

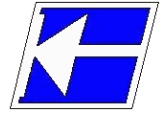


INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA

CURSO TÉCNICO DE ELETRÔNICA

Máquinas Elétricas



CAPÍTULO 5

ACIONAMENTO DE MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

ACIONAMENTO DE MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

Objetivo de Aprendizagem

Estudar os circuitos de acionamento de motores de corrente contínua.

Objetivos parciais

- Conhecer os principais elementos para acionamento de motores de corrente contínua;
- Conhecer circuitos para acionamento de motores de corrente contínua.

Roteiro para estudos

Os estudos referentes a este objetivo de aprendizagem consistem em:

1. Estudar este documento resumo, realizando as atividades propostas no mesmo;
2. Realizar os exercícios deste tópico da matéria;
3. Caso perceba necessidade, estudar a apresentação deste assunto ou consultar os livros texto indicados para esta disciplina;
4. Realizar a avaliação final para progredir ao próximo conteúdo.

Referências

- Material disponibilizado para a disciplina de Máquinas Elétricas – 2026/1. Departamento Acadêmico de Eletrônica, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.
- STEPHAN, Richard M. Acionamento Comando e Controle de Máquinas Elétricas. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

1 Introdução

O capítulo anterior foi relacionado ao estudo das máquinas de corrente contínua, com especial enfoque nos motores de corrente contínua e os principais dispositivos para seu acionamento

Este capítulo terá como objetivo principal o estudo dos circuitos de acionamento de motores de corrente contínua.

1.1 Conteúdo – O que irei estudar

Estudaremos neste tópico:

- Circuitos para acionamento de motores de corrente contínua.

1.2 Metodologia – O que devo fazer e como fazer

Leia com atenção o conteúdo a seguir. Ao final deste tópico são apresentados exercícios resolvidos. Após são apresentados alguns exercícios propostos.

Ao realizar estas atividades e se sentir confiante para progredir, siga os passos indicados na primeira página deste documento.

Espera-se que após estudar este assunto, você consiga:

- Citar os principais elementos para acionamento dos motores de corrente contínua;
- Explicar o funcionamento de alguns circuitos para acionamento de motores de corrente contínua.

A atividade autoavaliativa deste objetivo de aprendizagem consistirá em perguntar ao estudante para descrever o funcionamento de um circuito de acionamento de um motor de corrente contínua, por exemplo.

Exemplo de atividade avaliativa:

1. Citar elementos utilizados para acionamento de motores de corrente contínua.
2. Explicar o funcionamento de algum circuito de acionamento de motor de corrente contínua.

2 Circuitos de Acionamento de Motores de Corrente Contínua

2.1 Introdução

A seguir serão apresentados alguns circuitos de acionamento de motores de corrente contínua, buscando-se mostrar o funcionamento básico dos mesmos e permitir que a partir dos mesmos diferentes soluções e circuitos sejam propostos e implementados.

2.2 Acionamento com chaves e relés

O acionamento de motores de corrente contínua com chaves é realizado em aplicações onde não é necessária a alteração da velocidade do motor, por exemplo em brinquedos, ferramentas elétricas, eletrodomésticos, dentre outras.

Um circuito simples, a exemplo daqueles apresentados no início deste capítulo, é mostrado na Figura 1, pelo qual se pode ligar e desligar o motor pelo comando na chave S_1 . Note a presença do diodo de roda-livre (D_1), visto o motor ser uma carga resistiva-indutiva.

O circuito mostrado na Figura 2 utiliza uma chave HH, permitindo que se faça a inversão do sentido de rotação do motor. Neste caso a chave S_1 serve para ligar e desligar o motor, enquanto a chave S_2 permite o acionamento do motor no sentido horário ou anti-horário. Esta solução é comumente utilizada em brinquedos, por exemplo

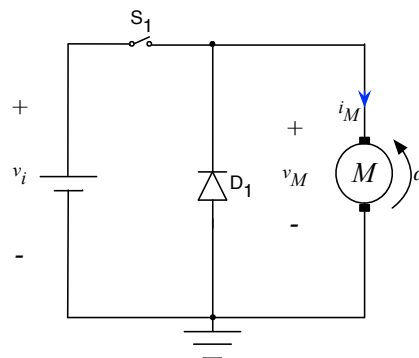
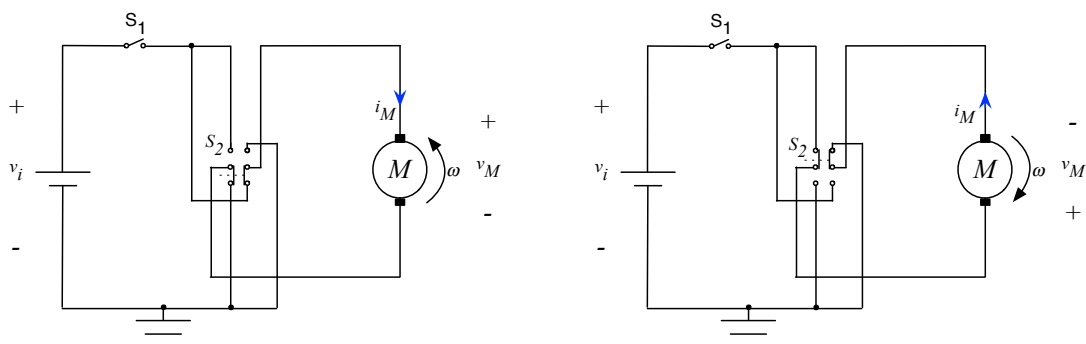


Figura 1 – Circuito simples para acionamento de motor de corrente contínua.



Rotação no sentido anti-horário

Rotação no sentido horário

Figura 2 – Circuito com chave HH para ligar e desligar e inverter o sentido de rotação do motor.

O circuito mostrado na Figura 3 utiliza um relé (RL_1) para fazer o acionamento do motor de corrente contínua. Neste circuito é utilizado um transistor (T_1) para fazer o acionamento do relé, isto é, prover a corrente elétrica na bobina do mesmo. O sinal de controle virá de algum circuito externo, como um microcontrolador, por exemplo, sendo aplicado na base do transistor por meio do resistor R_1 . O diodo D_1 atua como diodo de roda-livre para a bobina do relé, enquanto D_2 é o diodo de roda-livre para o motor de corrente contínua.

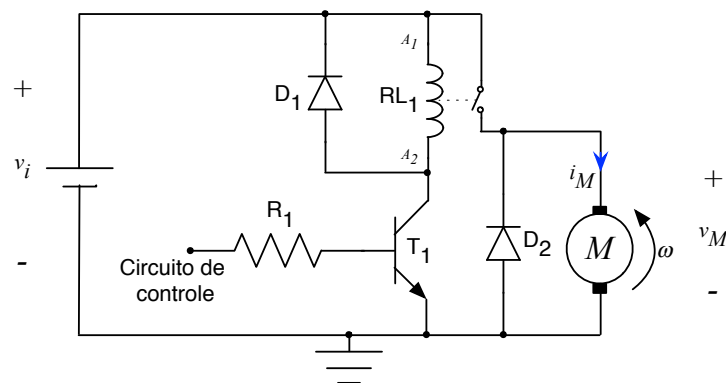


Figura 3 – Circuito de acionamento de motor com relé.

Por sua vez, o circuito mostrado na Figura 4 permite fazer o acionamento e a inversão de rotação do motor utilizando relés. Com os relés na posição de repouso, o motor permanece parado. Ao acionar o relé 1 (RL_1) o motor irá girar no sentido anti-horário como indicado na figura; e ao acionar o relé 2 (RL_2) se fará o motor girar no sentido horário. Caso os dois relés sejam acionados, então o motor também permanecerá parado.

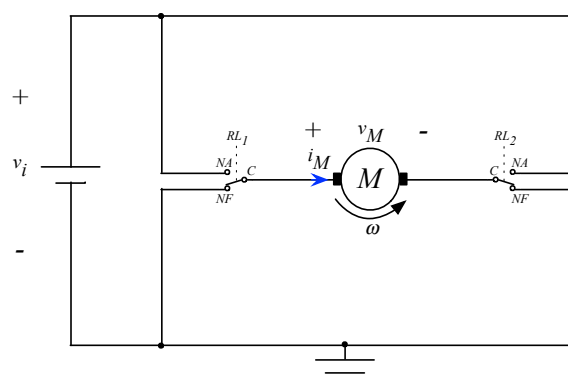


Figura 4 – Circuito com relés para inversão de rotação de motor de corrente contínua.

2.3 Acionamento com transistores

O circuito mostrado na Figura 5 utiliza um transistor e um diodo de roda-livre para fazer o acionamento do motor de corrente contínua. A principal diferença em relação aos circuitos de

acionamento com chaves ou relés, é que neste caso, pelo controle da corrente de base, pode-se alterar a tensão média sobre o motor, controlando sua velocidade.

O transistor T_1 será utilizado como chave, isto é, no estado de corte ou saturação. Assim, o modo de funcionamento na região ativa não será utilizado, para se evitar as excessivas perdas neste componente. A corrente de base do transistor será aplicada na forma de pulsos, como mostrado na Figura 6, onde se mostram as formas de onda para a corrente de base e a tensão no motor. A tensão média, ou seja, seu valor contínuo é mostrado na figura por uma linha reta, em destaque.

Ao se aplicar pulsos com largura estreita na base do transistor, então a tensão no motor terá um valor médio baixo, fazendo com que o motor tenha baixa rotação. Se os pulsos tiverem largura alta igual a largura baixa, então a tensão média no motor será a metade da tensão de alimentação. Por fim, se a largura dos pulsos for grande, então o valor médio da tensão no motor aumentará, tendendo ao valor da fonte de alimentação, fazendo com que o motor tenha alta rotação.

O controle de um interruptor pela largura dos pulsos é denominado de modulação por largura de pulsos (PWM), sendo muito empregado para acionamento de motores elétricos. Pelas formas de onda mostradas na Figura 6, tem-se o valor do PWM tendendo a 0%, 50% ou 100%.

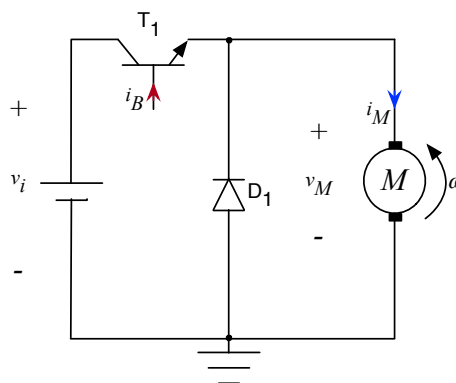


Figura 5 – Circuito para acionamento de motor de corrente contínua com transistor.

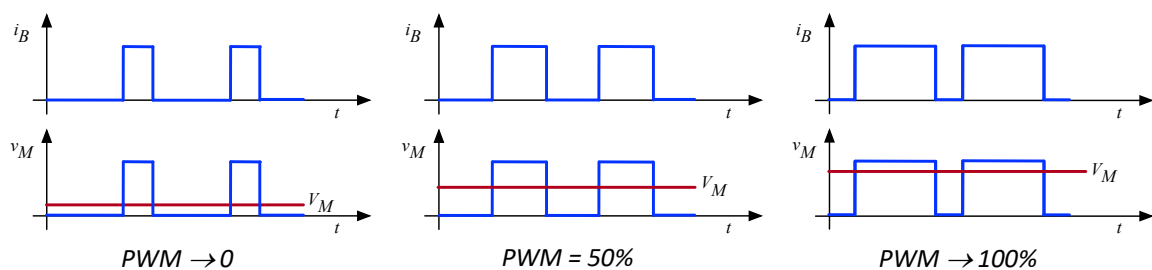
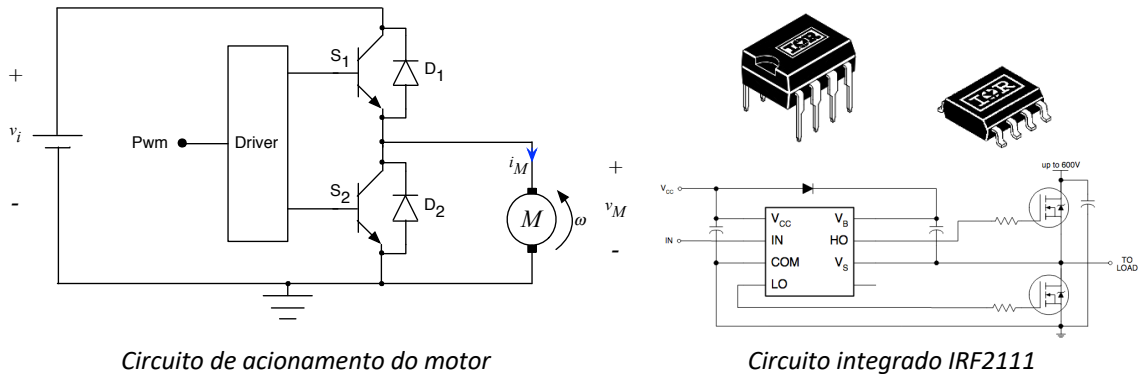


Figura 6 – Controle da tensão no motor pela largura dos pulsos da corrente de base.

A Figura 7 mostra um circuito com dois transistores e dois diodos, que permite o acionamento do motor de corrente contínua em dois quadrantes de operação, fazendo o mesmo

operar como motor e como gerador, mas sem inversão no sentido de rotação. Para fazer o acionamento dos transistores pode ser utilizado algum circuito integrado dedicado, como por exemplo o IRF2111, conforme mostrado na figura.



Circuito de acionamento do motor
 Circuito integrado IRF2111
 Figura 7 – Acionamento de motor de corrente contínua para operação em dois quadrantes.

Fonte: <https://www.infineon.com>. Acesso em 21/07/2021.

Por sua vez, a Figura 8 apresenta o circuito de um conversor ponte completa (ou ponte H), utilizando quatro transistores e quatro diodos, além de dois circuitos integrados para acionamento dos transistores, que permite acionar o motor de corrente contínua nos quatro quadrantes de operação, fazendo o mesmo operar como motor, como gerador e nos dois sentidos de rotação.

Este circuito mostrado na Figura 8 é completo, isto é, permite que o motor seja acionado e opere em toda sua capacidade, tanto como motor, como também no modo de regeneração de energia (gerador), o que torna seu uso interessante para veículos elétricos, tais como bicicletas, motos, carros, dentre outros.

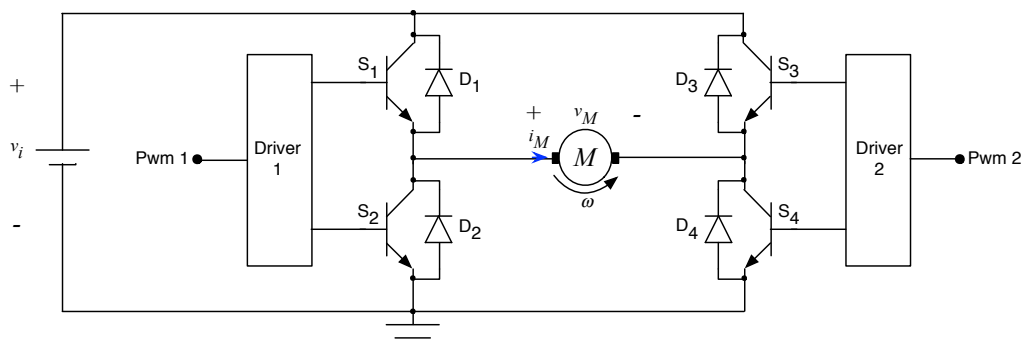


Figura 8 – Acionamento de motor de corrente contínua para operação em quatro quadrantes.

2.4 Acionamento com circuitos integrados

O uso de circuitos integrados para acionamento de motores, quando as condições de operação permitirem, torna-se uma solução interessante, pois pode-se simplificar o circuito

completo e reduzir o tamanho da placa de circuito impresso, por exemplo.

A Figura 9 mostra as possibilidades de conexão de motores ao circuito integrado L293, onde se nota que é possível acionar três motores simultaneamente, sendo um deles em quatro quadrantes de operação e os outros dois em um quadrante de operação.

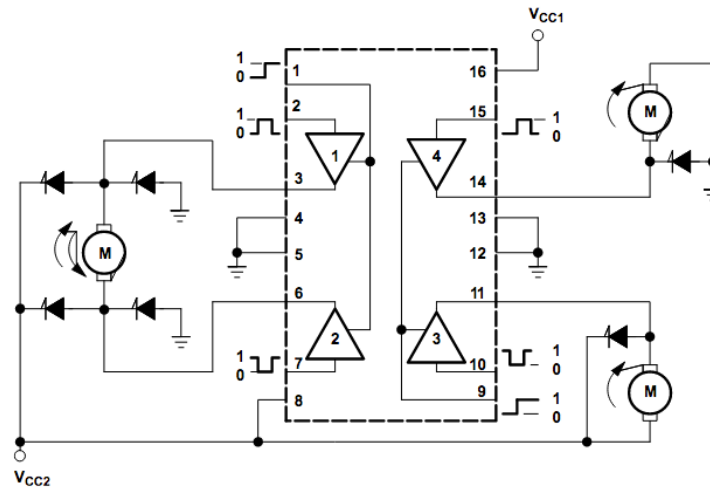


Figura 9 – Acionamento de motor de corrente contínua com circuito integrado L293.

Fonte: <https://www.ti.com>. Acesso em 21/07/2021.

3 Exercícios

Exercícios Resolvidos

ER 01. Cite características dos circuitos de acionamento de motores que utilizam chaves eletromecânicas.

Os circuitos de acionamento de motores com chaves eletromecânicas são simples, robustos e fáceis de implementar; no entanto, não permitem variar a velocidade do motor.

ER 02. O que significa regeneração de energia?

Regenerar energia significa utilizar a capacidade do motor elétrico de operar como gerador, para devolver energia ao circuito de alimentação (baterias) em determinadas condições de funcionamento, por exemplo em descidas, no caso de veículos elétricos.

ER 03. Qual conversor utilizado para acionamento de motores elétricos permite a operação em quatro quadrantes?

O conversor ponte completa, também chamado de ponte H.

Exercícios Propostos

EP 01. A operação como motor e gerador, em apenas um sentido de rotação, é caracterizada como operação em quantos quadrantes?

EP 02. Comente sobre características do conversor ponte completa.

EP 03. Que elementos de proteção podem ser utilizados nos circuitos de acionamento?

EP 04. Comente sobre o uso de relés para acionamento de motores.

EP 05. Comente sobre as vantagens de usar transistores nos circuitos de acionamento.

4 Atividade Avaliativa

4.1 Introdução – O que preciso saber

Ao final deste objetivo de aprendizagem são apresentadas cinco questões, que devem ser respondidas sem consultar o material. Se você conseguir responder as questões e conferir as respostas com o gabarito abaixo, parabéns, você concluiu com êxito este tópico. Caso tenha errado alguma questão, revise o conteúdo relacionado com a mesma e refaça a questão, procurando se concentrar mais desta vez, para acertar o exercício e fixar bem o conteúdo.

AA 01. Para controlar a velocidade do motor de corrente contínua utilizando modulação por largura de pulsos (PWM), deve-se utilizar quais componentes principais no circuito de acionamento?

AA 02. Um circuito de acionamento com relé permite o controle de velocidade do motor?

AA 03. Um conversor meia ponte permite a operação em quantos quadrantes do motor de corrente contínua?

AA 04. Qual conversor permite a operação em quatro quadrantes de um motor de corrente contínua?

AA 05. Um circuito de acionamento com relés permite inverter o sentido de rotação do motor?

AA 01. Para aplicar modulação por largura de pulsos (PWM) deve-se utilizar transistores, que

podem ser com tecnologia BJT, MOSFET ou IGBT, por exemplo.

AA 02. Não. Os circuitos de acionamento com relés não permitem alterar a velocidade do motor.

AA 03. O conversor meia ponte permite a operação do motor em dois quadrantes.

AA 04. O conversor ponte completa permite a operação em quatro quadrantes do motor de

corrente contínua.

AA 05. Sim, é possível inverter o sentido de rotação do motor utilizando relés.