

ELECTRÓNICA DE POTÊNCIA

1º TRABALHO DE LABORATÓRIO

CIRCUITO DE DISPARO DE UM TIRISTOR

CIRCUITO COM CARGA RESSONANTE COMUTAÇÃO PELA CARGA

GRUPO: _____ TURNO: _____

DIA: _____ HORAS: _____

ALUNO: _____ Nº: _____

ALUNO: _____ Nº: _____

ALUNO: _____ Nº: _____

ALUNO: _____ Nº: _____

1º TRABALHO DE LABORATÓRIO

CIRCUITO DE DISPARO DE UM TIRISTOR

CIRCUITO COM CARGA RESSONANTE COMUTAÇÃO PELA CARGA

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS:

O tiristor (“Silicon Controlled Rectifier”) é o dispositivo electrónico destinado a aplicações de potência elevada. É um dispositivo de tecnologia bipolar com três terminais: ânodo, cátodo e “gate”. O seu funcionamento assemelha-se ao de um diodo, pois uma das condições para que entre em condução é encontrar-se polarizado directamente, (i.e. a tensão ânodo cátodo ser positiva). Outra condição necessária para que um tiristor entre em condução, consiste na aplicação de um impulso de tensão com amplitude e duração determinadas, entre o terminal de controlo (“gate”) e o cátodo. É portanto um dispositivo comandado à condução.

O tiristor existe no mercado numa vasta gama de tensões e de correntes podendo dividir-se em duas categorias: tiristores lentos para aplicações de baixa frequência e potência elevada (utilizados em rectificadores) cujos tempos de comutação atingem os 500 μ s, e tiristores rápidos de tempos de comutação menores que 50 μ s, com limites de operação mais baixos.

A principal desvantagem que este dispositivo apresenta é a incapacidade de, por si só, cortar a corrente que conduz de forma comandada. A sua utilização em circuitos onde não estejam criadas as condições para uma comutação de forma natural (i.e. quando a natureza da fonte de alimentação ou da carga é tal que não provoca o anulamento da corrente que flui através do tiristor), pressupõe o recurso a técnicas de comutação forçada. Estas técnicas consistem, normalmente, na introdução de um circuito constituído por componentes reactivos, um condensador e uma bobine, e um ou mais tiristores adicionais. Os circuitos de comutação

forçada têm como objectivo estabelecer, durante um determinado intervalo de tempo, uma tensão inversa aos terminais do dispositivo que se pretende comutar. As malhas ou circuitos de comutação forçada provocam perdas, pelo que a sua utilização em aplicações de potência elevada está limitada a frequências de operação da ordem dos 500Hz até 1.5kHz. Embora existam ainda muitos equipamentos que incorporam tiristores com circuitos de comutação forçada, existe a tendência para substituí-los por novos equipamentos projectados com GTO's ou IGBT's.

Na Fig.1 representa-se um circuito onde é necessária a existência de um circuito de comutação forçada para a passagem ao corte do tiristor, de modo a ser possível controlar a potência entregue à carga.

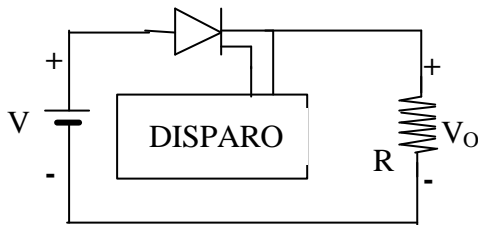


Fig. 1

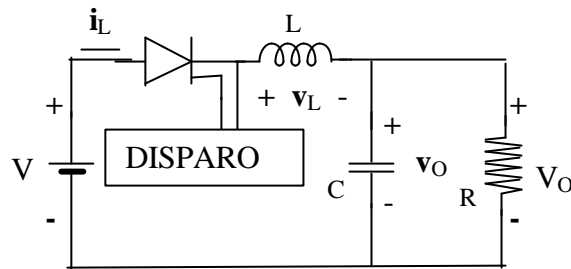


Fig. 2

Na Fig. 2, contrariamente, representa-se um circuito onde, em determinadas condições (Quais?), não é necessária a existência de qualquer circuito de comutação forçada, (Porquê?).

O objectivo deste trabalho é estudar os princípios básicos de operação dos conversores a tiristores, evidenciando em circuitos muito simples o problema da passagem ao corte destes dispositivos.

Para proceder à montagem laboratorial de um circuito com semicondutores de potência é necessário efectuar a realização do circuito de "drive" ou circuito de ataque ao terminal de controlo, também chamado, no caso de tiristores, circuito de disparo. Este circuito tem como função a elaboração do sinal de comando do tiristor, que deverá ser aplicado entre a "gate" e o cátodo, e estabelecer o isolamento galvânico entre o circuito de potência e o circuito de controlo, isolamento este necessário na maioria das aplicações. Neste trabalho os componentes dos circuitos de disparo e do circuito de potência encontram-se montados numa única placa de circuito impresso, sendo necessário efectuar alguma ligações exteriores durante o decorrer do trabalho.

O trabalho está dividido em duas partes: a primeira consiste no ensaio laboratorial de um circuito de disparo de um tiristor. A segunda consiste na montagem dos circuitos de potência representados nas Figs. 1 e 2.

2. CIRCUITO DE DISPARO:

A) Funcionamento

Pretende-se efectuar o disparo de um tiristor a uma frequência de 1kHz pelo que se necessita de um sinal proveniente de um gerador de impulsos com aquela frequência.

O circuito de disparo do tiristor representado na Fig.3 consiste essencialmente numa monoestável que reage ao flanco positivo daquele sinal. À saída da monoestável obtêm-se um impulso com uma duração programada exteriormente pela resistência R e pelo condensador C. A duração do impulso depende das características de “gate” do tiristor a utilizar (neste caso 10 μ s). Este impulso necessita ser amplificado de modo a ser injectada na “gate” corrente suficiente para se dar o disparo do tiristor. Para isso utiliza-se um transistor de ganho elevado. O transistor transita da saturação ao corte estabelecendo uma tensão no primário do transformador de impulsos sempre que surja o impulso na saída da monoestável. O transformador de impulsos estabelece o isolamento galvânico entre o circuito de potência e o circuito de comando.

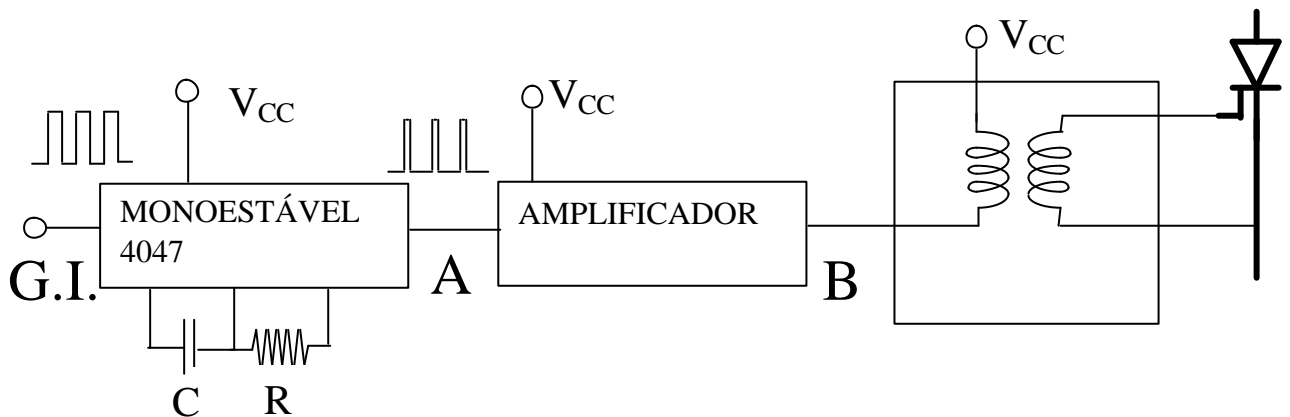


Fig. 3 esquema eléctrico do circuito de disparo

Encontram-se representadas na Fig.4 as formas de onda típicas de tensão nos vários pontos do circuito da Fig.3.

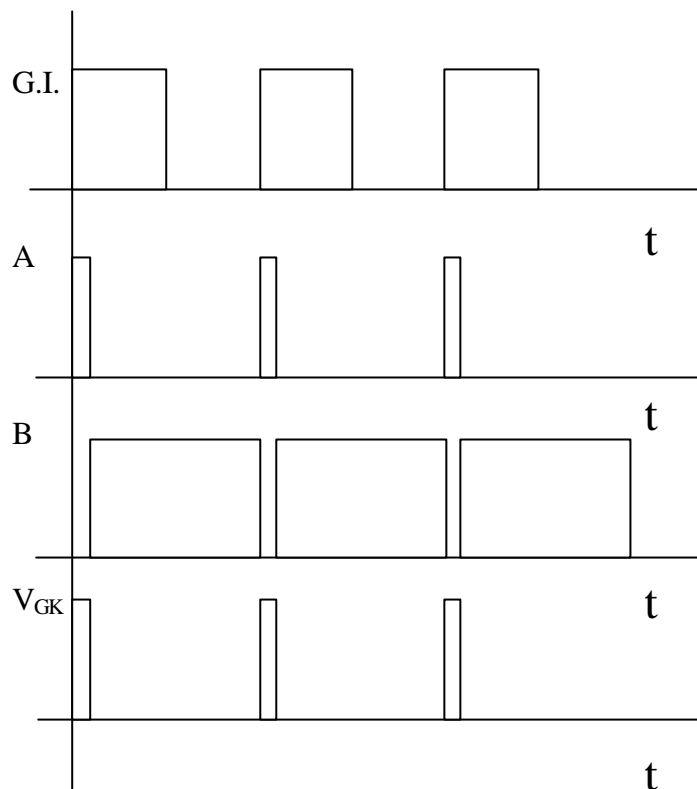


Fig.4 Diagramas temporais das tensões nos vários pontos do circuito de disparo

B) Montagem

O circuito de disparo representado na Fig.5 encontra-se montado na placa de circuito impresso. Consulte a folha de catálogo referente ao monostável, CMOS 4047. Note que com as ligações, a monoestável vai reagir ao flanco ascendente do impulso de “clock”. A duração do impulso a obter na saída depende da constante de tempo definida por R e por C, segundo fórmula dada pelo fabricante, $t = 2.88 RC$. Para se obter um impulso de duração de 10ms são necessários uma resistência de $10k\Omega$ e um condensador de $.4nF$ (a duração do impulso de disparo não é crítica neste circuito pelo que os valores de R e C poderão ser ligeiramente diferentes dos indicados).

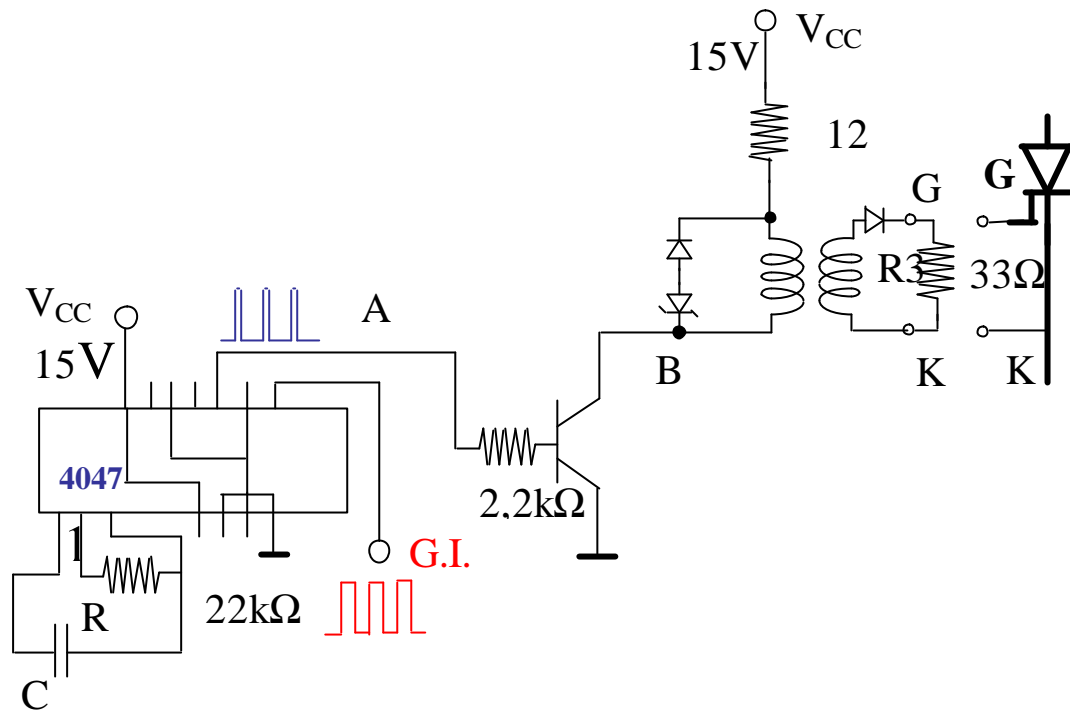


Fig.5 Esquema eléctrico do circuito de disparo

C) Equipamento

- 1 Osciloscópio
- 1 Sonda de corrente
- 1 Gerador de impulsos
- 2 Fontes de alimentação
- 2 Multímetros
- 1 Placa de circuito impresso

**PARA ENTREGAR NO FIM DA AULA JUNTAMENTE COM
A FOLHA DE IDENTIFICAÇÃO**

3. CONDUÇÃO DO TRABALHO:

3.1 ESTUDO DO CIRCUITO DE DISPARO

Em primeiro lugar faça as ligações do circuito de disparo à fonte de alimentação.

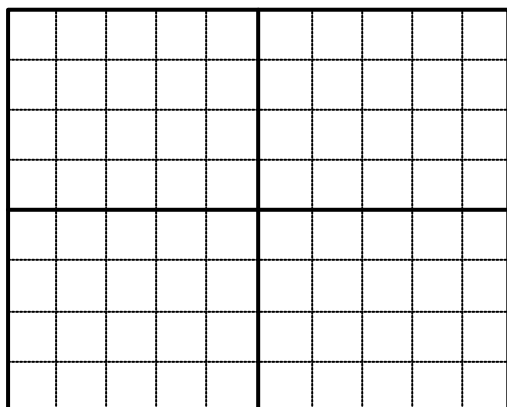
Sintonize o gerador de impulsos (GI) para obter na sua saída uma forma de onda rectangular de amplitude 0 a 15V, a uma frequência de 1kHz com factor de ciclo de 50%.

(Verifique que tem na saída do GI o sinal pretendido, ligando-o ao canal 1 do osciloscópio através de um cabo coaxial BNC/BNC. **ATENÇÃO NÃO PODE LIGAR UM SINAL NEGATIVO A UM CIRCUITO INTEGRADO CMOS**)

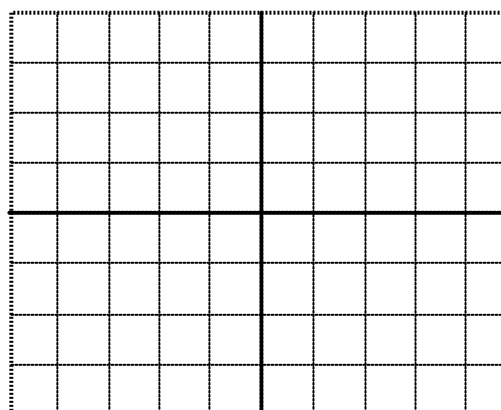
Depois de verificar desligue a alimentação do GI e desligue a sua saída do osciloscópio.

Seguidamente ligue a saída do GI à placa do circuito impresso. Ligue a alimentação do circuito e a alimentação do GI.

1. Visualize a tensão entre o ponto A e a massa (CANAL 1) e entre o ponto B e a massa (CANAL 2). Basta ligar uma das pontas do osciloscópio à massa.).



CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

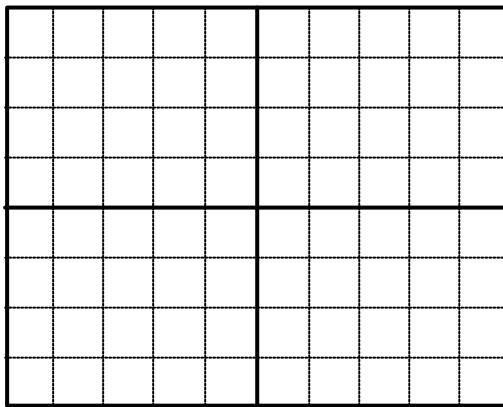


CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

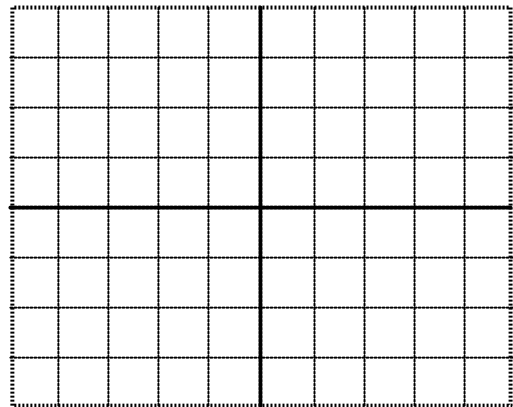
Retire as duas pontas dos pontos A e B e do terminal de massa.

2. Justifique a necessidade de existência do diodo Zenner e do diodo no primário do transformador.

3. Para perceber qual a função do diodo Zenner no primário do transformador, visualize a tensão no primário do transformador com e sem o diodo de zenner curto-circuitado.

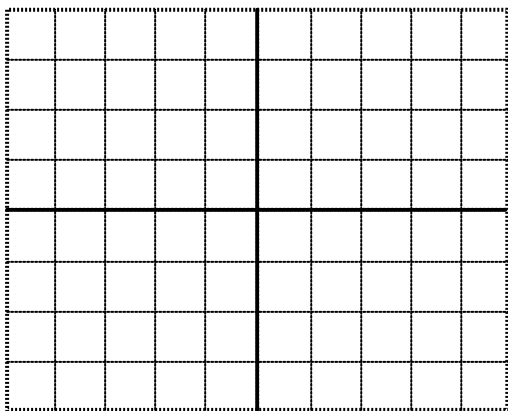


CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

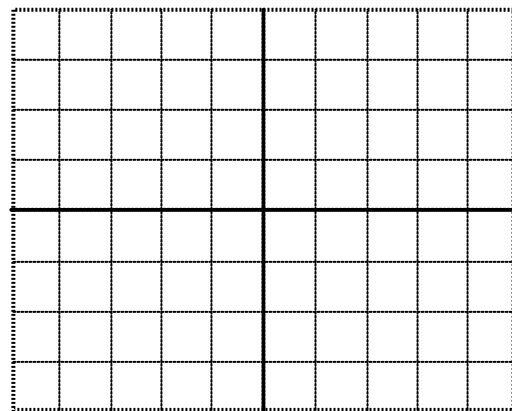


CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

4. Ligue a resistência de 33Ω (R3) aos terminais G e K. Esta resistência permitir-lhe-à simular a “gate” do tiristor. Utilizando apenas uma ponta de tensão visualize a tensão v_{GK} (terminais de R3).



CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____



CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

Desligue a resistência R3 do circuito e ligue os terminais G e K do circuito de disparo aos terminais “gate” e cátodo do tiristor. (ATENÇÃO: NÃO TROCAR OS TERMINAIS).

A primeira parte do seu trabalho terminou.

4.2 CIRCUITO DE POTÊNCIA

Nesta parte do trabalho irá verificar que o tiristor é um dispositivo electrónico que não tem capacidade de, por si, só cortar a corrente que conduz. O tiristor uma vez em condução só passa ao corte, se as condições de carga ou de alimentação o permitirem, isto é, se essas condições forem tais que provoquem o anulamento da corrente que flui pelo tiristor.

No caso das montagens que vamos efectuar, cujos esquemas eléctricos se encontram representados na Fig.6, exemplificam-se dois casos distintos:

- um em que o tiristor, depois de ser disparado não volta a passar ao corte, mesmo depois de ser retirado o impulso de “GATE” (Fig. 6 a));
- outro em que o tiristor comuta por acção da carga, (Fig. 6 b)).

A situação em que o tiristor comuta por acção da fonte de alimentação será estudada no Trabalho nº3.

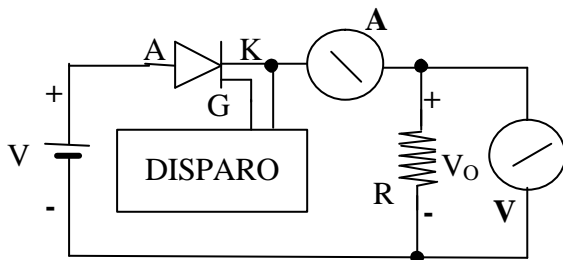


Fig. 6 a)

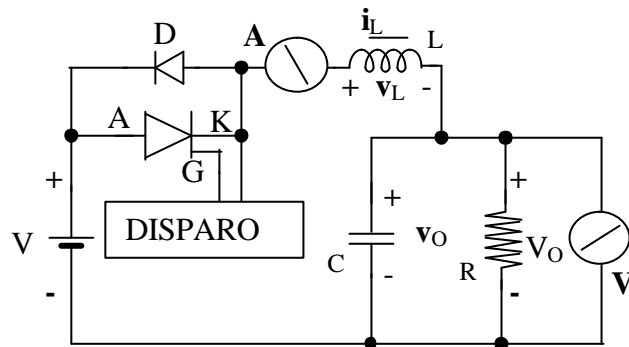


Fig. 6 b)

4.3 VISUALIZAÇÃO DE FORMAS DE ONDA

Depois de ter ligado os terminais G e K do circuito de disparo aos terminais “gate” e cátodo do tiristor efectue a montagem assinalada na Fig. 6 a). Faça as ligações entre a outra fonte de alimentação e o circuito de potência regulando o seu valor para 20V. (Por precaução utilize limitação de corrente).

ATENÇÃO: LIGUE AINDA O CONDENSADOR ELECTROLÍTICO EM PARALELO COM A FONTE DE ALIMENTAÇÃO DO CIRCUITO DE POTÊNCIA (ATENÇÃO À POLARIDADE).

- 5. Ligue a fonte de alimentação e também a alimentação do gerador de impulsos. No caso do amperímetro não indicar a passagem de corrente aumente ligeiramente a tensão do circuito de potência.

Registe os valores indicados nos aparelhos:

Voltímetro: _____

Amperímetro: _____

- 6. Verifique, actuando no GI que não é possível variar a corrente nem a tensão na carga. Porquê?

- 7. Variando a tensão de alimentação do circuito de potência (e conseqüentemente a corrente na carga), determine a corrente de lançamento e a corrente de manutenção.

$I_{\text{lançamento}}$: _____

$I_{\text{manutenção}}$: _____

- 8. Diga o que entende por corrente de lançamento e por corrente de manutenção:

- 9. Desligue o GI e a fonte de alimentação e efectue a montagem referente à Fig. 6 b). Coloque em anti-paralelo com o tiristor o diodo rápido. Ligue a fonte de alimentação e o gerador de impulsos.

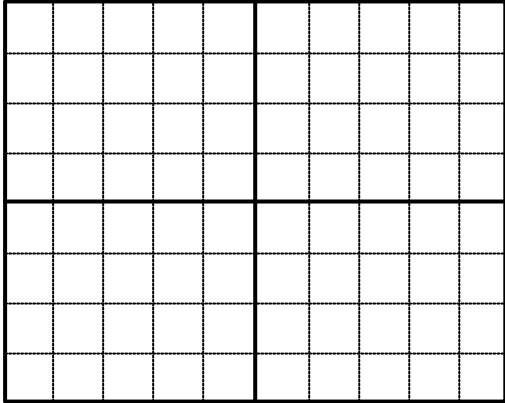
Registe os valores indicados pelos aparelhos

Voltímetro: _____

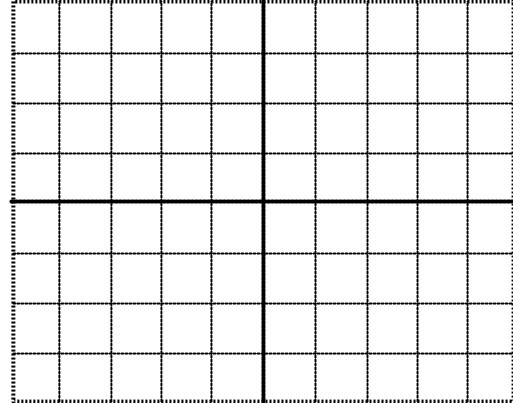
Amperímetro: _____

10. Observe a tensão no condensador e a corrente na bobina (com o auxílio da sonda de corrente).

11. Registe as formas de onda de tensão e da corrente no diodo em anti-paralelo.



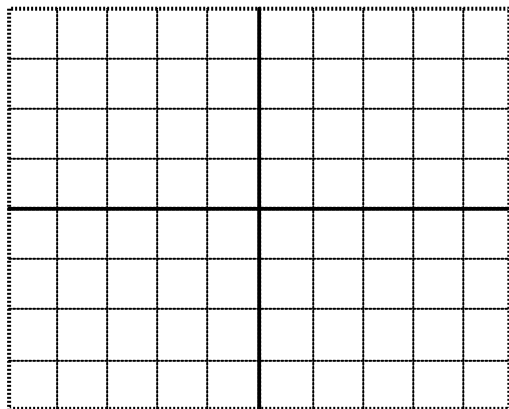
CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____



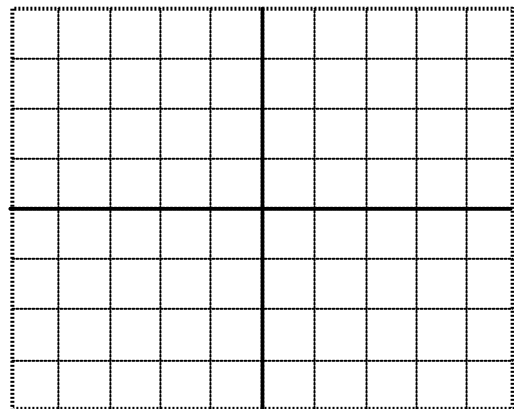
CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

12. Registe as formas de onda de tensão e da corrente no tiristor.

13. Desligue o GI e a fonte de alimentação e substitua o diodo rápido pelo diodo lento. Volte a ligar a alimentação e o GI e observe as formas de onda da tensão e da corrente do diodo. Utilize a base de tempo auxiliar do osciloscópio para melhor observar pormenores.



CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

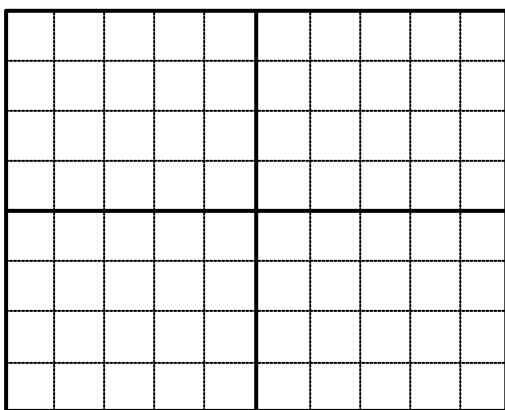


CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

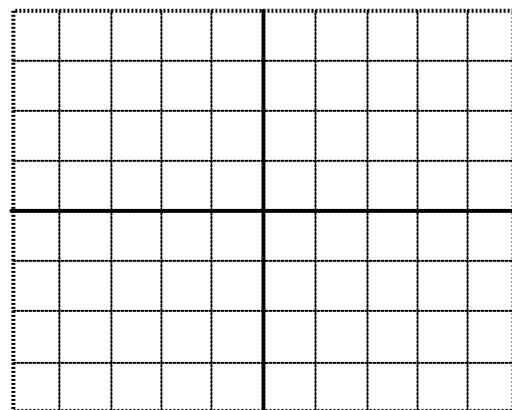
14. Comente (e explique) as diferenças observadas nas duas situações: diodo lento e diodo rápido.

15. Tendo em conta as formas de onda já observadas, explique sucintamente o funcionamento do circuito. Diga de que forma é possível controlar a potência entregue à carga (resistência em paralelo com o condensador).

16. Suponha que retira o diodo em anti-paralelo com o tiristor. Explique o que acontece e justifique. Se quiser visualizar, desligue todos os aparelhos antes de retirar o diodo do circuito. Depois do diodo retirado volte a proceder como anteriormente.



CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____



CH1: _____ CH2: _____
Base de Tempo: _____

17. Diga o que acontece se tirar a resistência que se encontra em paralelo com o condensador.

18. Como exercício, tente determinar analiticamente a expressão da corrente e da tensão no condensador considerando ou não a resistência em paralelo com o condensador. Suponha que todos os componentes são ideais. O tiristor é disparado a uma frequência de 1kHz, o diodo encontra-se ligado em anti-paralelo com o tiristor e a tensão de alimentação é de 20V. Admita os seguintes valores para os componentes: $R=100\Omega$; $C=5\ \mu\text{F}$; $L=170\ \mu\text{H}$.