

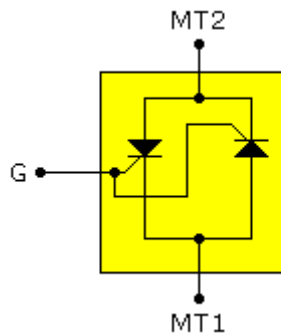
TIRISTORES

TRIAC

O TRIAC é um componente semicondutor que nasceu da necessidade de se dispor de um interruptor controlado, que apresentasse as características funcionais de um SCR, mas que permitisse o controle do ciclo completo da corrente alternada.

A palavra TRIAC é uma abreviação da denominação inglesa *Triode AC* que significa tríodo para corrente alternada. Como o próprio nome indica, o componente dispõe de três eletrodos.

O circuito equivalente é mostrado na figura a seguir.



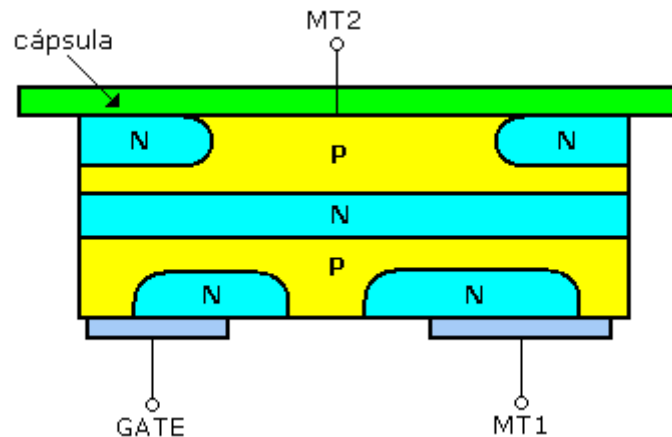
Para se conseguir a operação em AC, utilizam-se dois SCRs em ligação antiparalela.

MT2 = terminal principal 2 (Main Terminal 2)

MT1 = terminal principal 1 (Main Terminal 1)

G = gate ou porta

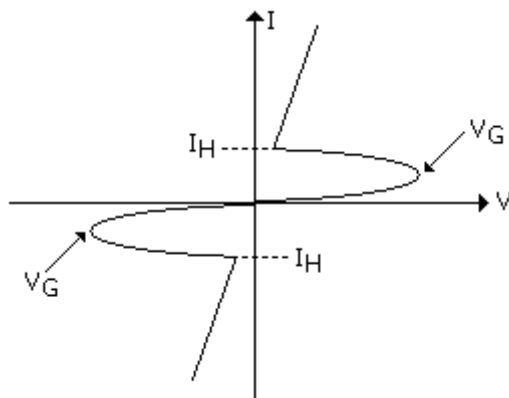
Veja na figura a seguir a estrutura interna de um TRIAC.



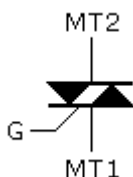
Sua estrutura compõe-se de dois sistemas interruptores, sendo um PNPN e outro NPNP, ligados em paralelo. Seu circuito equivalente é composto de dois SCRs complementares, ou seja, ligados em paralelo com polaridade invertida.

Observam-se no desenho os dois eletrodos principais MT2 e MT1, que neste caso não são denominados anodo e catodo, pois trabalham com dupla polaridade na tensão alternada.

As curvas características assemelham-se as dos SCRs exceto que o TRIAC conduz nos quadrantes I e III.

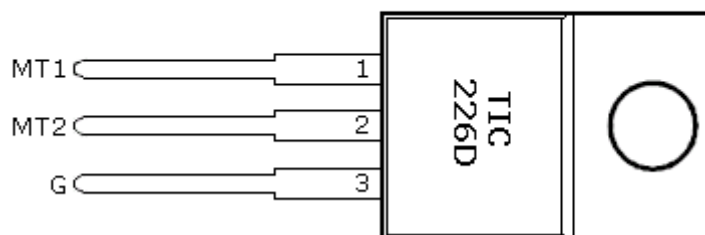


A simbologia normalmente utilizada para o TRIAC é mostrada a seguir.



A figura a seguir mostra o aspecto físico de um TRIAC largamente utilizado, o TIC 226.

TO-220
Visto por cima (top view)



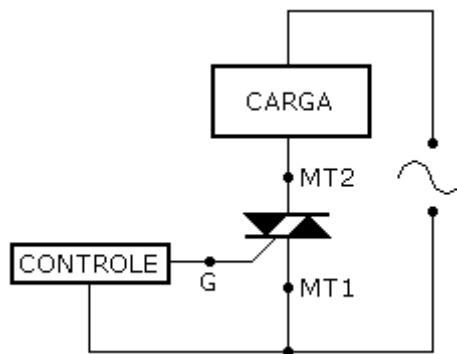
ESPECIFICAÇÕES PARA O TIC 226

- Corrente de operação RMS = 8A
- TIC 226D = tensão de trabalho: 400V
- TIC 226M = tensão de trabalho: 600V
- TIC 226S = tensão de trabalho: 700V
- TIC 226N = tensão de trabalho: 800V

OBS: o terminal MT2 para esse tipo de TRIAC é interligado à base metálica do mesmo, a qual deve ser acoplada a um dissipador de calor, caso o mesmo opere com correntes e potências elevadas.

A figura a seguir mostra uma forma de ligar um TRIAC.

Usa-se apenas em corrente alternada (AC), e sua forma clássica de disparo é aplicando-se uma tensão positiva ou negativa no gate, o que permite fazer com que o mesmo dispare em qualquer dos semiciclos.



Tensão típica de disparo: 2V
Corrente de disparo: entre 10 e 200mA

FORMAS DE DISPARO:

Existem 4 modos diferentes para disparo de um TRIAC, levando-se em conta que o referencial é sempre o MT1.

- 1) Neste caso o terminal MT2 estará positivo em relação a MT1: tensão de gate positiva, provocando a entrada de corrente através deste terminal cujo sentido é considerado positivo;
- 2) Neste caso o terminal MT2 estará positivo em relação a MT1: a corrente de gate sai do componente e neste caso temos uma tensão de gate negativa;
- 3) Neste caso o terminal MT2 estará negativo em relação a MT1: e a tensão de gate positiva, ou seja, com a corrente entrando no componente;
- 4) Neste caso o terminal MT2 estará negativo em relação a MT1: e a tensão de disparo será através de um pulso negativo.

Nas modalidades 1 e 4 obtém maior sensibilidade de disparo para o TRIAC em relação às outras possibilidades.

Na modalidade 3 a sensibilidade é decididamente menor e na modalidade 2 é ainda mais reduzida. Na modalidade 2 somente deverá ser utilizada em TRIACs concebidos especialmente para esse fim.

ESPECIFICAÇÕES MAIS COMUNS PARA OS TRIACs:

Da mesma forma que nos SCRs precisamos conhecer alguns parâmetros dos TRIACs para o desenvolvimento de projetos:

Tensão máxima de trabalho (V_{DRM}):

É máxima tensão que pode aparecer nos terminais de um TRIAC, quando ele se encontra no estado de não condução (desligado). Para a maioria dos casos esse valor

refere-se à tensão de pico de uma tensão senoidal, já que a aplicação principal do dispositivo é em tensões alternadas.

Corrente máxima (I_{TRMS}):

Trata-se do valor eficaz da corrente alternada

Corrente de disparo (I_{GT}):

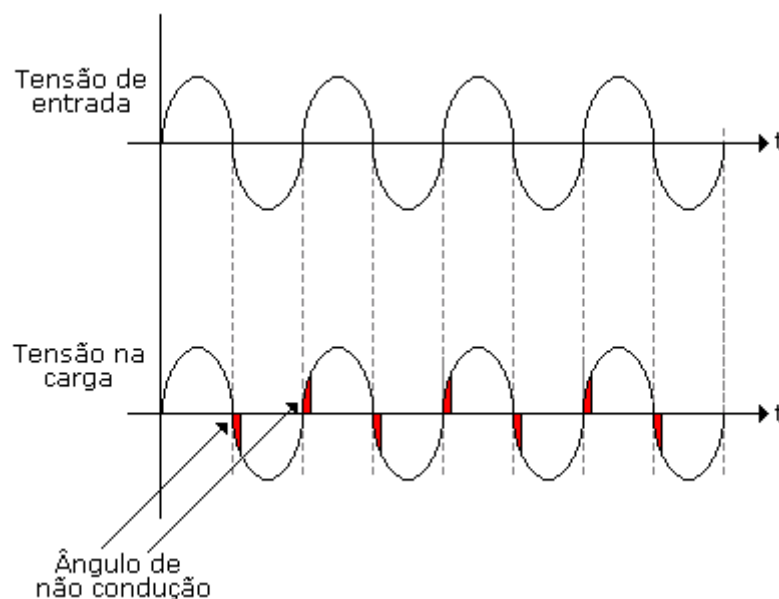
É a corrente necessária para disparar o TRIAC. É muito importante saber o máximo valor dessa corrente, geralmente especificada pelo fabricante, para evitar danos ao mesmo.

DIFERENÇA IMPORTANTE ENTRE SCRs E TRIACs:

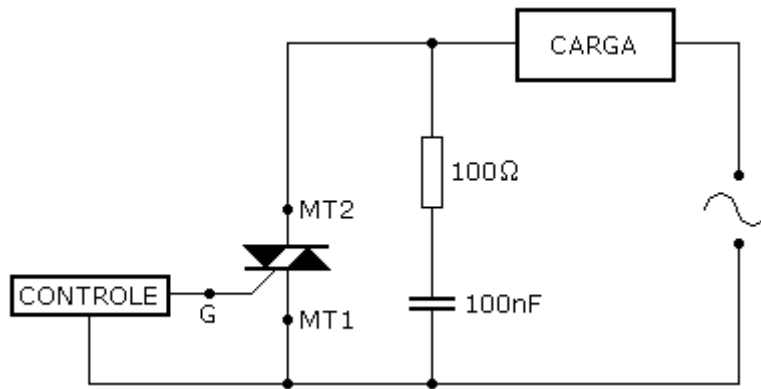
A diferença mais importante entre o funcionamento de um TRIAC e de um SCR é que o SCR somente conduzirá pelo período de meio ciclo, quando for corretamente disparado, bloqueando-se quando a corrente muda de polaridade; no TRIAC essa condução se dá nos dois semiciclos e somente ocorrerá o bloqueio quando a corrente passa pelo valor zero (ou muito próximo a ele).

Isto implica numa pequena perda do ângulo de condução, mas não acarreta problemas se a carga for resistiva, onde temos a corrente em fase com a tensão.

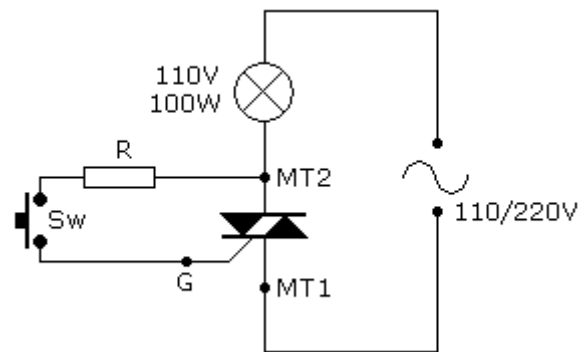
No caso de cargas reativas enrolamento de um motor, por exemplo), é preciso levar em conta no esquema do circuito que, no momento em que a corrente passa pelo zero, não coincide com a mesma situação da tensão aplicada. Isto acontece porque nesses momentos ocorrem impulsos de tensão entre os dois terminais do TRIAC.



A figura a seguir ilustra uma maneira de contornar esse problema, bastando para isso, acrescentar em paralelo com o TRIAC um resistor e um capacitor ligados em série, com valores típicos da ordem de 100Ω e 100nf respectivamente.



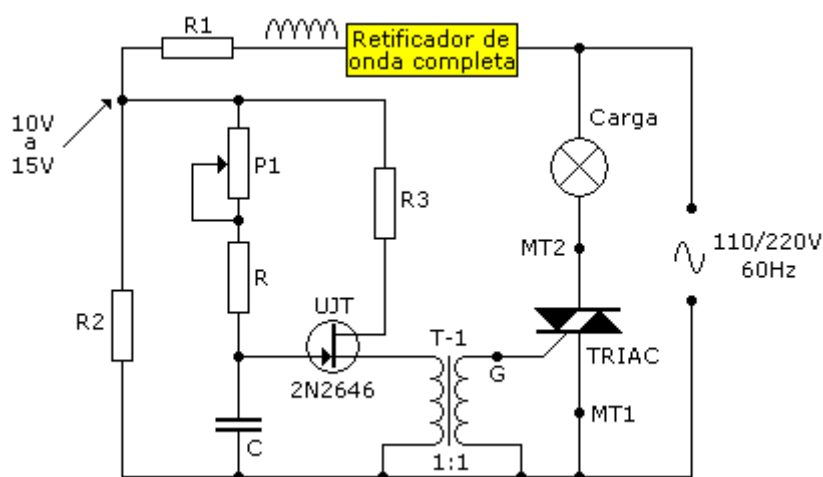
Um circuito bastante comum é um interruptor eletrônico com TRIAC conforme ilustra a figura a seguir.



Quando Sw é acionada, teremos uma corrente de disparo que liga o TRIAC nos dois semiciclos da corrente alternada, alimentando assim a lâmpada.

O circuito acima não permite uma variação da potência na carga, no entanto, é possível variar a potência na carga, variando-se o ângulo de condução de cada um dos semiciclos, mediante pulsos de disparo obtidos através de circuitos especiais.

Veja o circuito a seguir.

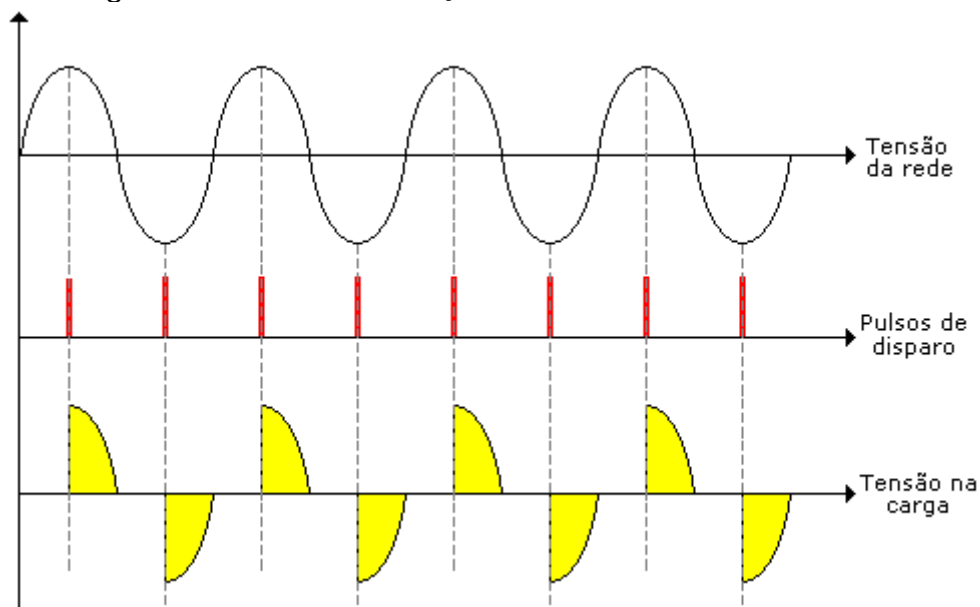


O circuito em questão é um *dimmer* que controla a luminosidade de uma lâmpada comum (incandescente).

FUNCIONAMENTO:

- 1) O retificador de onda completa tem por finalidade fornecer ao circuito de disparo um semiciclo positivo;
- 2) O circuito de disparo é constituído por um transistor de unijunção (UJT) acoplado ao gate através de um transformador de pulsos (T-1);
- 3) A relação de espiras desse transformador de pulsos é 1:1, ou seja, tem a função de apenas isolar o circuito de disparo do TRIAC;
- 4) Quando tem início um semiciclo da tensão de alimentação alternada, que aparece após o retificador de onda completa, o capacitor C carrega-se através do resistor R, até ser atingido o ponto de disparo do UJT;
- 5) Quando o UJT dispara, o capacitor C descarrega-se através do enrolamento primário do transformador de pulsos (T-1);
- 6) Isto faz aparecer no secundário do mesmo um pulso de curta duração, suficiente para disparar o TRIAC;
- 7) Através do potenciômetro P1, podemos alterar a constante de tempo de carga RC, e assim, alterar o ângulo de disparo do dispositivo.

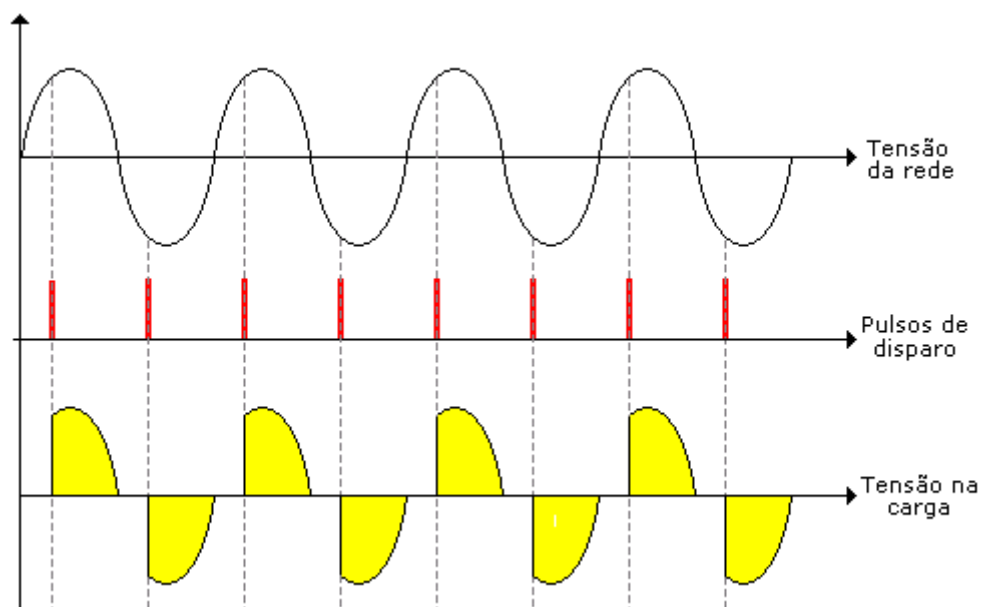
A figura a seguir mostra essa condição.



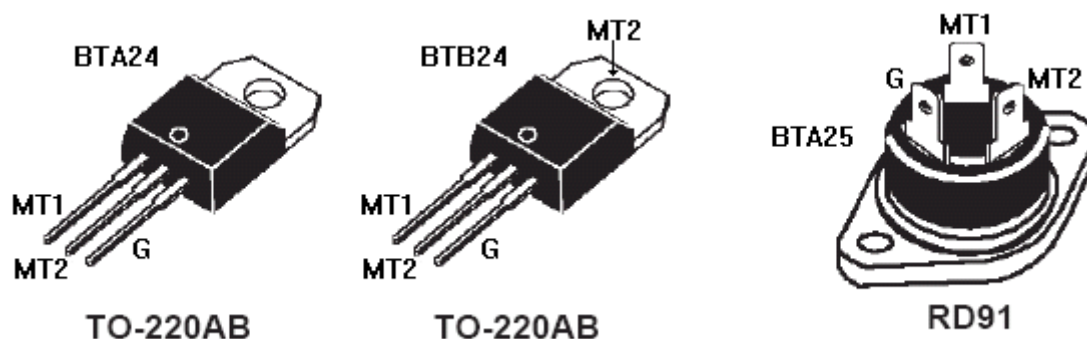
Observa-se claramente que a potência na carga foi reduzida pela metade. O disparo ocorreu em 90° e 270° respectivamente, ou seja, na carga efetivamente circula corrente proveniente da metade de cada semiciclo.

No caso de adiantarmos o ângulo de disparo (antes de 90°), por exemplo, 45°, obtém-se mais potência na carga, conforme ilustra a figura a seguir.

Se uma lâmpada incandescente estiver sendo utilizada como carga, seu brilho aumentará.



A figura a seguir ilustra três TRIACs para 25 ampères, fabricados pela SGS Thomson. A tensão de trabalho (V_{DRM} / V_{RRM}) é de 600V e 800V, de acordo com sua codificação.



Por exemplo, o BTA24-600 significa que o TRIAC opera com 600 volts e o terminal MT2 é isolado da base de fixação; BTB24-600 é o mesmo TRIAC, porém com o terminal MT2 não isolado da base de fixação, ambos com encapsulamento do tipo TO-220AB.

Observa-se que esse fabricante especifica a isolação ou não desse terminal com a base de fixação, usando as letras A ou B.

O TRIAC BTA25-800, por exemplo, opera com 800 volts, seu terminal MT2 é isolado da base de fixação e seu encapsulamento é do tipo RD91. Este tipo de encapsulamento permite que o TRIAC seja montado em radiadores para encapsulamento TO-3.

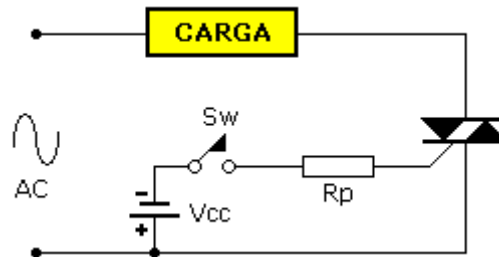
CIRCUITOS PRÁTICOS PARA DISPARO DE TRIACs:

Como vimos anteriormente existem muitas possibilidades de se realizar na prática o disparo de um TRIAC. Pode-se então escolher o modo mais adequado para isso, dependendo do tipo de aplicação.

De qualquer forma, a realização do disparo resume-se em duas variantes fundamentais:

- Disparo com corrente contínua
- Disparo com corrente alternada

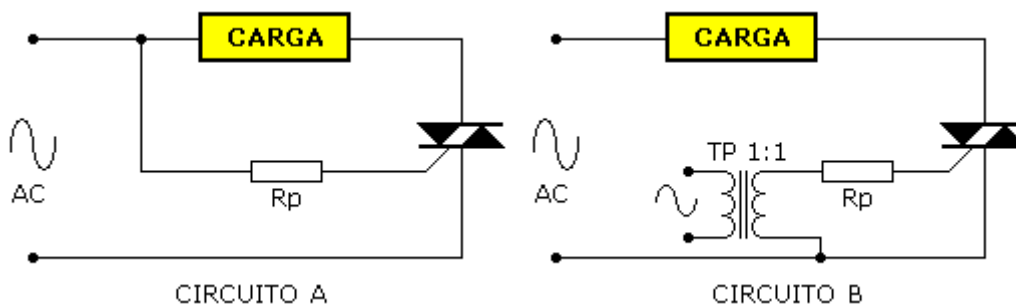
Circuito prático 1:



A tensão de disparo provém de uma fonte de tensão contínua aplicada ao gate do TRIAC através de um resistor limitador R_p . Esse resistor deve ter um valor suficiente para impedir que a corrente de gate exceda os limites especificados pelo fabricante.

É absolutamente necessário dispor de um elemento em série com a corrente de disparo, para funcionar como controle. Pode ser desde um simples interruptor mecânico (no caso deste circuito a chave Sw) ou um transistor que tenha uma função de comutador.

Circuito prático 2:

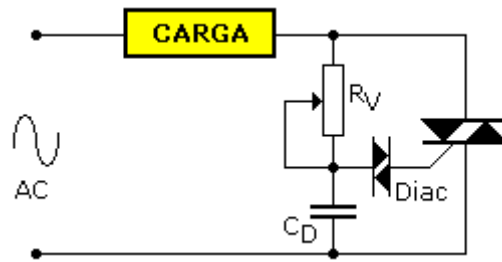


O circuito "B" mostra o disparo por meio de corrente alternada feito por um transformador de pulso. Pode ser um transformador de pulsos com relação de espiras 1:1 (TP 1:1) ou qualquer outro tipo de transformador que forneça uma tensão de disparo suficiente para gerar uma corrente de gate adequada ao projeto.

O circuito "A" mostra outra possibilidade de disparar o TRIAC através da tensão da rede, por meio de um resistor R_p adequado para limitar a corrente de gate, evitando assim danos ao TRIAC.

Circuito prático 3:

Uma forma muito usada para disparar o TRIAC é através de um componente chamado "diac" (abreviação inglesa de *DIODE AC*), conforme ilustra a figura a seguir.



O "diac" é um dispositivo que tem uma estrutura interna semelhante a do TRIAC, porém sem o terminal de gate. Assim o dispositivo conduz a partir de uma determinada tensão aplicada entre os seus terminais. Depois de disparado, a tensão entre os seus terminais cai a um valor mais baixo, ou de manutenção.

Os circuitos que utilizam disparo por "diac" são muito utilizados em:

- controle de iluminação;
- regulagem de temperatura em aquecedores elétricos;
- controle de rotação de motores.

FUNCIONAMENTO BÁSICO DO CIRCUITO:

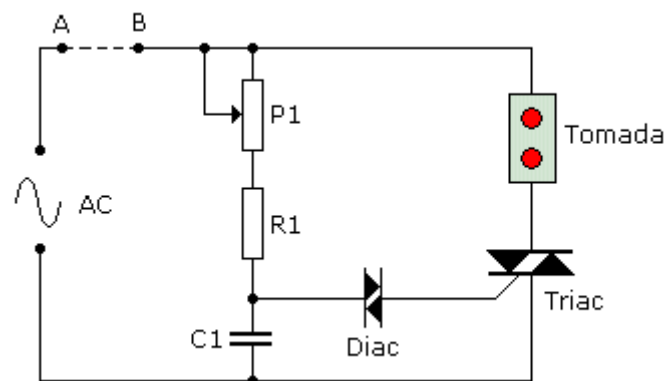
O resistor variável R_v carrega do capacitor C_D até atingir o ponto de disparo do "diac".

Após o disparo do "diac" ocorre a descarga do capacitor, cuja corrente chega ao gate, colocando o TRIAC em condução. Esse mecanismo é produzido uma vez no semiciclo positivo e outra no semiciclo negativo.

O momento do disparo pode ser regulado através do resistor variável R_v que por consequência varia o tempo de condução do TRIAC, bem como o valor da tensão média aplicada à carga.

Produz-se então dessa maneira, um controle de potência relativamente simples, mas bastante eficiente.

CIRCUITO PRÁTICO: DIMMER



O circuito em questão pode ser utilizado para o controle de velocidade de uma ferramenta ou eletrodoméstico motorizado ou ainda, o controle de luminosidade de uma lâmpada.

O que o circuito faz é controlar o ângulo de condução desse componente eletrônico.

Disparando-o em diversos pontos do sinal senoidal da rede elétrica domiciliar, é possível aplicar potências diferentes a uma carga (motor, lâmpada incandescente, estufa, secador de cabelos etc.).

Assim, se o disparo for feito no início do semiciclo, todo ele poderá ser conduzido para a carga e ela receberá potência máxima.

Entretanto, se o disparo ocorrer no final do semiciclo, pequena parcela da energia será conduzida até a carga que operará com potência reduzida.

MATERIAIS:

Triac – TIC 216D ou 226D para rede de 110V e 220V respectivamente

Diac – 1N5411 ou 40583

R1 – 10k Ω - 1W

P1 – Potenciômetro linear de 100k Ω

C1 – Capacitor de poliéster de 220nF / 400V

Características dos TRIACs

Parâmetros	TIC216D	TIC 226D
V_{DRM}	200V	400V
$I_{T_{RMS}}$	8A	8A
$I_{GTM} (max)$	50mA	50mA

Características dos DIACs

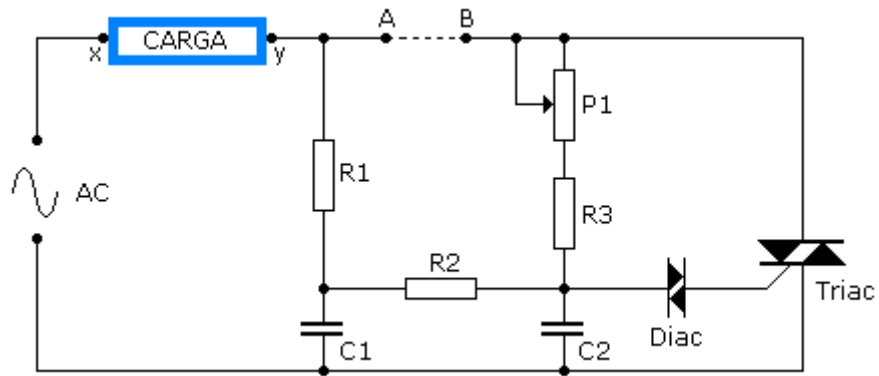
Parâmetros	1N5411	40583
$V_{(BO)}$	29 a 35V	27 a 37V
I_P ou I_{TRM}	200mA	200mA
$I_{(BO)}$	50 μ A	50 μ A

Para minimizar as interferências de comutação através da rede, pode ser adicionado um filtro para tal fim entre os pontos A e B.

Esses tipos de filtros já foram discutidos anteriormente no capítulo referente aos tiristores (SCRs).

No entanto, pode-se construir um filtro mais simples, enrolando 40 a 60 espiras de fio de cobre esmaltado em um bastão de ferrite, com 10mm \varnothing e com 5 a 10cm. de comprimento.

O circuito mostrado a seguir opera da mesma forma, no entanto, possui dois filtros RC, fazendo com que o controle seja mais refinado, além do que, possibilita a inserção de uma carga indutiva entre os pontos A e B.



A carga resistiva é inserida entre os pontos x e y; para isso, os pontos A e B devem estar curto-circuitados.

Para inserir uma carga indutiva entre os pontos A e B, deve-se remover a carga resistiva e curto-circuitar os pontos x e y.

MATERIAIS:

Triac – TIC226D ou similar

Diac – ST2, 1N5411, 40583 ou similar

R1 – resistor de $68k\Omega$ - $\frac{1}{4}W$

R2 – resistor de $47k\Omega$ - $\frac{1}{4}W$

R3 – resistor de $10k\Omega$ - $\frac{1}{4}W$

P1 – potenciômetro de $220k\Omega$ linear

C1 – capacitor de poliéster 100Nf / 400V

C2 – capacitor de poliéster 100Nf / 400V