

GERAÇÃO PWM PARA CONTROLE DE MOTORES CC E PONTE H COM TRANSISTORES

Perin, Gustavo ¹; Reichert, João ²; Hofferber, Leonardo ³; Uecker, Maurício ⁴

¹ FAHOR, Curso de Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Horizontina, Campus Arnaldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

*Autor Correspondente: gb002596@fahor.com.br.

RESUMO

O presente artigo estabelece o desenvolvimento de um projeto eletrônico para a geração de um sinal de modulação por largura de pulso (PWM) para controle de velocidade de motores de corrente contínua (CC) e ponte H com transistores. Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados circuitos integrados e transistores para a geração do sinal PWM e criação da ponte H, além de capacitores, relés, portas lógicas, *flip-flops*, contadores e osciladores. Assim, são apresentadas todas as etapas de elaboração deste projeto, desde o dimensionamento de componentes, passando pelas simulações através do *software* Proteus, e finalmente a implementação prática através de *layout* (PCB). Na sequência, foram apresentados os resultados finais bem como as análises pertinentes. Por fim, informa-se que este projeto foi elaborado conciliando o estudo teórico da disciplina de Sistemas Digitais I e II da Faculdade Horizontina.

Palavras chave: Motores CC, Ponte H com transistores, Geração PWM.

PWM GENERATION FOR DC MOTOR CONTROL AND H BRIDGE WITH TRANSISTORS

ABSTRACT

This article establishes the development of an electronic project for the generation of a pulse width modulation (PWM) signal for speed control of direct current (DC) motors and H-bridge with transistors. For the development of this work, integrated circuits and transistors were used to generate the PWM signal and create the H-bridge, in addition to capacitors, relays, logic gates, flip-flops, counters and oscillators. Thus, all the stages of elaboration of this project are presented, from the dimensioning of components to the simulations through the

Proteus software, and finally the practical implementation through layout (PCB). The final results as well as the relevant analyses are then presented. Finally, it is reported that this project was elaborated combining the theoretical study of the Digital Systems I and II subjects of Faculdade Horizontina.

Keywords: DC Motors, H Bridge with transistors, PWM Generation.

1 INTRODUÇÃO

O princípio de funcionamento de um motor de corrente contínua é baseado através de campos magnéticos que são gerados pela corrente elétrica que transcorre por suas bobinas. Para variar a velocidade do motor podemos alterar essa corrente que é diretamente proporcional a tensão sobre elas.

Dessa forma, alterando a tensão do motor, é possível alterar a sua velocidade. Essa questão é solucionada pela geração de sinal de modulação de largura de pulso (PWM).

Por sua vez, a geração de sinal por modulação de largura de pulso consiste em uma onda quadrada em uma alta frequência que pode ser controlada a porcentagem do tempo em que a onda permanece em nível lógico alto.

Para obter-se a mudança de sentido de rotação do motor utilizou-se a ponte H, a qual realiza a inversão da direção da corrente que flui através de uma carga. A estrutura é basicamente formada por um arranjo de transistores.

Sendo assim foi proposto ao grupo fazer a simulação de controle de um motor CC através de geração de sinal PWM e com ponte H de transistores. Através de portas lógicas desenvolveu-se o comando para ligar (sentido horário e sentido anti-horário) e desligar (botão emergência e simulação de relé térmico) o motor elétrico.

2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DE RESULTADOS

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1 Motores CC

Motores de corrente contínua operam direcionando forças de tração e repulsão de eletroímãs e imãs. Possuem vários tamanhos e tensões de trabalho, utilizados para os engenheiros e projetistas do ramo da mecatrônica, automação industrial, robótica. Bem como em churrasqueiras elétricas, entretenimento, esteiras alimentadoras, equipamentos bancários, impressoras e relógio ponto. O tamanho do motor está ligado à sua potência.

A tensão nominal não é a tensão de trabalho de cada uma da variedade de motores CC. Sua potência obriga que cada motor necessita do motor e da carga. Então um motor que funciona livremente, terá uma velocidade maior do que um motor que trabalhe em mover algum mecanismo.

Em muitas ocasiões será necessário utilizar micro motores CC, para baixas rotações e

alto torque de saída, obtidos pela construção do acoplamento da caixa de redução.

Possuindo engrenagens, em diferentes tamanhos, na sua saída que ocasiona o aumento de torque e uma redução da velocidade. Então os motores CC são reconhecidos por um controle fácil, características bem lineares e de baixo custo.

2.1.2 Relés

Os relés basicamente são dispositivos elétricos que tem como função produzir modificações súbitas, porém predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída. O relé tem um circuito de comando, que no momento em que é alimentado por uma corrente, aciona um eletroímã que faz a mudança de posição de outro par de contadores, que estão ligados a um circuito ou comando secundário. (MUNDO DA ELÉTRICA)

Resumidamente, podemos dizer que todo relé se configura como um contato que abre e fecha de acordo com algum determinado fator. Alguns relés são bem pequenos e fáceis de serem manipulados, testados e trocados.

2.1.3 LEDs

LED significa diodo emissor de luz. Trata-se de um componente eletrônico capaz de emitir luz visível transformando energia elétrica em energia luminosa.

O LED é um diodo semicondutor, composto por cristais de silício e germânio, que quando energizado emite luz visível a olho nu. Eles são econômicos e tem alta durabilidade.

Esses dispositivos normalmente operam com tensões elétricas entre 1,5 V e 3,3 V.

2.1.4 Portas Lógicas

As portas lógicas são componentes básicos da eletrônica digital. Elas são usadas para criar circuitos digitais e até mesmo circuitos integrados complexos. Em eletrônica digital apenas dois níveis são permitidos, “0” e “1”.

O número “0” representa tensão de 0 V, enquanto que o número “1” representa uma tensão de 5 V. Assim as portas lógicas são capazes de realizar diversas operações matemáticas, para desenvolvimento da lógica digital.

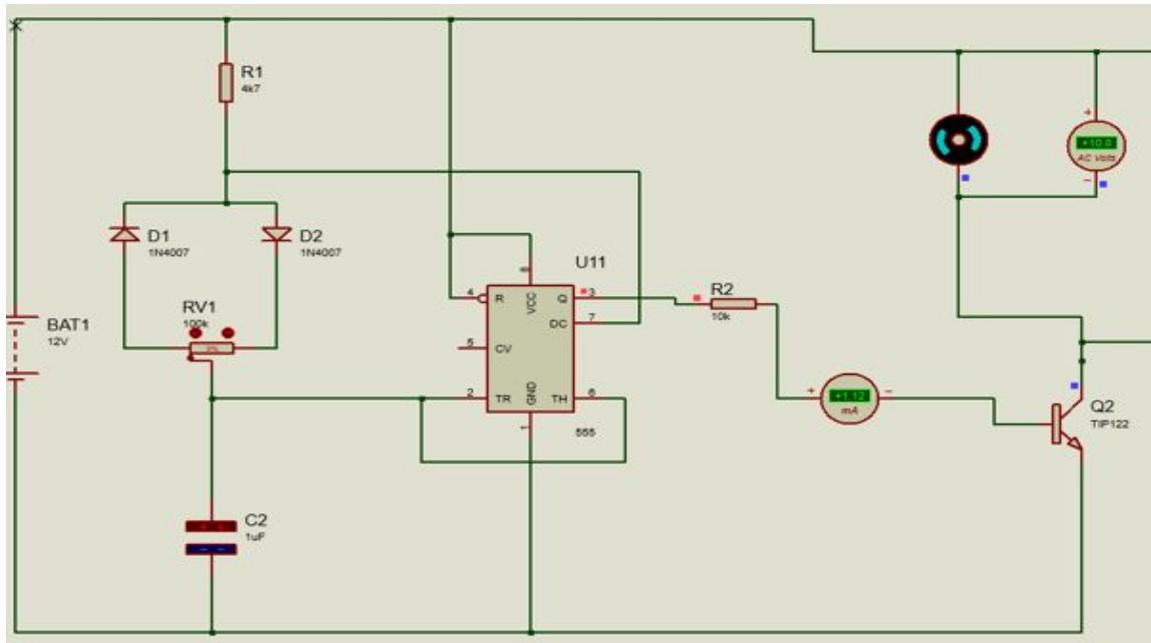
2.1.5 Capacitores

Capacitor é um dispositivo capaz de acumular cargas elétricas quando uma diferença de potencial é estabelecida entre seus terminais. A capacitância dos capacitores, por sua vez, é a medida de quanta carga o dispositivo é capaz de acumular para uma determinada diferença de potencial. Os capacitores podem ser usados para outros fins além da sua função principal, que é armazenar cargas elétricas. (BRASIL ESCOLA)

2.1.6 Geração PWM

O circuito é composto por dois diodos 1N4007, um resistor de 1k ohm, um resistor de 4k7 ohm, um LM555, um capacitor de 1 μ F, um transistor TIP122 e um potenciômetro de 100k ohm. E sua organização segue conforme a Figura 1.

Figura 1: Simulação



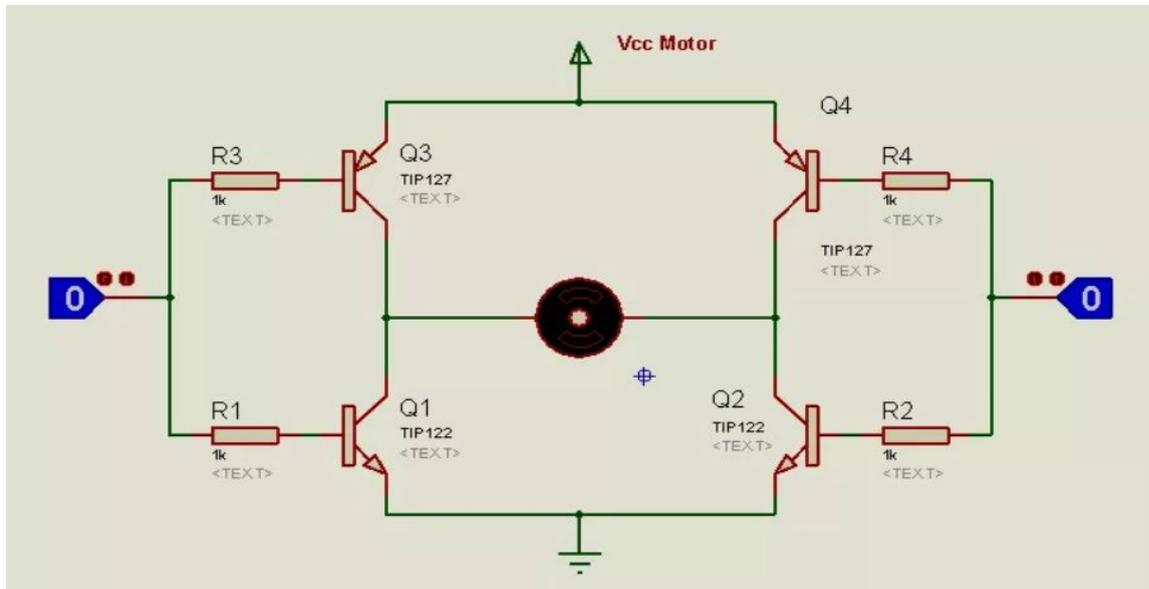
Fonte: Autores (2019)

2.1.7 Ponte H

A Ponte H é um circuito especial que permite realizar a inversão da direção da corrente que flui através de uma carga. É muito utilizada para controlar a direção de rotação de um motor CC. A estrutura é basicamente formada por um arranjo de transistores que são combinados para proporcionar um ganho ainda maior.

Este ganho que se tem neste tipo de circuito, é basicamente a multiplicação do ganho do primeiro transistor pelo segundo transistor. A Figura 2 demonstra a simulação da ponte H.

Figura 2: Ponte H



Fonte: Autores (2019)

2.1.8 Transistor

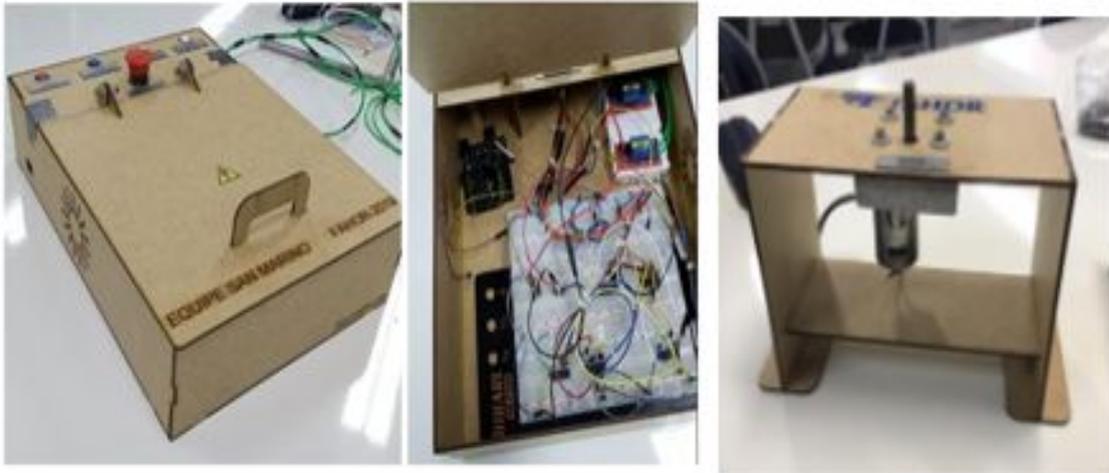
Transistor é um dispositivo semicondutor, geralmente feito de silício ou germânio, usado para amplificar ou atenuar a intensidade da corrente elétrica em circuitos eletrônicos. (BRASIL ESCOLA)

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Como citado anteriormente, o objetivo do trabalho era elaborar um gerador de sinal de PWM com a utilização de motores CC e ponte H com transistores para efetuar a rotação do determinado motor elétrico. E para isso, primeiramente, foi desenvolvido no software Proteus o circuito do comando, em seguida o circuito PWM e logo após a ponte H, tudo dimensionado para 12V.

Com o circuito funcionando no software, realizou-se o circuito na prática, com o uso da *protoboard* e demais componentes eletrônicos. Findando, assim, o desenvolvimento do comando a partir das portas lógicas, do gerador de sinal PWM e da ponte H. E para proteção e por questões práticas de funcionamento, foi projetada uma caixa em MDF para o circuito e uma base para fixar o motor, conforme a Figura 3.

Figura 3: Armazenagem do circuito



Fonte: Autores (2019)

Para o circuito da ponte H utilizou-se os *datasheets* dos determinados transistores para dimensionar os resistores que seriam colocados na base e a corrente que cada um suporta.

O desenvolvimento do circuito de comando necessitou de uma porta lógica 74HC04 (*NOT*), duas portas lógicas 74HC32 (*OR*) e duas portas lógicas 74HC08 (*AND*). Além disso, quatro *push buttons*, um botão de emergência estilo NF, quatro resistores de 10k ohms, dois relés 5V, dois capacitores de 100nF, uma *protoboard* e vários conectores.

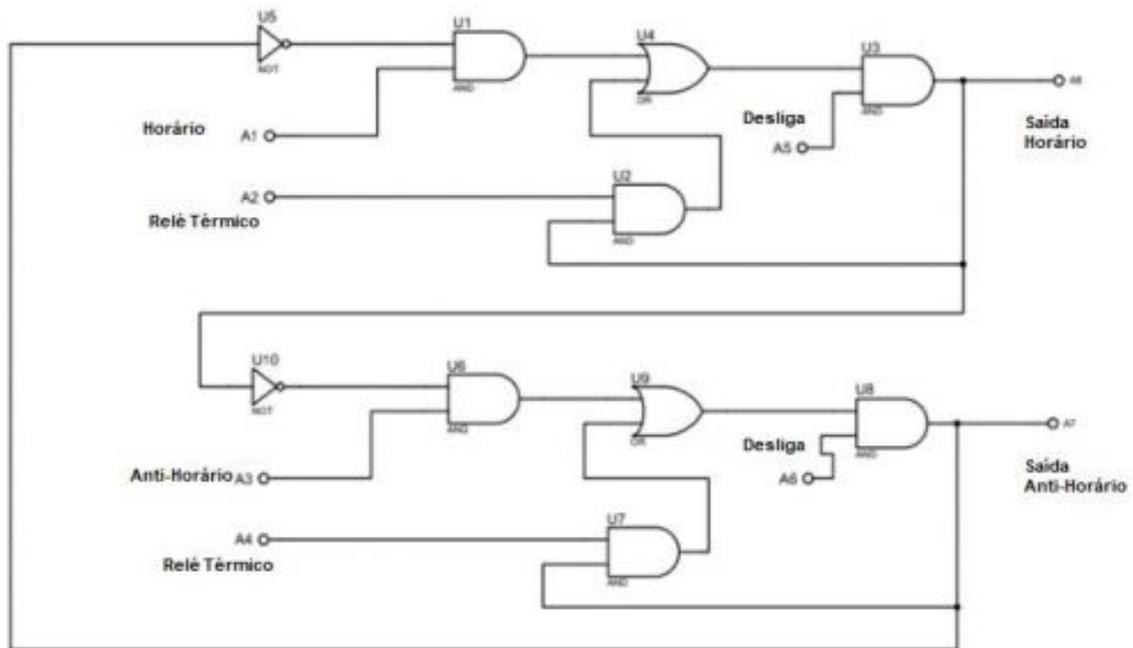
No circuito do gerador de sinal PWM utilizou-se um circuito integrado 555, um potenciômetro de 100K, dois diodos 1N4007, resistores, um transistor TIP122 e um capacitor de 1uF, todos montados em uma placa de teste. Na ponte H foi utilizado dois transistores TIP132, dois transistores TIP131, dois BC548 e resistores.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos dados identificados para realização do comando que irá executar o acionamento da ponte H alimentada com o gerador de sinal PWM, fez-se o circuito no software Proteus.

Para a o comando utilizamos portas lógicas com base em circuitos elétricos de motores trifásicos com reversão, conforme Figura 4.

Figura 4: Circuito comando lógico com portas lógicas



Fonte: Autores (2019)

Com isso, realizou-se a expressão booleana para o sentido horário (1) e a expressão booleana para o sentido anti-horário (2).

$$SH = (((A1.SAH) + (A2.SH)).A5) \quad (1)$$

$$SAH = (((A3.SH) + (A4.SAH)).A6) \quad (2)$$

A identificação das expressões deu-se pelos sentidos de rotação, sendo “SH” - saída horário; “SAH” - saída anti-horário; “A1” - liga horário; “A2” e “A4” - relê térmico; “A3” - liga anti-horário; “A5” e “A6” - desliga.

A tabela verdade tem apenas duas saídas possíveis, uma para cada sentido de rotação, quando A1 ou A3 estiverem acionados, somente.

Porém, é possível o acionamento de um desses botões com a tentativa de acionamento do outro ao mesmo tempo, contudo, na prática isso não tem que funcionar.

Após acionar o sentido horário, por exemplo, ao pressionar o botão de sentido anti-horário, o motor deve seguir a rotação horária, sem desligar ou alterar o sentido do giro. A figura 5 representa a tabela verdade.

Figura 5: Tabela verdade do circuito

Horário	Faixa Térmica	Antehorário	Desliga/Emergência	saída Horário	saída Antehorário
A1	A2/A4	A3	A5/A6	SH	SAH
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

Fonte: Autores (2019)

O funcionamento da ponte H é feita através do chaveamento dos transistores. Os transistores bipolares de junção são os mais utilizados, devido a sua funcionalidade e fácil aplicação. Quando a base do transistor é devidamente polarizada, ele é capaz de conduzir uma corrente entre seus terminais coletor e emissor.

No caso dos transistores NPN (TIP 31), a condução da corrente se dará do coletor para o emissor, enquanto que nos transistores PNP (TIP 32), a corrente será conduzida do emissor para o coletor. Portanto, a seleção do sentido de rotação é facilmente obtida invertendo-se a polaridade sobre terminais do circuito.

O sentido de rotação de um motor de corrente contínua depende do sentido de circulação da corrente pelos seus enrolamentos. Isso significa que, invertendo a polaridade da alimentação de um motor, invertemos também o seu sentido de rotação. Esta possibilidade de se inverter o movimento de um motor, portanto de qualquer dispositivo mecânico que ele controla pela simples inversão da corrente, leva-nos a diversas aplicações

Com base no software Proteus, montamos nosso circuito em que podemos comparar

as correntes de entrada na base e coletor, com isso analisamos a corrente para não haver queima de nenhum componente eletrônico por ser dimensionado para 12 V.

No circuito, o transistor TIP32 terá corrente da base 0,14 A, analisando o *datasheet* deste componente, notou-se que comporta até 3 A na base. Analisando a corrente que está entrando no coletor que é de 0,96 A, também notou-se que suportaria a partir do *datasheet* do componente.

Analisando no circuito, o transistor BC548 terá na base uma corrente de 1,95 mA, comparando com o seu *datasheet*, este componente comporta até 500 mA na base.

O sistema de PWM que foi integrado para o projeto, é para aplicação de motores 12V, sendo assim, o 555 trabalhará no modo astável, funcionando como um gerador de pulsos, em que o mesmo poderá ter seu ciclo de trabalho modulado através do potenciômetro.

Nesta modulação, é possível controlar a velocidade do motor, se girar para sentido anti-horário irá reduzir a corrente elétrica que chega no motor, reduzindo sua velocidade e se girar para o sentido horário irá aumentar a corrente elétrica e sucessivamente sua velocidade.

CONCLUSÃO

O protótipo atendeu com sucesso ao objetivo proposto ao grupo. Em relação aos circuitos desenvolvidos para a solução do problema, com muitas pesquisas encontrou-se os componentes eletrônicos necessários e com testes em *software* comprovou-se as escolhas.

Além disso, os problemas que surgiram ao decorrer dos testes foram resolvidos com o auxílio de pesquisas e conversas com o professor orientador.

Por fim, o trabalho agregou uma enorme experiência a todos os integrantes do grupo. devido a atividade proporcionar um estudo de diversos componentes e situações práticas.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos, em especial, ao professor orientador Alexandre Kunkel, que nos auxiliou sempre que preciso para a realização do projeto e à Instituição que cedeu o espaço dos laboratórios, tornando possível a realização prática.

REFERÊNCIAS

Brasil Escola. “Capacitores.” Disponível em:
<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-capacitor.htm>. Acessado em: 15 de novembro de 2019.

Brasil Escola. **“Transistores.”** Disponível em:
<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transistor.htm>. Acessado em: 15 de novembro de 2019.

Como Fazer as Coisas. **“Potenciômetro, o que é para que serve e como funciona?”**. Disponível em: <http://www.comofazerascosas.com.br/potenciometro-e-para-que-s-erve-e-como-funciona.html>. Acesso em 20 de novembro de 2019.

CORRAL, Lucas. **“Como funciona um motor elétrico”**. Disponível em: <https://www.vix.com/pt/bbr/68/como-funciona-um-motor-eletrico>. Acesso em: 15 de novembro de 2019.

CORREIA, CAROL. **“Tutorial Ponte H usando transistores bipolares de junção”**. *BlogdaRobótica*. Disponível em: <https://blogdarobotica.com/tutorial-ponte-h-usando-transistore-s-bipolares-de-juncao/>. Acesso em: 20 de novembro de 2019.

MCEIG. **“Partida de Motor com Reversão”**. Disponível em: <https://www.mceig.com.br/partida-motor-reversao>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

Meca Web Education. **“Diodo semiconductor”**. Disponível em: http://www.mecaweb.com.br/electronica/contetent/e_diodo. Acesso em 18 de novembro de 2019.

Mundo da Elétrica. **“Relé.”** Disponível em:
<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-como-funciona-um-rele/>. Acessado em 13 de novembro de 2019.

Portal Vida de Silício. **“Controle Velocidade Motor”**. Disponível em: <http://portal.vidadesilicio.com.br/ponte-h-l298n-controle-velocidade-motor/>. Acesso em: 25 de novembro de 2019.

Baú da Eletrônica. **“Componentes Eletrônicos”** Disponível em: <http://www.baudaelectronica.com.br>. Acesso em: 16 de outubro.