

Laboratórios Integrados III

Trabalho Prático de Electrónica de Potência

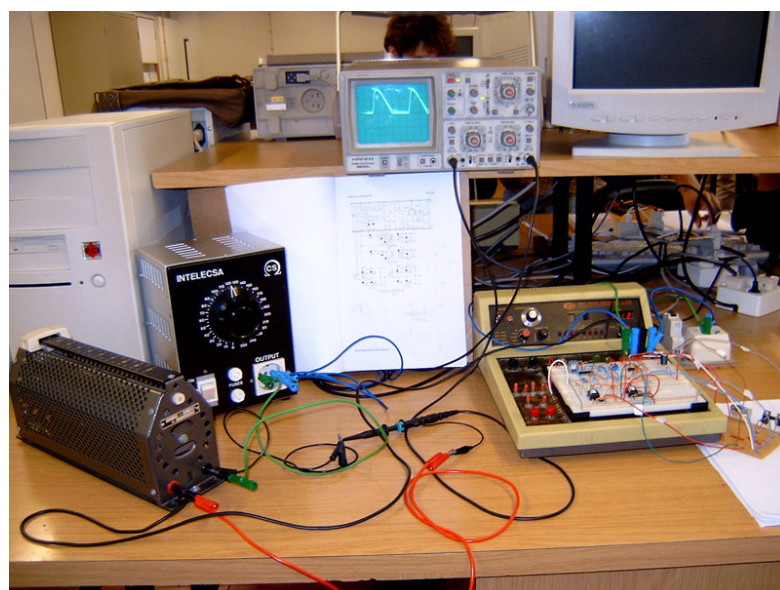
Sistemas de Controlo de Fase

Objectivos

- 1 – Princípio de funcionamento de controladores de fase (TCA785).
- 2 – Característica tensão/corrente de um tiristor (*SCR – Silicon Controlled Rectifier*).
- 3 – Característica tensão/corrente de um triac.
- 4 – Interface entre circuitos de controlo e circuitos de potência.
- 5 – Aplicação de semicondutores de potência em conversores CA/CC.
- 6 – Efeito do “diodo de roda livre” (*free-wheeling diode*).

Introdução

O presente trabalho pretende que o aluno cumpra os objectivos de estudo experimental de circuitos controladores de fase. Analisando em particular o CI TCA 785, as suas características eléctricas e de controlo de semicondutores de potência (tiristor e triac) utilizados em aplicações onde a rede eléctrica é utilizada como fonte de energia.



Para uma boa execução deste trabalho, o aluno deve nomeadamente:

- Prestar, a máxima atenção em todas as ligações que executar.
- Dispor os componentes na placa de ensaios tal como no esquema eléctrico fornecido.
- Usar cores distintas para as diferentes ligações, principalmente para as tensões de alimentação (rede e fonte CC que alimenta o circuito de controlo) e para ligações à massa.
- Ter em consideração que na mesma placa terá a tensão da rede (230 V, 50 Hz) e da fonte CC (+15 V). Deve, como é óbvio, referenciar estas duas fontes, unindo o neutro da rede à massa da fonte CC.
- Separar o máximo possível o outro terminal da rede (*fase*) dos +15 V e da massa (GND) do circuito, de forma a evitar curto-circuitos.

Avaliação e Duração do Trabalho

- A avaliação deste trabalho, com duração de 5 aulas, será feita com base:
 - Na preparação do trabalho.
 - Nas formas de onda apresentadas.
 - Nas respostas dadas às perguntas feitas no guia do trabalho. Estas respostas serão apresentadas a cada aula, manuscritas, na ficha de respostas, disponível na página *internet* da disciplina.
 - Na execução do trabalho (avaliação contínua).
 - Num teste escrito no fim do trabalho.
- **A destruição de material que seja imputável ao aluno afectará directamente na nota final do trabalho na proporção de 0,5 valores por cada ocorrência.**

Cuidados a Tomar (ATENÇÃO!)

- 1 – As massas das pontas de prova do osciloscópio encontram-se unidas internamente, e se forem colocadas em pontos distintos do circuito poderá provocar um curto circuito.
- 2 – Isole a massa do osciloscópio através de uma ficha tripla.
- 3 – Efectue as montagens sempre com as alimentações (fonte CC e rede) desligadas. Sempre que realizar qualquer alteração aos circuitos faça-o com as alimentações desligadas.
- 4 – Ao colocar o circuito em funcionamento ligue primeiro a fonte CC (fonte que alimenta o circuito de controlo) e somente depois ligue a alimentação da rede.
- 5 – Ao desligar o circuito primeiro desligue a alimentação da rede, e somente depois desligue a fonte CC (que alimenta o circuito de controlo).

Planificação do Trabalho

Nenhuma questão do guia deve ser resolvida sem ter sido feito um estudo prévio da sua solução. Por esta razão, qualquer questão afluída pelo aluno ou pelo docente que revele a falta de preparação do aluno será considerada negativamente na avaliação.

No fim de cada aula, o grupo deverá entregar uma ficha¹ onde respondeu às questões colocadas e registou as formas de onda devidamente cotadas, indicando a configuração e a maneira como o aparelho de medida foi ligado.

- As respostas e formas de onda relativas à questão 1 na 1ª aula.
- As respostas e formas de onda relativas à questão 2 na 2ª aula.
- As respostas e formas de onda relativas à questão 3 na 3ª aula.
- As respostas e formas de onda relativas à questão 4 na 4ª aula.
- As respostas e formas de onda relativas à questão 5 na 5ª aula.

Na 5ª aula, o trabalho será apresentado ao docente.

Bibliografia

“Power Electronics: Converters, Applications, and Design”

Ned Mohan; Tore M. Undeland; William P. Robbins

John Wiley & Sons, Inc., Second Edition 1995

¹ Deve utilizar a “Ficha de Respostas” que se encontra disponível da página *internet* da disciplina.

Trabalho a Executar

Montagem 1

Realize a montagem do esquema eléctrico apresentado na Fig. 1. Note que o esquema possui duas linhas de alimentação traçadas propositadamente a traço mais grosso. Essas duas linhas devem ser implementadas, uma na linha transversal superior da placa e a outra na transversal inferior. Não coloque fios nem componentes sobre o integrado, de forma que este possa ser removido do circuito caso isto seja necessário. Tente, se possível, dispor os componentes tal como no esquema eléctrico.

1.1 Ajuste a tensão máxima de rampa, de modo a que esta seja igual à máxima tensão de controlo (pino 11). Qual o objectivo desta operação?

Verifique-o experimentalmente, colocando uma ponta do osciloscópio na tensão de rampa (pino 10) e outra numa das saídas (por exemplo Q1 pino 14), e varie o potenciómetro ligado ao pino 11. Analise o efeito desta variação.

1.2 Analise o efeito do aumento da capacidade ligada ao pino 12, substituindo o condensador deste pino por um de $1\eta F$ e outro de $1\mu F$ [nas alíneas seguintes utilize o condensador de $1\eta F$].

1.3 Faça um esboço completo e síncrono dos sinais principais do TCA 785 (pinos 5, 10, 11, 15, 14) quando a tensão de controlo se encontrar em metade do valor máximo da tensão de rampa. Qual o valor do ângulo de disparo para esta situação?

2.1 Qual a máxima corrente que as saídas Q1 e Q2 podem fornecer? Qual o valor da corrente que está a injectar na *gate* do tiristor?

2.2 Esboce as formas de onda de tensão e corrente do tiristor para os ângulos de disparo de 45° e de 135° . Explique, justificando, como deve ligar as pontas de prova.

2.3 Coloque o osciloscópio no modo X-Y e observe a característica tensão/corrente do tiristor nas condições de 2.2. Explique a característica.

2.4 Realize o esquema da Fig. 2a. Coloque o potenciómetro no máximo e depois vá reduzindo lentamente o seu valor. Observe, entretanto, a tensão ânodo-cátodo do tiristor e tente colocá-lo a conduzir a partir dos 60° . Explique o fenómeno a partir do modelo equivalente e das curvas características do componente.

3.1 Realize o esquema da Fig. 3. Analise o andar de saída do TCA 785 e justifique o uso dos díodos na interface entre o TCA e o triac.

3.2 Repita os procedimentos de 2.2, agora com o intuito de estudar o triac.

3.3 Repita os procedimentos de 2.3. Registe os resultados e explique a característica.

3.4 Realize o esquema da Fig. 2b. Repita os procedimentos de 2.4. Registe os resultados e explique o fenómeno a partir do modelo equivalente e das curvas características do componente.

Montagem 2

Aproveitando a montagem 1, monte agora o circuito representado no esquema da Fig. 4. Não se esqueça de utilizar os transformadores de impulsos (TIs).

A parte de potência do circuito consiste em dois tirístores e dois díodos que deverá ligar primeiro com vista à realização da **Configuração A**.

4.1 A corrente injectada nos TIs, e por consequência na *gate* do tiristor, deveria estar praticamente no limite aconselhado pelo fabricante do TCA 785. Calcule o seu valor. Porque razão se deve injectar a máxima corrente na *gate* do tiristor?

4.2 O circuito de *drive* dos transformadores de impulsos é no presente caso um 'AND' das saídas do TCA 785 e do NE 555, o que gera não um impulso único, mas um trem de impulsos. Justifique a necessidade de se criar este trem de impulsos associado ao impulso gerado pelo TCA 785. Explique o funcionamento do circuito de *drive*.

4.3 Observe a tensão no colector do transístor do circuito de *drive*, juntamente com a tensão de rampa do TCA e justifique o seu aspecto baseando-se no funcionamento dos respectivos componentes (TI, díodos e transístor). Esboce estes dois sinais. [Sugestão: faça o *trigger* no osciloscópio pelo canal que mede a tensão de rampa]

Ligue agora os TIs aos tirístores. Não se esqueça de ligar ao tiristor T1 o TI que faz o *drive* do impulso da arcada positiva e ao T2 o TI o que faz o *drive* do impulso da arcada negativa.

4.4 Analise o circuito completo de forma a identificar os principais grupos funcionais. Marque na figura estes grupos e justifique a razão porque devem ser usados.

5.1 Esboce as formas de onda de corrente e tensão na carga (resistência e indutância) para os seguintes ângulos de escorvamento: 0°, 45° e 90°. Coloque a massa do osciloscópio no ponto C e as pontas nos pontos A e B.

5.2 Actue no interruptor ligado ao pino *inhibit* do TCA785. Que acontece?

5.3 Diga em quais desses casos se dá o efeito de roda livre (*free-wheeling*) e quais os componentes que nele participam.

Desligue a tensão alternada e seguidamente a fonte de alimentação. Execute então as ligações de modo a realizar a mesma ponte rectificadora mas agora na **Configuração B**.

5.4 Esboce de novo as formas de onda para os três ângulos de disparo atrás referidos. Nota alguma diferença?

5.5 Ajuste os valores de resistência, indutância e ângulo de disparo, de forma que a corrente na carga nunca se anule. Registe as formas de onda da tensão e da corrente na carga. Actue no interruptor de *inhibit* ligado ao pino 6. Verifique que o circuito passa a funcionar como um rectificador não controlado de meia onda. Explique convenientemente o fenómeno.

Esquemas Eléctricos

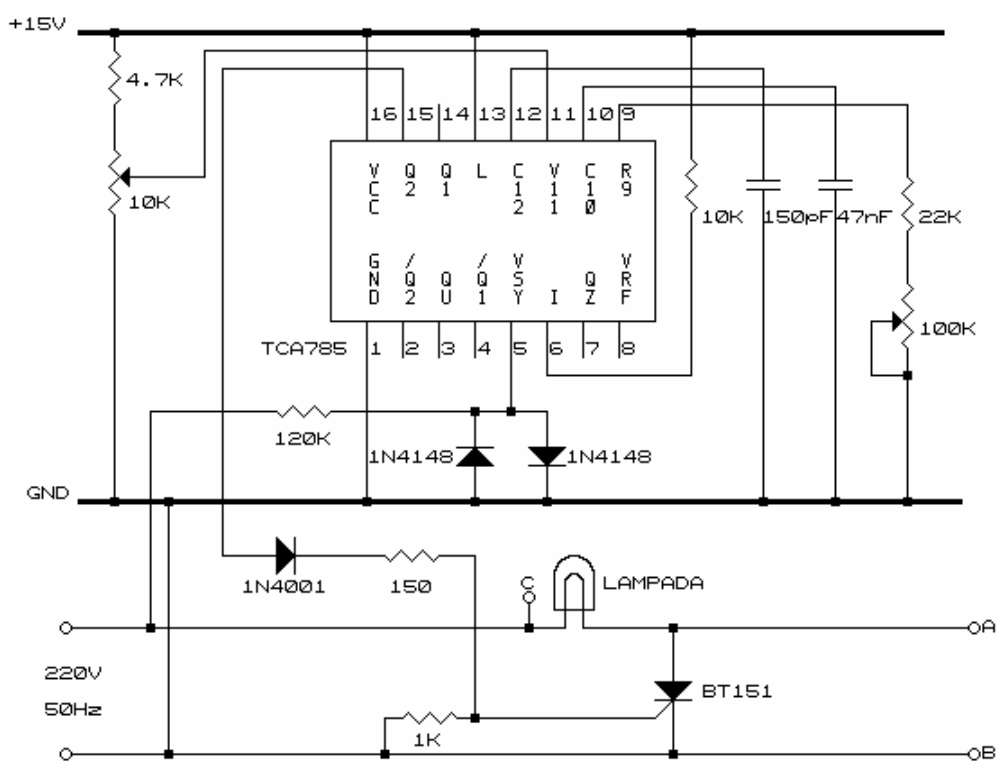


Fig. 1

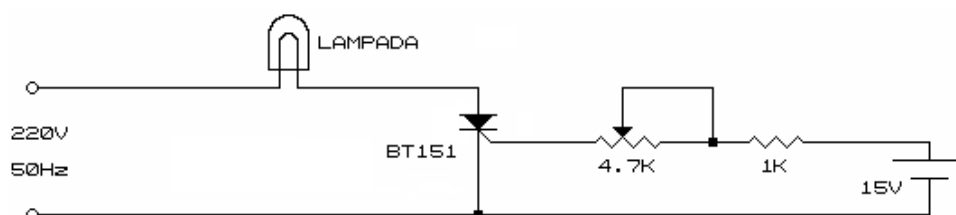


Fig. 2a

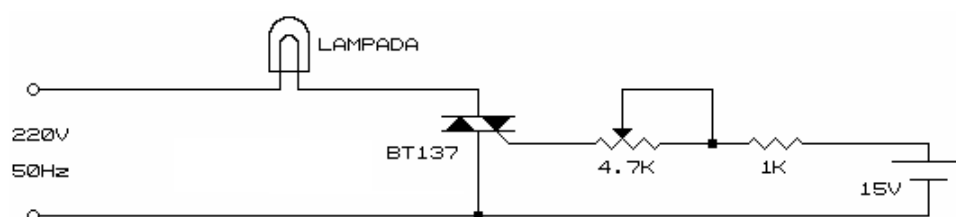


Fig. 2b

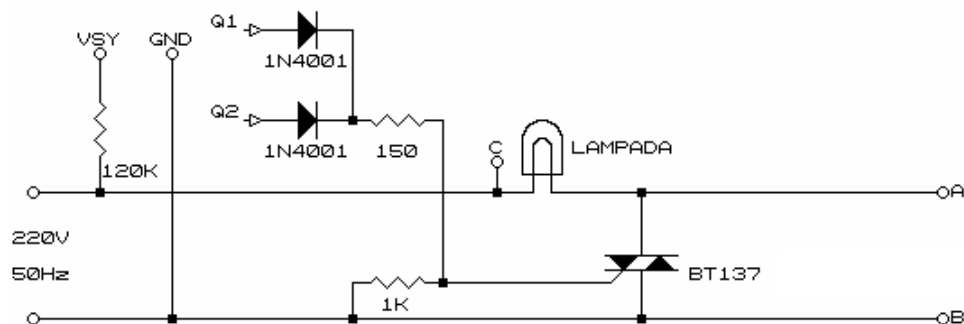


Fig. 3

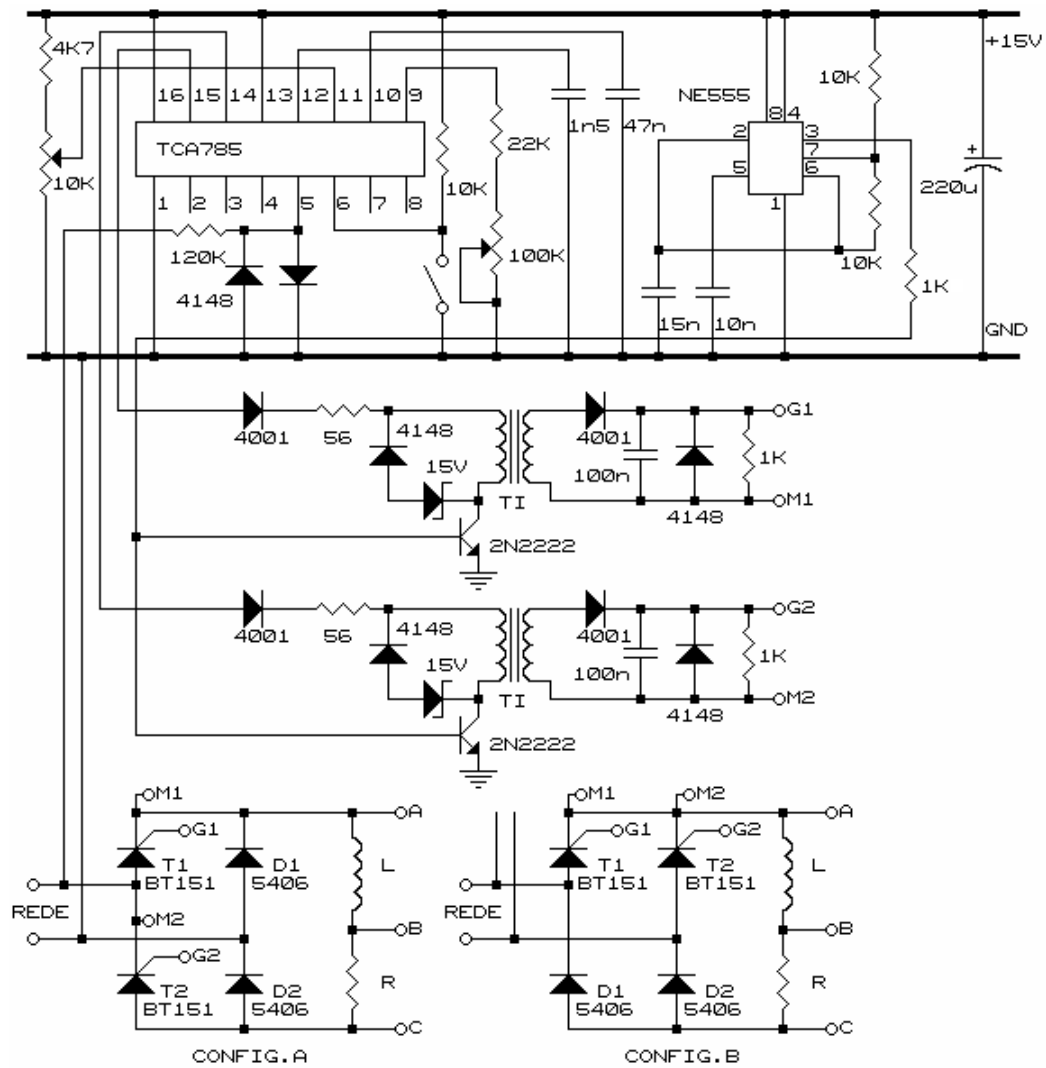


Fig. 4

Lista de Material Necessário

Material genérico

quantidade

- 1 Caixa de resistências
- 1 Caixa de indutâncias
- 1 Fonte de alimentação 15 V CC
- 1 Lâmpada
- 1 Osciloscópio
- 2 Pontas de prova atenuadoras 10x
- 1 Placa *proto*board
- 1 Placa *veroboard*

Componentes

quantidade

- 1 Circuito integrado TCA785
- 1 Circuito integrado NE555
- 1 Condensador 150 pF
- 1 Condensador 1 η F
- 1 Condensador 1,5 η F
- 1 Condensador 10 η F
- 1 Condensador 15 η F
- 1 Condensador 47 η F
- 2 Condensadores 100 η F
- 1 Condensador 220 μ F/16 V
- 4 Díodos 1N4001
- 6 Díodos 1N4148
- 2 Díodos 1N5406
- 2 Díodos zener 15 V
- 1 Potenciômetro 4,7 k Ω
- 1 Potenciômetro 10 k Ω
- 1 Potenciômetro 100 k Ω
- 2 Resistências 56 Ω
- 1 Resistência 150 Ω
- 3 Resistências 1 k Ω
- 1 Resistência 4,7 k Ω
- 3 Resistências 10 k Ω
- 1 Resistência 22 k Ω
- 1 Resistência 120 k Ω /0,5W
- 2 Tirístores BT151
- 2 Transformadores de impulsos
- 2 Transístores 2N2222
- 1 Triac BT137