



Universidade Federal do Ceará
Centro de Tecnologia
Sistemas Microprocessados 2019.2

CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE UMA CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA CONTROLADA PELO SMARTPHONE

Mateus Faustino Silva de Lucena
Antônio Wellington Lima Cavalcante Júnior
Mateus Pessoa Almeida

Orientador: Ricardo Jardel Nunes Silveira

Fortaleza
6 de dezembro de 2019

Sumário

1	INTRODUÇÃO	2
1.1	Justificativa	2
1.2	Objetivo	2
2	METODOLOGIA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1	Metodologia	2
2.2	Microcontrolador STM Cortex-M0	2
2.3	Comunicação via Bluetooth	3
2.3.1	Módulo HC-05	3
2.4	Ponte H	3
3	PRÉ PROJETO	4
3.1	Divisão do trabalho	4
3.1.1	Administrativo Financeiro	4
3.1.2	Processamento	4
3.1.3	Aplicativo(opcional)	4
3.1.4	APA(Alimentação, Proteção e atuação)	4
3.2	Materiais Para o Protótipo	4
3.3	Recursos Utilizados	5
3.3.1	Necessidades Gerais	5
3.3.2	Administrativo Financeiro	5
3.3.3	Desenvolvimento do Software Embarcado e Circuito Lógico	5
3.3.4	Desenvolvimento do Aplicativo(opcional	5
3.3.5	Alimentação e Proteção do Circuito	5
3.4	Orçamento do Projeto	5
3.5	Funcionamento do projeto	6
4	PROCEDIMENTOS	7
5	TESTES E MEDIÇÕES	9
6	CONCLUSÃO	10
7	REFERÊNCIAS	10

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

De acordo com a Organização Mundial da Saúde cerca de 15% da população mundial possui algum tipo de deficiência, percentual que corresponde a mais de um bilhão de pessoas(Relatório Mundial Sobre a Deficiência, página 7). Apesar de suas limitações, uma pessoa pertencente à esse grupo pode ter sua expectativa de vida, dignidade e capacidades socioeconômicas melhoradas através de equipamentos que facilitam sua acessibilidade. É dever do poder público garantir que essas pessoas tenham acesso à tais meios. Como afirma a Organização das Nações Unidas, "As pessoas deficientes têm direito a medidas que visem capacitá-las a tornarem-se tão autoconfiantes quanto possível." (Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes, 1975, art.5)

Diante dessas demandas, o papel da comunidade acadêmica é implementar, na prática, o conhecimento adquirido, a fim de desenvolver soluções inovadoras, úteis e economicamente viáveis. Uma das tecnologias já existentes no mercado é a cadeira de rodas motorizada, equipamento necessário para pessoas portadoras de deficiências físicas que não possuem força nos braços para mover as rodas. O modelo convencional é controlado por um joystick, componente que tem um custo inerente mas que pode ser substituído por uma tecnologia de controle mais barata e inovadora.

1.2 Objetivo

A proposta deste trabalho é criar um protótipo de uma cadeira de rodas motorizada que substitua o controle de joystick para uma interface no smartphone. Em termos simples, o usuário poderá, na prática, controlar a cadeira de rodas pelo celular.

2 METODOLOGIA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Metodologia

Para fazer este trabalho, complementando o conteúdo visto em sala de aula, foi realizada uma pesquisa em livros, artigos científicos e internet. Após a revisão bibliográfica, foi feita uma pesquisa de preços na internet. Após a compra do material e montagem do protótipo, foram realizados alguns testes no circuito para verificar os níveis de tensão e corrente do projeto.

2.2 Microcontrolador STM Cortex-M0

A arquitetura Cortex ARM é dividida em 3 famílias: Cortex-A, Cortex-R e Cortex-M; Esta última é de interesse deste projeto por vários motivos práticos. A família Cortex-M0, Segundo o livro Mastering STM32, "é uma variedade de sistemas escaláveis, compatíveis e eficientes em termos energéticos e processadores fáceis de usar projetados para o mercado embarcado de baixo custo. A família Cortex-M é otimizada para MCUs sensíveis a custos e energia, adequados para aplicações como a Internet das Coisas, conectividade, controle de motor, medição inteligente, dispositivos de interface humana, automotivo e sistemas de controle industrial, eletrodomésticos, produtos de consumo e produtos médicos. "(Coviello, 2016, p.4, tradução nossa)¹

¹"is a range of scalable, compatible, energy efficient and easy to use processors designed for the low-cost embedded market. The Cortex-M family is optimized for cost and power sensitive MCUs suitable

2.3 Comunicação via Bluetooth

2.3.1 Módulo HC-05

O HC-05 é um módulo utilizado para conectar dispositivos por Bluetooth. Para esse fim, este módulo utiliza uma comunicação serial. Na internet existe uma vasta documentação sobre o HC-05, principalmente em projetos de Arduino.

2.4 Ponte H

Um motor de corrente contínua tem a seguinte propriedade: ao mudar a polaridade de suas entradas de tensão, o sentido de rotação também é alterado. A ponte H é um circuito que utiliza a propriedade descrita para controlar o sentido de um motor. Esse nome se deve ao formato do circuito, conforme a figura a seguir: Dado o posicionamento

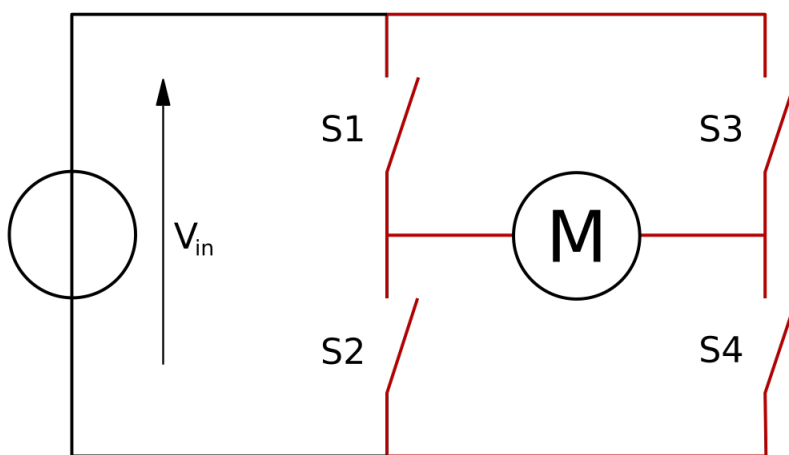


Figura 1: Ponte H

da fonte de tensão na figura x, se as chaves S1 e S4 estiverem fechadas o motor M gira no sentido horário. Se, no entanto, as chaves S2 e S3 estiverem fechadas o motor M gira no sentido horário. O funcionamento da ponte H é ilustrado na figura x.

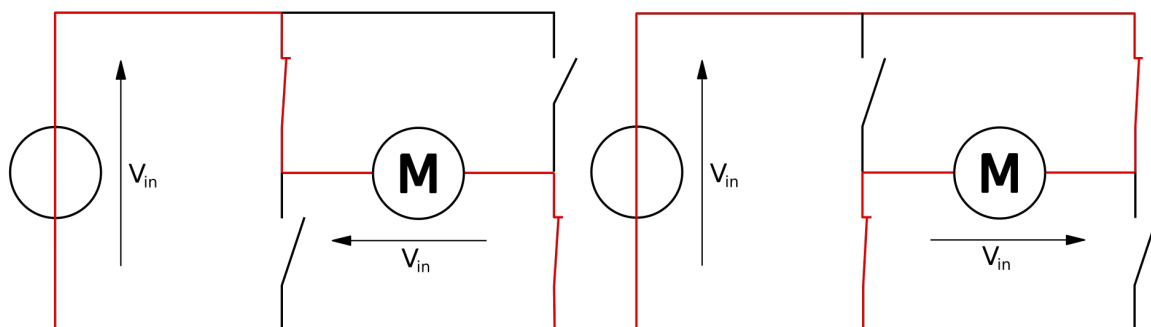


Figura 2: Funcionamento da ponte H

for applications such as Internet of Things, connectivity, motor control, smart metering, human interface devices, automotive and industrial control systems, domestic household appliances, consumer products and medical instruments. In this market segment, we can find many silicon manufacturers who produce Cortex-M processors: ST Microelectronics is one of them.”

3 PRÉ PROJETO

3.1 Divisão do trabalho

Para organizar e melhor utilizar os recursos humanos disponível, o projeto foi dividido nos seguintes setores:

3.1.1 Administrativo Financeiro

Responsabilidades do setor: planejar e controlar o projeto; garantir que os prazos sejam cumpridos; pesquisar e comprar os recursos necessários para que o projeto seja viável. Escrever os tópicos 2.1, 3.4 e 4.1 deste artigo.

3.1.2 Processamento

Responsabilidades do setor: projetar o circuito lógico, bem como o software embarcado; garantir que as informações recebidas pelo módulo bluetooth sejam processadas; realizar de testes e simulações para minimizar os bugs e garantir que o projeto funcione; Escrever os tópicos 2.2, 2.3, 4.4, 4.5 e 4.8 deste artigo.

3.1.3 Aplicativo(opcional)

Dada a possibilidade de haver aplicativos prontos na Playstore e tendo em vista o curto prazo de entrega do projeto, este setor se torna opcional. No entanto, vale ressaltar que desenvolver um aplicativo próprio dá ao projeto um caráter profissional. Responsabilidades do setor: desenvolver o aplicativo; criar uma interface amigável e que consuma o mínimo de dados possível; garantir o pareamento do app com o módulo bluetooth; publicar o app na Playstore e dar suporte para ao usuário seguindo boas práticas de comunicação com o cliente. Escrever os tópicos 4.2, 4.3, e 4.8 deste artigo.

3.1.4 APA(Alimentação, Proteção e atuação)

Responsabilidades do setor: projetar a ponte H; garantir que os níveis certos de tensão e corrente cheguem no microcontrolador. Escrever tópicos 2.4, 4.6, 4.7 e 4.8 deste artigo.

3.2 Materiais Para o Protótipo

Segue a lista de materiais que compõe o protótipo:

- um módulo bluetooth HC-05;
- um microcontrolador STM Cortex-M0 (Greenpill);
- uma protoboard;
- jumpers;
- duas baterias de lítio;
- dois motores DC;
- duas rodas compatíveis com os motores DC;
- um shield de motor(ponte H)

- uma roda boba
- chassi da cadeira de rodas

3.3 Recursos Utilizados

Além dos materiais que são componentes do protótipo, serão necessários recursos indiretos que possibilitam a execução do projeto. Segue a lista destes recursos de acordo com a utilidade:

3.3.1 Necessidades Gerais

- Computadores (Linux e Windows);
- 1 Multímetro;

3.3.2 Administrativo Financeiro

- LibreOffice (Software);

3.3.3 Desenvolvimento do Software Embarcado e Circuito Lógico

- 1 Gravador ST-LINK;
- STM Cube (Software);
- Atollic True Studio (Software).

3.3.4 Desenvolvimento do Aplicativo(opcional

- Android Studio(Software opcional);
- Smartphone

3.3.5 Alimentação e Proteção do Circuito

- capacitores;
- Resistores.

3.4 Orçamento do Projeto

Antes da compra dos materiais foi realizada pelo administrativo financeiro uma pesquisa de preços. Essa pesquisa levou em consideração, não só os preços como os prazos de entrega e qualidade do produto.

COMPONENTE	CUSTO UNITÁRIO(REAIS)	QUANTIDADE	TOTAL(Reais)
módulo bluetooth HC-05	40,00	1	40,00
protoboard	10,00	1	10,00
conjunto de jumpers	21,00	1	21,00
bateria	15,00	2	30,00
motor DC	10,00	2	20,00
roda	10,00	2	20,00
roda boba	12,00	1	12,00
chassi	20,00	1	20,00
shield	7,00	1	7,00
STM32 cortex M0	27,00	1	27,00

Tabela 1: Orçamento

3.5 Funcionamento do projeto

Este protótipo consiste de uma cadeira de rodas em escala reduzida controlada pelo smartphone via bluetooth. A interface se comunicará com o circuito da cadeira via bluetooth. Para essa comunicação será usado um módulo bluetooth RS232 HC-05. Este enviará os comandos do usuário para um microcontrolador. Para este projeto será utilizado um Cortex M0, microcontrolador barato e energeticamente eficiente. Este componente enviará informações para o driver que controlará o sentido dos motores. O funcionamento do projeto pode ser ilustrado na figura 1.

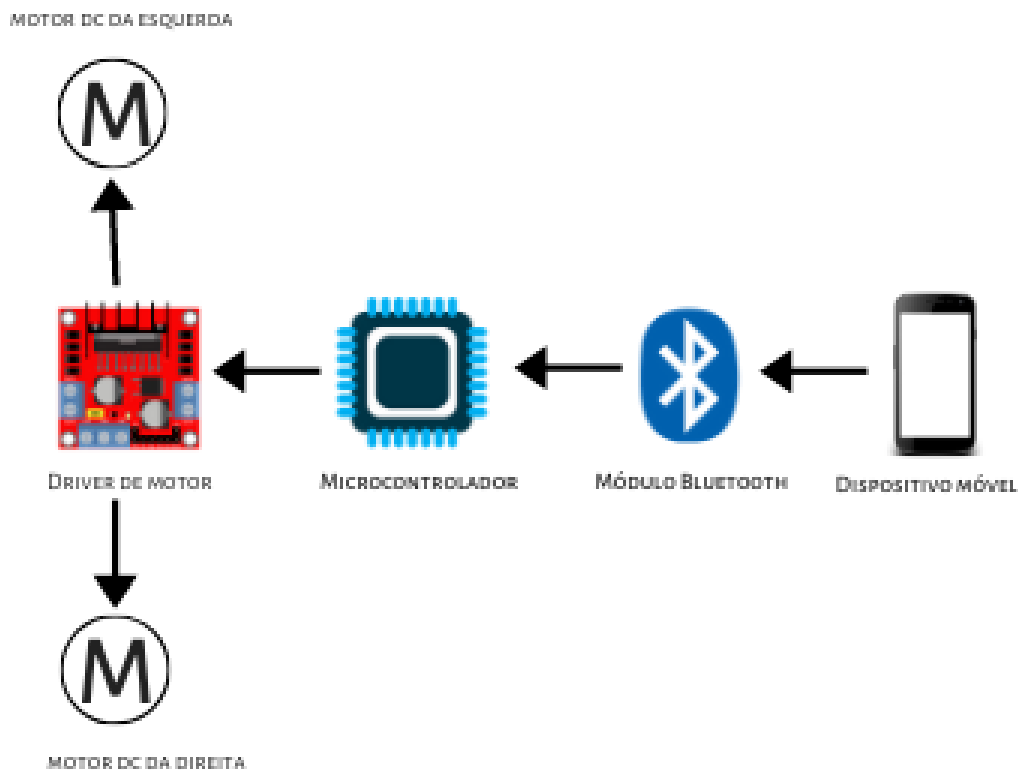
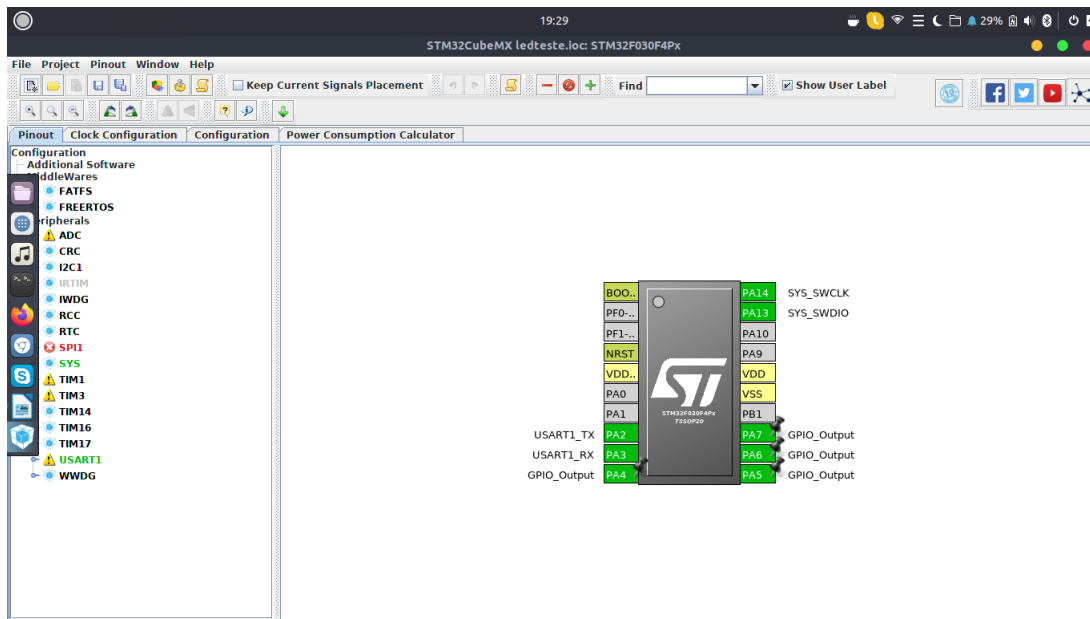


Figura 3: Diagrama de blocos

4 PROCEDIMENTOS

Primeiramente, o Stm32CubeMX foi utilizado para montar a arquitetura da green pill. Para este projeto, a comunicação USART1 foi configurada no modo assíncrono (UART) e os pinos PA2 e PA3 foram fixados automaticamente como TX e RX, respectivamente. Apenas o RX da green pill foi utilizado para receber dados do TX do módulo bluetooth. Em seguida foi escolhido os pinos PA4, PA5, PA6 e PA7 como GPIO-Output para serem enviados os níveis lógicos HIGH ou LOW para a ponte H e realizar o devido movimento das rodas em cada caso. A figura 4 mostra a tela com as configurações utilizadas.



MOTOR	IN1	IN2
HORÁRIO	5v	GND
ANTI-HORÁRIO	GND	5v
PONTO MORTO	GND	GND
FREIO	5v	5v

Figura 6: Tabela verdade para o controle da ponte H

Numa situação em que o carrinho precise ir para frente, então um motor iria girar no sentido horário enquanto o outro no sentido anti horário, já que a lógica das rodas são inversas. Isso fica mais nítido ao visualizar o código:

```

104 uint8_t valor1; //variável para receber valor do bluetooth
105 while (1) {
106     /* USER CODE END WHILE */
107     while (HAL_UART_Receive(&uart1, &valor1, 1, 1000) != HAL_OK); //recebe valor do bluetooth
108     if (valor1 == 0x30) { //quando valor for igual a '0' coloca no ponto morto
109         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, RESET);
110         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, RESET);
111         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, RESET);
112         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, RESET);
113     }
114     if (valor1 == 0x31) { //quando valor for igual a '1' vai para frente
115         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, RESET);
116         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, SET);
117         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, SET);
118         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, RESET);
119     }
120     if (valor1 == 0x32) { //quando valor for igual a '2' vai para trás
121         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, SET);
122         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, RESET);
123         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, RESET);
124         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, SET);
125     }
126     if (valor1 == 0x33) { //quando valor for igual a '3' vai para direita
127         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, SET);
128         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, SET);
129         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, SET);
130         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, RESET);
131     }
132     if (valor1 == 0x34) { //quando valor for igual a '4' vai para esquerda
133         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, RESET);
134         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, SET);
135         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, SET);
136         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, SET);
137     }
138     if (valor1 == 0x35) { //quando valor for igual a '5' ele freia
139         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_4, SET);
140         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, SET);
141         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_6, SET);
142         HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_7, SET);
143     }
144     /* USER CODE BEGIN 3 */
145 }
146 /* USER CODE END 3 */
147

```

Figura 7: Código

Para este projeto foi utilizado o App Arduino Bluetooth Controller, que está disponível gratuitamente na Play Store. Apesar deste aplicativo ter sido feito para Arduino, é perfeitamente compatível com o STM.

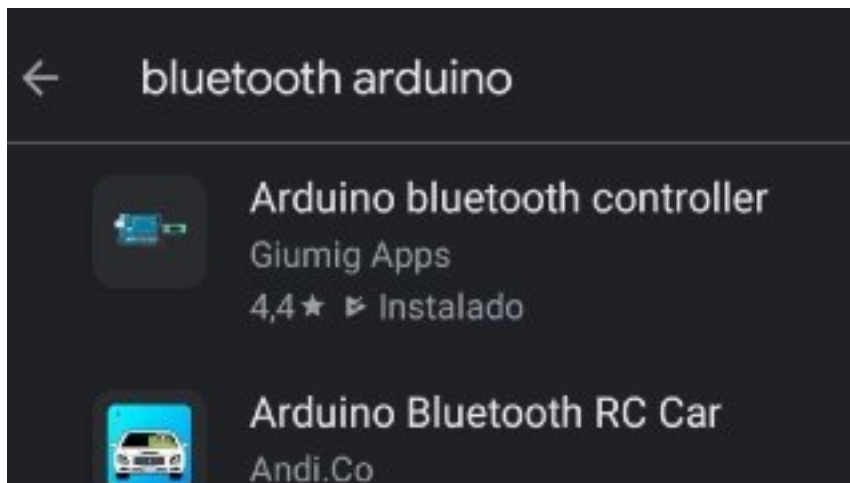


Figura 8: Aplicativo

O pareamento do módulo com o módulo bluetooth é bem simples, conecta-se o HC-05 ao celular utilizando uma senha padrão (0000 ou 1234), depois abre o aplicativo e seleciona qual dispositivo bluetooth quer utilizar.

Para a alimentação, foi utilizado dois módulos de pilhas alcalinas. Cada módulo continha 4 pilhas de 1,5V em série, totalizando 6V para cada módulo. Um módulo alimentou as pontes H e o outro alimentou a a green pill e o módulo HC-05. Para se obter a tensão de 3.3V foi utilizado um divisor de tensão. As resistencias do divisor de tensão foi calculado e simulado, de acordo com a figura:

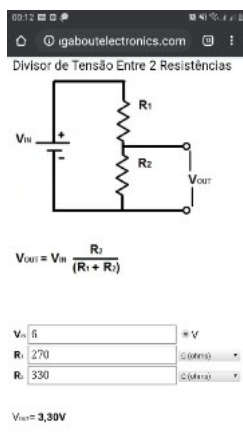


Figura 9: Divisor de tensão

5 TESTES E MEDIÇÕES

Ao longo do desenvolvimento deste projeto, foram feitos testes e simulações para se medir os níveis de tensão. Desta forma, foi constatado que, ao ligar os componentes, houve uma queda de tensão de cerca de 1.4V. Essa queda não prejudicou o funcionamento do projeto. No entanto, houve o risco de acontecer alguma variação brusca dos níveis tensão, coisa que poderia queimar algum componente. Portanto, a opção mais indicada para se controlar os níveis de tensão é um regulador de tensão. Na falta de um regulador de tensão disponível no mercado, a equipe optou por continuar com o divisor de tensão.

6 CONCLUSÃO

O orçamento total do projeto foi de 207 reais. O protótipo foi testado e funcionou conforme o esperado. Este projeto pode servir como base para o controle de uma cadeira de rodas em tamanho real, tendo o mesmo microprocessador e lógica de programação.

7 REFERÊNCIAS

- Carmine Noviello - Mastering STM32
- ONU - Relatório Mundial Sobre a Deficiência
- onu - DECLARAÇÃO DOS DIREITOS DAS PESSOAS DEFICIENTES
- ELETROGATE - Módulos Bluetooth HC05 e HC06 para comunicação com dispositivos móveis com Arduino(disponível em:*<https://blog.eletrogate.com/modulos-bluetooth-hc05-e-hc06-para-comunicacao-com-dispositivos-moveis-com-arduino/>*)
- L298N - Datasheet