

CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO PARA O
CIRCUITO INTEGRADO TCA 785 EM *PSPICE ORCAD*Rubem Lopes Costa Silva Junior¹<https://orcid.org/0009-0006-7853-184X>Warlenton Nazareno de Melo Brito²<https://orcid.org/0009-0006-5593-1883>Carlos Tavares da Costa Junior³<https://orcid.org/0000-0002-2396-5804>

RESUMO

Um dos softwares de simulação de circuitos mais importantes e largamente utilizados na área de Eletrônica de Potência é o Cadence OrCAD PSpice. Sendo assim, é válida qualquer estratégia que vise melhorar e incentivar o uso desta ferramenta como forma de reforçar o aprendizado dos conceitos teóricos dessa disciplina.

Este artigo expande a pesquisa anterior dos autores ao apresentar novos testes e validações do modelo de simulação do circuito integrado TCA 785, desenvolvido em ambiente Cadence OrCAD PSpice.

O TCA 785 é um circuito integrado que realiza o controle do ângulo de fase em circuitos de eletrônica de potência que utilizam tiristores.

O objetivo foi evidenciar a aplicabilidade, em laboratórios de Eletrônica de Potência, do mais refinado módulo obtido a partir do TCA 785: o módulo de controle com optoacopladores para simulação de estruturas retificadoras controladas monofásicas e trifásicas.

Os resultados obtidos evidenciaram o sucesso da implementação proposta, demonstrando que o componente analisado pode ser utilizado para demonstrações práticas e consolidação de conhecimentos avançados na área de retificadores controlados, visto que seu comportamento reproduz fielmente as características descritas em seu datasheet e na literatura da área. Conclui-se que é possível implementar circuitos complexos e realistas com a simples adição de um módulo criado em ambiente de simulação e inserido na biblioteca do software, atendendo aos objetivos de aprendizado da disciplina com baixo custo.

Palavras-chave

TCA 785; *Cadence Orcad PSpice*; Controle de Tiristores; Retificadores Controlados.

Submetido em: 12/02/2026 – Aprovado em: 18/02/2026 – Publicado em: 23/02/2026

1 Mestrando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Pará, rubemjr@ufpa.br.

2 Graduado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Pará, warlenton@hotmail.com.

3 Professor do Departamento de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPGEE), Universidade Federal do Pará, Pará, cartav@ufpa.br.



CONSTRUCTION OF A SIMULATION MODEL FOR THE TCA 785 INTEGRATED CIRCUIT IN PSPICE ORCAD

ABSTRACT

One of the most important and widely used circuit simulation software tools in the field of Power Electronics is Cadence OrCAD PSpice. Therefore, any strategy aimed at improving and encouraging the use of this tool is valid as a way to reinforce the learning of the theoretical concepts of this discipline. This article expands the authors' previous research by presenting new tests and validations of the simulation model of the TCA 785 integrated circuit, developed in the Cadence OrCAD PSpice environment.

The TCA 785 is an integrated circuit that performs phase angle control in power electronics circuits that use thyristors.

The objective was to demonstrate the applicability, in Power Electronics laboratories, of the most refined module obtained from the TCA 785: the control module with optocouplers for the simulation of single-phase and three-phase controlled rectifier structures. The results showed that the analyzed component can be used for practical demonstrations and consolidation of advanced knowledge in the field of controlled rectifiers, since the component behaves faithfully as described in its datasheet and in the main literature in the field. It is concluded that it is possible to implement complex and realistic circuits with the simple addition of a module created in a simulation environment and inserted into the software library, fulfilling the learning objectives of the discipline at a low cost.

Keywords

TCA785; Cadence OrCAD PSpice; Thyristor Control; Controlled Rectifiers.

1. INTRODUÇÃO

Num mundo cada vez mais competitivo, a simulação tornou-se uma ferramenta muito potente para o planejamento, projeto e controle de sistemas. É vista hoje como metodologia indispensável para solução de problemas de engenharia, pois permite uma análise mais flexível, mais precisa e menos dispendiosa dos circuitos.

Para abordar o projeto e aplicação de modelos de simulação em computador, é requisito uma definição de modelo de simulação. Deste modo, um modelo científico pode ser definido como uma abstração de um sistema real, que possa ser utilizado com os propósitos de predição e controle. A finalidade de um modelo científico é permitir ao analista determinar em que proporções uma ou mais mudanças em determinados aspectos de um sistema poderão afetar outros aspectos deste sistema ou do sistema como um todo (MELLO, 2001, p. 11).

A simulação consiste na representação de um processo ou sistema real por meio da construção de um modelo capaz de reproduzir, de forma aproximada, o comportamento do sistema diante de eventos que ocorrem ao longo do tempo. Dessa forma, torna-se possível analisar o desempenho do sistema em diferentes condições operacionais, sem a necessidade de intervenções diretas no sistema real.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Circuito Integrado TCA 785

O TCA785 é um circuito integrado dedicado ao controle de fase, originalmente desenvolvido pela Siemens para aplicações que requerem ajuste preciso da potência entregue a cargas elétricas, como motores, sistemas de iluminação e elementos de aquecimento. Esse dispositivo é amplamente empregado em circuitos de controle de potência em corrente alternada (CA), apresentando compatibilidade tanto com cargas de característica resistiva quanto indutiva.

Seu princípio de funcionamento baseia-se no controle do ângulo de disparo em cada semiciclo da tensão alternada, permitindo regular a quantidade de energia efetivamente transferida à carga.

Conforme Siemens (1994, p.1), este circuito integrado de controle de fase foi projetado para controlar tiristores, TRIACs e transistores. Os pulsos de disparo podem ser defasados em um ângulo de fase entre 0° e 180°. As aplicações típicas incluem circuitos conversores, controladores de corrente alternada e controladores de corrente trifásicos.

Na literatura técnica, o termo tiristor pode ser empregado com duas interpretações distintas, dependendo do contexto de aplicação.

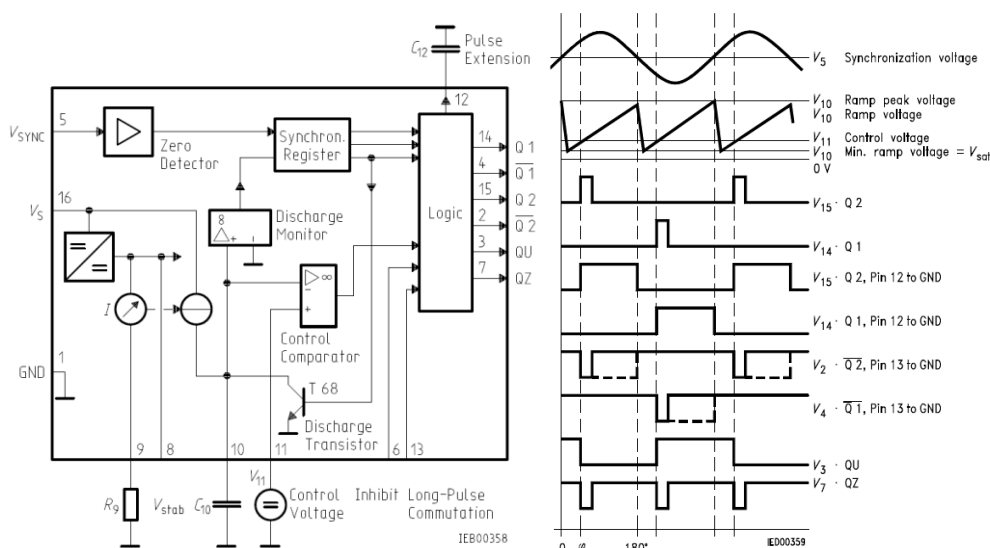
Em um sentido mais restrito, alguns autores utilizam o termo tiristor como sinônimo específico do SCR, principalmente em textos mais antigos ou em contextos em que o SCR é o principal dispositivo abordado. Entretanto, na literatura acadêmica contemporânea e em obras modernas de eletrônica de potência, prevalece o uso do termo tiristor para representar a família de dispositivos PNPN, sendo o SCR considerado apenas um dos integrantes dessa categoria.

O nome tiristor engloba uma família de dispositivos semicondutores que operam em regime chaveado, tendo em comum uma estrutura de 4 camadas semicondutoras numa sequência p-n-p-n, apresentando um funcionamento biestável. O tiristor de uso mais difundido é o SCR (Retificador Controlado de Silício), usualmente chamado simplesmente de tiristor. Outros componentes, no entanto, possuem basicamente uma mesma estrutura: LASCR (SCR ativado por luz), também chamado de LTT (Light Triggered Thyristor), TRIAC (tiristor triodo bidirecional), DIAC (tiristor diodo bidirecional), GTO (tiristor comutável pela porta), MCT (Tiristor controlado por MOS) (POMILIO, 2009, p.11).

O *datasheet* do TCA 785 não apresenta uma descrição detalhada de seus circuitos internos. Entretanto, o fabricante disponibiliza o diagrama de blocos, os diagramas de temporização dos pulsos e uma explicação geral do princípio de funcionamento.

O diagrama de blocos e o diagrama temporal de todos os sinais do circuito integrado TCA 785 são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama de blocos e os sinais de entrada e saída do circuito integrado TCA 785.



Fonte: Siemens (1994, p.2-3).

2.2 O simulador PSpice (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) (Programa de simulação com ênfase em circuitos integrados)

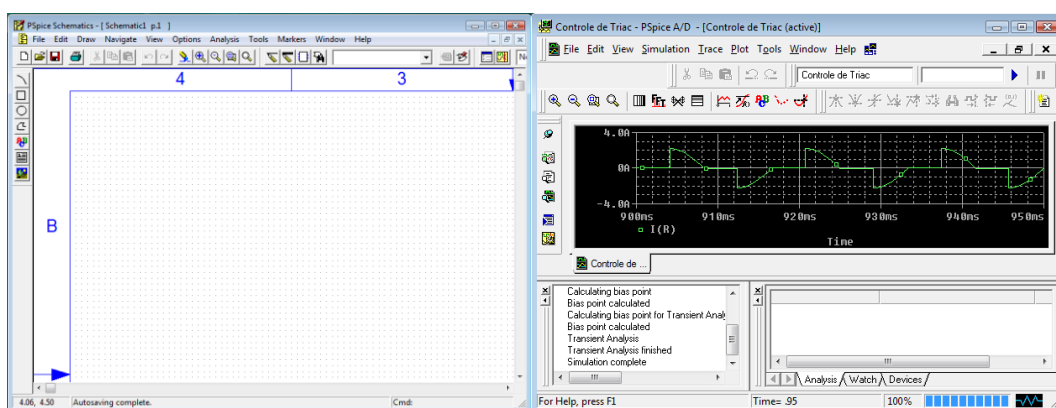
O PSpice é um programa de uso geral destinado à simulação de circuitos eletrônicos, sendo capaz de realizar diversas análises. O software dispõe de extensas bibliotecas de modelos de componentes, com dezenas de milhares de dispositivos parametrizados, tornando-o uma ferramenta amplamente utilizada em pesquisa, ensino e desenvolvimento industrial.

O PSpice é uma versão comercial que possui bibliotecas analógicas e digitais de componentes padrão, como amplificadores operacionais, portas digitais e *flip-flops*. Isso o torna uma ferramenta útil para uma ampla gama de aplicações analógicas e digitais (RASHID, 2001, p.71).

O pacote é formado por diversos módulos, onde se destacam: o *Schematics*, módulo gráfico para modelagem de circuitos; o *PSpice A/D*, módulo que realiza a simulação numérica propriamente dita; e o *Probe*, módulo para a visualização gráfica dos resultados da simulação (SILVA JUNIOR; BRITO, 2004, p.4).

Vemos as janelas do *Schematics* e do *PSpice A/D* na Figura 2.

Figura 2 – O PSpice Schematics e o PSpice A/D.



Fonte: os autores.

PSpice A/D: é o motor que executa os cálculos numéricos. Ele permite realizar análises de ponto de operação *DC*, varreduras (*sweeps*), análises transientes e análises *AC*. A interface geralmente mostra o progresso da simulação e possíveis avisos ou erros de convergência. A tela do *PSpice A/D* é o centro de comando onde a simulação numérica acontece. Ao contrário do *Probe* (que mostra os gráficos), o *PSpice A/D* exibe o progresso do cálculo, as mensagens de log e eventuais erros de convergência do circuito.

Probe: é a ferramenta de pós-processamento gráfico. Nela, você pode visualizar tensões e correntes ao longo do tempo ou da frequência, adicionar cursores para medições precisas e realizar operações matemáticas com os resultados.

O *Probe* é um pós-processador gráfico e é muito útil para plotar os resultados da simulação, especialmente pela capacidade de realizar operações aritméticas. Ele pode ser usado para plotar impedância, potência, entre outros parâmetros (RASHID, 1995, p. xiv).

3 TRABALHO RELACIONADO

A presente seção apresenta um trabalho diretamente relacionado ao tema abordado neste estudo, com base em pesquisa previamente desenvolvida pelos próprios autores.

Em estudo anterior, foi proposto e desenvolvido um modelo de componente baseado no circuito integrado TCA785, com foco em sua aplicação em ambiente de simulação computacional. Os resultados obtidos nesse trabalho demonstraram a viabilidade do modelo, apresentando comportamento compatível com as especificações descritas no *datasheet* do fabricante e com resultados reportados na literatura técnica especializada.

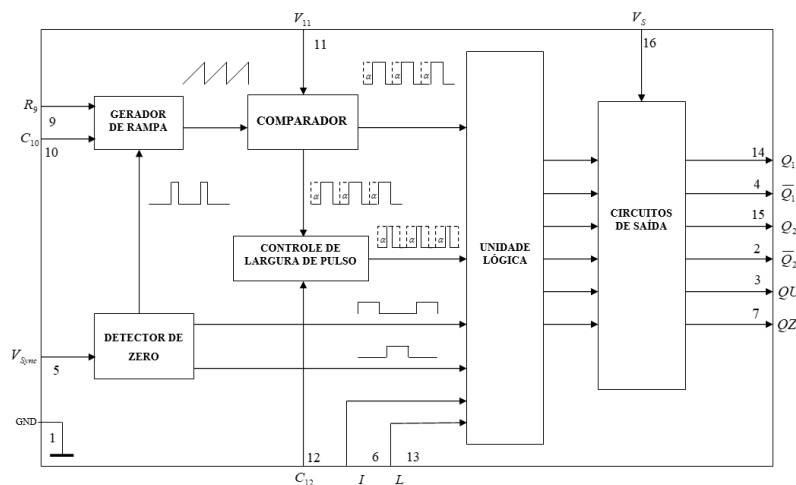
A modelagem do circuito interno do TCA 785 foi realizada a partir da utilização de modelos de circuitos eletrônicos e de ferramentas matemáticas disponíveis no software *PSpice*. Essa abordagem possibilitou a construção de um modelo representativo do dispositivo, permitindo a compreensão de seu funcionamento e a análise dos efeitos produzidos pelo componente nos circuitos por ele controlados.

3.1 Criação do Modelo de Simulação do TCA 785 no PSpice

O *datasheet* do TCA 785 não apresenta uma descrição detalhada de seus circuitos internos. Entretanto, o fabricante disponibiliza o diagrama de blocos, os diagramas de temporização dos pulsos e uma explicação geral do princípio de funcionamento.

O trabalho de Silva Junior; Brito (2004, p.14) apresenta o diagrama de blocos funcional construído a partir da descrição do funcionamento detalhado do TCA 785 contida no *datasheet* do fabricante (Figura 3).

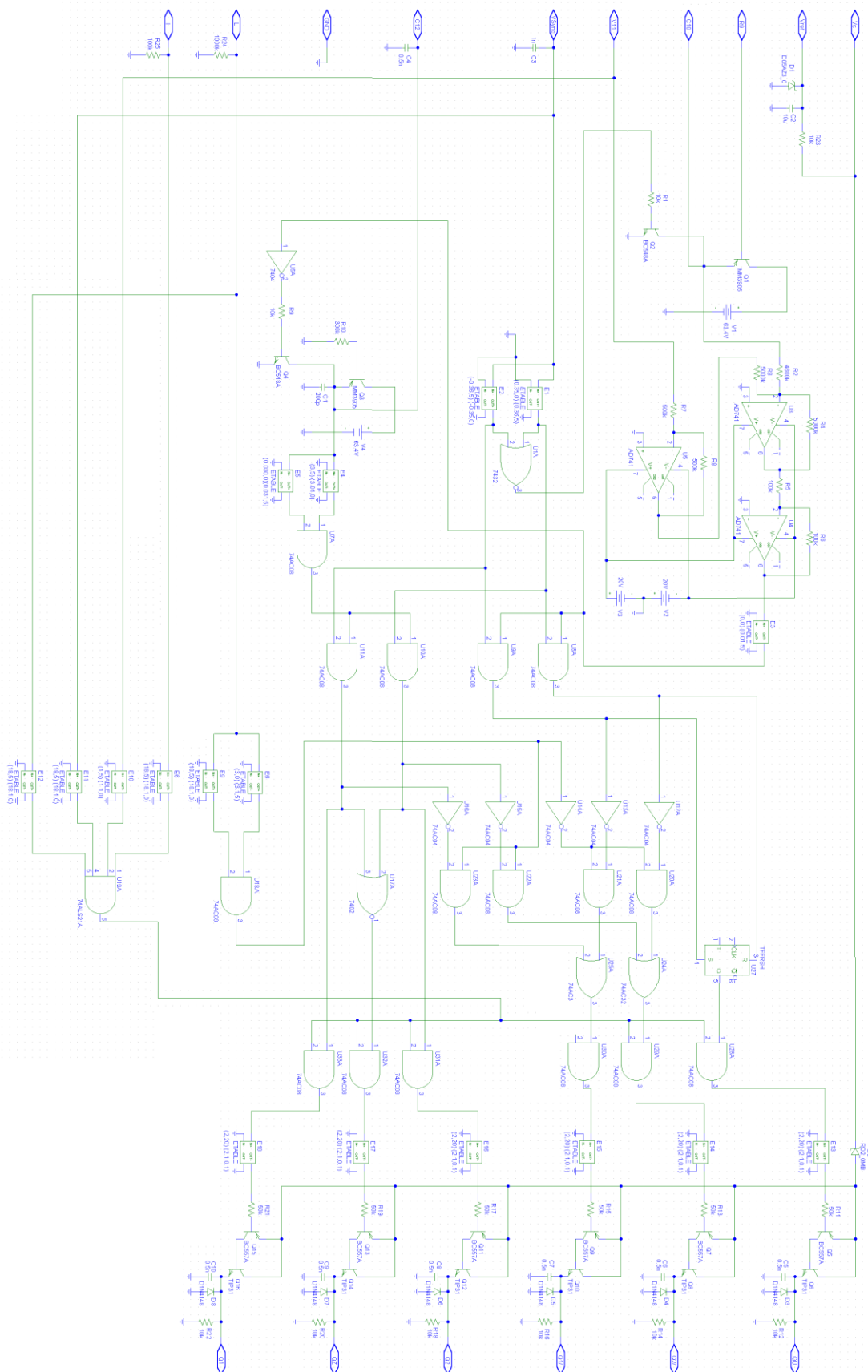
Figura 3 – Diagrama de blocos do modelo de simulação do TCA 785.



Fonte: Silva Junior; Brito (2004, p. 14).

Na Figura 4 é apresentado o circuito interno do modelo de simulação do TCA 785. Este circuito emula o comportamento do componente com relação aos sinais de entrada e saída, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 4 – Diagrama esquemático completo do modelo de simulação do TCA 785.



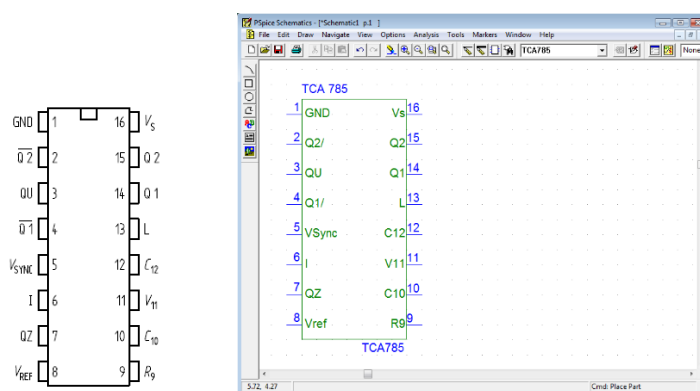
Fonte: Silva Junior; Brito (2004, p. 32).

O modelo ambientado no *PSpice* é plenamente operacional, desde que seja corretamente interligado aos demais componentes disponíveis na biblioteca do software, tais como TRIACs, SCRs, resistores, capacitores, potenciômetros e diodos, de modo análogo ao funcionamento do componente físico original.

3.2 Modelo de Simulação do TCA 785 como um Componente do PSpice Schematics

Na Figura 5 são mostrados o circuito integrado TCA 785 e a aparência final do componente TCA 785 como biblioteca dentro do *PSpice Schematics*.

Figura 5 – Circuito Integrado TCA 785 e o componente encapsulado no ambiente PSpice Schematics



Fontes: Siemens (1994, p1), os autores.

3.3 Modelo de Simulação do Módulo de Controle com Optoacopladores como um componente do PSpice Schematics

Para tornar prática a utilização do modelo de simulação do TCA 785 e, desse modo, evitar que o usuário tenha de montar um circuito de disparo a cada nova aplicação, foi desenvolvido um módulo que engloba todos os elementos necessários para o funcionamento do TCA 785. Esse módulo torna disponíveis externamente apenas as conexões à tensão de alimentação da rede, os sinais de saída de controle (destinados ao controle dos SCRs) e os elementos configuráveis pelo usuário, como o capacitor para controle da largura de pulso e o potenciômetro para controle do ângulo de fase.

Nesse módulo, existe a necessidade de isolamento elétrico entre o circuito de comando e o de potência.

Em aplicações de alta potência, é prática comum isolar os circuitos de controle e de disparo do circuito de potência (composto por tiristores). Caso contrário, os efeitos de transitórios de alta tensão e alta corrente podem causar mau funcionamento ou danos aos circuitos de controle e de disparo de baixa potência.

Para esse fim, transformadores de pulso ou optoacopladores são usados para dispositivos semicondutores de baixa e média potência (RASHID, 2001, p. 409-410).

Os acopladores ópticos mais comumente utilizados consistem na combinação de um diodo emissor de luz (light-emitting diode – LED) e um fototransistor, montados em um único invólucro. Esse arranjo permite o acoplamento do sinal de um circuito para outro, ao mesmo tempo em que fornece um isolamento elétrico quase completo entre os dois circuitos (AHMED, 2000, p. 127-128).

O acoplamento óptico apresenta como principal vantagem a imunidade a interferências eletromagnéticas, além da alta isolamento de potencial.

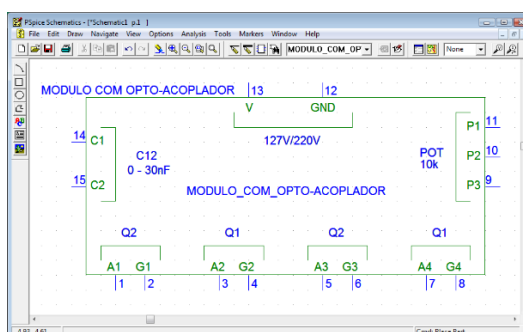
Neste caso, utiliza-se um dispositivo onde o emissor e o receptor estão integrados, apresentando uma isolamento típica superior a alguns kV. A potência necessária para o disparo é provida por duas fontes: uma para alimentar o emissor (em geral, a própria fonte do circuito de controle) e outra isolada para o estágio do receptor.

Foram utilizados quatro optoacopladores 4N25 cujas características e aplicações são especificadas pelo fabricante.

Segundo Fairchild Semiconductor (2005, p.1-2), a tensão de isolamento de entrada-saída do optoacoplador é de 5,3 kVac (rms) para duração de até 1 minuto e 7,5 kVac (pico) para duração de até 1 segundo. São destinados às seguintes aplicações: reguladores de fonte de alimentação, entradas lógicas digitais e entradas de microprocessador.

Na Figura 6 são mostrados o componente Módulo de Controle com Optoacopladores encapsulado para o ambiente *PSpice Schematics* e o respectivo esquema interno contendo a definição completa das pinagens do dispositivo.

Figura 6 – Componente Módulo de Controle com Optoacopladores como biblioteca no PSpice Schematics e o respectivo esquema interno contendo a definição completa das pinagens do dispositivo.



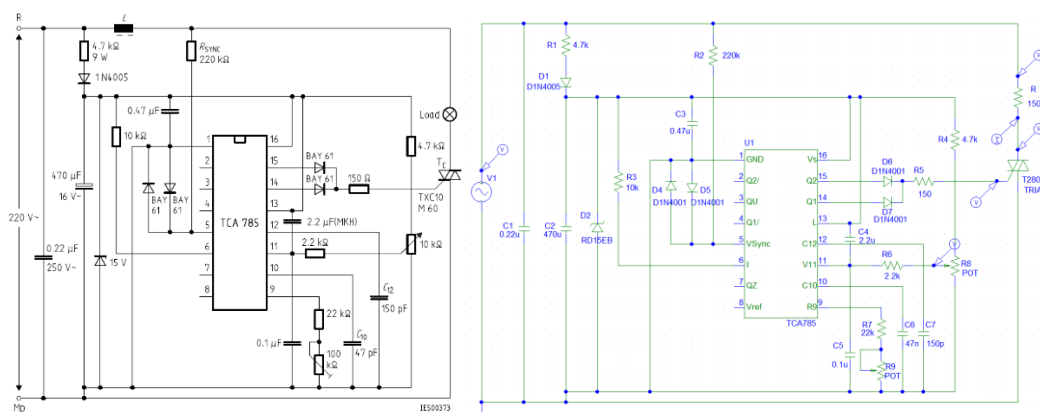
4.1 Simulações em circuitos controlados sugeridos pelo fabricante

4.1.1 Circuito de Controle de TRIAC para corrente de gatilho de até 50 mA

Um controle de fase com um TRIAC controlado diretamente é mostrado na Figura 7. O ângulo de disparo do TRIAC pode ser ajustado continuamente entre 0° e 180° com o auxílio de um potenciômetro externo.

Durante o semiciclo positivo da tensão da rede, o TRIAC recebe um pulso positivo de gate a partir do pino de saída 15 do circuito integrado. Durante o semiciclo negativo, ele também recebe um pulso positivo de disparo a partir do pino 14. A largura do pulso de disparo é de aproximadamente 100 μ s (SIEMENS, 1994, p.13).

Figura 7 – Esquema do circuito de controle de TRIAC para corrente de gatilho de até 50 mA e a respectiva montagem no PSpice Schematics.



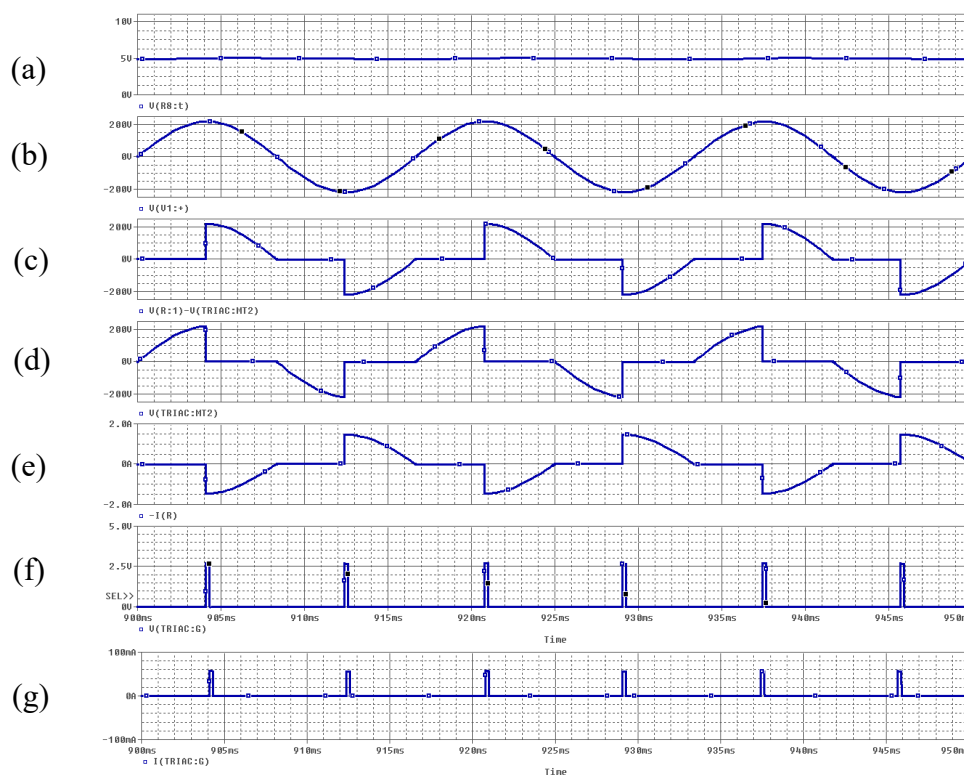
Fontes: Siemens (1994, p.13), os autores.

Na Figura 7, observa-se o circuito de controle de TRIAC sugerido no *datasheet* do componente e a respectiva montagem do circuito no *PSpice Schematics*, utilizando o modelo de simulação do TCA 785, anteriormente inserido na biblioteca.

4.1.2 Formas de onda obtidas a partir do PSpice A/D

A Figura 8 apresenta as formas de onda obtidas por meio das pontas de prova posicionadas em pontos-chave do circuito da Figura 7, utilizando o *PSpice A/D*.

Figura 8 – Formas de onda: a) Tensão do potenciômetro; b) Tensão da rede; c) Tensão na carga; d) Tensão no TRIAC; e) Corrente na carga; f) Tensão de gatilho no Gate do TRIAC; g) Corrente de gatilho no Gate do TRIAC.



Fonte: os autores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Módulo de controle para simulação de estruturas retificadoras monofásicas e trifásicas.

Para os circuitos a serem montados, temos as seguintes considerações:

Conforme Conset Semiconductors (s.d., p. 1) os SCRs 2N1599 utilizados fazem parte de uma família de tiristores de silício projetados para aplicações industriais de baixa corrente (até 1,6 amperes) e tensão de bloqueio reverso de até 400 V.

A faixa de operação do TCA 785 varia de 8 a 18 Vdc. A alimentação regulada para o TCA 785 é garantida por um regulador de onda completa já embutido no Módulo de Controle com Optoacopladores. Este regulador de onda completa tem uma tensão de saída ajustada na faixa dos 10 a 11,3 Vdc, a depender da tensão de alimentação do Módulo de Controle com Optoacopladores. Define-se, para os cálculos, a tensão de alimentação V_s do TCA 785 como 10,5Vdc.

Mas temos que a tensão de entrada no potenciômetro é a mesma tensão de alimentação do TCA 785. Então a faixa de ajuste da saída do potenciômetro será de 0 a 10,5 V, aproximadamente.

A alimentação de cada Módulo de Controle com Optoacopladores pode ser a mesma da carga, desde que varie entre 60 Vac e 380 Vac. Sendo a tensão de 60 Vac o limite mínimo necessário para alimentar o circuito regulador de onda completa embutido no módulo, e a tensão de 380Vac a máxima permitida para alimentar os SCRs escolhidos (externos ao módulo), cuja tensão de bloqueio reverso de pico é de 400 Vac.

Para os circuitos trifásicos, considera-se a tensão entre fases como a tensão máxima. Sendo assim, para o limite de 380 Vac ser atendido para os SCRs, cada módulo deverá ser alimentado por uma tensão fase neutro de, no máximo, 220 Vac.

5.2 Simulação dos circuitos retificadores controlados

A seguir são apresentadas duas aplicações para o módulo TCA 785 usando o Módulo de Controle com Optoacopladores.

5.2.1 Simulação de Circuito Retificador Monofásico Controlado em Ponte Completa com Carga RLD

A relação entre o ângulo de disparo e o valor do ajuste do potenciômetro, para retificadores controlados monofásicos, pode ser calculada.

Sendo:

V_S : Tensão sobre o potenciômetro (mesma tensão de alimentação do TCA 785) em volts.

α : ângulo de disparo desejado em graus.

$RSET_{POT}$: Razão de ajuste do potenciômetro (adimensional).

$VSET_{POT}$: Tensão de ajuste do potenciômetro em volts.

A relação é dada pelas seguintes equações (1, 2):

$$RSET_{POT} = \frac{\alpha}{180^\circ} \quad (1)$$

$$VSET_{POT} = RSET_{POT} \cdot V_S \quad (2)$$

Por exemplo:

Se $\alpha = 60^\circ$ e $V_S = 10,5V$, então o ajuste no potenciômetro é dado pelas seguintes equações (3, 4):

$$RSET_{POT} = 0.33 \quad (3)$$

$$VSET_{POT} = 3,46V \quad (4)$$

A Figura 9 mostra um retificador de onda completa com uma carga formada por R, L e D (resistor, indutor e diodo).

A corrente na carga tende a manter-se fluindo, uma vez que o indutor induz uma tensão que se opõe ao aumento ou à diminuição da corrente. Portanto, os SCRs continuarão conduzindo, embora a tensão possa ter caído a zero. A corrente mantém a condução no SCR mesmo após a tensão ter sido invertida.

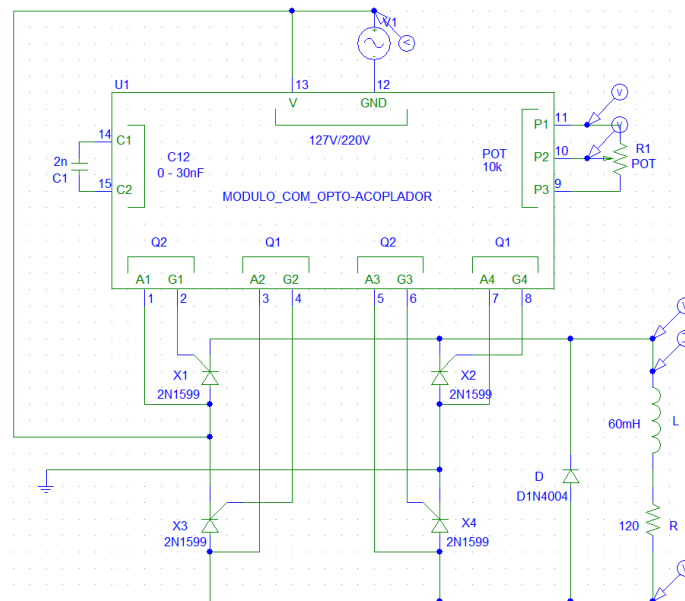
Se um diodo de retorno (D) for ligado com a carga, o circuito poderá operar apenas como retificador, porque o diodo não permite que os valores negativos de tensão surjam nos terminais de carga. O diodo é usado para cortar a porção negativa de tensão de saída instantânea e amenizar a ondulação da corrente de saída. Ele propicia um caminho extra para o fluxo de corrente na carga.

Foram utilizados quatro SCRs 2N1599 e um potenciômetro de $10k\Omega$ para controle do ângulo de disparo α dos SCRs variando continuamente entre 0° e 180° .

Neste exemplo, temos:

$$V_{rms} = 127V, V_s = 10,5V, R = 120\Omega \text{ e } L = 60mH.$$

Figura 9 – Circuito retificador monofásico controlado em ponte completa com carga RLD.



Fonte: os autores.

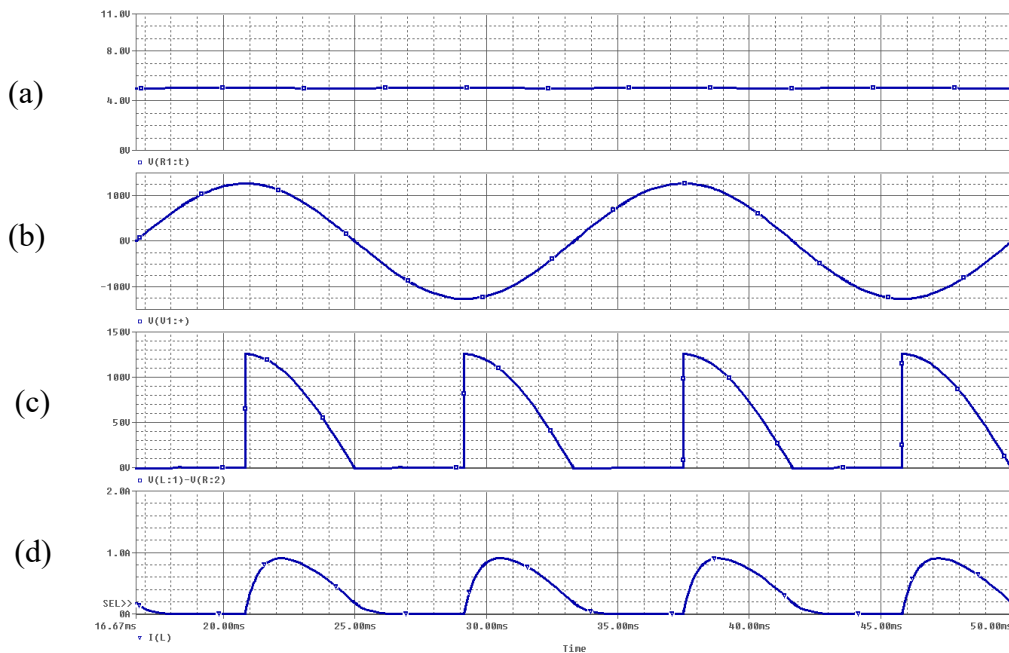
Para $\alpha = 90^\circ$, tem-se:

$$RSET_{POT} = \frac{90^\circ}{180^\circ} = 0,5 \quad (5)$$

$$VSET_{POT} = 0,5 \cdot 10,5 = 5,25V \quad (6)$$

A Figura 10 apresenta formas de onda de entrada e saída do circuito retificador monofásico controlado de onda completa em ponte com carga RLD, para $\alpha = 90^\circ$.

Figura 10 – a) Ajuste do potenciômetro para $\alpha = 90^\circ$, $RSET_{POT} = 0.5$ e $VSET_{POT} = 5,25V$; (b) Forma de onda de tensão de alimentação; (c) Forma de onda da tensão na carga; (d) Forma de onda da corrente na carga.



Fonte: os autores.

5.2.2 Simulação de Circuito Retificador Trifásico Controlado de Seis Pulsos com Carga RLD

Nos retificadores trifásicos, o ângulo de disparo é medido a partir do cruzamento das tensões de fase. Sendo assim, em cada módulo de controle, o valor de α estará adiantado de 30° .

Sendo:

V_S : Tensão sobre o potenciômetro (mesma tensão de alimentação do TCA 785) em volts.

α : ângulo de disparo desejado em graus.

$RSET_{POT}$: Razão de ajuste do potenciômetro (adimensional).

$VSET_{POT}$: Tensão de ajuste do potenciômetro em volts.

A relação entre o ângulo de disparo e o valor do ajuste do potenciômetro, para retificadores trifásicos controlados, é dada pelas seguintes equações (7, 8):

$$RSET_{POT} = \frac{\alpha + 30^\circ}{180^\circ} \quad (7)$$

$$VSET_{POT} = RSET_{POT} \cdot V_S \quad (8)$$

Por exemplo:

Se $\alpha = 60^\circ$ e $V_s = 10,5V$, tem-se que, conforme (9, 10), o ajuste no potenciômetro deverá ser de:

$$RSET_{POT} = 0.5 \quad (9)$$

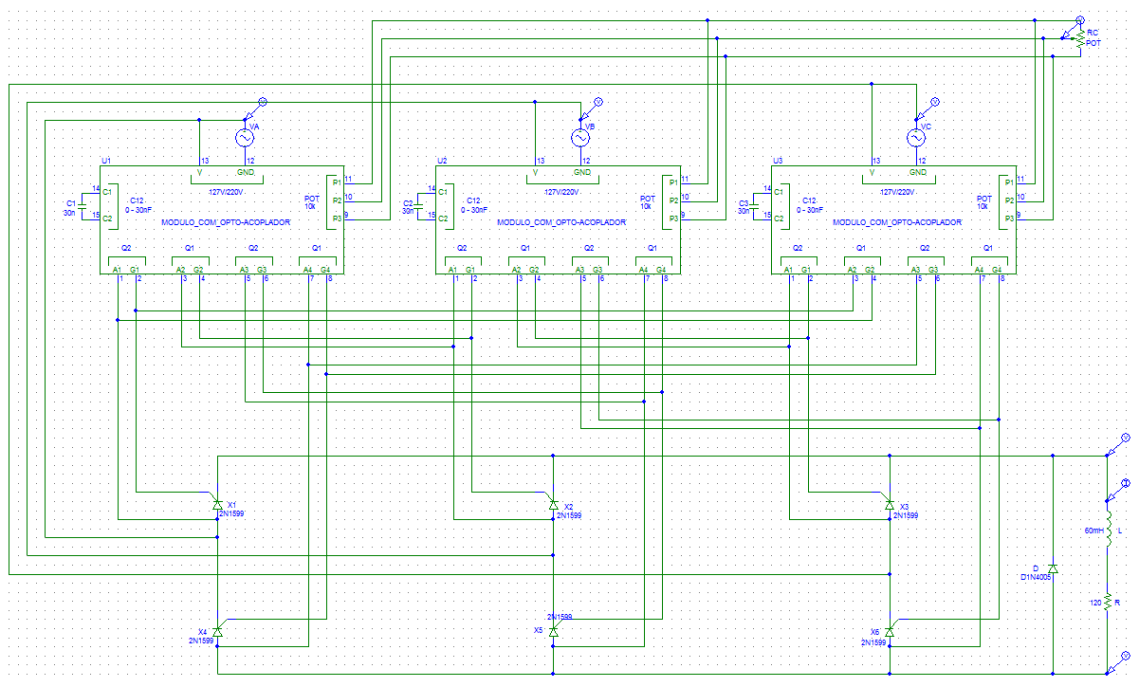
$$VSET_{POT} = 5,25V \quad (10)$$

O retificador de seis pulsos em ponte é, geralmente, utilizado em aplicações nas quais a carga é, por natureza, altamente indutiva, conforme mostrado na Figura 11. O efeito da indutância da carga é suavizar a corrente de saída, aproximando-a de uma forma contínua (DC pura).

Neste exemplo, considera-se:

$$V_{rms} = 127V, V_s = 10,5V, R = 120\Omega \text{ e } L = 60mH.$$

Figura 11 – Circuito retificador trifásico controlado de seis pulsos com carga RLD utilizando o Módulo de Controle com Optoacopladores.



Fonte: os autores.

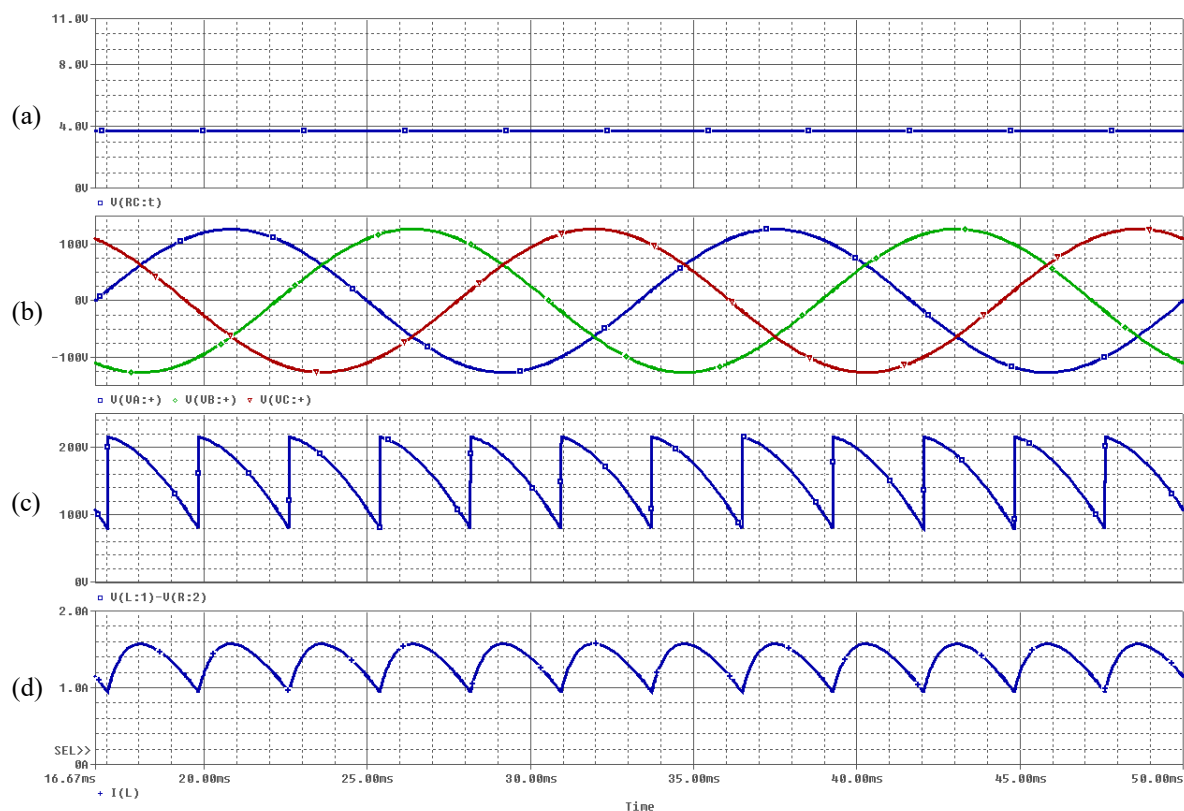
Para $\alpha = 30^\circ$, tem-se que:

$$RSET_{POT} = \frac{30^\circ + 30^\circ}{180^\circ} = 0.33 \quad (11)$$

$$VSET_{POT} = RSET_{POT} \cdot 10,5V = 3,46V \quad (12)$$

A Figura 12 apresenta as formas de onda de entrada e saída do circuito retificador trifásico controlado de seis pulsos com carga RLD, para $\alpha = 30^\circ$.

Figura 12 – (a) Ajuste do potenciômetro para $\alpha = 30^\circ$, $RSET_{POT} = 0.33$ e $VSET_{POT} = 3,46V$; (b) Formas de onda das tensões de fase; (c) Forma de onda da tensão na carga; (d) Forma de onda da corrente na carga.



Fonte: os autores.

Observa-se que a onda retificada possui seis pulsos por ciclo da onda de tensão de entrada considerando qualquer uma das fases.

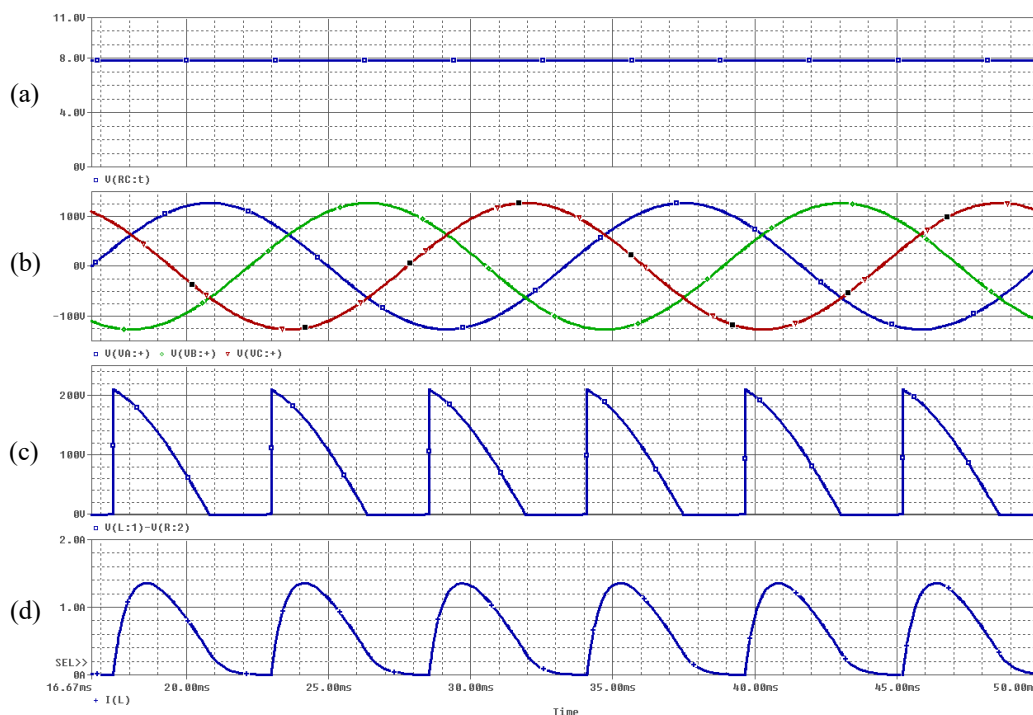
Para $\alpha = 96^\circ$, tem-se que:

$$RSET_{POT} = \frac{96^\circ + 30^\circ}{180^\circ} = 0.7 \quad (13)$$

$$VSET_{POT} = RSET_{POT} \cdot 10,5V = 7,35V \quad (14)$$

A Figura 13 apresenta as formas de onda de entrada e saída do circuito retificador trifásico controlado de seis pulsos com carga RLD, para $\alpha = 96^\circ$.

Figura 13 – (a) Ajuste do potenciômetro para $\alpha = 96^\circ$, $RSET_{POT} = 0.7$ e $VSET_{POT} = 7,35V$; (b) Formas de onda das tensões de fase; (c) Forma de onda da tensão na carga; (d) Forma de onda da corrente na carga.



Fonte: os autores.

6. CONCLUSÃO

A construção do modelo de simulação do TCA 785 trouxe como principal vantagem a possibilidade de estudar o comportamento de um circuito integrado amplamente utilizado no controle do ângulo de disparo de tiristores e transistores, cujo ângulo de disparo pode ser ajustado continuamente entre 0° e 180° .

A análise da estrutura controlada montada (Módulo de Controle com Optoacopladores), construída a partir do modelo inicial do TCA 785, facilitou ainda o entendimento do funcionamento dos tiristores.

A vantagem da construção do modelo no *PSpice* reside no fato de este programa ser uma das ferramentas padrão na simulação de circuitos, pois disponibiliza recursos poderosos de análise e projeto para sistemas analógicos e digitais.

Foi possível fazer nova validação do modelo criado, atestando que os resultados estão de acordo com as especificações técnicas de referência e com a literatura especializada sobre o assunto.

O modelo analisado é plenamente aplicável nas aulas de laboratório de Eletrônica de Potência, permitindo ao aluno efetuar a montagem de diversas configurações de circuitos de controle a partir do modelo inserido na biblioteca, o circuito integrado TCA 785. Nesse artigo, apresenta-se uma dessas configurações, utilizada para o controle de um TRIAC.

Adicionalmente, o módulo pronto (Módulo de Controle com Optoacopladores) também têm grande aplicabilidade para circuitos mais complexos, especialmente em retificadores controlados monofásicos e trifásicos, ambos controlando um conjunto de SCRs.

Por fim, verificou-se que a ferramenta foi efetiva na consolidação dos conceitos de Eletrônica de Potência, a partir da aplicação de casos reais, atendendo, portanto, aos objetivos propostos para as atividades de laboratório.

REFERÊNCIAS

AHMED, A. **Eletrônica de potência**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000.

COMSET SEMICONDUCTOR. **2N1595 thru 2N1599: Silicon Thyristor**. [S. l.], 2002. Disponível em: <http://bit.ly/4ko7wTj>. Acesso em: 6 ago. 2025.

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. **4N25: General Purpose 6-Pin Phototransistor Optocouplers**. 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3MxpS7G>. Acesso em: 5 ago. 2025.

MELLO, B. A. de. **Modelagem e simulação de sistemas**. Santo Ângelo: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2007.

POMILIO, J. A. **Eletrônica de potência**. Campinas: FEEC, 2009.

RASHID, M. H. **Introduction to PSpice® using OrCAD® for circuits and electronics**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.

RASHID, M. H. **Power Electronics Handbook**. 1. ed. Canada: Academic Press, 2001.

SIEMENS. **TCA 785: Phase Control IC**. 1994. Disponível em: <https://bit.ly/3ZYNNQt>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SILVA JUNIOR, R. L. C.; BRITO, W. N. de M. **Construção de um modelo de simulação para o circuito integrado TCA 785 em PSpice**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.