

# Tiristores

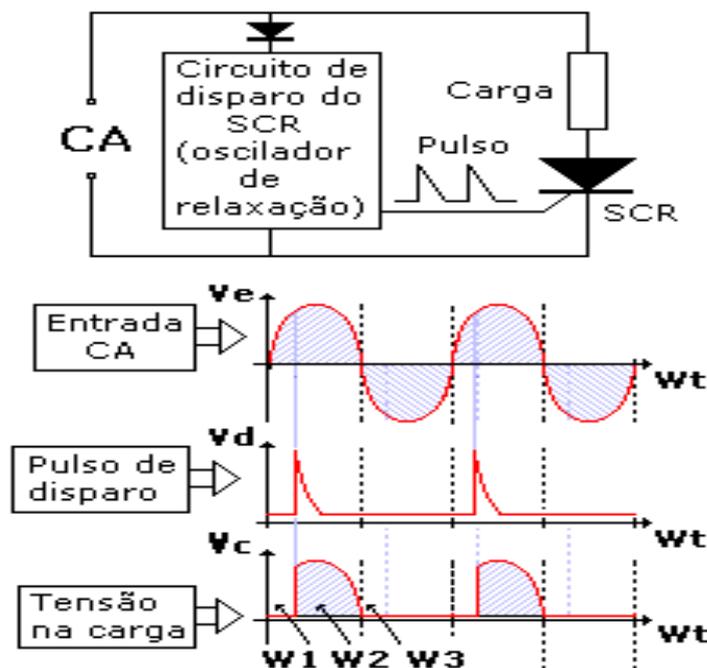
1. Aspectos gerais
2. SCR
3. Curva do SCR
4. DIAC
5. TRIAC
6. Curva do TRIAC
7. Circuitos e aplicações
8. Referências

## 1. Aspectos Gerais

Tiristores são dispositivos de estado sólido que fazem parte da família dos semicondutores, usam realimentação interna para produzir operações de chaveamento, São dispositivos biestáveis que podem ser chaveados do corte para a condução e vice versa.

Para iniciar seu estudo é conveniente o conhecimento dos seguintes termos relacionados com a corrente alternada senoidal, mostrados na figura 01, quais sejam:

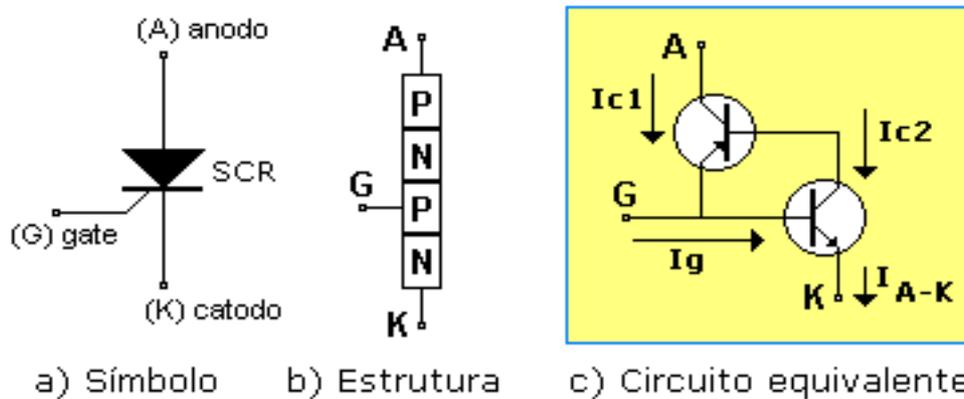
- a)  **$\omega t$** : velocidade angular do gerador de corrente alternada;
- b)  **$\omega_1$** : ângulo de disparo do tiristor "SCR" (ângulo a partir do qual o dispositivo começa a conduzir);
- b)  **$\omega_2$** : ângulo de condução (ângulo durante o qual o dispositivo está em funcionamento);
- c)  **$\omega_3$** : ângulo de corte (ângulo a partir do qual o tiristor deixa de conduzir).



**Figura 01** - Tiristor e formas de ondas na entrada, na carga e pulso de disparo.

## 2. SCR ou RCS.(Retificador Controlado de Silício)

Tiristor que atua com um único sentido de condução da corrente elétrica (unidirecional). Caracteriza-se pela comutação entre dois estados o estado de condução ou o estado de corte ou bloqueio. A corrente aplicada nos seus terminais pode se proveniente de uma fonte CC ou CA. A sua estrutura básica parte de quatro camadas semicondutoras, sendo duas de material semiconductor tipo "P" e duas de semiconductor tipo "N", conforme mostra a estrutura abaixo.



**Figura 02** - Símbolo, estrutura e circuito equivalente do SCR.

**2.1- Funcionamento** - Os SCR não são construídos para operar com tensão de avalanche direta, são projetados para fechar por meio de disparo e abrir por meio de baixa corrente. Em outras palavras, Um SCR permanece aberto até que um disparo acione sua porta (gate). Então o SCR trava e permanece fechado (conduzindo) mesmo que o disparo desapareça.

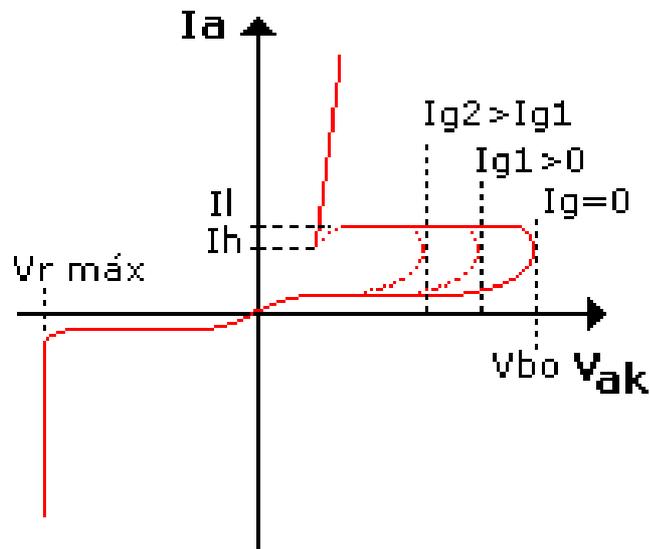
A única forma de abrir um SCR. é por meio de um destravamento por baixa corrente. Na prática é feito desligando-se a alimentação entre o anodo ou fazendo-se com que esta tensão resulte a um valor menor que o necessário para proporcionar a existência da corrente mínima de manutenção.

Por exemplo o um SCR TIC 106D tem uma corrente de manutenção ( $I_H$ ) de 8 mA, abaixo desse valor ele subitamente deixará de conduzir e irá tornar-se um circuito aberto, mesmo que a tensão entre o anodo e catodo seja restabelecida. Só irá conduzir novamente se houver um novo disparo.

Observando-se o circuito equivalente, fazendo-se uma análise da polarização dos transistores, chega-se a conclusão que após um pulso no gate (porta), o transistor que satura condiciona o outro a permanecer saturado mesmo que o pulso que provocou o disparo seja retirado.

### 3. Curva característica do SCR

**3.1 - Curva característica** - A curva característica do SCR exibe no primeiro quadrante alguns valores para a tensão anodo/catodo ( $V_{a-k}$ ) e respectivas correntes de gate ( $I_g$ ) em polarização direta. No terceiro quadrante exibe a curva de corrente na polarização de tensão reversa máxima ( $V_r$  máx).



$I_a$  = Corrente de anodo

$I_l$  = (latching current) - corrente de engate "disparo"

$I_h$  = (holding current) - corrente de manutenção

$V_{ak}$  = Tensão anodo-catodo

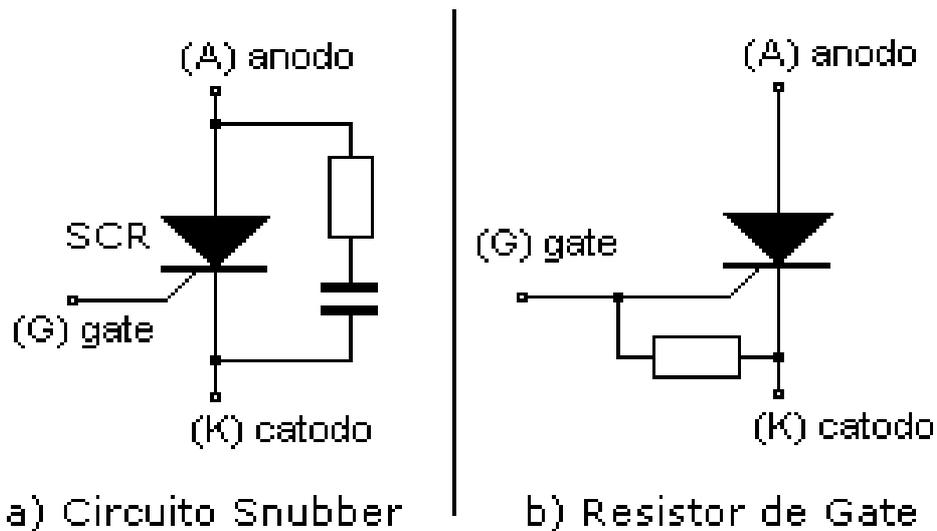
$V_r$  = Tensão reversa

$V_{bo}$  = Tensão de "break over" - (tensão de disparo sem corrente de porta,  $I_g=0$ )

**Figura 03** - Curva característica do SCR.

**Nota:**

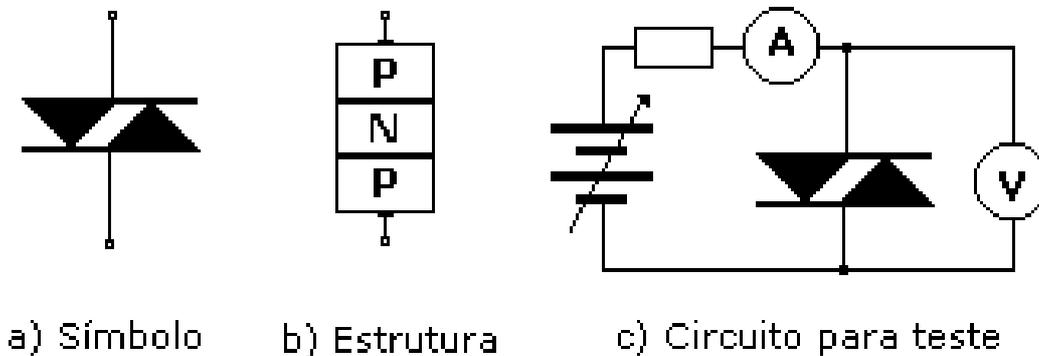
1. A capacitância da junção por efeito da corrente capacitiva pode provocar disparo indesejado.
2. Tensão elevada entre o anodo e o catodo, mesmo com  $I_g=0$  pode provocar disparo indesejado.
3. Métodos para evitar disparos indesejado - Dois métodos se destacam para evitar disparos indesejado no SCR, são eles o resistor de gate, conectado entre o gate e o catodo para desviar parte da corrente capacitiva e o snubber que amortece as variações bruscas de tensão entre anodo e catodo.



**Figura 04** - Circuito para evitar disparo indesejado no SCR.

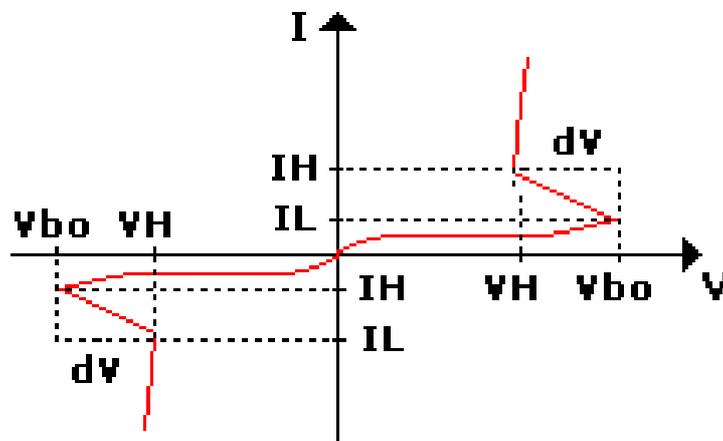
## 4. DIAC - ("Diode Alternating Current" ou Diode de Corrente Alternada)

É um dispositivo semicondutor constituído de dois terminais, funcionando como um diodo bidirecional, passa do bloqueio à condução com qualquer polaridade de tensão aplicada aos seus terminais.



**Figura 05** - Símbolo, estrutura e circuito teste do DIAC.

**4.1 - Curva característica** - A curva característica do DIAC exibe no primeiro e terceiro quadrante as mesmas características de tensão e corrente. possuem a mesma corrente de engate ou tranca ( $I_H$ ) em qualquer das duas direções conforme mostra a figura abaixo.



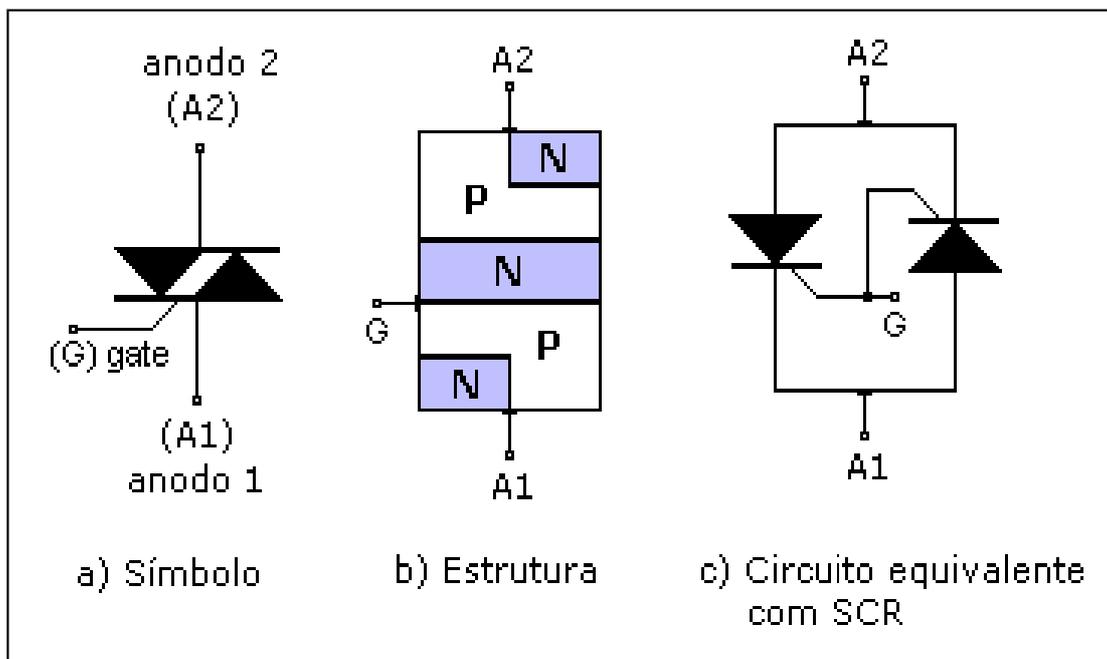
**Figura 06** - Símbolo, estrutura e circuito equivalente do SCR.

**4.2 - Funcionamento** - O DIAC conduz quando a tensão em seus terminais excede o valor da avalanche direta em qualquer sentido, após o disparo o dispositivo conduz e a tensão passa de um valor de disparo para um valor inferior ( $V_H$ ), onde se mantém enquanto o DIAC conduz. Uma vez conduzindo a única forma de abri-lo é por meio de um desligamento por baixa corrente, ou seja, reduzindo a corrente abaixo de um valor especificado para o dispositivo.

## 5. TRIAC - ("Triode Alternating Current" ou Triodo de Corrente Alternada)

É um dispositivo que atua nos dois sentidos de condução da corrente elétrica (bidirecional), o pulso de disparo pode ser positivo ou negativo. O TRIAC tem as mesmas características básicas de comutação que o SCR, porém, exibe estas características em ambas as direções, Isto proporciona aos TRIACs maior simplicidade mantendo eficiência, na elaboração de circuitos controladores de potência em onda completa.

**5.1 - Funcionamento** - Os TRIACs assim como os SCRs, não são construídos para operar com tensão de avalanche direta, são projetados para fechar por meio de disparo e abrir por meio de baixa corrente. Porém, exibe as mesmas características de corrente e tensão nas duas direções. O dispositivo é ativado quando submetido a uma corrente de gate suficientemente alta e é desativado pela simples redução de sua corrente anódica abaixo do valor de manutenção ( $I_H$ ).

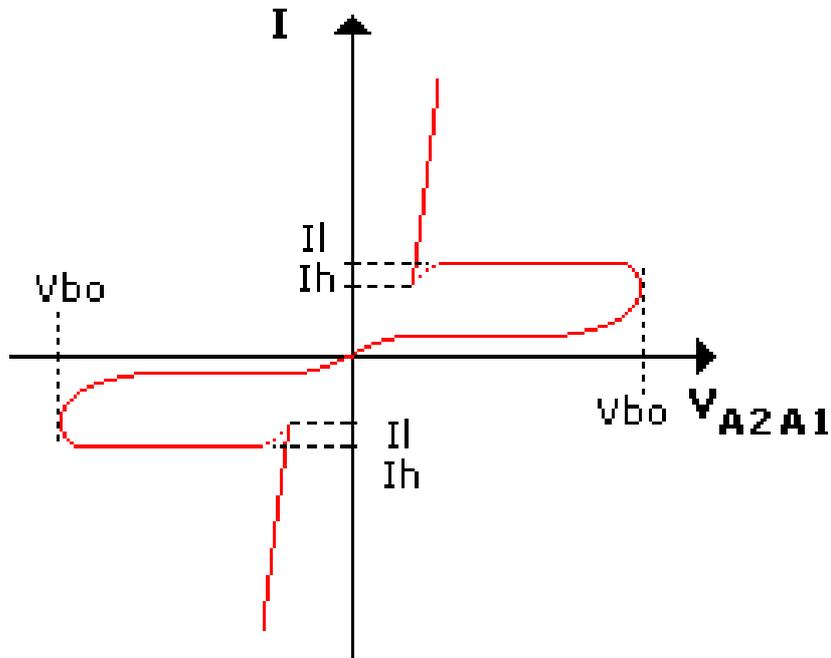


**Figura 07** - Símbolo, estrutura e circuito teste do TRIAC.

## 6. Curva Característica do TRIAC

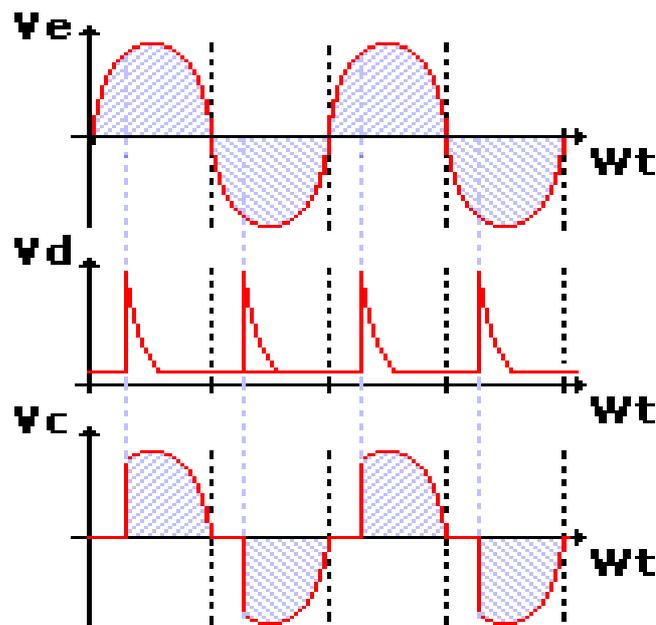
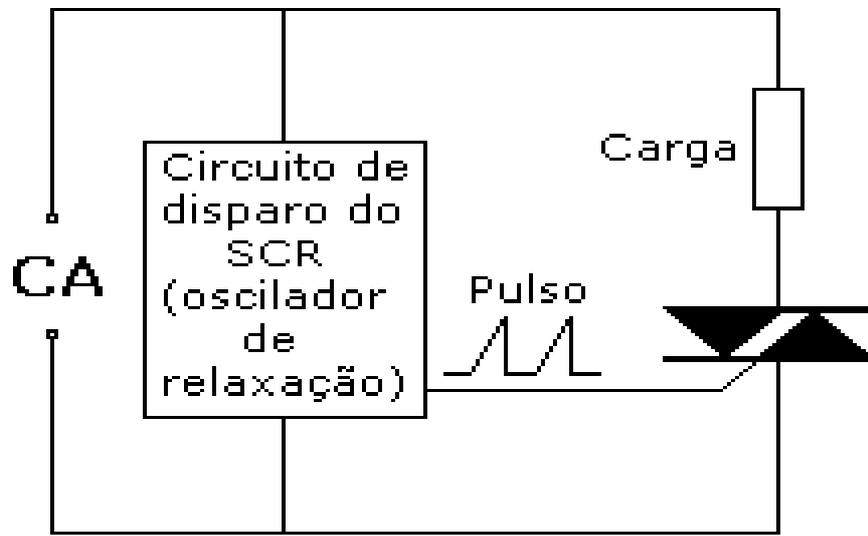
**6.1 - Curva característica** - A curva característica mostra a corrente através do TRIAC, resultado da avalanche quando uma tensão de ruptura ( $V_{BO}$ ) é aplicada entre os terminais anodo 1 e anodo 2.

A avalanche ocorre quando a tensão entre os terminais A1 e A2 eleva-se a ponto de desenvolver uma corrente interna suficiente alta para provocar a condução do dispositivo.



**Figura 08** - Curva característica do TRIAC.

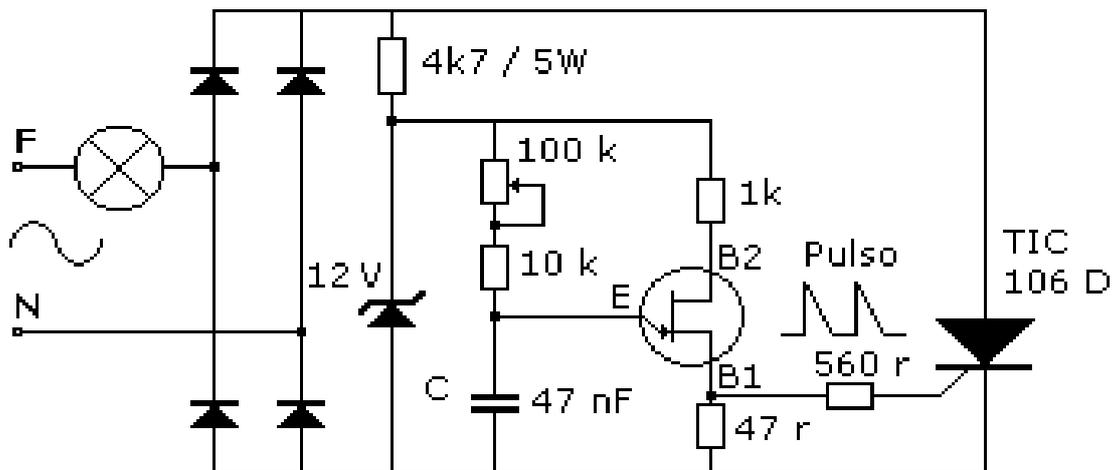
**6.2 - Circuito básico e formas de ondas** - A figura seguinte mostra um controlador de potência e o circuito de disparo representado em bloco. Do lado esquerdo estão representadas as formas de ondas: da corrente alternada que alimenta o circuito, dos pulsos de disparo do TRIAC e da carga.



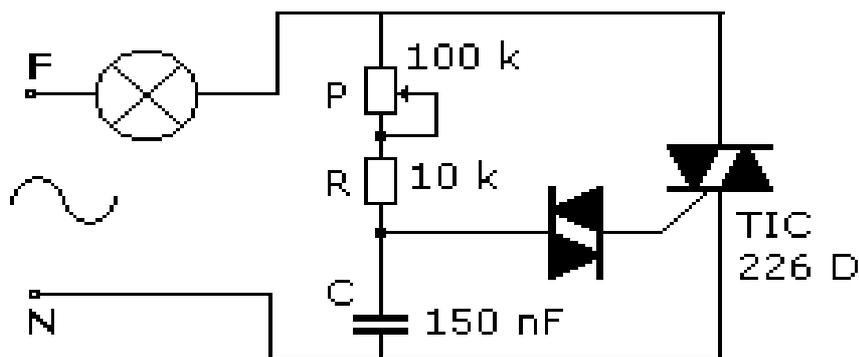
**Figura 09** - Circuito com TRIAC e formas de ondas de entrada, de disparo e na carga.

## 7. Circuitos e aplicações

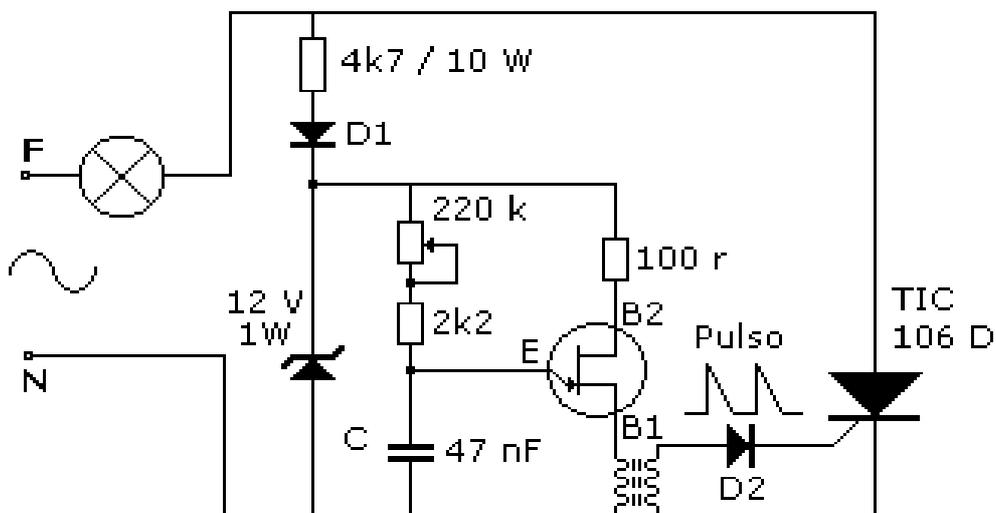
A seguir apresentamos circuitos práticos com tiristores.



**Figura 10** - Circuito Controlador de onda completa com SCR.



**Figura 11** - Circuito Controlador de Potência com TRIAC.



**Figura 12** - Circuito Disparador Monofásico Sincronizado com a Rede.

## 8. Referências

ALMEIDA, Antônio Carlos de. **Caderno de Anotações**. Salvador: SENAI/CEFET, 1978/2008.

ANDRADE, Edna Alves de. **Eletrônica Industrial: Análise de dispositivos e suas aplicações**. 1ª ed. Salvador - Brasil: Novotipo, 1996.

CIPELLI, Antonio Marco Vicari; SANDRINI, Waldir João. **Teoria e desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**. São Paulo - Brasil: Érica, 1979.

LOWENBERG, Edwin C. **Circuitos Eletrônicos**. (Tradução: Ostend. A. Cardim). São Paulo - Brasil: McGraw-Hill do Brasil, 1974.

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica - volume 1**. (Tradução: José Lucimar do Nascimento; revisor técnico: Antonio Pertence Junior). 4ª ed. São Paulo - Brasil: Makron Books, 1995.

KAUFMAN, Milton. **Eletrônica Básica**. (Tradução: Fausto Martins Pires Júnior). São Paulo - Brasil: McGraw-Hill do Brasil, 1984.

Última atualização - 25.04.2006

Autor: Antonio Carlos de Almeida  
URL: [www.almhpg.com](http://www.almhpg.com)  
e-mail: [tonical@almhpg.com](mailto:tonical@almhpg.com)  
Postado em: 14/10/2014