

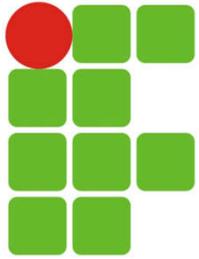
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

Tiristores

Prof. Jonathan Pereira
<jonathan.pereira@ifrn.edu.br>

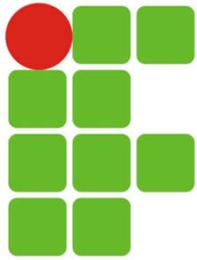
www.ifrn.edu.br





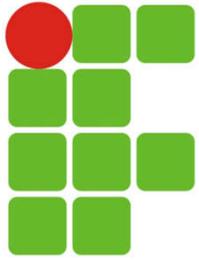
Programa da aula

- Introdução
- SCR (Retificador Controlado de Silício)
- DIAC (Diodo de Corrente Alternada)
- TRIAC (Triodo de Corrente Alternada)



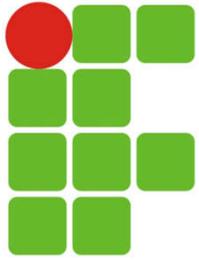
Introdução

- O tiristor é um dispositivo de quatro camadas e membro da família dos semi-condutores que tem dois estados estáveis de operação: um estado apresenta corrente aproximadamente igual a zero, e o outro tem uma corrente elevada; limitada apenas pela resistência externa.
- O tiristor pode ser considerado uma chave unidirecional que substitui, com vantagens, por exemplo, contadores e relés de grande capacidade.



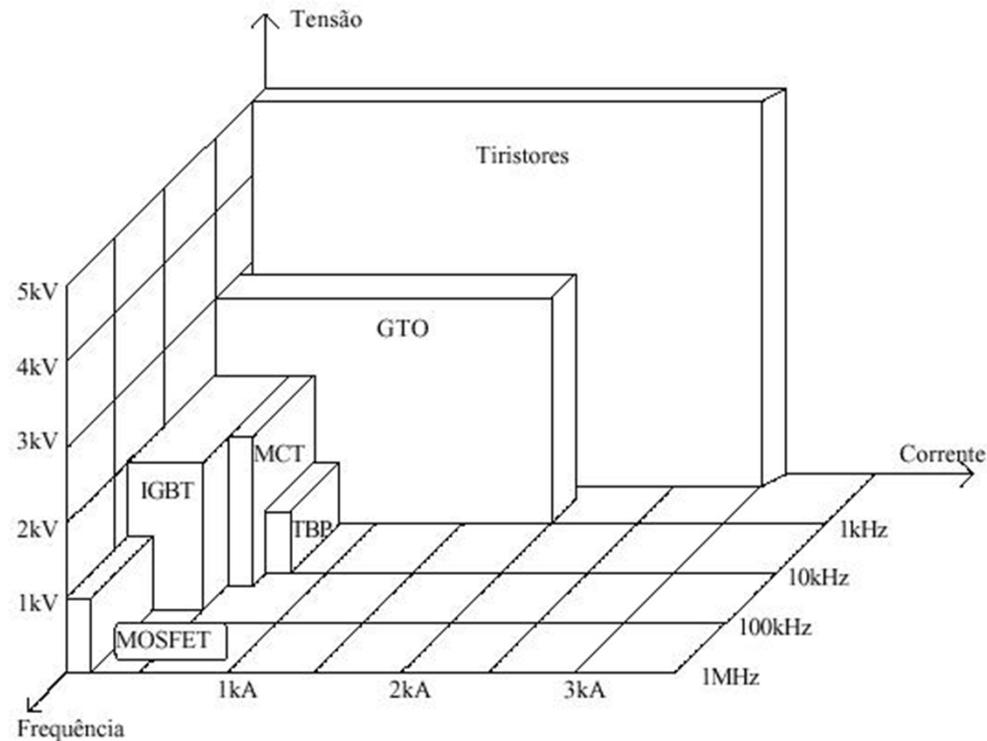
Introdução

- Tornou-se vantajoso no controle de grandes potências.
 - Dispositivo leve, pequeno, confiável, de ação rápida;
 - Pode ser ligado com correntes muito reduzidas; e
 - Não apresenta problemas de desgaste mecânico porque não possui partes móveis.

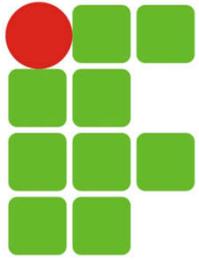


Introdução

■ Comparação entre os semicondutores



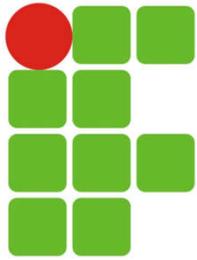
Limites de operação de componentes semicondutores de potência



SCR

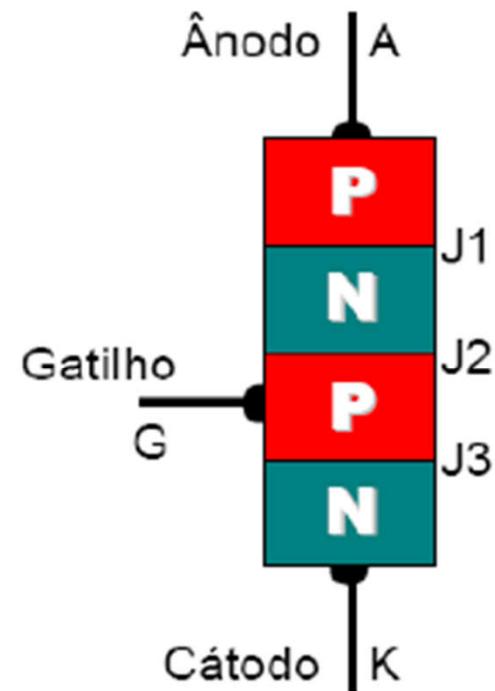
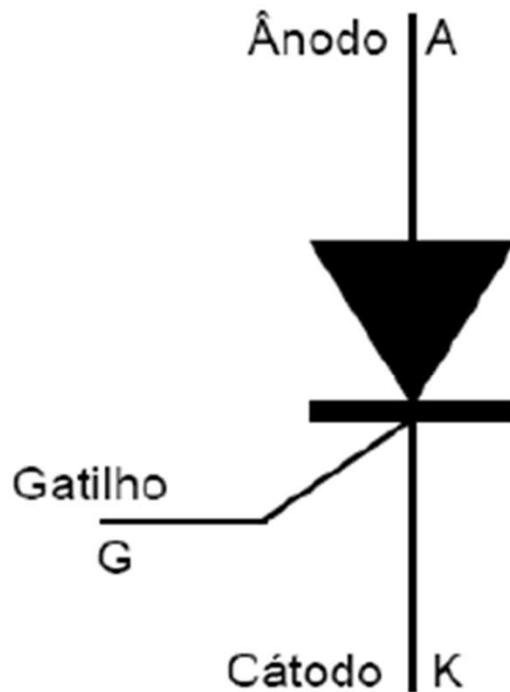
■ Introdução

- SCR (Silicon Controlled Rectifier) - Retificador Controlado de Silício.
- É o tiristor de uso mais difundido.
- Possui 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.

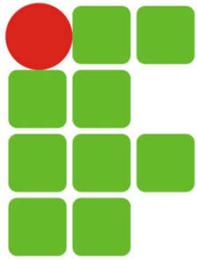


SCR

- Simbologia, camadas e junções



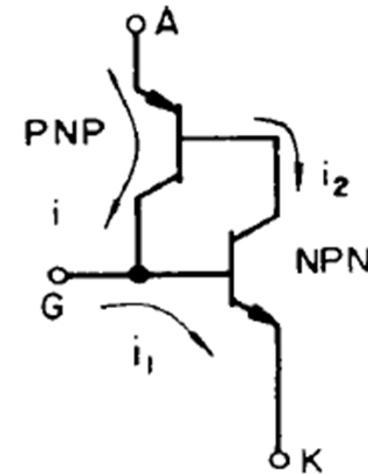
Símbolo e Camadas de Semicondutores

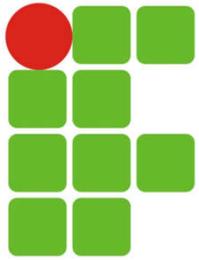


SCR

■ Funcionamento

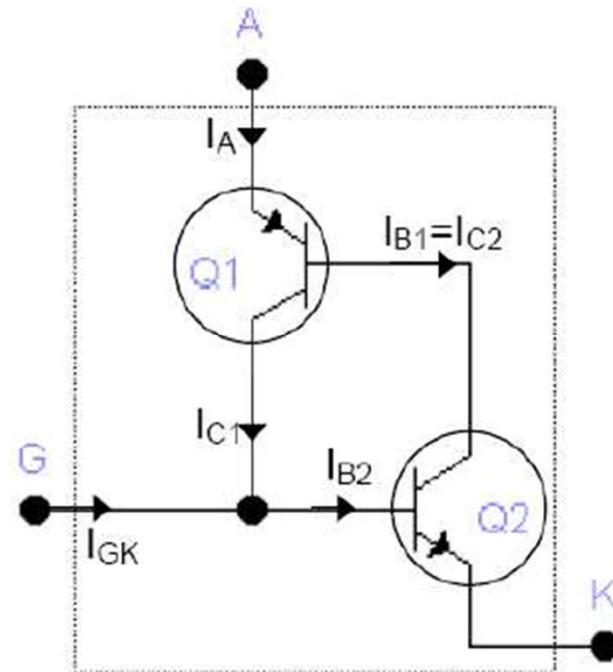
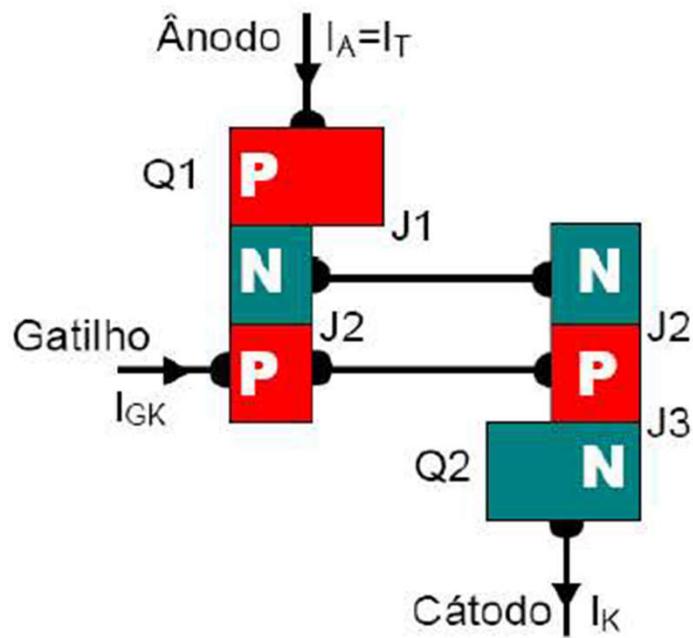
- Para entendermos o funcionamento, vamos utilizar o circuito equivalente de 2 transistores.
- Aplicando-se uma tensão E [(+) no anodo (A) e (-) no catodo (K)] veremos que o transistor PNP e o NPN não conduzem porque não circula a corrente i_2 e a corrente i_1 .

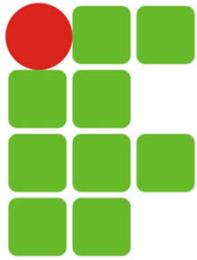




SCR

■ Funcionamento

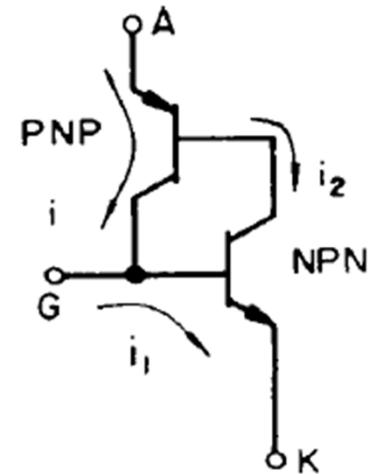


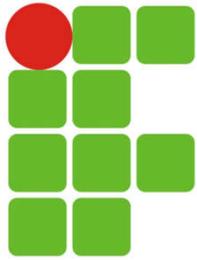


SCR

■ Funcionamento

- Aplicando agora um pulso positivo no gate (G) em relação ao catodo, (o pulso deve ter amplitude maior que 0,7 V, pois entre G e K existe uma junção PN formando um diodo), vamos fazer circular a corrente i_1 que fará o transistor NPN entrar em condução. Com isso i_2 também irá circular fazendo com que o transistor PNP conduza.

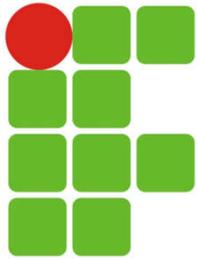




SCR

■ Funcionamento

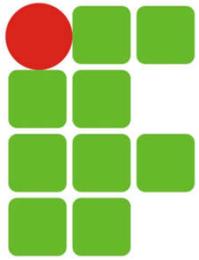
- Assim, sendo, o pulso no *gate* não é mais necessário pois o transistor PNP mantém o NPN conduzindo e vice-versa.
- Esse estado de condução permanecerá indefinidamente. A única maneira de desligar o SCR é fazer a tensão E (entre anodo e catodo) igual a zero.



SCR

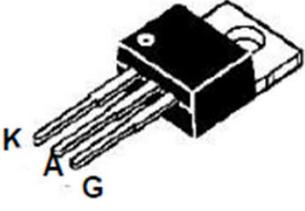
■ Características Básicas

- São chaves estáticas bi-estáveis, ou seja, trabalham em dois estados: não condução e condução, com a possibilidade de controle.
- O uso do silício foi utilizado devido a sua alta capacidade de potência e capacidade de suportar altas temperaturas.
- Apresentam alta velocidade de comutação e elevada vida útil.

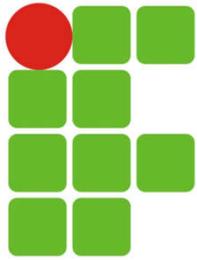


SCR

■ Exemplos de encapsulamento

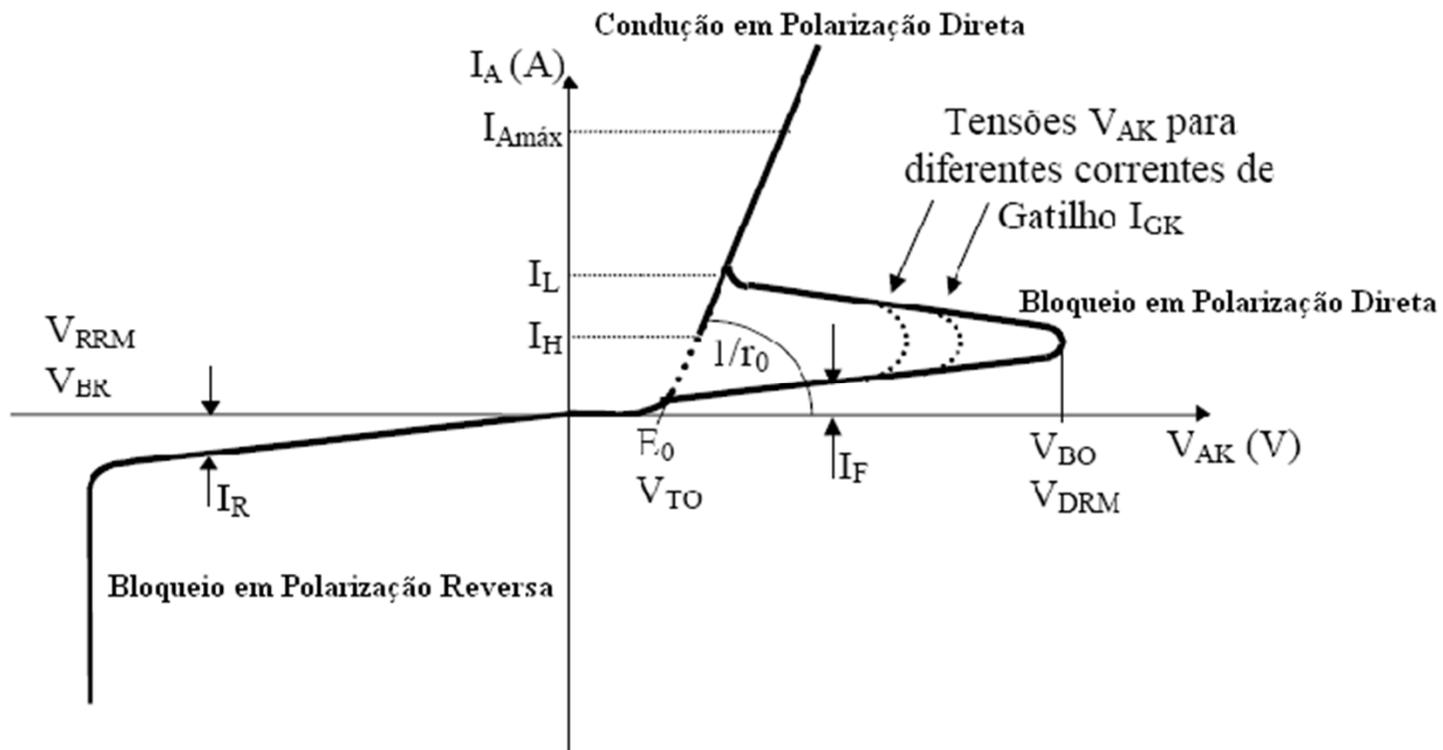
TO 209	TO 200	TO 208	TO 92	TO 220
				
500 V 100A	1300 V 1800A	500 V 24A	200 V 0,5 A	700 V 12 A

Tipos de encapsulamento

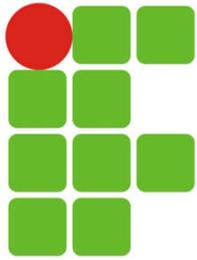


SCR

■ Curva característica



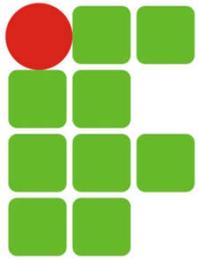
Curva Corrente *versus* Tensão



SCR

■ Curva característica

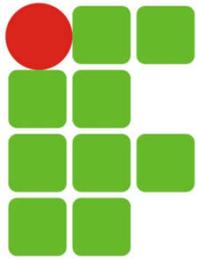
- I_L – Latching Current: para entrar em condução o SCR deve conduzir uma corrente suficiente. O SCR não entrará em condução se a Corrente de Gatilho I_{GK} for suprimida antes que a Corrente de Ânodo I_A atinja esse valor;
- I_H - Holding Current: uma vez retirada a corrente de gatilho, a mínima Corrente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



SCR

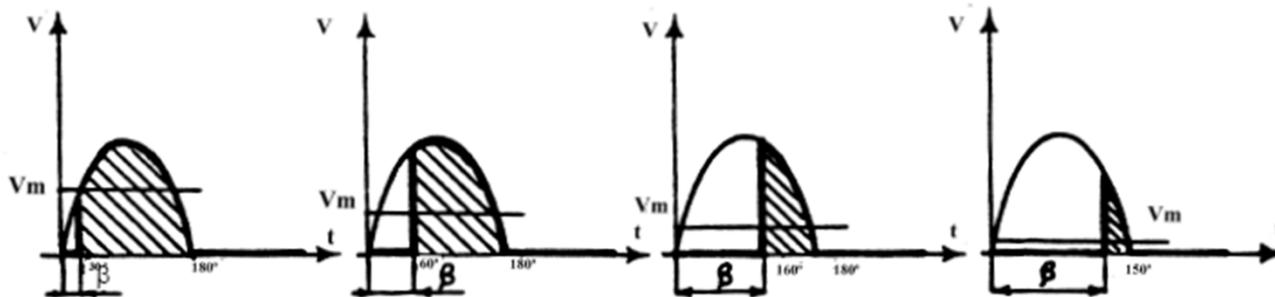
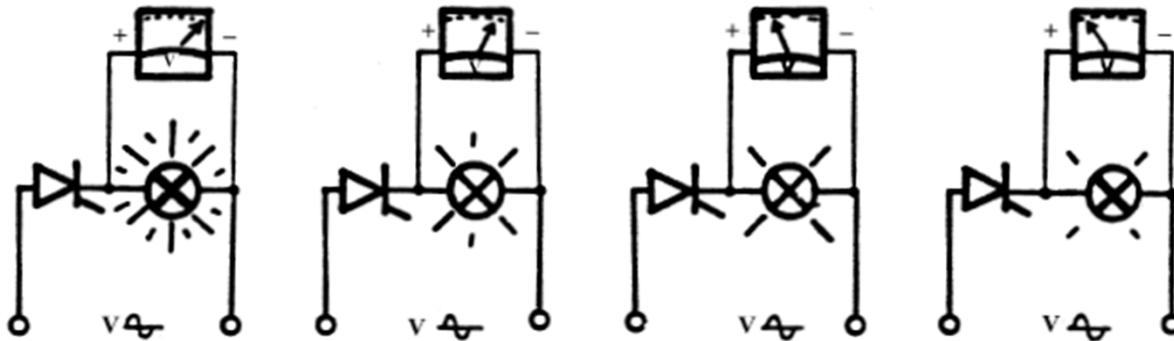
■ Aplicações

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

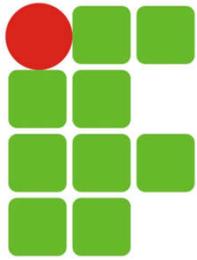


SCR

■ Controle de Iluminação

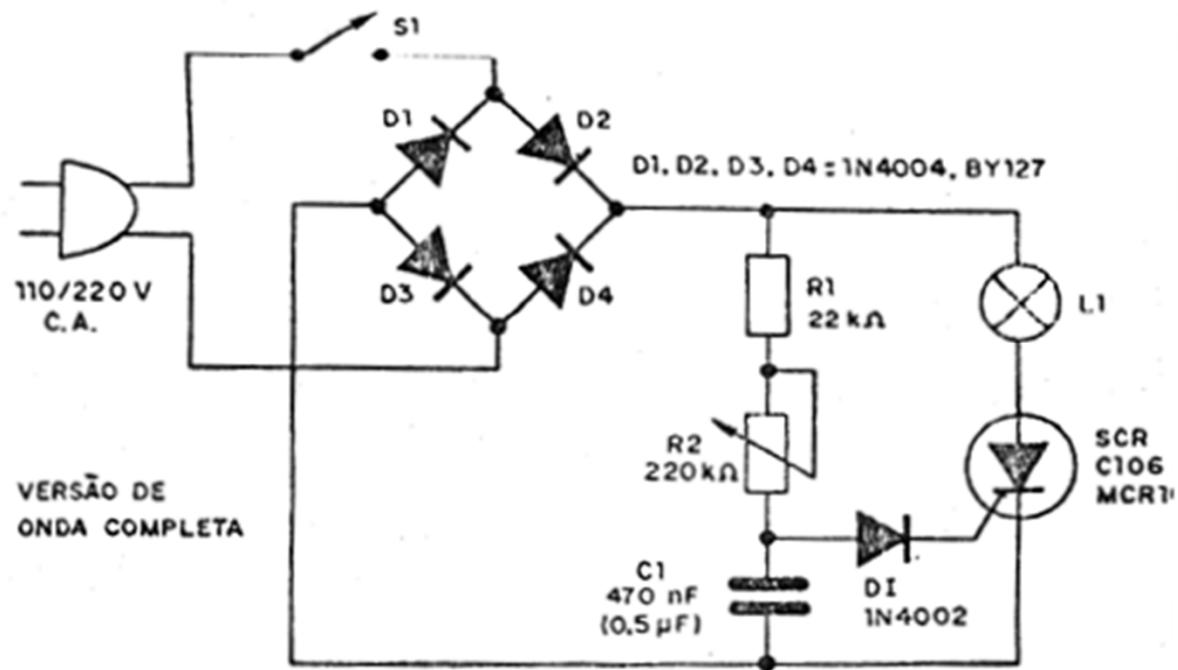


Aplicação do SCR no Controle de Brilho da Lâmpada

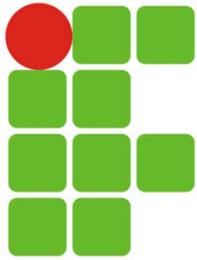


SCR

- Controle de Iluminação (de 0 a 100%)

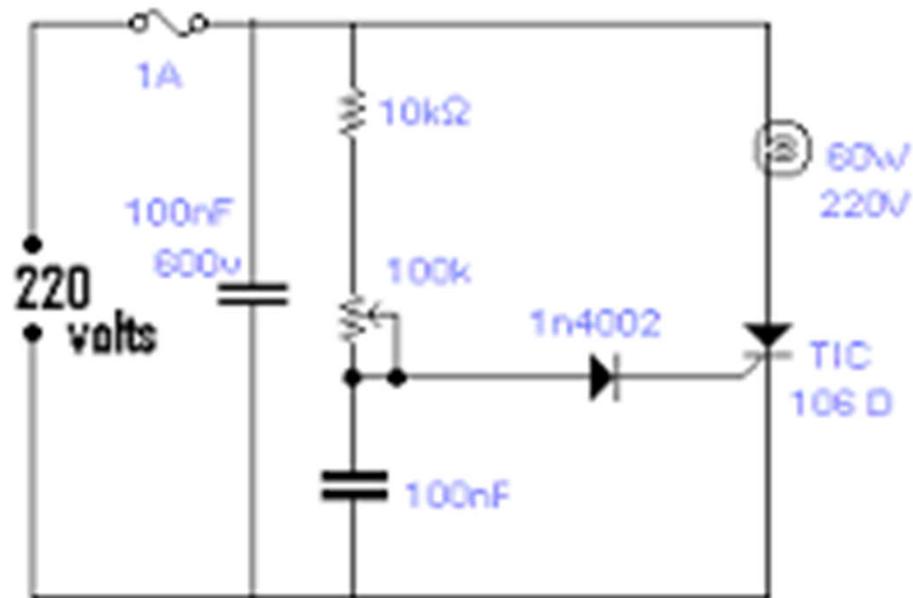


Circuito para o Controle de Brilho da Lâmpada

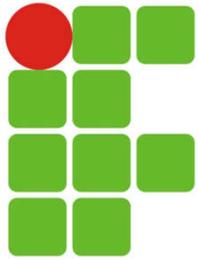


SCR

- Controle de Iluminação (de 0 a 50%)

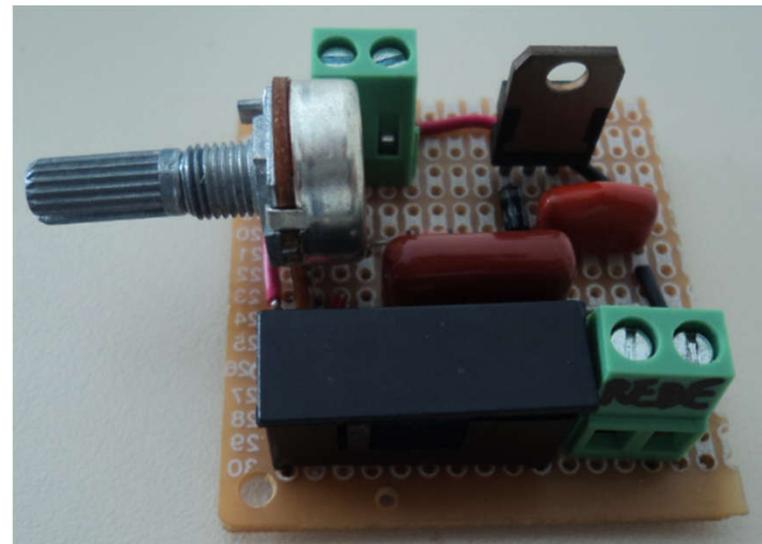
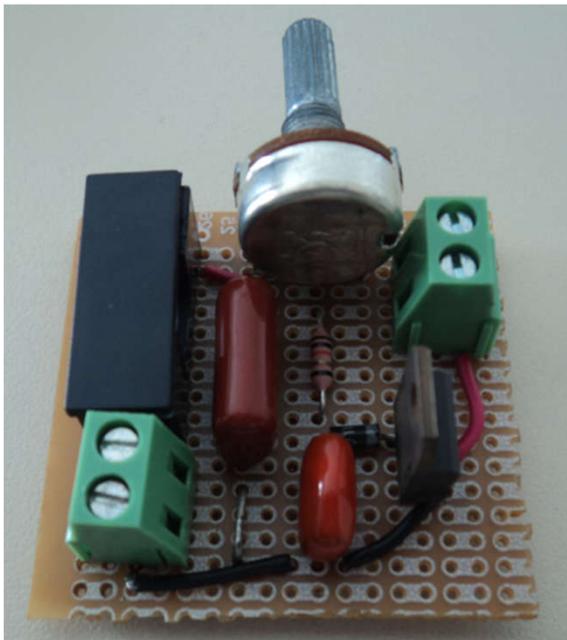


Circuito para o Controle Parcial de Brilho da Lâmpada

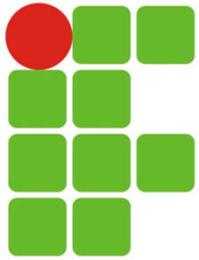


SCR

- Controle de Iluminação (de 0 a 50%)



Circuito para o Controle Parcial de Brilho da Lâmpada

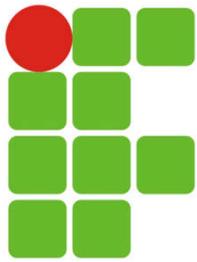


SCR

- Controle de Iluminação (de 0 a 50%)

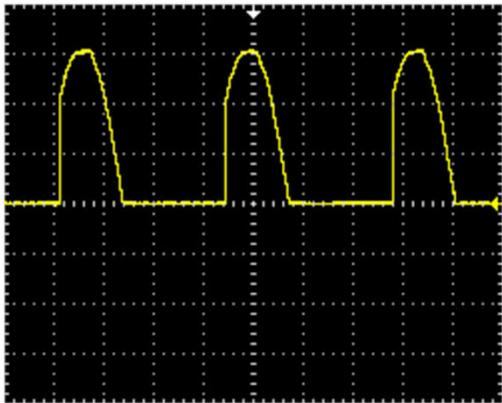


Vídeo do Circuito para o Controle Parcial de Brilho da Lâmpada

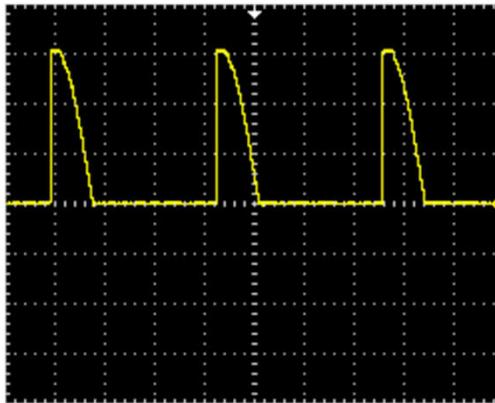


SCR

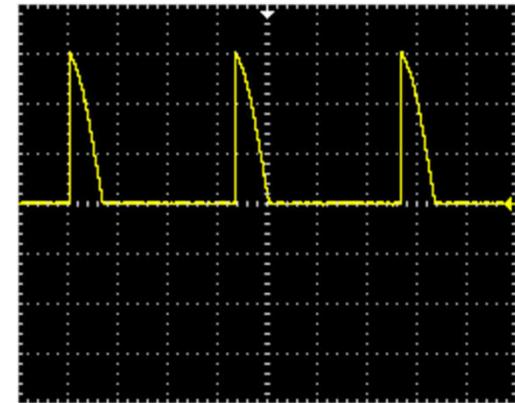
- Controle de Iluminação (de 0 a 50%)



Vrms= 75.6895 V

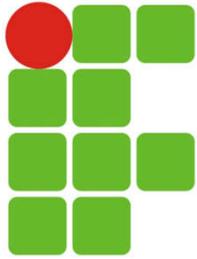


Vrms = 57.9695 V



Vrms = 44.9495 V

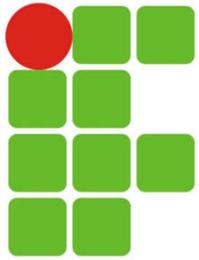
Formas de Onda



DIAC

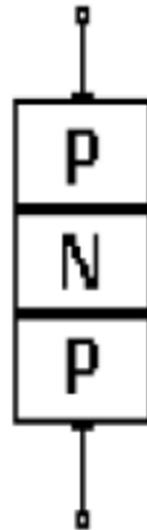
■ Introdução

- 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;

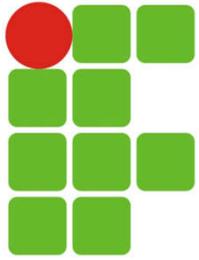


DIAC

- Simbologia, Camadas e Componente

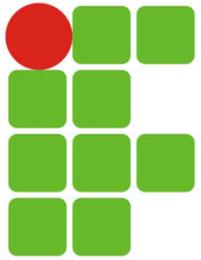


Símbolo, Camadas Semicondutoras e Componente Comercial DIAC



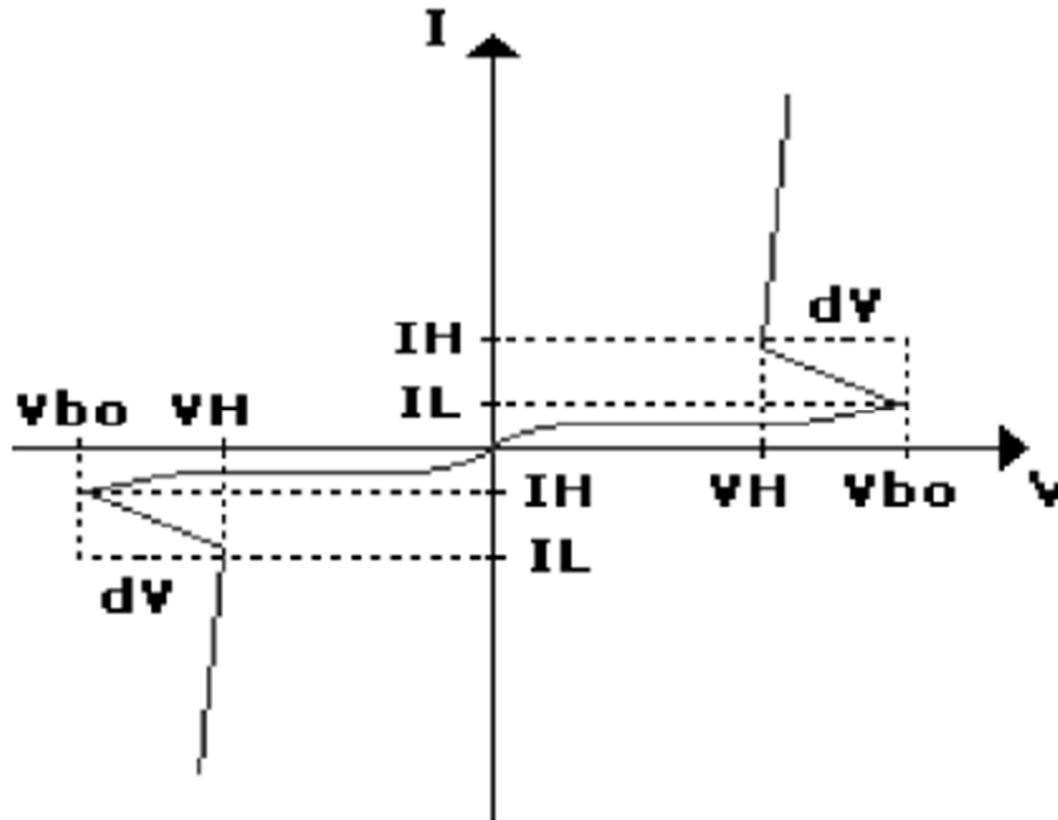
DIAC

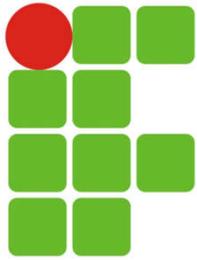
- Características Básicas
 - Suporta elevados picos de corrente
 - É usado nos circuitos de disparo dos TRIAC.



DIAC

■ Curva Característica

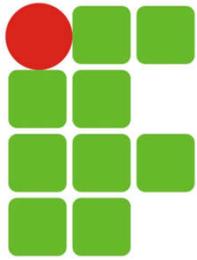




DIAC

■ Funcionamento

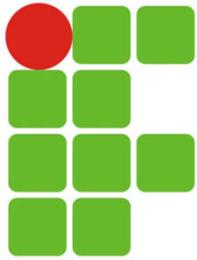
- O DIAC conduz quando a tensão em seus terminais excede o valor de Breakover (V_{BO}) em qualquer sentido;
- Após o início da condução a tensão passa de um valor V_{BO} para um valor inferior V_H , que se mantém enquanto o DIAC conduz;
- Após conduzir a única forma de levá-lo ao corte é por meio de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



TRIAC

■ Introdução

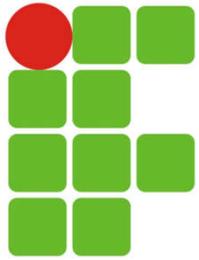
- TRIAC: Triodo de Corrente Alternada;
- O TRIAC desempenha a função de 2 SCRs numa operação de onda completa;
- O disparo pode ser feito tanto com pulso positivo quanto negativo.



TRIAC

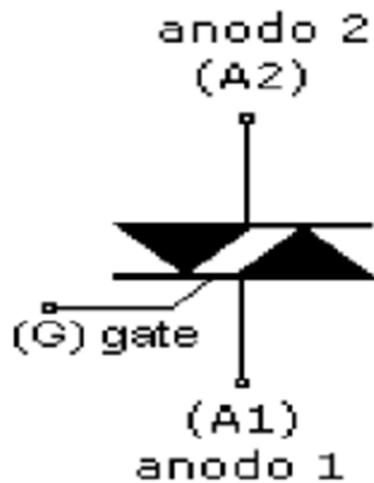
■ Introdução

- 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.

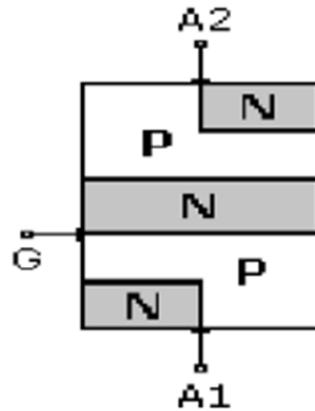


TRIAC

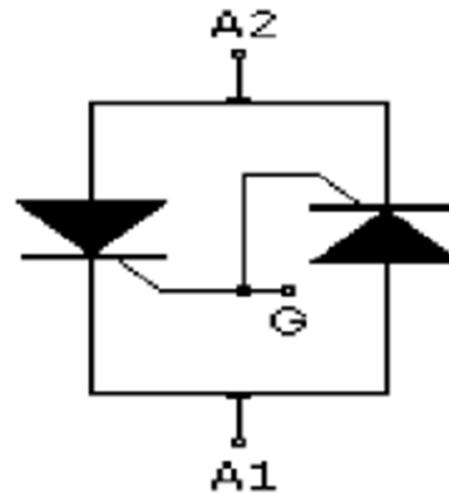
■ Simbologia, Equivalente e Componente



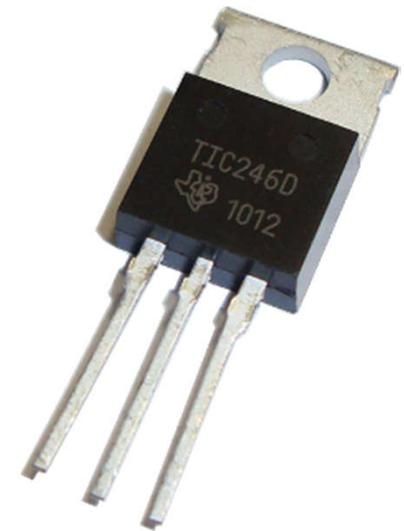
Símbolo



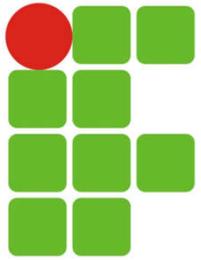
Estrutura



Equivalente com 2 SCRs

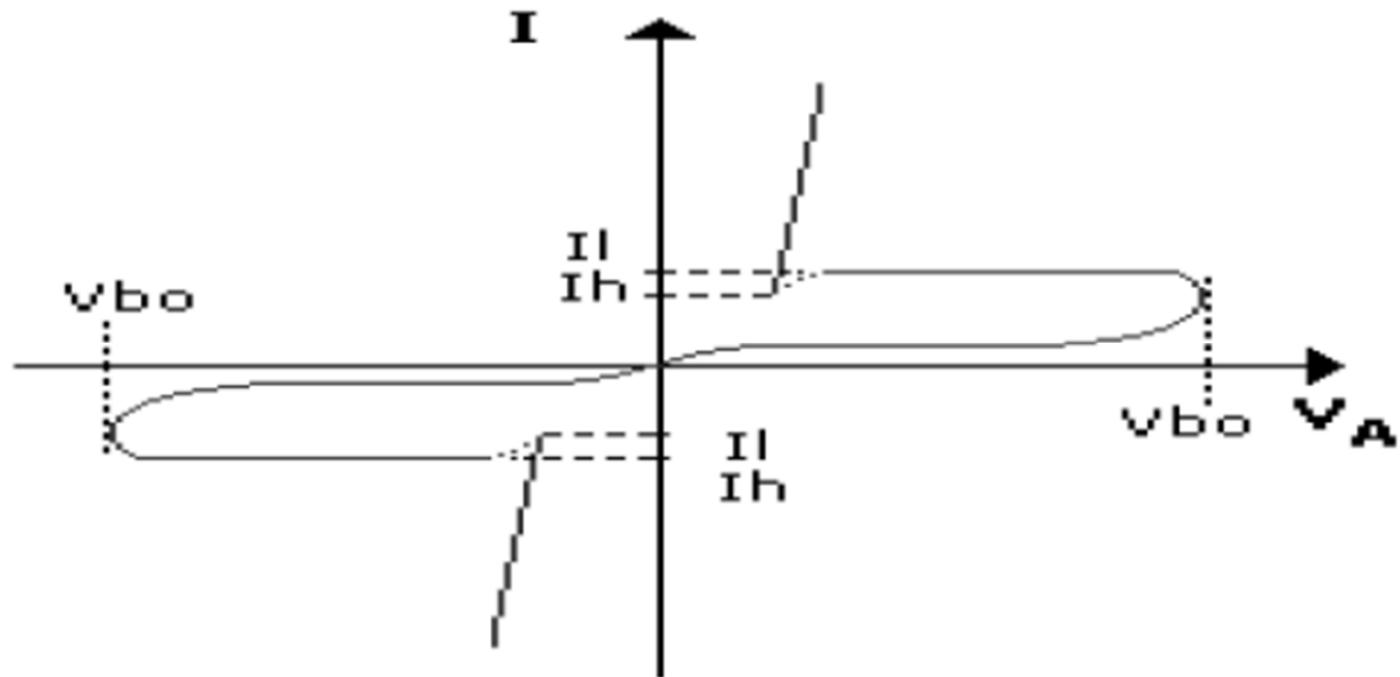


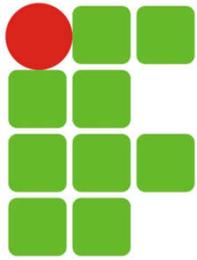
Componente



TRIAC

■ Curva Característica

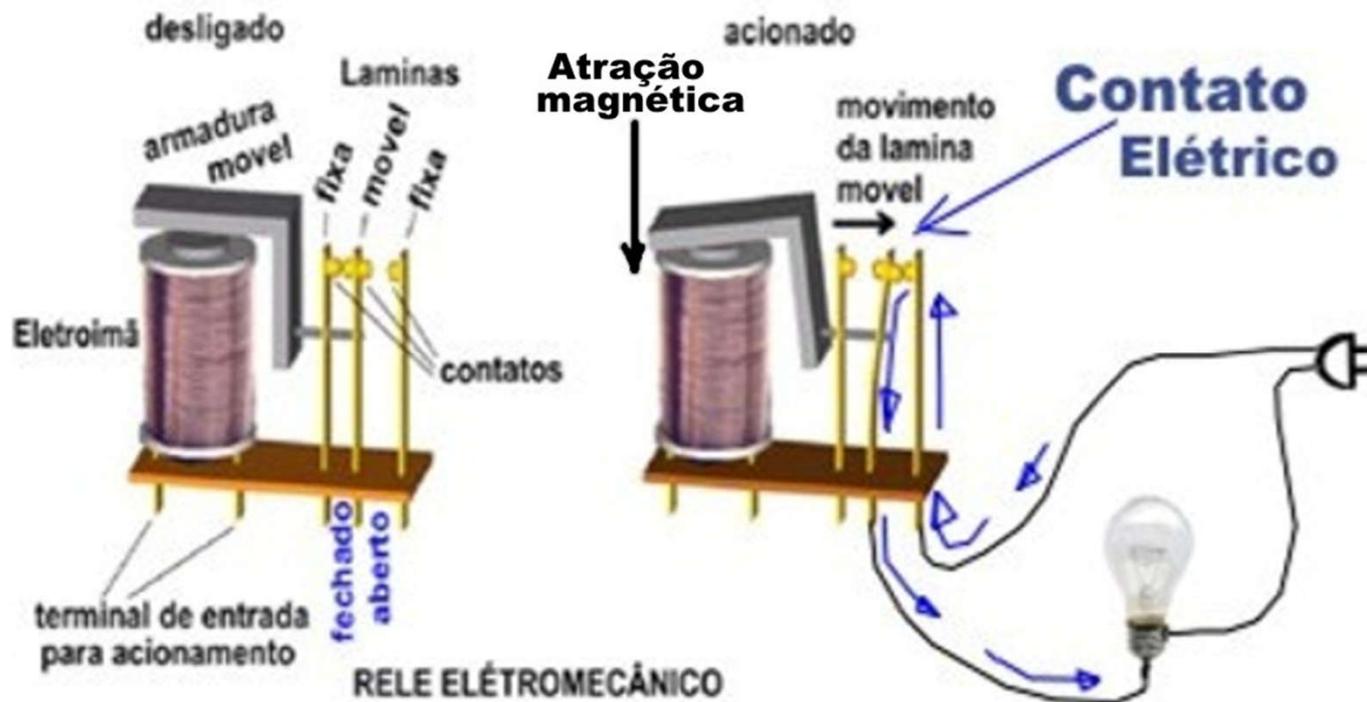


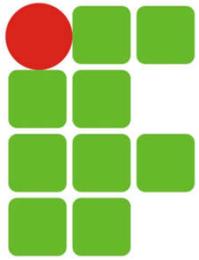


TRIAC

■ Aplicação

■ Revisão - Relé Eletromecânico

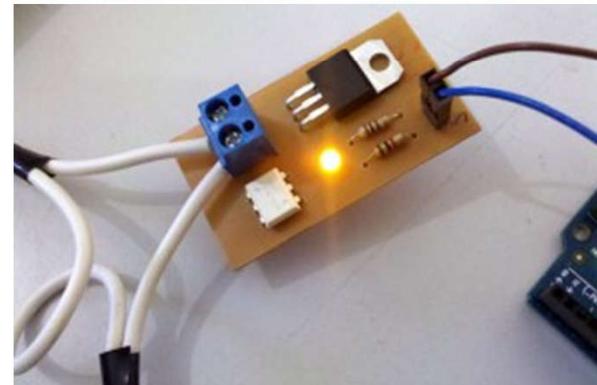
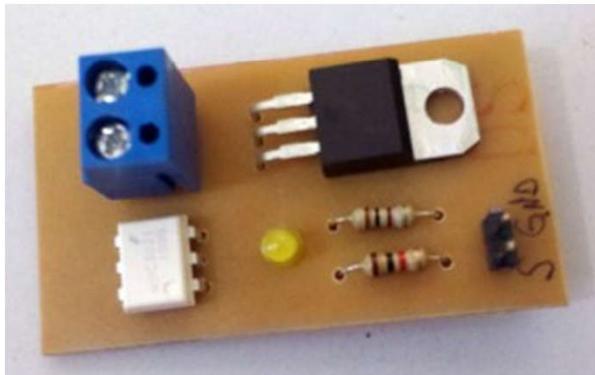
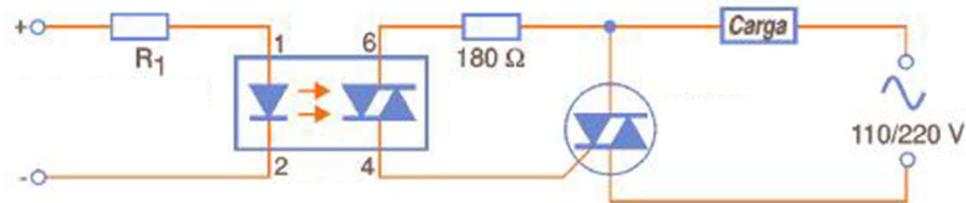




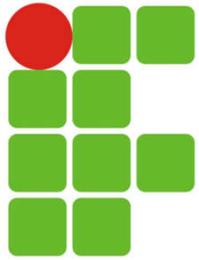
TRIAC

■ Aplicação

■ Relé de Estado Sólido

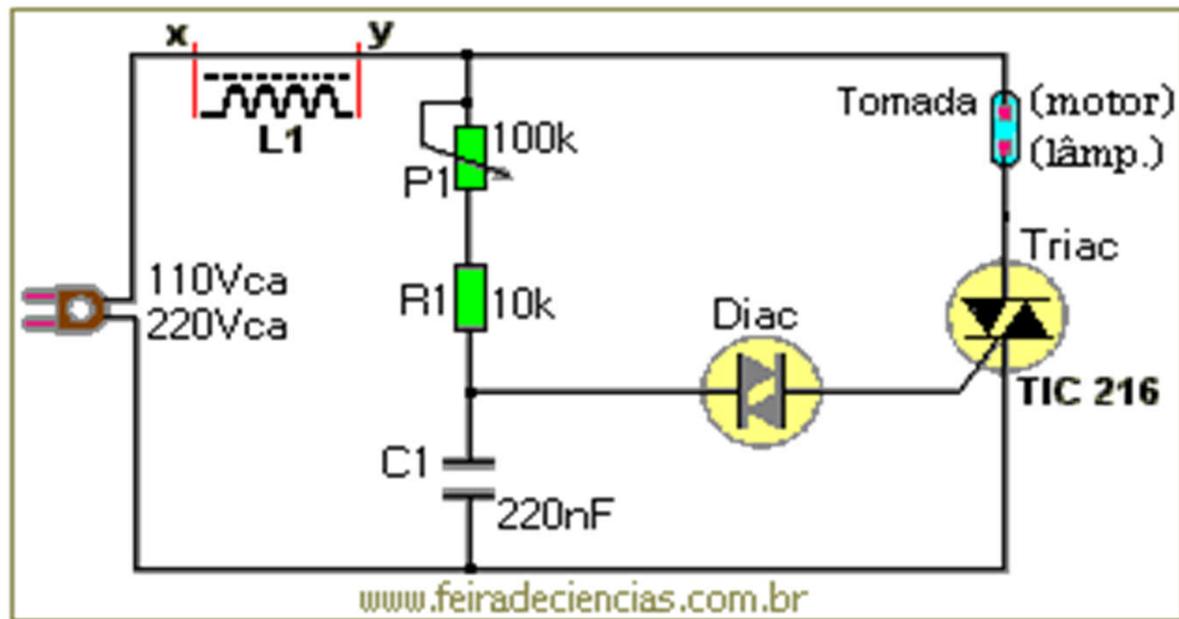


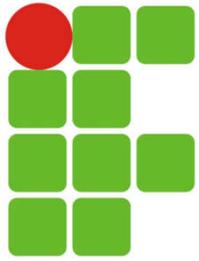
<http://www.cuin.com.br/2012/08/rele-de-estado-solido-para-arduino-open-hardware/>



TRIAC

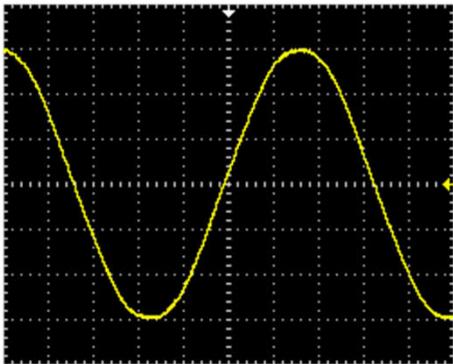
- Aplicação
 - Controle de Iluminação (Dimmer Analógico)



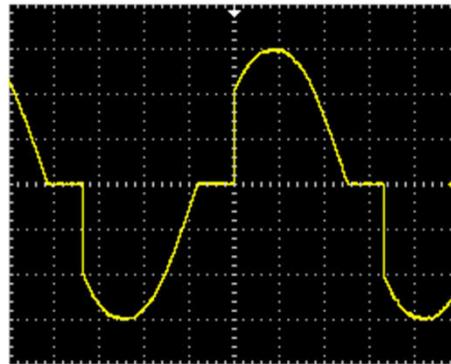


TRIAC

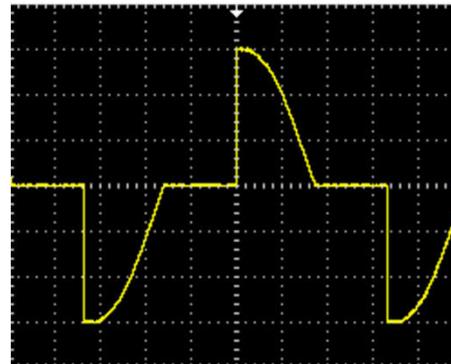
■ Controle de Iluminação (Dimmer Digital)



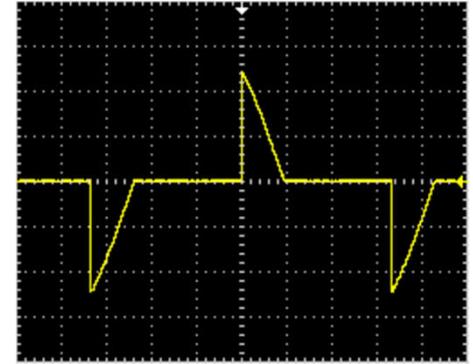
212.6850 V



205.6945 V



161.5899 V



81.0535 V

Formas de Onda