uma família de dispositivos semicondutores que operam em regime chaveado;
- Tendo em comum uma estrutura de 4 camadas semicondutoras numa seqüência p-n-p-n;
- O tiristor de uso mais difundido é o SCR (Retificador Controlado de Silício);

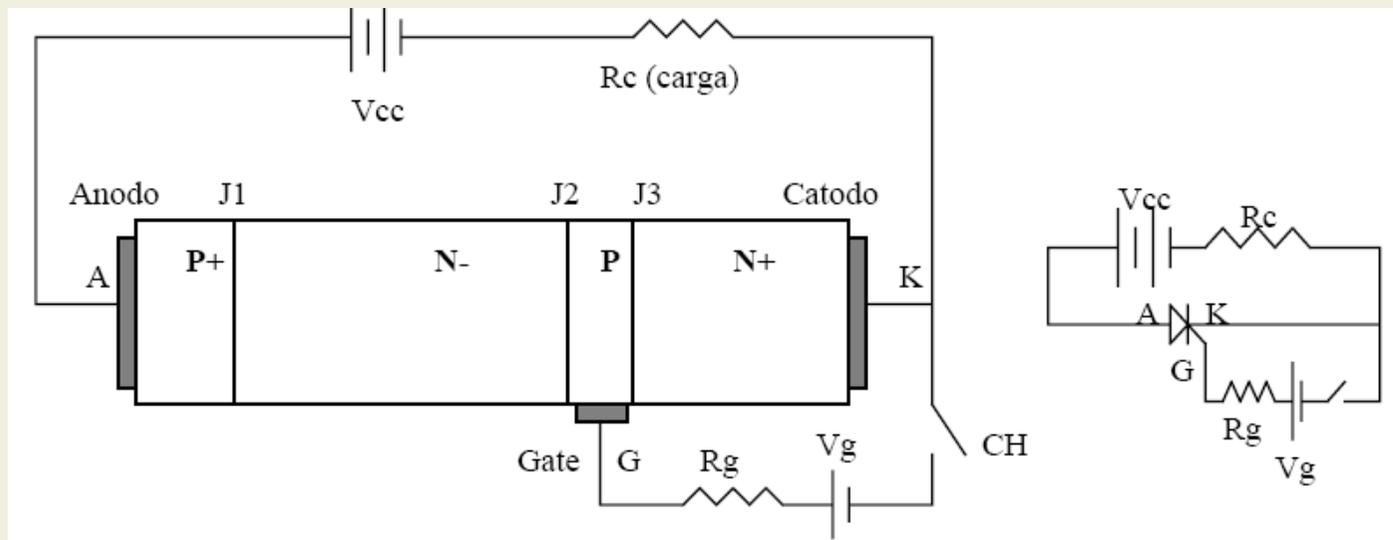


Introdução

- Outros tipos de tiristores:
 - * LASCR (SCR ativado por luz);
 - * TRIAC (tiristor triodo bidirecional);
 - * DIAC (tiristor diodo bidirecional);
 - * GTO (tiristor comutável pela porta);

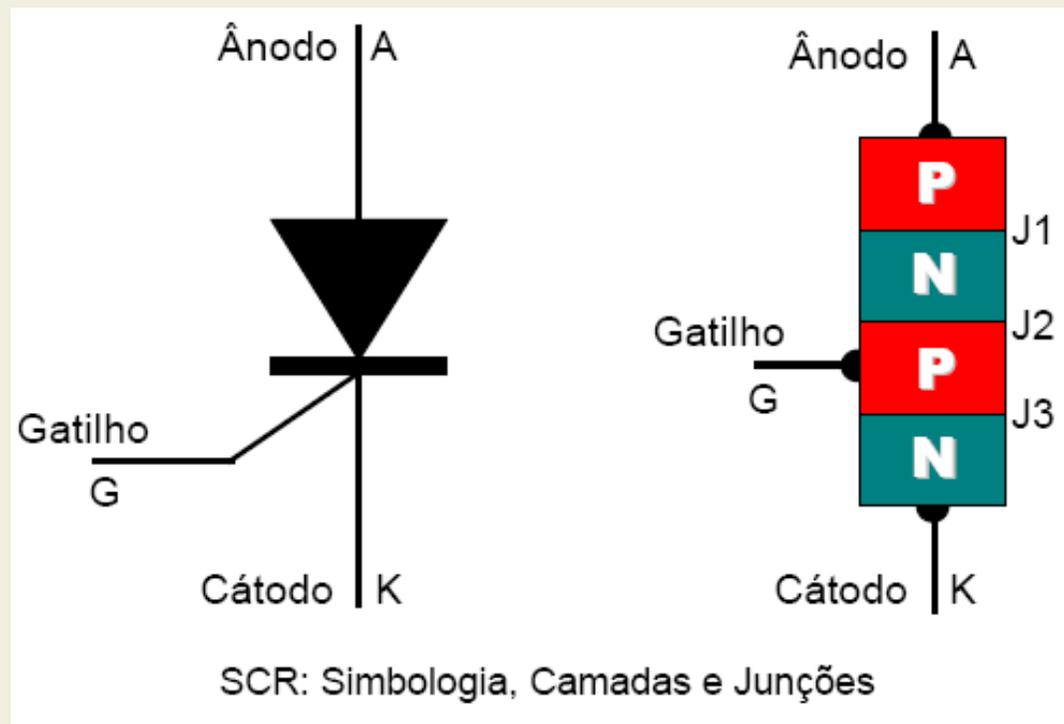
Introdução

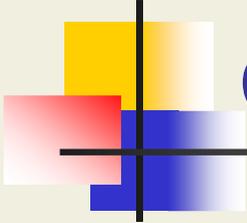
- Os tiristores possuindo 3 terminais: *anodo* e *catodo*, pelos quais flui a corrente, e a *porta* (ou *gate*) que, a uma injeção de corrente, faz com que se estabeleça a corrente;



Introdução

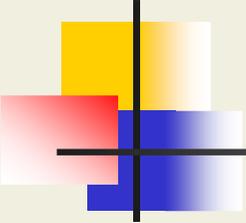
- Simbologia, camadas e junções:





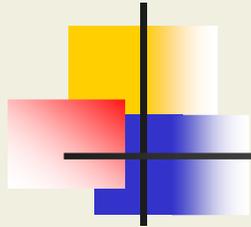
Características Básicas do SRC

- São chaves estáticas bi-estáveis, ou seja, trabalham em dois estados: não condução e condução, com a possibilidade de controle.
- Em muitas aplicações podem ser considerados chaves ideais, mas há limitações e características na prática.



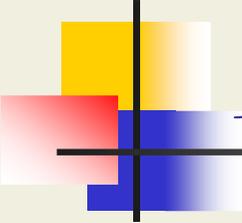
Características Básicas do SRC

- São compostos por 4 camadas semicondutoras (P-N-P-N), três junções (P-N) e 3 terminais (Ânodo, Cátodo e Gatilho).
- São semicondutores de silício. O uso do silício foi utilizado devido a sua alta capacidade de potência e capacidade de suportar altas temperaturas.



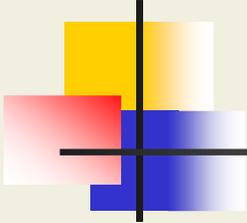
Características Básicas do SRC

- Apresentam alta velocidade de comutação e elevada vida útil;
- Possuem resistência elétrica variável com a temperatura, portanto, dependem da potência que estiverem conduzindo;



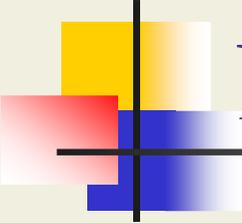
Aplicações do SCR

- Controles de relés e motores;
- Fontes de tensão reguladas;
- Choppers (variadores de tensão CC);
- Inversores CC-CA;
- Cicloconversores (variadores de frequência);
- Carregadores de bateria;
- Controles de iluminação;



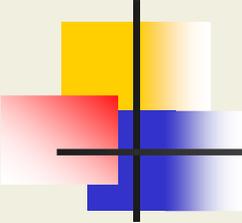
Aplicações do SCR

- Os tiristores permite não só retificar uma corrente alternada mas também controlar a corrente que passa por ele e pela carga ligada em série com ele.



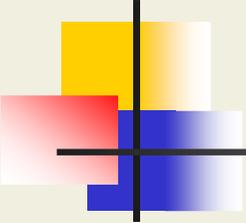
Princípio de Funcionamento

- O funcionamento do SCR é semelhante ao do diodo. Porém para condução além do ânodo e cátodo estarem polarizados diretamente (ânodo a um potencial positivo em relação ao cátodo) é necessário ainda aplicar uma tensão positiva adequada na gate, para que circule corrente entre ânodo e cátodo.



Princípio de Funcionamento

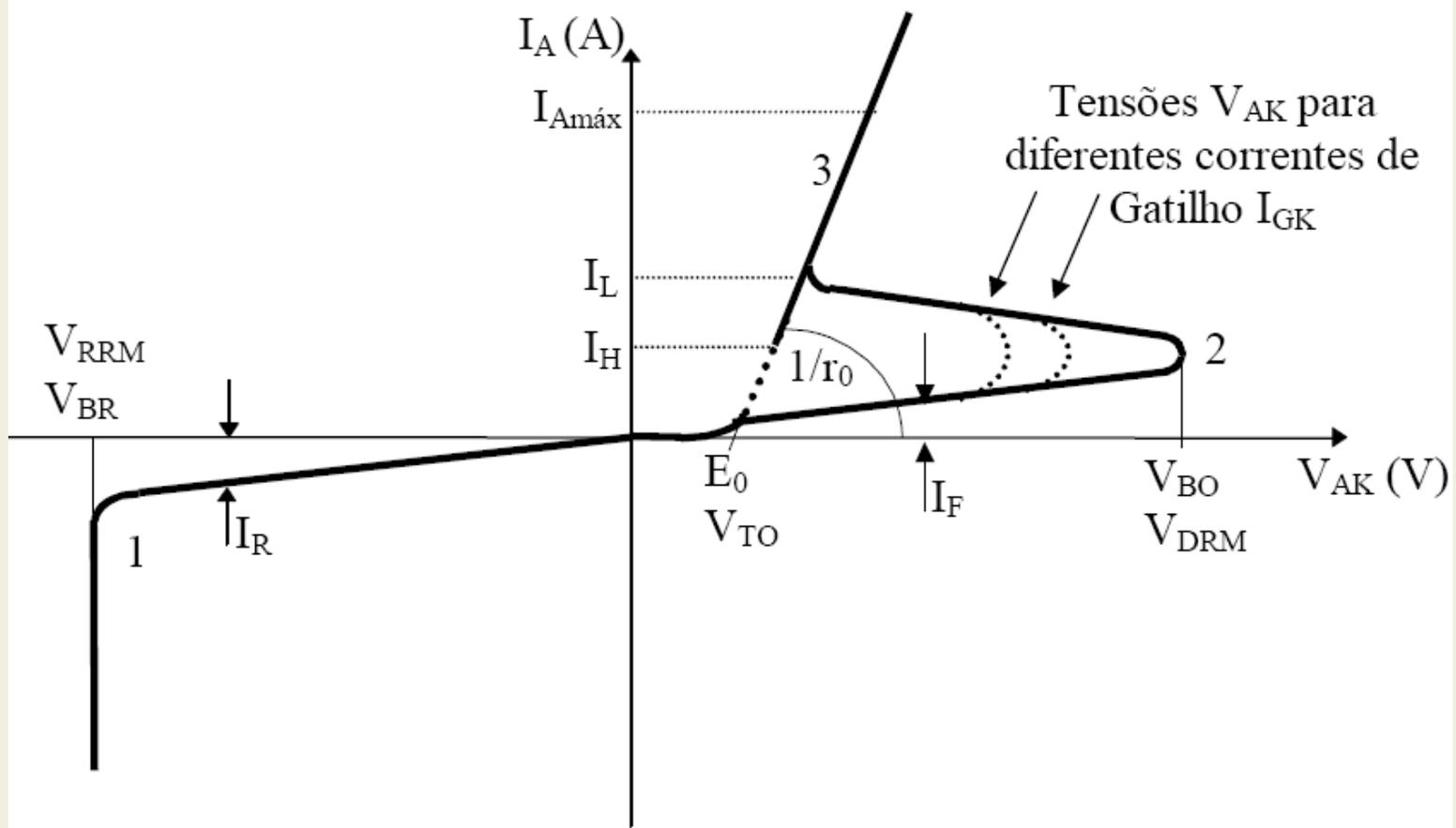
- Em polarização inversa o SCR está bloqueado (não conduz) quer se aplique ou não tensão na gate.
- Em polarização direta, o SCR está bloqueado, salvo quando se aplica uma tensão adequada na gate, entrando assim num estado de condução.

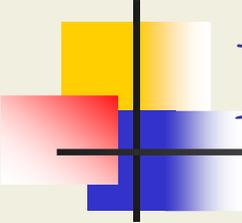


Princípio de Funcionamento

- Depois do SCR entrar em condução pode suprimir-se o sinal no gate que ele continua a conduzir.
- O SCR deixa de estar em condução quando a corrente que o percorre baixa a um valor inferior à corrente mínima de manutenção (I_H) indicada pelo fabricante.

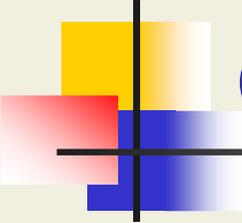
Curva Corrente x Tensão





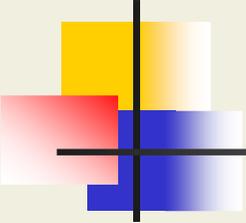
Modo de Disparo do SCR

- Quando estiver polarizado diretamente, a injeção de um sinal de corrente de gatilho para o cátodo (I_G ou I_{GK}), geralmente na forma de um pulso;
- Enquanto tivermos corrente entre ânodo e cátodo o SCR continua conduzindo, sendo ele cortado (bloqueado) somente quando a mesma for praticamente extinta;



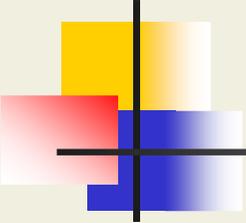
Características da Curva

- I_L – Latching Current: para entrar em condução o SCR deve conduzir uma corrente suficiente. O SCR não entrará em condução se a Corrente de Gatilho I_{GK} for suprimida antes que a Corrente de Ânodo I_A atinja esse valor;
- I_H - Holding Current: uma vez retirada a corrente de gatilho, a mínima Corrente de Ânodo I_A para manter o SCR em condução é chamada Corrente de Manutenção;



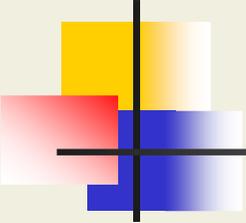
Características da Curva

- A Corrente de Latching é maior que a Corrente de Holding ($I_L > I_H$). O valor de I_L é em geral de duas a três vezes a corrente de manutenção I_H ;
- V_{BR} – Tensão de Breakdown, é a tensão reversa máxima que o SCR suporta;



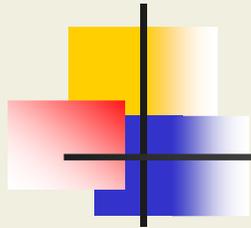
Características da Curva

- V_{BO} - Tensão de Breakover, é a tensão direta que faz o SCR conduzir, sem que haja sinal no gate;
- I_{AMAX} - Máxima corrente de anodo que não danifica o SCR, pode ser dada como valor RMS, médio, de pico ou instantâneo;



Bloqueio ou Comutação do SCR

- A forma mais simples de bloquear um SCR é reduzir a corrente de ânodo I_A para um valor menor que o valor da corrente de manutenção I_H durante um certo tempo. Este é o tempo necessário para o desligamento do SCR, t_{off} .
- O tempo de desligamento é da ordem de 50 a 100 μ s para os SCR normais e de 5 a 10 μ s para os SCR rápidos.

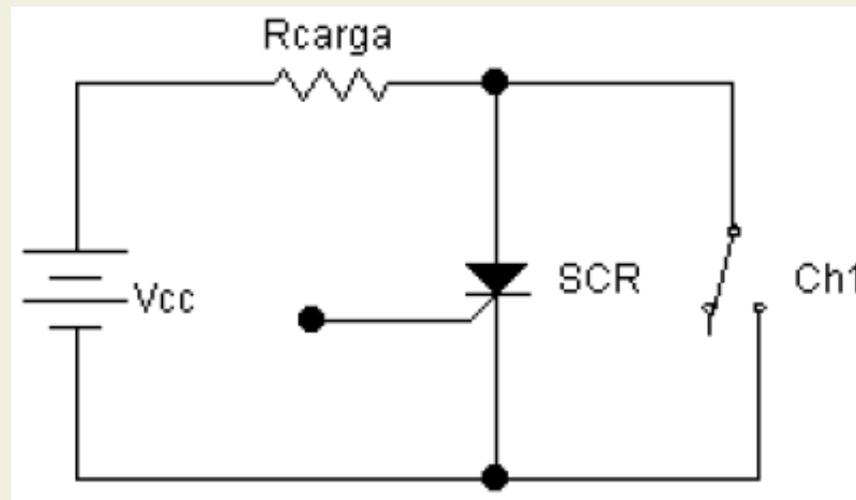


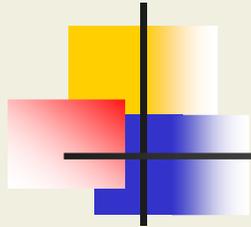
Comutação Natural

- A Corrente de Manutenção é cerca de 1000 vezes menor que a corrente nominal do SCR;
- Em circuitos de corrente alternada a corrente passa por zero em algum momento do ciclo. Isso já é suficiente para o bloqueio do SCR em frequências comerciais (50 ou 60Hz);

Comutação Forçada

- Nos circuitos de corrente contínua a condição $I_A < I_H$ deve ser provocada, desviando-se a corrente por um caminho de menor impedância;

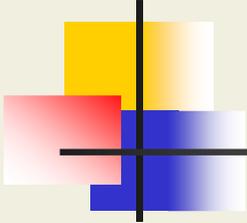




Dados do Datasheet de um SCR

SCR Aegis A1N:16.06J

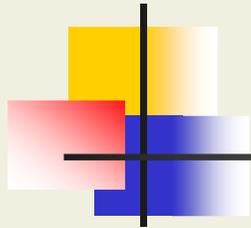
- Tensão de ruptura reversa máxima: 600V
- Corrente de ânodo admissível: 16A
- Tensão direta em condução: 1V
- Resistência em condução: 18mΩ
- Corrente de disparo mínima: 150mA
- Tensão Mínima de Gatilho: 2V



Dados do Datasheet de um SCR

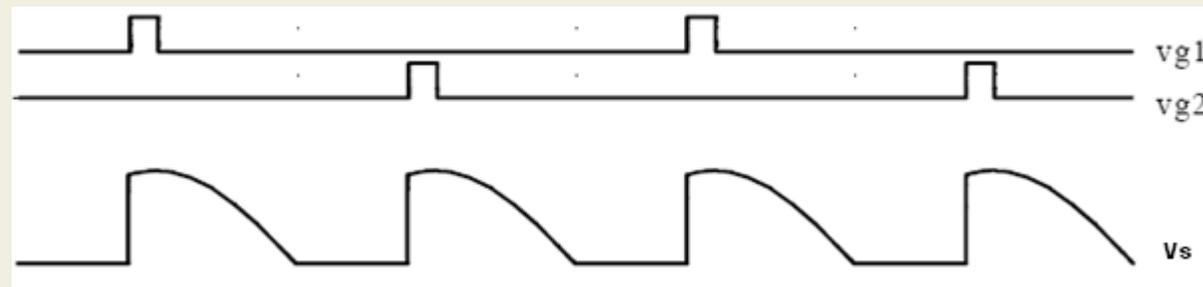
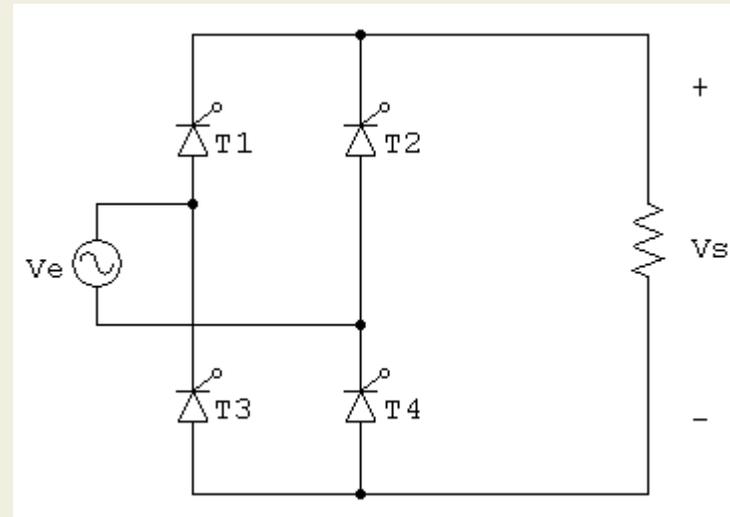
SCR Aegis A1N:16.06J

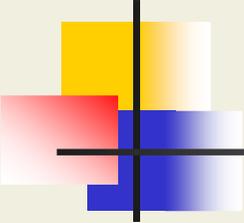
- Corrente de Manutenção (I_H): 100mA
- Corrente de Retenção (I_L): 200mA
- Corrente de Fuga (I_F): 10mA



Retificador Controlado

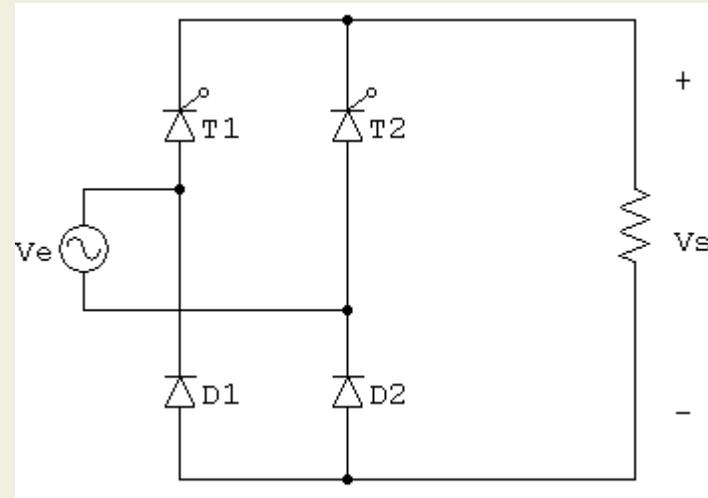
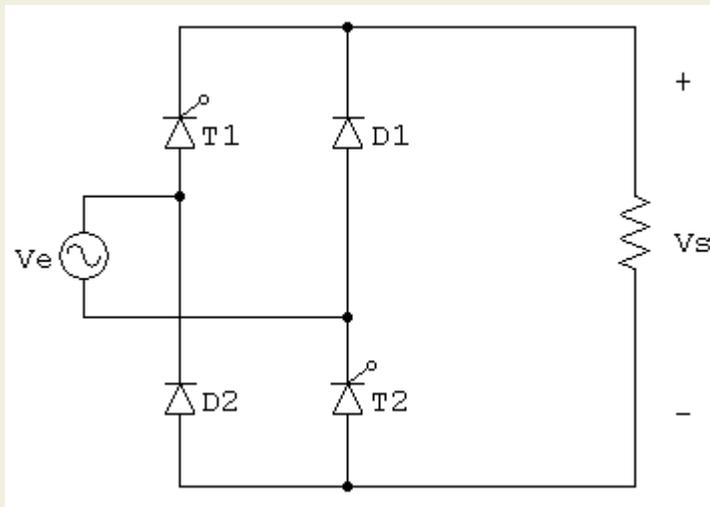
- Retificador Controlado





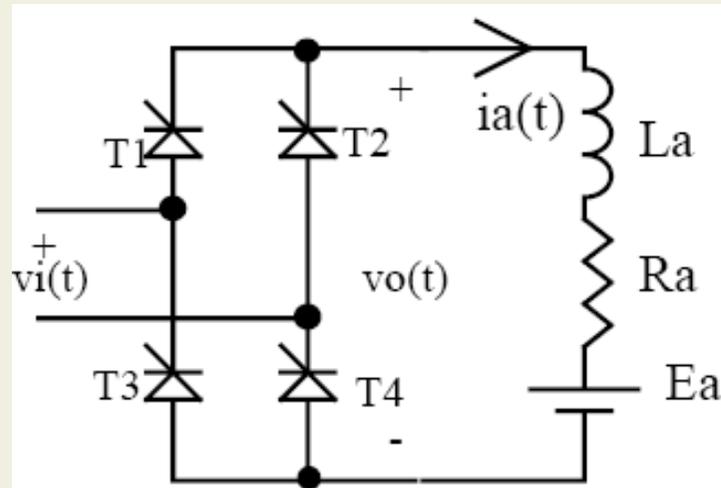
Retificador Controlado

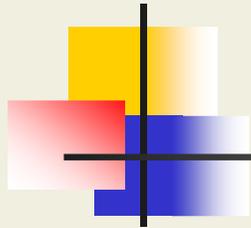
- Retificador Semi-Controlado



Acionamento de Motor CC

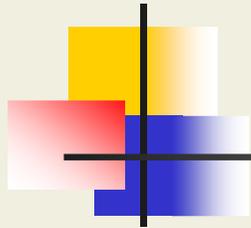
- O motor comporta-se como um circuito RL ao qual se adiciona uma fonte de tensão CC, que representa a força contra-eletromotriz de armadura;





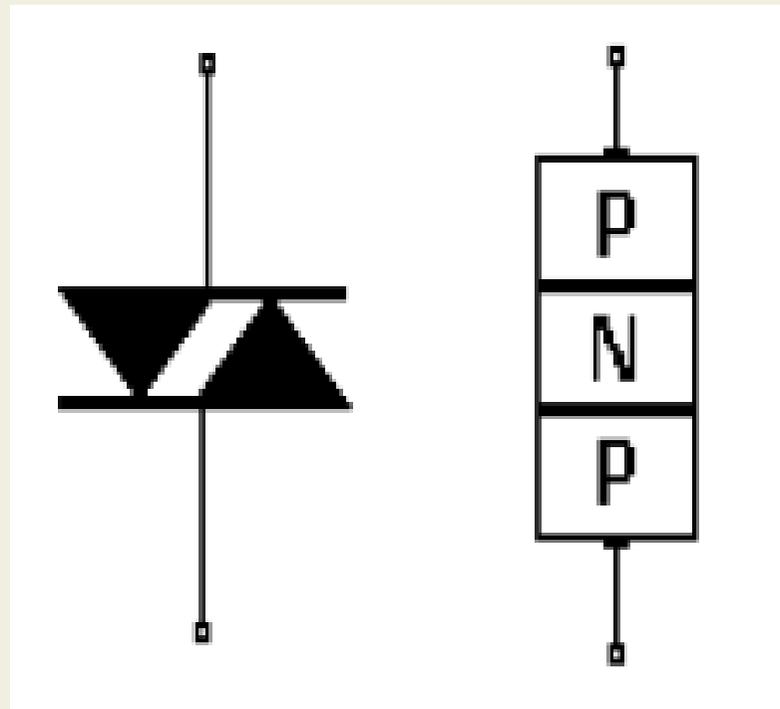
DIAC

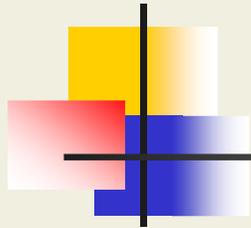
- DIAC: Diodo de Corrente Alternada;
- Possui três camadas semicondutoras, como ocorre no transistor bipolar;
- Porém se diferencia do transistor devido ao fato de que as concentrações de dopagem em volta das duas junções devem ser iguais;



DIAC

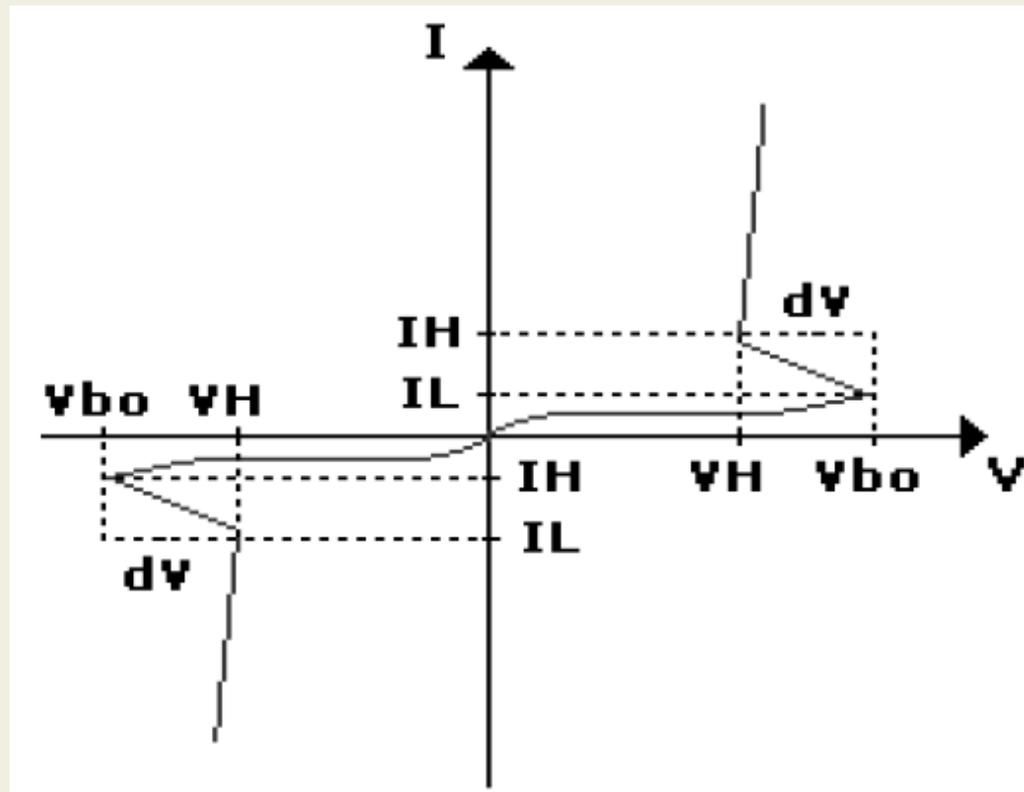
- Estrutura e Simbologia do DIAC:

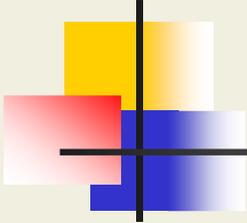




DIAC

- Curva característica do DIAC



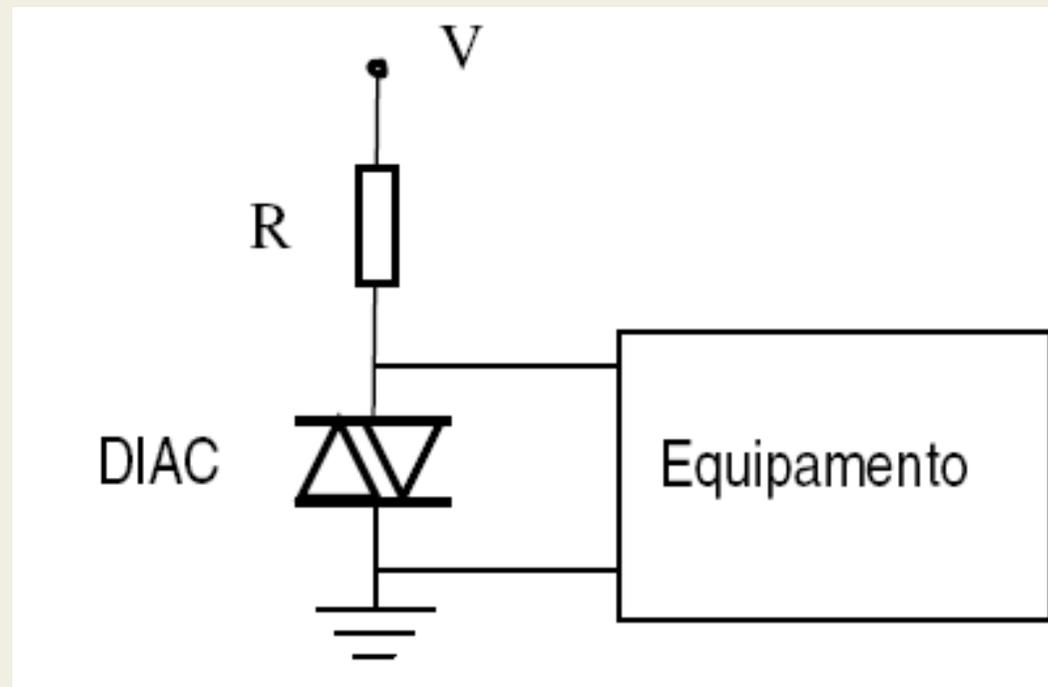


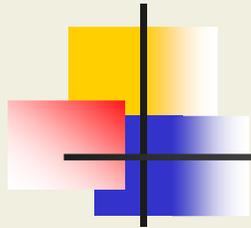
Funcionamento do DIAC

- O DIAC conduz quando a tensão em seus terminais excede o valor de Breakover (V_{BO}) em qualquer sentido;
- Após o início da condução a tensão passa de um valor V_{BO} para um valor inferior V_H , que se mantém enquanto o DIAC conduz;
- Após conduzir a única forma de levá-lo ao corte é por meio de uma redução de corrente, reduzindo-a abaixo de um valor especificado;

Aplicação do DIAC

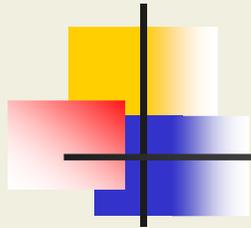
- Uma das aplicações do DIAC é a proteção contra sobretensão;





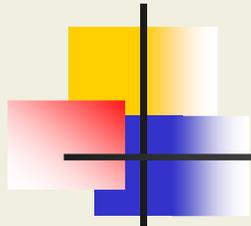
TRIAC

- TRIAC: Triodo de Corrente Alternada;
- O TRIAC desempenha a função de 2 SCRs numa operação de onda completa;
- O disparo pode ser feito tanto com pulso positivo quanto negativo.



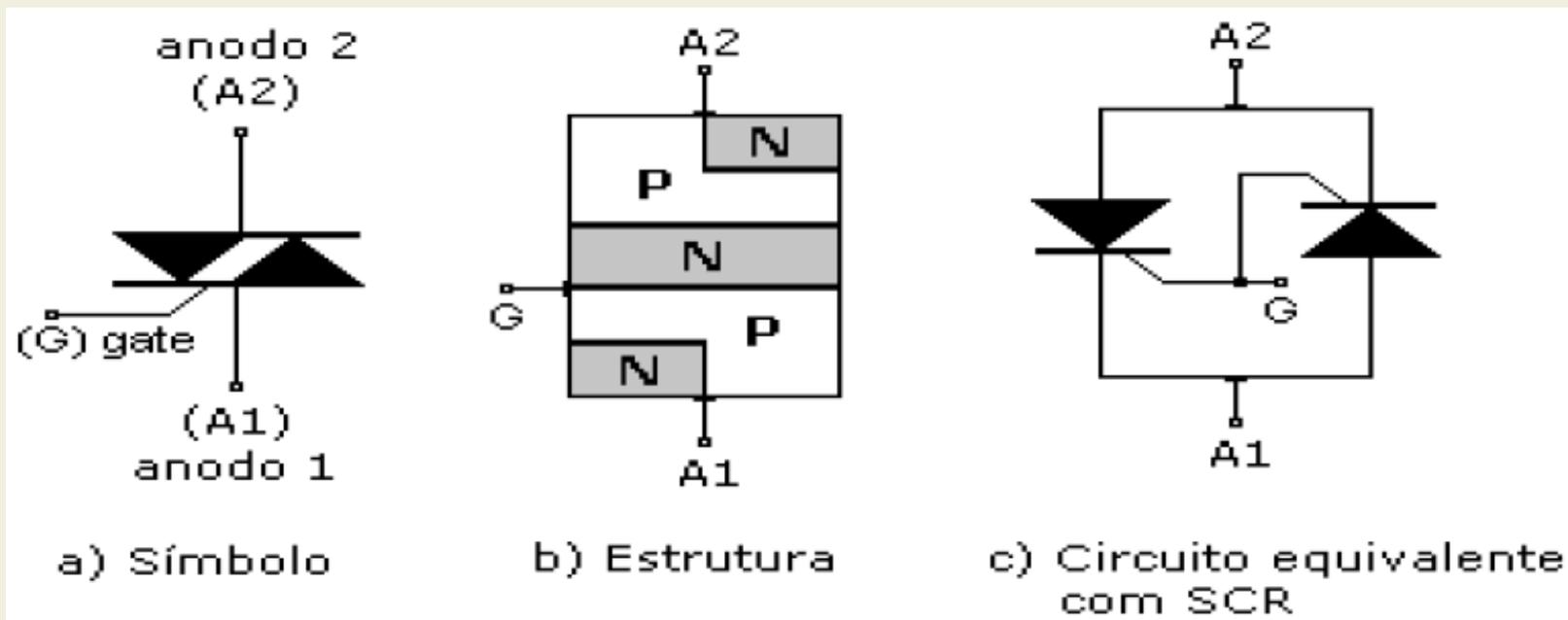
TRIAC

- O TRIAC proporciona maior simplicidade e eficiência, no controle de potência de onda completa.
- O TRIAC também pode ser entendido como um DIAC no qual foi adicionado um terminal de controle permitindo disparar o dispositivo com diferentes valores de tensão



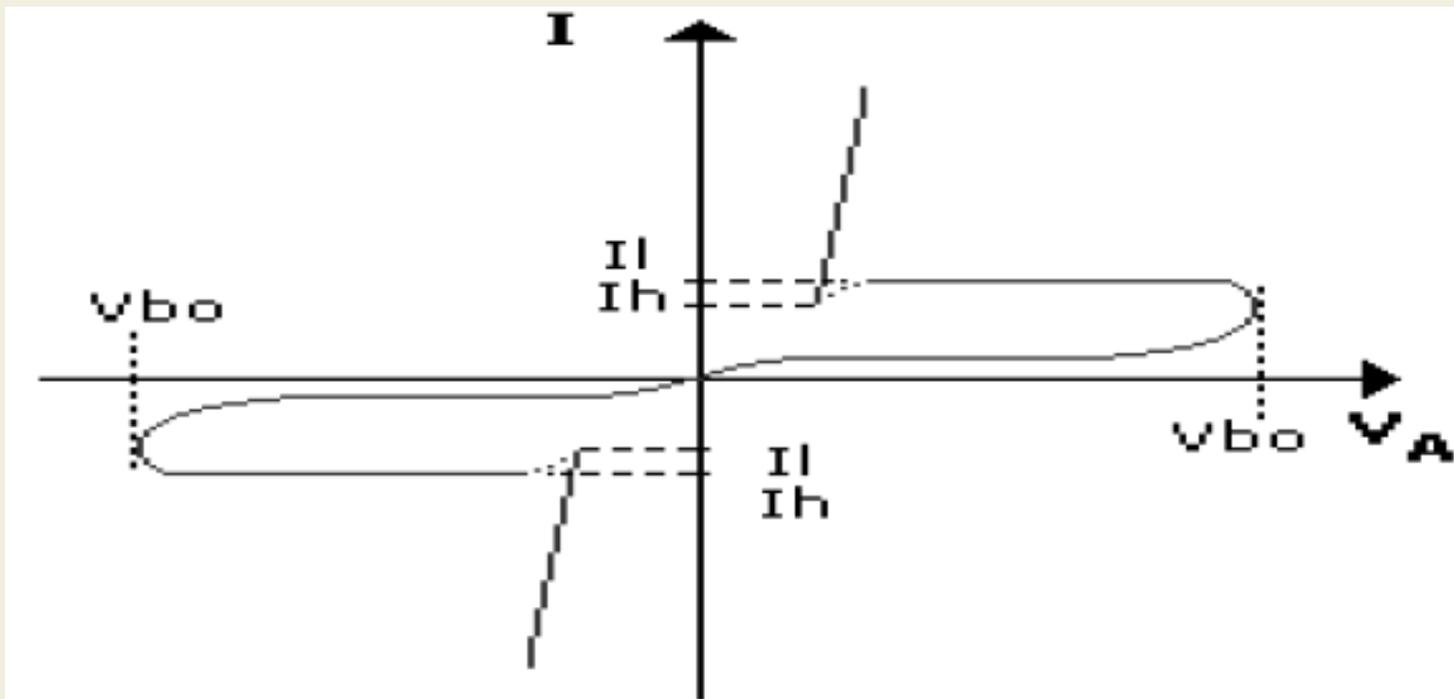
TRIAC

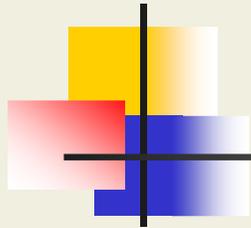
- Simbologia, Camadas e Circuito equivalente



TRIAC

- Curva característica do TRIAC





TRIAC

- Retificador com TRIAC

