

TIRISTORES

SCR

O SCR é um componente eletrônico semicondutor que trabalha de forma semelhante a um diodo, ou seja, permite a passagem da corrente em um único sentido, mas no início de sua condução é regulado por um eletrodo especial, que recebe o nome de gate (porta).

O gate, através de um impulso elétrico, permite então a condução do SCR.

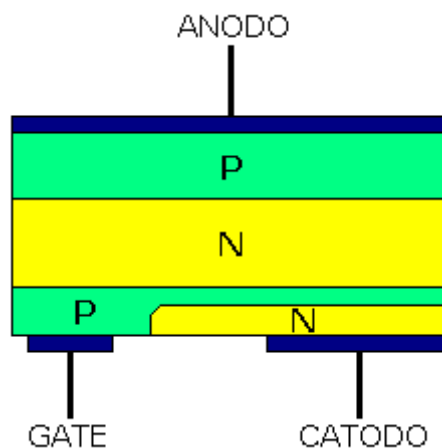
O SCR é formado por uma estrutura de 4 regiões semicondutoras PNPN. Se dividirmos essa estrutura em duas partes, veremos que cada uma delas forma um transistor.

O **SCR** (Silicon Controlled Rectifier) é conhecido como tiristor.

O nome tiristor é proveniente do inglês THYRISTOR (thyatron + transistor, onde o thyatron é um retificador a gás usado antigamente).

A aplicação principal do SCR está no chaveamento eletrônico, onde as tensões de bloqueio e controle de corrente de um transistor não são suficientes.

Veja a seguir a estrutura das quatro regiões semicondutoras de um tiristor ou SCR.



Observa-se na figura acima duas junções PN; a primeira forma a anodo e a última o catodo.

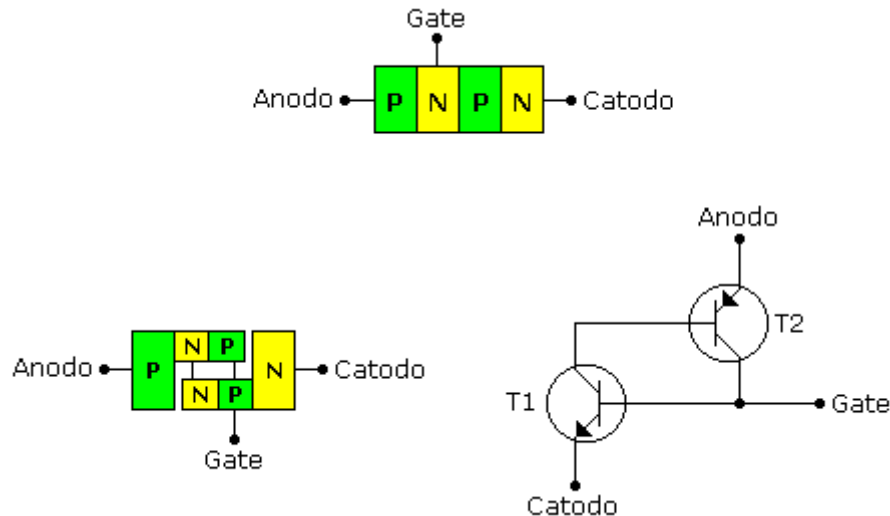
A região que fica junto ao catodo é o gate (porta) que tem a função de levar o dispositivo à condução.

Como essas regiões são divididas em duas partes formando cada uma delas um transistor, observamos que temos um transistor PNP que é constituído pelo anodo e suas regiões contíguas e outro transistor NPN, que é constituído pelo catodo e as duas regiões acima dele.

Esses transistores são unidos eletricamente nas seguintes regiões:

- a base do PNP com o coletor do NPN
- o coletor do PNP com a base do NPN

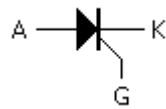
Veja na figura a seguir a estrutura dessa ligação.



O circuito assim obtido forma uma estrutura fortemente realimentada, e dessa forma, qualquer sinal de corrente aplicado ao gate é amplificado e sai pelo coletor do transistor NPN.

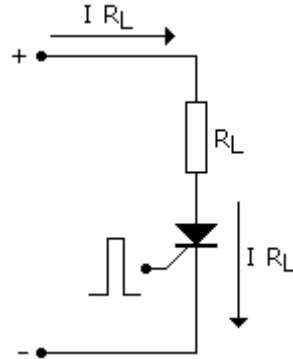
- O sinal é então aplicado à base do PNP e é amplificado novamente em seu coletor.
- Este coletor coincide com o terminal gate, fechando o ciclo de realimentação positiva.
- O crescimento muito rápido da corrente faz com que o dispositivo entre em saturação.
- Nestas condições temos entre o emissor do transistor PNP que coincide com o anodo e o emissor do transistor NPN que forma o catodo uma impedância muito pequena.
- Dessa forma a entrada em condução do SCR depende do sinal aplicado no gate.
- Uma vez em condução, o sinal aplicado no gate perde o controle sobre a corrente que se forma entre o anodo e o catodo, uma vez que, a própria realimentação interna mantém a condução.
- Pode-se, portanto, suprimir o sinal de gate sem influir de modo algum sobre a condução do SCR.
- Para que o SCR entre em condução é necessário que o anodo se torne mais positivo que o catodo.

Simbologia:



FORMAS MAIS COMUNS DE DISPARO DE TIRISTORES (SCRs):

a) Impulso de tensão positiva no gate. É o método mais usado.



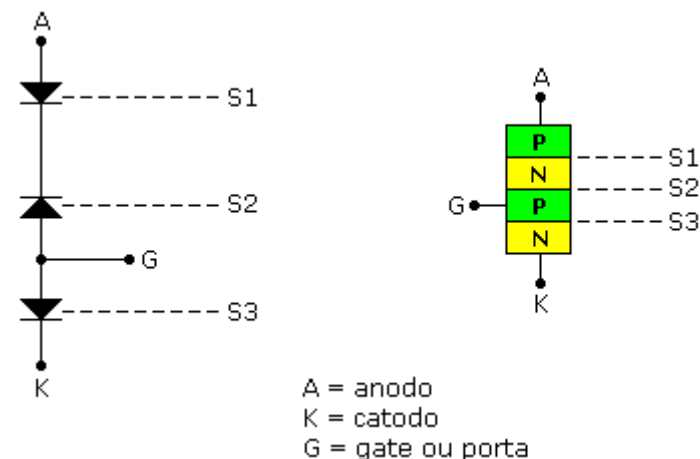
b) Variação brusca da tensão A-K (dv/dt). Neste caso o SCR é disparado pelo efeito capacitivo das junções.

c) Corrente de fuga. Nestas condições a corrente de fuga origina-se pelo excesso de temperatura.

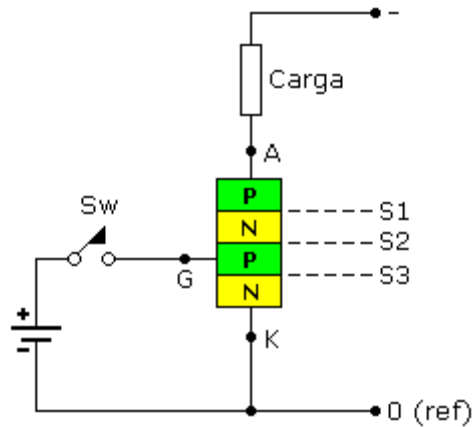
d) Luz. Caso específico de disparo para os fototiristores.

MODO SIMPLIFICADO DE OPERAÇÃO:

As junções formam 3 camadas que denominaremos de S1, S2 e S3, sendo representadas por diodos comuns, conforme ilustra a figura a seguir.

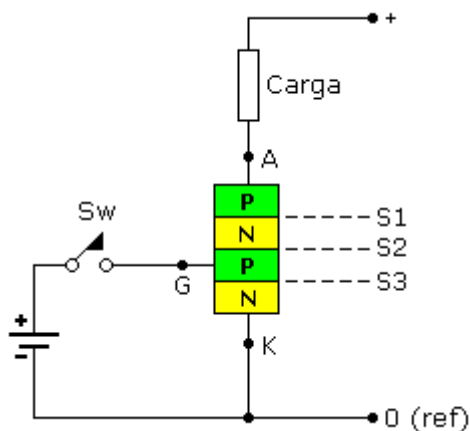


Analisaremos a seguir as condições de bloqueio e condução das camadas S1 a S3, através da aplicação de tensão positiva no gate através da chave Sw.



Não circulará corrente pelo circuito, mesmo com Sw acionada, pois S1 e S3 operam no bloqueio.

Acionando-se Sw, S3 será curto-circuitada e na camada de bloqueio S1 ocorrerá total queda de tensão e a ação de bloqueio ainda continua.

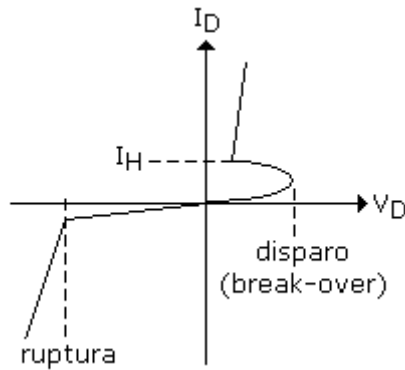


Com Sw aberta o tiristor estará bloqueado pois a secção de passagem S2 opera em bloqueio.

Acionando-se Sw o bloqueio de S2 será eliminado e o tiristor conduzirá, circulando corrente pela carga.

Nestas condições o tiristor comutou no sentido de condução (teoricamente A-K), passando a corrente pela carga.

Como vimos anteriormente, após a condução a tensão de gate pode ser removida, no entanto, para que as condições de condução sejam mantidas torna-se necessário uma pequena corrente de manutenção, que denominamos I_H (holding current).

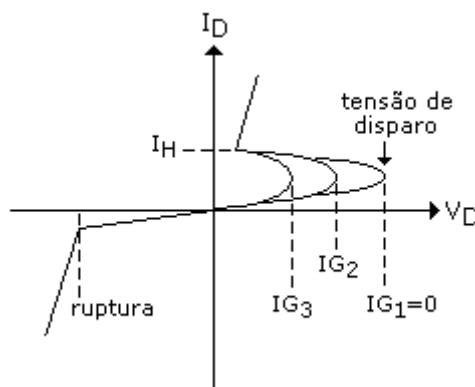


Uma corrente abaixo de I_H leva o SCR ou tiristor ao corte (condição de bloqueio).

FORMAS MAIS COMUNS PARA RETORNAR À CONDIÇÃO DE BLOQUEIO:

- Interrupção da corrente A-K
- Redução de I_H
- Aplicação de pulso negativo no gate
- Curto momentâneo entre A-K

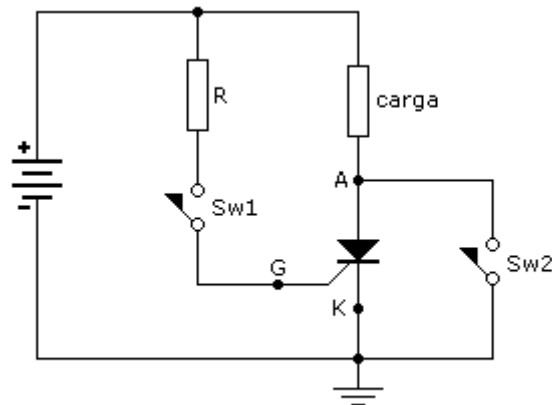
DISPARO POR CORRENTE DE GATE (I_G):



Nestas condições $I_{G3} > I_{G2} > I_{G1}$

- quando $I_G=0$, a tensão aplicada deve atingir a tensão de disparo (break-over);
- ao ser injetada uma corrente no gate, a tensão de disparo vai diminuindo;
- isto significa que se pode disparar o SCR (tiristor) com tensões menores do que a tensão de disparo, controlando o disparo pela corrente aplicada no gate;
- para que o SCR continue conduzindo a corrente I_D não poderá ser reduzida abaixo de I_H .

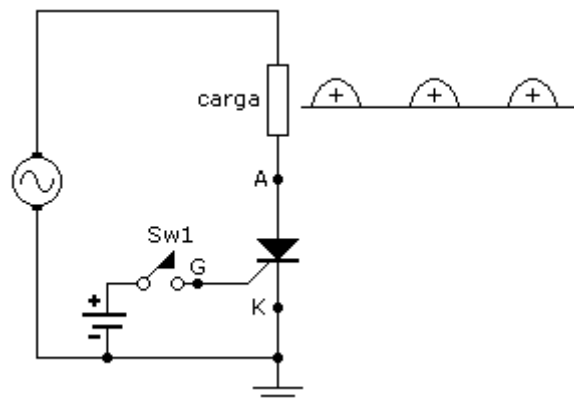
CIRCUITO EXPERIMENTAL – SCR COMO CHAVE EM CIRCUITOS CC



Sw1 e Sw2 inicialmente abertas

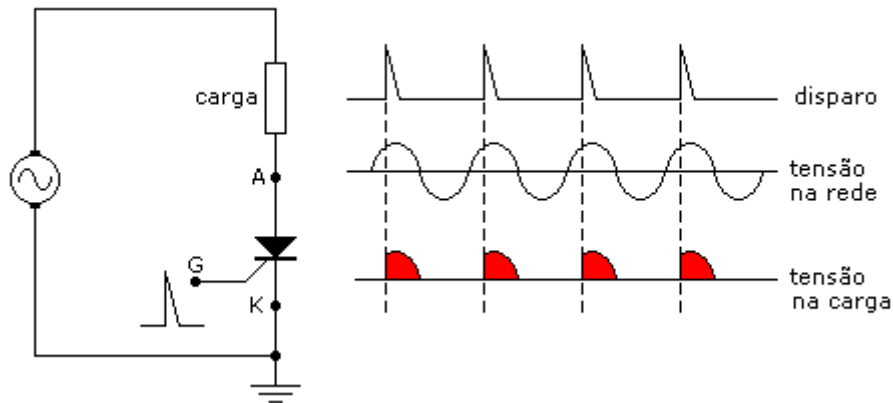
- a) inicialmente não haverá corrente no SCR e na carga, pois teremos a condição de bloqueio;
- b)
- c) fechando e abrindo Sw1, o SCR conduzirá e teremos corrente na carga e no SCR;
- d)
- e) fechando-se Sw2, cessará a corrente no SCR e somente haverá corrente na carga;
- f)
- g) abrindo-se Sw2, não haverá corrente na carga e no SCR, pois voltará à condição inicial (bloqueio).

CIRCUITO EXPERIMENTAL: SCR CONTROLANDO AC



Se mantivermos o SCR disparado (basta para isso comutar Sw1), somente os semiciclos positivos são conduzidos e aparecerão na carga.

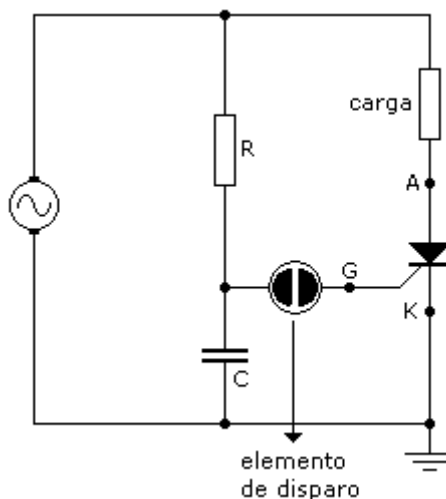
No entanto, podemos aplicar um pulso de tensão no gate de tal forma a fazê-lo conduzir apenas por alguns instantes.



Observa-se que em virtude dos pulsos de disparo, o SCR começou a conduzir depois de iniciado o semiciclo positivo da tensão da rede. Durante o semiciclo negativo o SCR não conduz.

Com isto a tensão na carga ficou reduzida a pouco mais da metade do semiciclo positivo. Pode-se com isto reduzir a potência desenvolvida na carga.

O SCR pode ser usado também operar com um dispositivo de controle, que permite controlar a potência desenvolvida na carga.



A tensão de disparo do SCR é alcançada em função do tempo de carga do capacitor C através do resistor R.

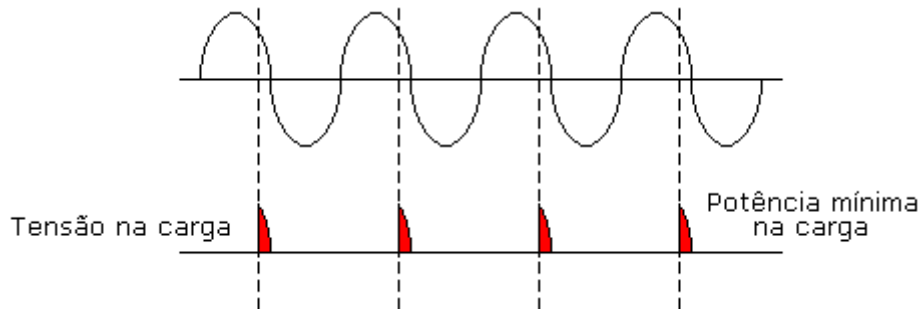
Supondo que essa tensão seja alcançada logo no início do semiciclo, o SCR dispara e conduz praticamente todo o semiciclo para a carga, que então recebe a potência máxima.

Se o valor de R for grande, a constante de tempo aumentará e a tensão de disparo só é alcançada no final do semiciclo, que corresponde a uma potência menor ou mínima.

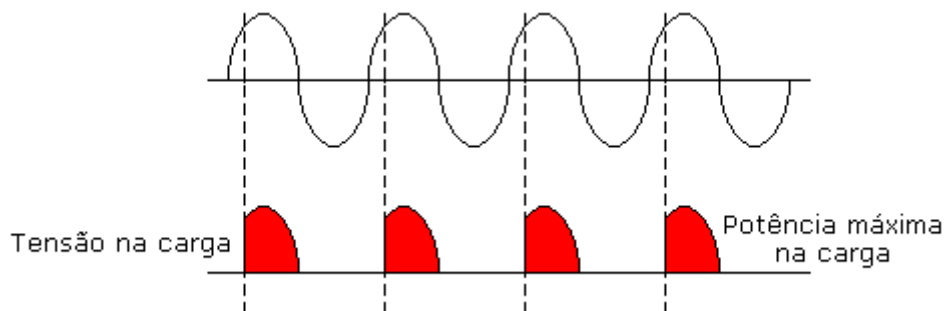
Por outro lado, se mantivermos o SCR com seu gate continuamente polarizado por meio de uma fonte externa, o SCR disparará tão logo tenhamos por volta de 2V

entre o anodo e catodo, fazendo com que na carga apareça apenas os semiciclos positivos.

A figura a seguir mostra a condição de disparo no final do semiciclo, onde a potência desenvolvida na carga é mínima.



A figura a seguir mostra a condição de disparo no início do semiciclo, onde a potência desenvolvida na carga é máxima.



CONCLUSÃO: Modificando-se o ângulo de disparo do semiciclo (início, meio ou fim), controla-se a potência desenvolvida na carga.

Como o ângulo de disparo pode ser controlado pela constante RC, se substituirmos R por um potenciômetro, podemos variar a potência na carga, como por exemplo, o controle de luminosidade de lâmpadas incandescentes.

O SCR atua como uma espécie de relê eletrônico, ligando e desligando uma carga a partir de pequenas correntes; é o caso específico do circuito controlador AC visto anteriormente, onde, mantendo a polarização de gate fixa e aplicando-se AC à entrada, na carga estarão presentes somente os semiciclos positivos.

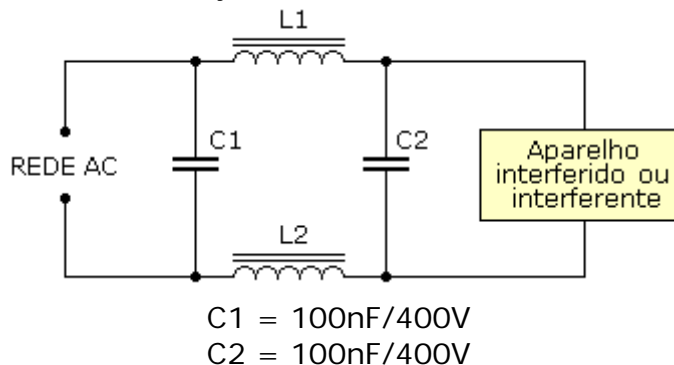
Lembrar que, com polarização de gate externa, o SCR começará a conduzir quando entre anodo e catodo tivermos uma tensão de aproximadamente 2 volts.

INTERFERÊNCIAS: Como o SCR é um dispositivo de comutação rápida, durante o processo de comutação são gerados sinais indesejáveis propagando-se pelo espaço ou pela própria rede de alimentação interferindo em receptores de rádio e televisores.

Circuitos que utilizam SCRs causam interferências e estas devem ser eliminadas. A forma mais comum de se eliminar interferências, tanto do aparelho interferido ou interferente é a utilização de um filtro, que serve para evitar essas interferências através da rede.

No caso das interferências que se propagam pelo espaço na forma de ondas eletromagnéticas, o aparelho interferente deve ser blindado, ligando-se sua carcaça ou chassi à terra.

A figura a seguir mostra um filtro muito utilizado para evitar interferências que se propagam pela rede de alimentação.



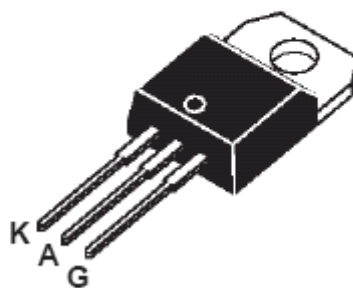
L1 = L2 = 50 a 60 espiras de fio de cobre esmaltado bitola 18, enrolados num bastão de ferrite 10mmØ, com 5 a 10cm. de comprimento.

Ligado em série com o aparelho interferido, o filtro evita que os sinais interferentes que venham pela rede cheguem até ele.

Ligado em série com o aparelho interferente (que usa o SCR), o filtro evita que as interferências geradas saiam do aparelho e se propaguem pela rede.

A figura a seguir mostra um SCR com encapsulamento TO-220AB (plástico), fabricado pela STMicroelectronics.

Sua corrente de operação é de 10A e sua tensão de trabalho pode variar de 200V até 1.000V (TYN210=200V; TYN410=400V; TYN610=600V; TYN810=800V e TYN1010=1.000V).



TO-220AB

Outro SCR muito usado é o TIC 106, cuja corrente de operação é de 5A, para uma tensão de trabalho que varia de acordo com a letra que lhe é atribuída:

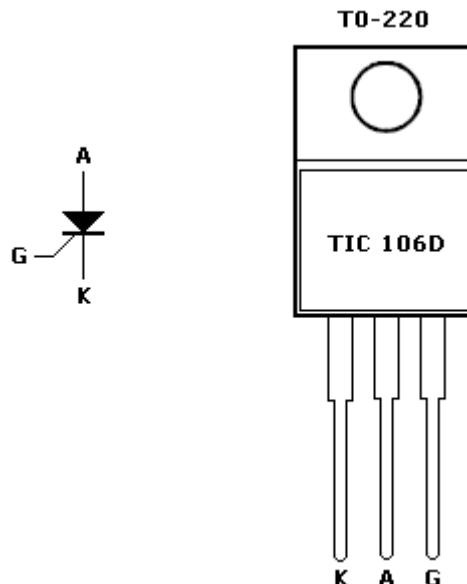
TIC 106D = 400V

TIC 106M = 600V

TIC 106S = 700V

TIC 106N = 800V

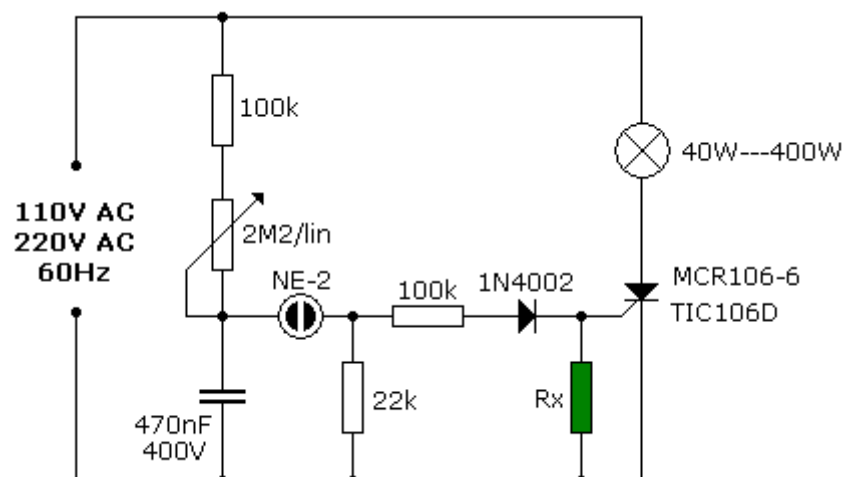
A figura a seguir mostra o aspecto físico do TIC 106, visto por cima; tanto o TIC 106 como o SCR mostrado anteriormente (TYN) tem o seu anodo (A) interligado internamente à parte metálica que serve para acoplá-lo mecanicamente a um dissipador de calor.



CIRCUITO PRÁTICO – SINALIZADOR

Com a montagem do circuito abaixo poderemos conseguir piscadas lentas, uma cada 10 segundos, ou mais rápidas, até apenas algumas por segundo.

O projeto pode ser usado como lâmpada sinalizadora de portões, garagens, topo de torres, etc.



Os resistores são de 1/4W de dissipação.

Caso seja utilizado o SCR TIC106D (Texas) o resistor Rx deve ser acrescentado ao circuito (seu valor típico é da ordem de 1kΩ a 22kΩ).

Esse resistor tem por finalidade evitar o disparo acidental do SCR, pela corrente de fuga que pode originar-se devido a uma tensão muito alta entre anodo e catodo. Para o SCR MCR106-6 (Motorola) não há necessidade desse resistor.

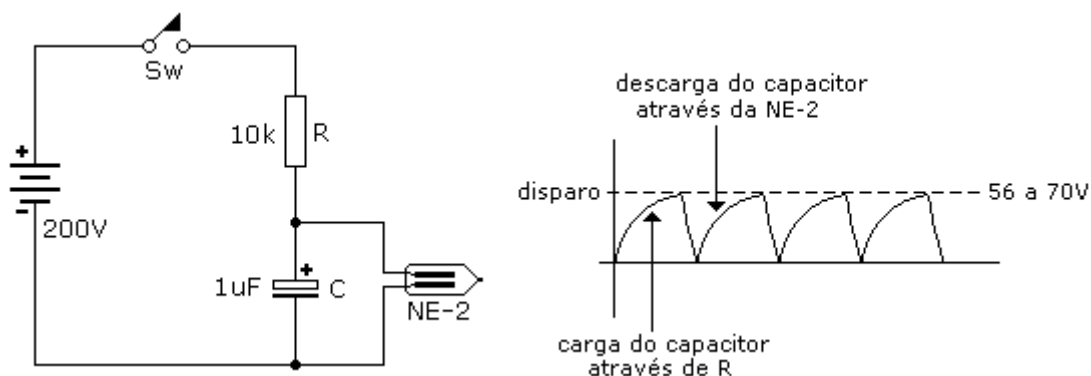
O capacitor carrega-se através do potenciômetro e do resistor de 100k, até atingir uma determinada tensão, suficiente para disparar a lâmpada neon NE-2.

A NE-2 tem uma tensão de disparo da ordem de 70V.



A figura a seguir mostra um circuito oscilador (relaxação) com lâmpada Neon NE-2 (disparo entre 56 a 70V)

FUNCIONAMENTO DE UMA LÂMPADA NEON NE-2



a) quando Sw é acionada o capacitor começa a carregar-se através de R, até atingir a tensão de disparo da NE-2;

b) quando ocorre o disparo, a resistência entre os eletrodos da NE-2 torna-se praticamente nula, fazendo com que o capacitor descarregue-se através dela;

c) como resultado, temos a forma de onda mostrada ao lado, onde se observa que o tempo de carga é maior do que o tempo de descarga, levando-se em conta as constantes de tempo RC.

A constante de tempo de carga é:

$$\tau = RC = (10 \cdot 10^3) \cdot (1 \cdot 10^{-6}) = 10\text{ms}$$

Quando a lâmpada neon dispara a resistência entre seus eletrodos é da ordem de alguns ohms, por isso, o tempo de descarga é infinitamente menor.

Dessa forma origina-se uma onda com o aspecto de uma forma de onda “dente de serra”.

O diodo 1N4002, evita que picos de tensão negativos cheguem ao gate, evitando que o tiristor seja momentaneamente bloqueado, em outras palavras, evita a inversão da corrente de gate.

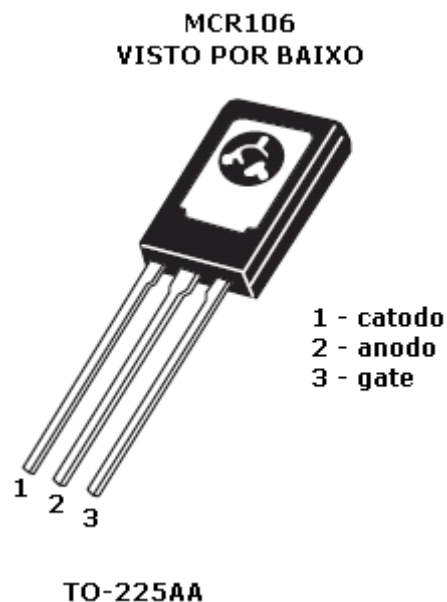
Se for usada uma lâmpada até 40W não é necessário utilizar um dissipador de calor para o SCR; acima disso um dissipador de calor com bom acoplamento térmico torna-se necessário.

O potenciômetro de 2M2 ajusta a velocidade das piscadas da lâmpada, ou seja, a frequência.

O capacitor a ser utilizado é do tipo cerâmico ou poliéster, com isolamento mínima de 400V.

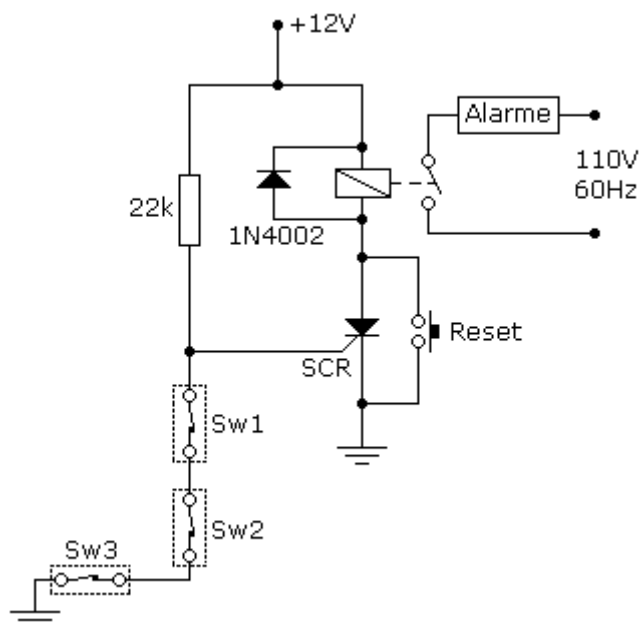
Em virtude do circuito não ser isolado da rede, o mesmo deve ser manuseado com cuidado para evitar choques elétricos.

A figura a seguir mostra o aspecto físico do SCR MCR106-6



O MCR106 é fabricado pela Motorola e apresenta duas tensões de operação:
MCR106-6 – 400V
MCR106-8 – 600V

APLICAÇÃO: ALARME 1



O circuito mostra um dispositivo de alarme simples. Quando qualquer uma das chaves Sw1 a Sw3 (reed-switch) for acionada o SCR dispara, fazendo com que o relé atraque, acionando um alarme.

As chaves Sw1 a Sw3 estão normalmente fechadas, levando o gate a zero, e portando o SCR estará bloqueado.

Quando qualquer uma delas for acionada, ou seja aberta, o gate receberá o impulso proveniente da alimentação através do resistor de 22k, disparando o SCR.

O diodo 1N4002 em paralelo com o relê tem por finalidade proteger sua bobina contra os surtos de tensão durante a retração do campo magnético.

Para levar o SCR à condição de bloqueio, e conseqüentemente desativar o alarme, basta pressionar a chave "reset".

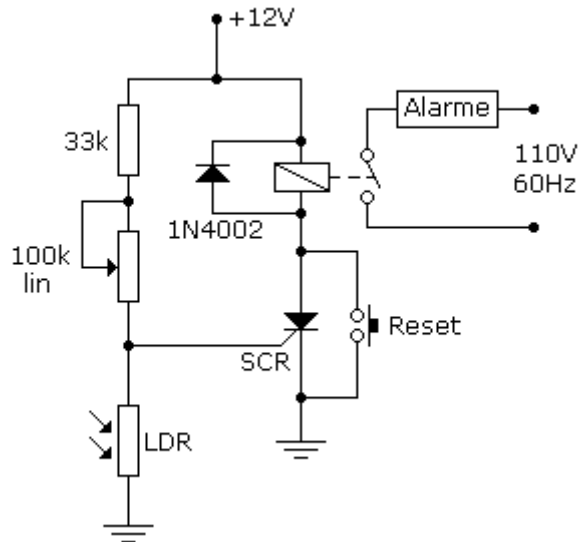
APLICAÇÃO: ALARME 2

O circuito a seguir tem o funcionamento idêntico ao primeiro, exceto que, o disparo ocorre quando não existe iluminação sobre o LDR.

Quando o LDR está iluminado sua resistência é baixa, fazendo com que o SCR opere no bloqueio.

Quando a iluminação é interrompida (por exemplo, corte de um feixe luminoso) a resistência do LDR aumenta, aumentando a tensão e corrente de gate, levando o SCR à condução. Nestas condições o relé atraca e o alarme é acionado.

Para interromper o alarme basta pressionar o botão "reset" como no caso anterior.



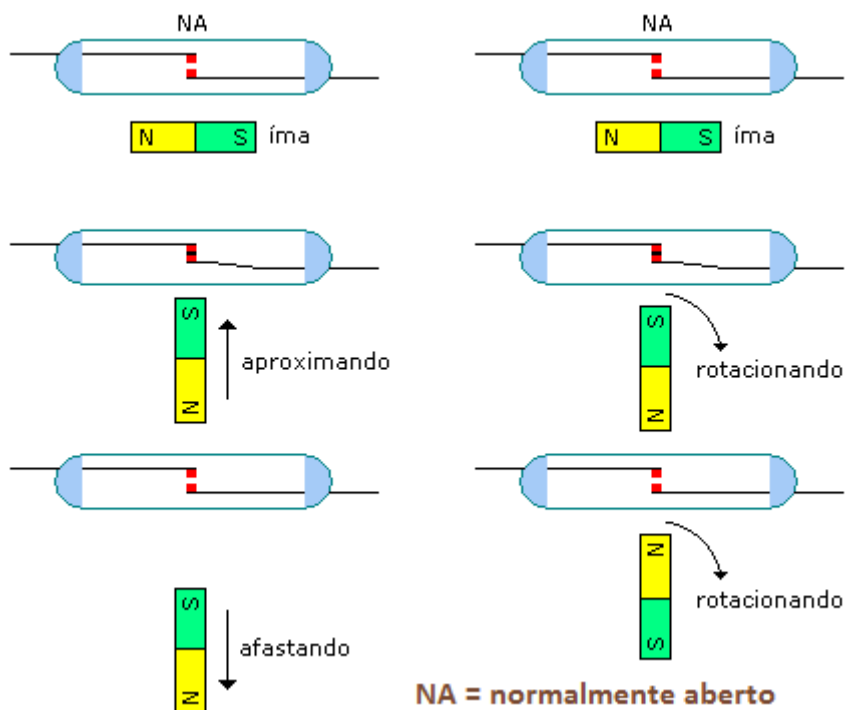
COMO FUNCIONA O REED-SWITCH

Um interruptor magnético de lâminas (reed-switch) é um dispositivo que contém duas lâminas flexíveis de material ferromagnético (NiFe), seladas hermeticamente dentro de uma cápsula de vidro que é preenchida com um gás inerte.

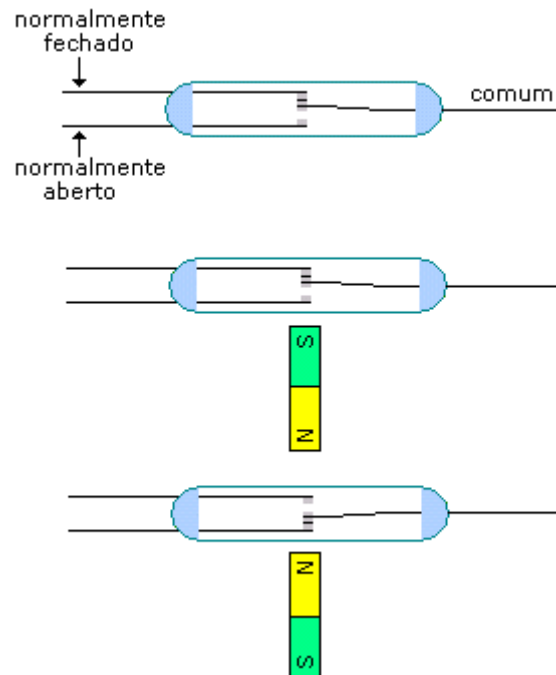
Essa atmosfera de gás inerte protege as regiões de contato elétrico das lâminas impedindo as oxidações. As lâminas estão sobrepostas, porém separadas por um pequeno espaço.

As regiões que entrarão em contato são folheadas com um metal nobre tal como ródio ou rutênio, de modo a proporcionar características elétricas estáveis e de notável longevidade.

A figura a seguir mostra o aspecto de um "reed-switch" e suas características de funcionamento.



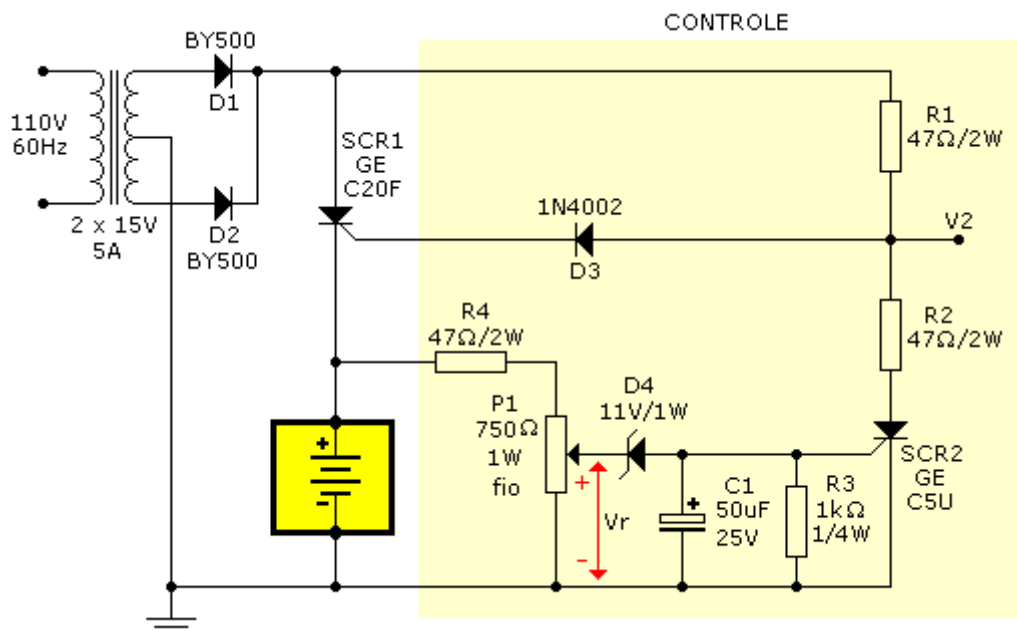
A figura a seguir mostra um reed-switch com dois contatos, onde em relação ao eletrodo comum, um é NA e outro NF (normalmente aberto e normalmente fechado respectivamente).



A lâmina que representa o eletrodo comum movimenta-se de acordo com a polaridade magnética que lhe é imposta externamente.

APLICAÇÃO: CARREGADOR DE BATERIA

O circuito a seguir mostra o SCR atuando como regulador de carregador de bateria, ou seja, indicador de bateria carregada.



FUNCIONAMENTO:

1 – D1 e D2, formam um retificador de onda completa.

2 – Quando a tensão da bateria for baixa, o diodo zener não conduz, pois a tensão V_r (referência) é baixa para permitir a condução do mesmo.

3 – Nestas condições o diodo zener é efetivamente um circuito aberto, mantendo assim o SCR2 desligado.

4 – Quando a bateria começa a carregar-se sua tensão vai aumentando e aumenta também a tensão de referência V_r , fazendo com que o diodo zener conduza, disparando SCR2.

5 – Assim, SCR2 corresponderá a um curto-circuito, resultando no divisor de tensão formado por R1 e R2, que manterá a tensão V_2 em um nível muito baixo, não permitindo mais a condução de SCR1.

Lembrar que, o diodo D3 somente conduzirá se o seu anodo for mais positivo do que o catodo.

Quando o SCR2 dispara, praticamente temos a metade da tensão em V_2 , devido aos resistores que formam o divisor de tensão (R1 e R2) serem iguais. Em relação à tensão na saída do retificador (que alimenta o anodo de SCR1) e a tensão V_2 , a tensão no anodo de D3 é menos positiva do que a tensão no seu catodo.

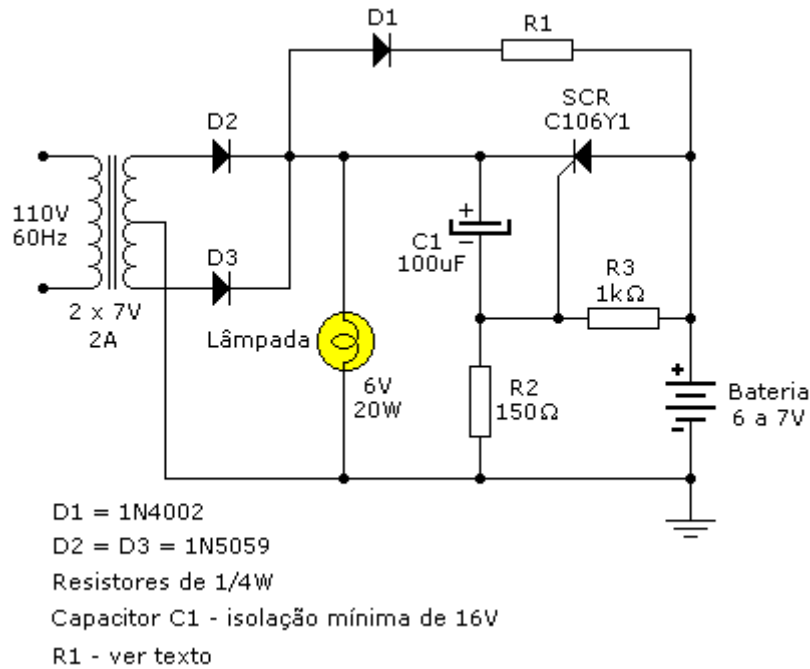
6 – Quando isto ocorre, indica que a bateria está completamente carregada e como o SCR1 está bloqueado, resultará na interrupção da corrente de carga.

7 – O capacitor C1 evita oscilações bruscas de tensão, evitando o disparo acidental de SCR2.

8 – CONCLUSÃO: o regulador (controle) recarrega a bateria sempre que a tensão cai e evita a sobrecarga quando ela está completamente carregada.

APLICAÇÃO: ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA

O circuito mostrado a seguir é um sistema de iluminação de emergência, que tem por objetivo manter a carga de uma bateria de 6V (pode ser utilizada também uma bateria de *moto* ou de *no-break*).

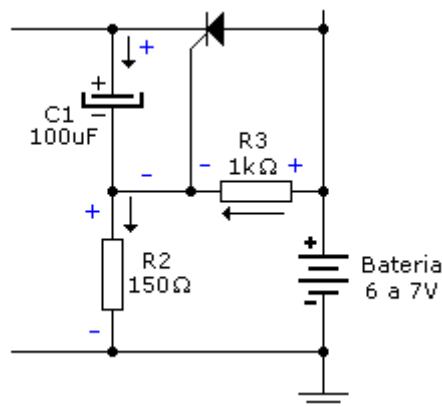


Na falta de energia elétrica o sistema entra em ação e a lâmpada de 6V continua funcionando através da bateria.

FUNCIONAMENTO:

1 – Enquanto houver energia, a lâmpada estará acesa devido ao retificador de onda completa formado pelos diodos D2 e D3.

2 – O capacitor C1 carregará até uma tensão aproximadamente igual a tensão de pico do retificador de onda completa e a tensão nos terminais de R2 que é produzida pela bateria de 6V.



3 – Em qualquer situação o potencial no catodo do SCR é mais alto do que no anodo e a tensão gate-catodo é negativa, garantindo o bloqueio do SCR.

4 – Nestas condições a bateria está sendo carregada através de D1 e R1. O valor de R1 neste caso deve ser escolhido em função da carga desejada para a bateria e da potência, uma vez que é ele que determina a taxa de carga da bateria. Lembrar que, a




bateria estará sendo carregada apenas quando o anodo de D1 for mais positivo do que seu catodo.

5 – Havendo falta de energia, o capacitor C1 se descarregará através de D1, R1, R3 e R2 e também pela resistência da lâmpada, até que o catodo do SCR seja menos positivo do que o seu anodo e ao mesmo tempo, o nó formado pelos resistores R2 e R3 se tornará positivo, estabelecendo uma tensão suficiente no gate-catodo do SCR para dispará-lo.

6 – Uma vez disparado, a bateria se descarregará através do SCR mantendo a lâmpada acesa.

7 – Ao voltar a energia, o capacitor C1 voltará a carregar-se, retornando à situação inicial, restabelecendo o bloqueio do SCR.

A figura a seguir mostra o aspecto físico de tiristores de alta corrente e portanto, alta potência, produzindo alta dissipação de calor. Os mesmos possuem corpo metálico dotados de rosca para fixação em dissipador de calor.

 <p>SKT 10 SEMIKRON Corrente de operação (I_{TAV}) – 10A Corrente máxima (I_{TRMS}) 30A Tensão (V_{RRM}, V_{DRM}) SKT 10/06D = 600V SKT 10/08D = 800V SKT 10/12E = 1.200V</p>	 <p>SKT 40 SEMIKRON Corrente de operação (I_{TAV}) – 40A Corrente máxima (I_{TRMS}) 63A Tensão (V_{RRM}, V_{DRM}) SKT 40/04D = 400V SKT 40/06D = 600V SKT 40/08D = 800V SKT 40/12E = 1.200V SKT 40/14E = 1.400V SKT 40/16E = 1.600V SKT 40/18E = 1.800V</p>	 <p>SKT 300 SEMIKRON Corrente de operação (I_{TAV}) – 300A Corrente máxima (I_{TRMS}) 550A Tensão (V_{RRM}, V_{DRM}) SKT 300/04D = 400V SKT 300/08D = 800V SKT 300/12E = 1.200V SKT 300/14E = 1.400V SKT 300/16E = 1.600V</p>
---	---	---

Significado de alguns parâmetros importantes:

I_{TRMS} = máxima corrente alternada eficaz condutível

I_{TAV} = máxima corrente contínua em condução

V_{TM} = tensão direta máxima em condução (180°)

V_{RRM} , V_{DRM} = tensão reversa máxima repetitiva aplicável sem produzir condução. Em outras palavras, é a tensão máxima que pode aparecer nos terminais de um SCR quando ele se encontra desligado. Essa tensão é denominada também de *tensão de trabalho*.

V_{RSM} = tensão reversa máxima de surto ¹ (pode ocorrer a destruição do tiristor).

I_{GT} = corrente mínima de gate para produzir condução

I_{GD} = corrente máxima de gate aplicável sem produzir condução

V_{GT} = tensão de gate necessária para produzir condução

V_{Gtmax} = tensão de gate máxima para condução

V_{Gtmin} = tensão de gate mínima para garantir corrente de condução

Quando as correntes e potências envolvidas são mais elevadas, são utilizados tiristores (SCRs) com formato tipo “cápsula” (Capsule Thyristor), conforme ilustra a figura a seguir:

		
SKT 240 – SEMIKRON Corrente de operação (I_{TAV}) – 240A Corrente máxima (I_{TRMS}) 600A Tensão (V_{RRM} , V_{DRM}) SKT 240/04E = 400V SKT 240/08E = 800V SKT 240/12E = 1.200V SKT 240/14E = 1.400V SKT 240/16E = 1.600V SKT 240/18E = 1.800V	SKT 551 SEMIKRON Corrente de operação (I_{TAV}) – 550A Corrente máxima (I_{TRMS}) 1.200A Tensão (V_{RRM} , V_{DRM}) SKT 551/08E = 800V SKT 551/12E = 1.200V SKT 551/14E = 1.400V SKT 551/16E = 1.600V SKT 551/18E = 1.800V	SKT 2400 SEMIKRON Corrente de operação (I_{TAV}) – 2.400A Corrente máxima (I_{TRMS}) 5.700A Tensão (V_{RRM} , V_{DRM}) SKT 2400/12E = 1.200V SKT 2400/14E = 1.400V SKT 2400/16E = 1.600V SKT 2400/18E = 1.800V

PERGUNTAS E RESPOSTAS SOBRE TIRISTORES (SCRs)

1. Além da condução através do gate, existe outro meio de colocar em estado de condução um tiristor?

O tiristor entra também em condução mediante a aplicação de uma tensão superior a um certo nível, entre o anodo e o catodo.

2. Como se pode bloquear o tiristor quando este se acha no estado de condução?

Mediante a aplicação de uma corrente inversa entre anodo a catodo. O tempo dessa aplicação deve ser superior ao “tempo de bloqueio”.

3. Qual é a principal aplicação dos tiristores?

A retificação controlada das tensões alternadas, com a possibilidade de variar o ângulo de condução, ou seja, variando-se o ângulo de condução obtém-se um sistema chamado de “controle de fase”.

4. De que modo se pode decompor o tiristor para analisar o seu funcionamento?

¹ Surto - Variação brusca e momentânea da corrente ou da tensão de um circuito elétrico.

Em dois transistores, um PNP e outro NPN. Ligam-se respectivamente, a base e o coletor do primeiro ao coletor e à base do segundo.

5. A que região da estrutura é ligado o eletrodo de controle do gate do tiristor?

É ligado na região que se acha em contato com o catodo.

6. A corrente que atravessa o tiristor pode ser controlada pelo sinal de gate?

Não. O sinal do gate provoca somente o disparo do componente, ou mais precisamente, sua entrada em condução. A partir daí perde qualquer possibilidade de controle sobre o tiristor.