



## Bancada para o acionamento e testes de motores de corrente contínua.

### Bench for actuating and testing DC motors

Bruno Simonetti de Souza<sup>1</sup>,

Marcelo Nanni<sup>2</sup>

#### RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o projeto e desenvolvimento de uma bancada de acionamento e testes de motores de corrente contínua utilizando fontes chaveadas para uso em laboratório de máquinas elétricas com tensão de saída ajustável até 127 V. É, também, apresentada uma revisão sobre conversores CC-CC, descrevendo as vantagens do uso de fontes chaveadas, bem como um roteiro para se ter um bom projeto de fonte chaveada, atendendo os parâmetros desejados. A bancada de testes servirá de apoio para as aulas de Máquinas Elétricas no curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR do Campus de Campo Mourão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bancada de Ensino; Fonte chaveada; Motor CC.

#### ABSTRACT

The purpose of this work is to design and develop a bench for actuating and testing DC motors using switching power supplies for use in an electrical machinery laboratory with an adjustable output voltage of up to 127V. A review of DC-DC converters is also presented, describing the advantages of using switching power supplies, as well as a roadmap for designing a good switching power supply that meets the desired parameters. The test bench will be used to support classes in Electrical Machines on the Electronic Engineering course at UTFPR's Campo Mourão Campus.

**KEYWORDS:** learning bench; switching power supply; DC Motor. (Keep the order of words in Portuguese).

#### INTRODUÇÃO

A eletrônica de potência engloba a aplicação dos princípios da eletrônica de estado sólido no controle e conversão de energia elétrica. Há várias formas de conceituá-la, sendo uma delas a arte de eficientemente converter energia elétrica de forma limpa, compacta e inovadora, de modo a atender às necessidades específicas de utilização (RASHID, 2014).

Com o início dos programas espaciais, que tiveram início na década de 1960, abriu-se espaço para o desenvolvimento de novas tecnologias, entre elas, as fontes chaveadas. Este equipamento foi desenvolvido com o objetivo de substituir as fontes reguladas convencionais, do tipo linear, que era uma tecnologia antiga. Portanto, o objetivo desta inovação tecnológica, era ser um equipamento compacto e de baixo consumo, ou seja, o oposto das fontes lineares (BARBI, 2007).

Na atualidade, as fontes chaveadas podem ser encontradas na grande maioria dos equipamentos eletrônicos, visto que, com o avanço da microeletrônica, conseguiu-se baratear o custo dos componentes, permitindo uma melhora nos projetos de construção das fontes chaveadas. Este

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: brunosimonettisouza@hotmail.com. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8288256285928634>.

<sup>2</sup> Docente no Curso de Engenharia Eletrônica/DAELN. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil. E-mail: marcelonanni@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9709197228284927>.



tipo de fornecimento energético é utilizado em diversas áreas da tecnologia, como computadores, impressoras, eletrodomésticos, equipamentos médicos, e até em equipamentos mais complexos, como satélites e equipamentos militares (BARBI, 2007).

Apesar das fontes chaveadas terem inúmeras vantagens, de acordo com Ivo Barbi (2007), elas possuem alguns infortúnios em comparação com outros tipos de fontes. Dentre eles podemos citar: transitória ser lenta; produção de uma ondulação na tensão de saída; geração de uma interferência radioelétrica e eletromagnética; bem como a utilização de um número maior de componentes com emprego de componentes eletrônicos mais complexos.

Mesmo com tais infortúnios acima indicados, que se traduzem em desvantagem frente a outros tipos de fontes, os pesquisadores e projetistas trabalham competentemente para reduzi-los, pois este equipamento é compacto, leve e possui uma eficiência energética próxima a 90%, o que incentiva a produção deste equipamento (BARBI, 2007).

No decorrer deste trabalho serão abordados os dois tipos de fontes de tensão mais usadas no mercado atual (Fonte Linear e Fonte Chaveada). Será apresentado também o que é um sinal *PWM*, um conversor CA-CC, e um conversor CC-CC com suas diversas topologias.

Com base neste contexto, este trabalho se propõe a explorar o projeto e desenvolvimento de uma bancada de acionamento e testes de motores de corrente contínua utilizando fontes chaveadas para uso em laboratório de máquinas elétricas com tensão de saída ajustável até 127 V, buscando oferecer uma solução eficiente e versátil para suprir as demandas dos experimentos e projetos eletrônicos realizados nesse ambiente acadêmico.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, será abordada a seleção dos materiais básicos que serão utilizados na construção do projeto da fonte, com o objetivo de alcançar os resultados pretendidos. A seguir serão apresentados os componentes principais que serão empregados no projeto.

### Retificador de Entrada

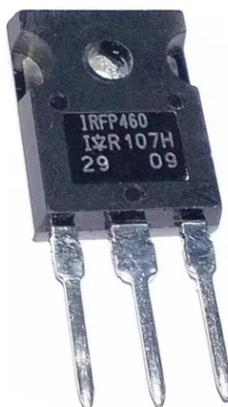
Na entrada do circuito será empregado um fusível de vidro com uma capacidade nominal de 5 A e uma tensão máxima de 250 V, a fim de proteger o sistema contra sobrecorrentes. Além disso, é utilizado um termistor NTC da família MF72 que pertence à categoria de termistores de potência. Esses termistores possuem características especiais para lidar com altas potências, o seu funcionamento é basicamente que a resistência diminui com o aumento de temperatura.

Para completar a etapa de retificação, utiliza-se um indutor simples para filtragem cuja função é suavizar a corrente e reduzir a ondulação. Além disso, são incorporados capacitores do tipo Y, projetados para garantir a segurança do circuito e uma ponte de diodos encapsulada, responsável pela retificação da corrente alternada.

## Interruptor

No projeto, será utilizado um transistor *MOSFET*, como o IRFP460A da Infineon mostrado na Figura 1, devido à sua capacidade de suportar altas frequências de chaveamento. Esse componente é especialmente adequado para aplicações em fontes chaveadas, oferecendo desempenho eficiente e confiável.

Figura 1 – *MOSFET IRFP460A*

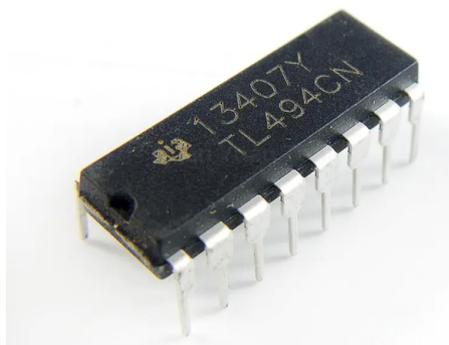


Fonte: (RECTIFIER, 1999)

## Circuito Integrado de *PWM*

Para gerar o sinal *PWM* necessário será utilizado o TL494 da *Texas Instruments*, um CI amplamente utilizado como gerador *PWM* em projetos de fontes chaveadas. O TL494 é escolhido devido à sua simplicidade de construção e custo acessível, sendo uma opção comum para essa aplicação. A Figura 2 ilustra a aparência do TL494.

Figura 2 – Circuito Integrado TL494



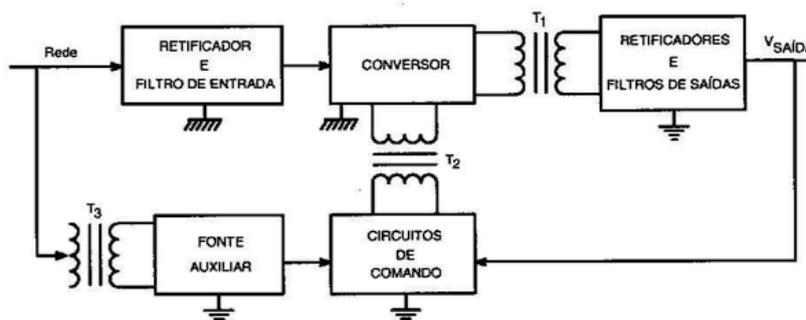
Fonte: (INSTRUMENTS, 2022)

## Transformador

Conforme mencionado pelo autor (BARBI, 2007), uma fonte chaveada deve desempenhar duas funções básicas: fornecer uma tensão que atenda a determinadas especificações para a carga

e proporcionar o isolamento entre os blocos funcionais. O diagrama de blocos de uma fonte chaveada indicando a localização dos transformadores empregados é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama de Blocos de uma Fonte Chaveada



Fonte: (BARBI, 2007, p.197)

Como pode ser observado na Figura 3, a fonte possui dois setores: um de alta tensão que está conectado o interruptor de chaveamento e um de baixa tensão que está conectado na saída, no circuitos de comando e na fonte auxiliar. Para que os dois setores estejam em níveis de tensões diferentes é necessário o uso de três transformadores (BARBI, 2007), sendo eles:

- $T_1$  o transformador principal
- $T_2$  transformador para o comando de base e gatilho
- $T_3$  transformador da fonte auxiliar

Para a aplicação de  $T_2$  e  $T_3$ , serão utilizados dois transformadores menores do tipo *Chopper*. Quanto ao transformador principal, será utilizado um transformador com núcleo de ferrite de 500 W de potência, que possui uma faixa de tensão de 0 V a 220 V e uma corrente de 2.5 A. A escolha do transformador com núcleo de ferrite se deve ao fato de ele ser capaz de operar com sinais de alta frequência, além de apresentar vantagens como baixo custo e tamanho reduzido.

## Métodos

A correta implementação de uma fonte chaveada requer a definição dos parâmetros do projeto, conforme indicado em (BARBI, 2007). Esses parâmetros incluem a especificação da tensão e corrente de saída, a frequência de operação e outros aspectos relevantes.

Com as topologias e parâmetros definidos, futuramente na continuação do projeto será, iniciado com os cálculos do estágio de entrada, que envolvem a escolha do retificador, a determinação do capacitor de filtragem necessário e a limitação da corrente de pré-carga do capacitor de filtragem. Em seguida, é possível iniciar o projeto do conversor, seguido pelos cálculos para seleção do transformador de isolamento de alta frequência e dos componentes do estágio de saída. Concluindo a etapa de cálculos do projeto, os valores da fonte auxiliar do circuito devem ser definidos, bem como realizados os cálculos do filtro de radiofrequência.



Após realizar todos os cálculos dos componentes a serem utilizados no circuito, a fonte será modelada em um *Software CAD* para executar simulações e verificar a adequação do projeto. Em seguida, será realizada a montagem da fonte em uma *Protoboard* para realizar testes de bancada, utilizando osciloscópio e multímetro para confirmar o correto funcionamento da fonte. Caso os resultados dos testes não estejam de acordo com o esperado, será analisado em qual estágio ocorreu o erro de cálculo dos componentes, e em seguida, serão ajustados os valores dos componentes.

Constatando que o projeto funciona conforme o esperado, será iniciada a fase de prototipação em uma placa PCB. Nesta etapa, serão novamente realizadas medições dos valores de tensão e corrente de saída da fonte, bem como testes de segurança para verificar a temperatura de operação e identificar possíveis erros de projeto.

## RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se com este projeto, aplicando a metodologia descrita anteriormente, o desenvolvimento da bancada de acionamento e levantamento de parâmetros de motores CC, que será um instrumento utilizado no estudo e análise desses motores CC.

Além disso, busca-se adquirir o domínio necessário para a construção da bancada, ou seja, conhecer e compreender todas as etapas e componentes envolvidos no seu funcionamento. Isso permitirá um maior conhecimento prático sobre acionamentos de motores CC e fontes chaveadas.

Após a conclusão do projeto, a bancada de acionamento e levantamento de parâmetros de motores CC será doada para ser utilizada em sala de aula.

Essa doação contribuirá para o enriquecimento das aulas práticas e teóricas, proporcionando aos estudantes uma experiência mais completa e abrangente no estudo de Máquinas Elétricas.

## Agradecimentos

Agradeço imensamente ao Professor Marcelo Nanni por sua orientação excepcional neste projeto, crucial para meu TCC. À equipe do SEI/SICITE de 2023, obrigado pela plataforma. À minha família, amigos e colegas, seu apoio é inestimável. Este projeto representa anos de dedicação e aprendizado. Espero que contribua positivamente para nossa área de estudo. Ansioso para continuar minha jornada acadêmica e explorar novos horizontes. Muito obrigado a todos pelo apoio fundamental.

## Conflito de interesse

Declaro que não existem conflitos de interesse financeiros, comerciais ou pessoais que possam influenciar, de qualquer maneira, a objetividade ou integridade do presente trabalho de pesquisa. Este estudo foi conduzido de forma imparcial e com o único propósito de contribuir para o avanço do conhecimento em nossa área de estudo, sem vínculos financeiros ou interesses que possam comprometer sua validade ou imparcialidade.



## REFERÊNCIAS

BARBI, I. **Eletrônica de potência: projeto de fontes chaveadas**. [S.l.]: Edição do Autor, 2007.

Disponível em: [🔗](#).

INSTRUMENTS, Texas. **TL494 Pulse-Width-Modulation Control Circuits**. Dallas, Texas, USA, jul. 2022.

RASHID, M.H. **Power Electronics: Devices, Circuits, and Applications**. [S.l.]: Pearson, 2014. ISBN 9780133125900. Disponível em: [🔗](#).

RECTIFIER, International. **SMPS MOSFET - IRFP460A**. El Segundo, USA, jun. 1999.