



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE
COMPUTADORES

ELECTRÓNICA DE POTÊNCIA

Círcuito de Disparo de um Tiristor
&
Círcuito com Carga Ressonante
Comutação pela Carga

João Bernardo Sequeira de Sá	n.º 68254
Maria Margarida Dias dos Reis	n.º 73099
Rafael Augusto Maleno Charrama Gonçalves	n.º 73786
Nuno Miguel Rodrigues Machado	n.º 74236

Grupo n.º TAL de segunda-feira das 17h00 - 2000

Lisboa, de de 2015

Índice

1	Introdução	2
2	Círculo de Disparo	3
3	Montagem e equipamento	4
4	Condução do Trabalho	5
4.1	círculo de disparo	5

1 Introdução

Pretende-se com este trabalho estudar o comportamento do tiristor, com especial interesse na passagem à condução e ao corte deste dispositivo, assim como evidenciar alguns aspectos da sua utilização em circuitos de conversão de potência.

O tiristor, ou retificador controlado de silício, é o dispositivo indicado para comandar tensões e correntes de valor elevado, sendo capaz de suportar potências da ordem dos 10 MW. É composto por três terminais, o elétrodo de disparo, ou *gate* (G), ânodo (A) e cátodo (K). Através da *gate* pode levar-se o dispositivo à condução, caso este esteja polarizado diretamente nos terminais de ânodo e cátodo, através de um impulso.

Por norma, os terminais de potência, ânodo e cátodo, desempenham funções semelhantes aos terminais do díodo. Em oposição ao transístor, o tiristor é um dispositivo que possui memória; uma vez que seja colocado à condução não regressa ao estado de bloqueio através de atuação na *gate*, mas sim através de um anulamento da corrente, polarização inversa, comportamento idêntico ao do díodo. Gera-se assim uma necessidade para que, caso o circuito em que o dispositivo é aplicado não possua uma comutação natural, se recorra a técnicas de comutação forçada.

Estas técnicas de comutação forçada são concebidas normalmente com recurso a componentes reativos, como sejam a bobine ou o condensador, para que possa ser estabelecida uma polarização inversa aos terminais do tiristor num certo período de tempo do funcionamento do circuito. Estas técnicas levam no entanto a perdas, pelo que as frequências de operação são da ordem de 500 a 1.5 kHz.

Atualmente existe tendência para usar como alternativa IGBT's ou GTO's.

2 Circuito de Disparo

De forma a estudar o comportamento de circuitos com semicondutores de potência é necessário, em primeira instância, realizar o circuito de “drive” ou ataque ao terminal de controlo ou, no caso de tiristores, o circuito de disparo. Este circuito tem a função de estabelecer o sinal de comando do tiristor, sendo este aplicado entre a *gate* e o cátodo, assim como estabelecer o isolamento galvânico entre o circuito de potência e o circuito de controlo. Pode observar-se este circuito na Figura 1.

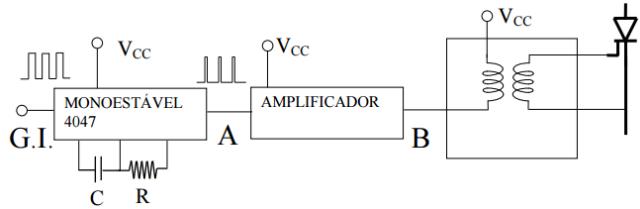


Figura 1: Circuito de disparo.

O objetivo neste trabalho é assim realizar este circuito com uma frequência de 2 kHz, fazendo para isso uso de um sinal com esta frequência originado por um gerador de impulsos (GI). O circuito de disparo será então composto por uma monoestável que reage ao flanco ascendente do sinal originado pelo GI; tem-se assim à saída da monoestável um impulso cuja duração será função da resistência R e condensador C .

A duração deste impulso deve ser definida consoante as características da *gate* do tiristor que se está a utilizar, sendo neste caso de $10 \mu\text{s}$. Este impulso tem, no entanto, que ser amplificado para que seja injetada corrente suficiente na *gate* do tiristor. Usa-se assim um transístor de ganho elevado transitando da saturação ao corte, estabelecendo uma tensão no primário do transformador, sempre que surja o impulso na saída da monoestável. As formas de onda destes impulsos podem ser observadas na Figura 2.

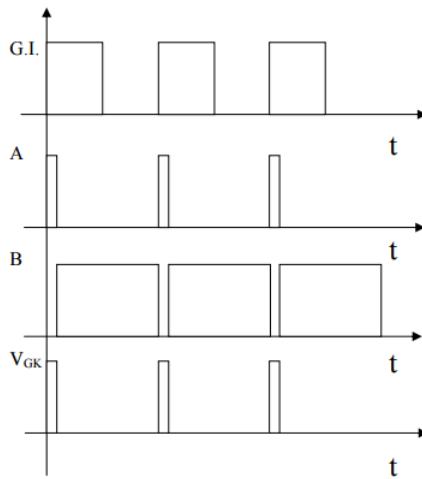


Figura 2: Formas de onda das tensões no circuito de disparo.

O transformador serve também para que se obtenha o isolamento galvânico entre os circuitos de disparo e de potência.

3 Montagem e equipamento

A montagem presente na placa impressa utilizada no laboratório pode ser observada na Figura 3.

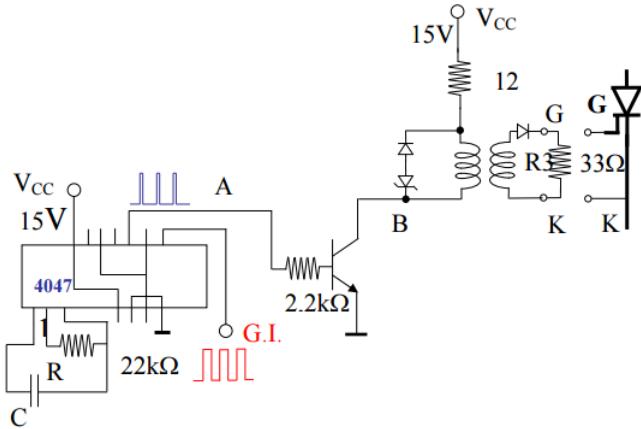


Figura 3: Esquema elétrico do circuito de disparo presente na placa impressa.

Tal como dito na secção acima, a duração do impulso, T , será definida pela resistência R e o condensador C segundo a seguinte fórmula dada pelo fabricante.

$$T = 2.88 RC. \quad (3.1)$$

Para que se tenha $10 \mu s$ faz-se assim uso de uma resistência com $10 k\Omega$ e $0.4 nF$, sem necessidade de uma grande precisão nos valores, pois a exatidão do tempo de disparo neste circuito não é prevalente.

O equipamento a utilizar na condução do trabalho é assim:

- 1 osciloscópio;
- 1 sonda de corrente;
- 1 gerador de impulsos;
- 2 fontes de alimentação;
- 2 multímetros;
- 1 placa de circuito impresso.

4 Condução do Trabalho

4.1 circuito de disparo

Em primeira instância apenas se realizam as ligações do circuito de disparo à fonte de alimentação. Após as ligações feitas sintoniza-se o GI para que se obtenha na saída uma onda retangular de amplitude 0 a 15 a uma frequência de 1 kHz com fator de ciclo de 50%.

Feito isto podem observar-se as formas de onda entre o ponto A e a massa e o ponto B e a massa no osciloscópio tal como na Figura 4



Figura 4: Tensões nos pontos A e B.

Tem-se assim no canal 1 (amarelo) a tensão no ponto A e no canal 2 (azul) a tensão no ponto B. Para o canal 1 observa-se uma onda quadrada de 0 a aproximadamente 14.8 V, frequência 2 kHz e duração de $13 \mu\text{s}$ e um fator de ciclo de 2,6%. O canal 2, apresenta uma onda retangular com 1,5 V no qual existe um pico de tensão no flanco ascendente com 3,4 V estabilizando ao fim de aproximadamente $15 \mu\text{s}$. A duração da onda retangular no canal 2 é de aproximadamente $480 \mu\text{s}$ o que leva a um fator de ciclo de 96%.

Este pico deve-se a que no momento em que o transístor entra em condução, a bobina encontra-se magnetizada ficando os diodos diretamente polarizado, sendo que a tensão em B será a soma entre a tensão no primário do transformador e Vcc. Após o período de desmagnetização esta estabiliza no valor devido, Vcc.

Existe também um atraso apreciável entre a tensão em A e B que se deve ao tempo de passagem do transístor da saturação para o corte.

Considera-se agora relevante enunciar a funcionalidade dos diodos presentes no circuito. Em primeiro tem-se o diodo ligado ao primário do transformador cuja função é essencialmente garantir a continuidade da corrente quando o transístor passa ao corte, ficando assim a bobina

salvaguardada de potencias descontinuidades na corrente, garantindo o bom funcionamento do circuito. Tem-se ainda o diodo *Zenner* cujo objetivo é diminuir o tempo de desmagnetização da bobina. Isto é devido à superior tensão imposta por este diodo aos terminais do transformador (tensão de *Zenner*), elevando assim a corrente que ali circula. Sendo assim a corrente irá circular nos diodos até que a desmagnetização na bobina seja completada.

A alteração provocada pelo diodo *Zenner* no comportamento do circuito é evidenciada pelas seguintes figuras.

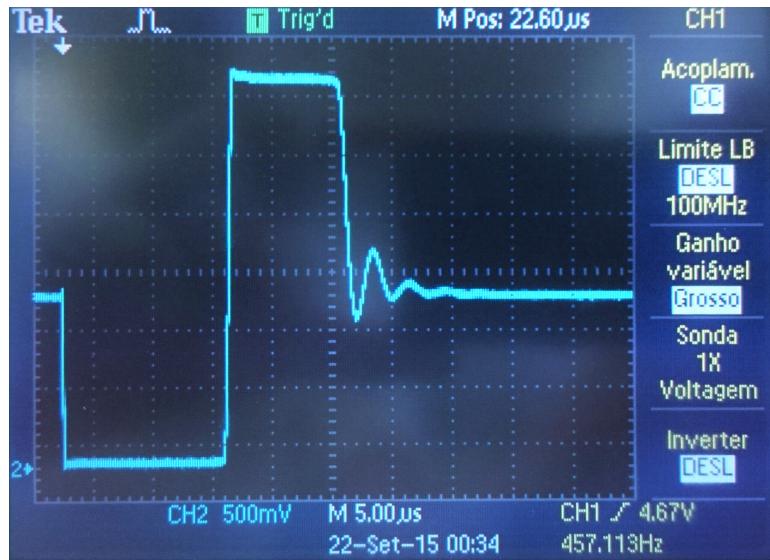


Figura 5: Tensão no ponto B com o diodo *Zenner*.

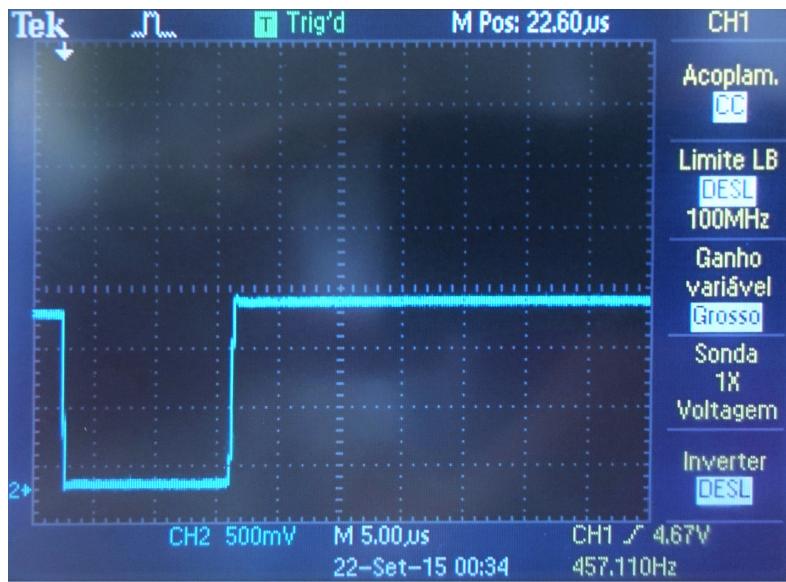


Figura 6: Tensão no ponto B sem o diodo *Zenner*.

Na Figura 5 pode concluir-se que o tempo de desmagnetização é relativamente curto, cerca de $30 \mu\text{s}$ em oposição ao tempo de desmagnetização observável na Figura 6, onde será mais de $50 \mu\text{s}$.

A tensão de *Zenner* tem um valor de -17 V em oposição à tensão VAK de um diodo normal, $0,7 \text{ V}$, o que leva a uma dissipação muito mais rápida e por consequência acelera a

desmagnetização. Pode observar-se assim graficamente a magnetização pelo área no quadrante positivo e a desmagnetização no quadrante negativo, sendo esta iguais.