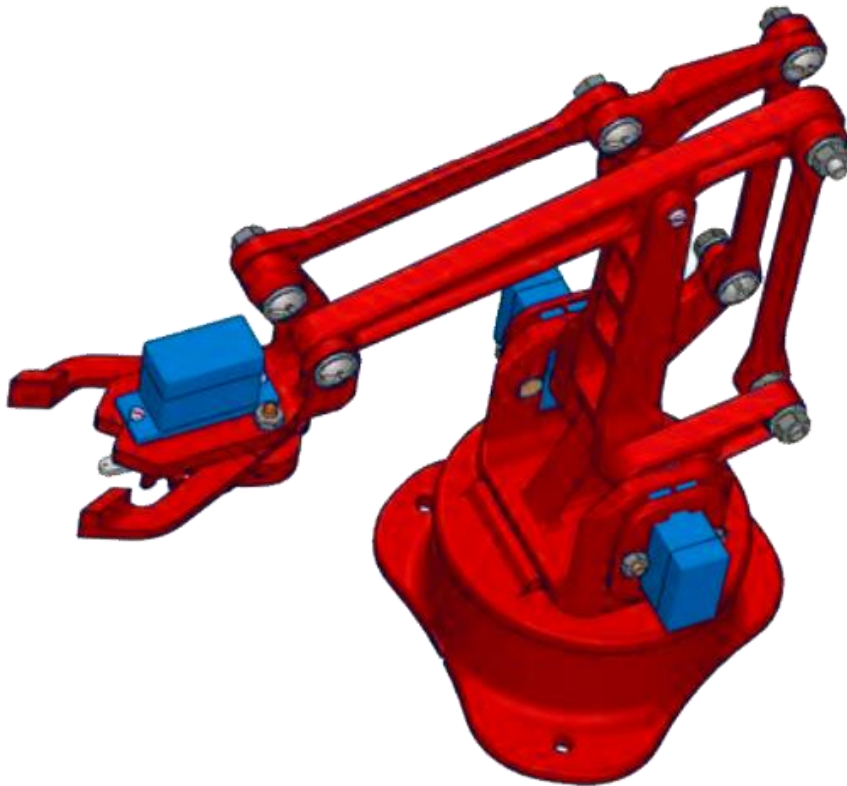




ELETROGATE

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA

BRB-BT3 MINI



2020

RESUMO

Este documento visa trazer ao usuário informações necessárias para o melhor controle do braço robótico antropomórfico, abordando as questões da cinemática, programação e eletrônica do manipulador.

Palavras-chave: Robótica. Programação. Trajetória.



SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	4
2.	DESCRIÇÃO AVANÇADA.....	5
2.1.	CINEMÁTICA.....	5
2.1.1.	CINEMÁTICA DIRETA.....	7
2.1.2.	CINEMÁTICA INVERSA.....	9
3.	EXEMPLOS.....	10
3.1.	CIRCUITO ELÉTRICO/ELETRÔNICO.....	10
3.2.	PROGRAMAÇÃO.....	11



1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da tecnologia, os robôs passaram a ocupar um espaço cada vez mais significativo na indústria. Dessa forma, os investimentos em pesquisas na área de robótica aumentaram exponencialmente. Estas pesquisas não se restringem somente no âmbito industrial, mas também para o desenvolvimento de robôs capazes de interagir com seres humanos ou até mesmo realizar tarefas cotidianas. Com isso, os sistemas robóticos deixaram de ser exclusivamente utilizados na indústria e passaram a adotar novas aplicações, o que permitiu o desenvolvimento de robôs antropomórficos. A BRBOTS pensou nessa situação e se desenvolveu através da criação e desenvolvimento de dispositivos robóticos de forma acessível.

Um robô antropomórfico recebe este nome, devido à semelhança da configuração de seus elos e juntas com a anatomia de um braço humano. É uma categoria de robô muito utilizado na indústria, largamente empregado para transposição de cargas, nos processos de pintura e soldagem. Dessa forma, cada configuração de robôs possui uma aplicação. Veja exemplos do catálogo de produtos da nossa empresa.



Figura 1: Manipuladores da BRBOTS

2. DESCRIÇÃO AVANÇADA

O manipulador que você adquiriu possui 3 graus de liberdade de cadeia fechada, com 3 juntas de rotação, possuindo efetuator de movimento paralelo, cujo punho não possui movimentos independentes.

A escolha do material utilizado para a impressão 3D da sua estrutura foi resultado de análises e testes minuciosos. O material que apresentou o melhor aproveitamento, com base nos desejos da equipe de desenvolvimento para o manipulador, foi o ABS, para a estrutura, e PLA para a base, devido às propriedades mecânicas, como a resiliência (resistência) e a densidade.

Seus atuadores são servomotores do tipo SG90/MG90. Ele foi escolhido devido ao baixo preço e espaço ocupado na estrutura.

→ Itens inclusos:

- a. Manipulador robótico com 3 graus de liberdade;
- b. 4 servo motores SG90/MG90;

2.1. CINEMÁTICA

Para a cinemática, pode-se visualizar o robô como um mecanismo de 4 barras, o que facilita o desenvolvimento das equações da posição do efetuator em relação à posição da base.

O modelo cinemático do manipulador pode ser observado na imagem a seguir.

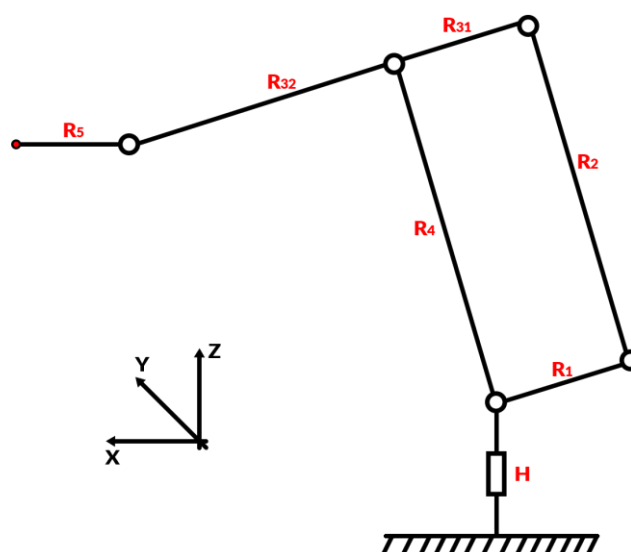


Figura 2: Geometria do manipulador e seu modelo cinemático

Considere, para o modelo adquirido, os seguintes valores aproximados.

- $R_1 = 34 \text{ mm}$
- $R_2 = 79 \text{ mm}$
- $R_{31} = 34 \text{ mm}$
- $R_{32} = 79 \text{ mm}$
- $R_4 = 79 \text{ mm}$
- $R_5 = 50 \text{ mm}$
- $H = 35 \text{ mm}$

Para realizar os cálculos a fim de encontrar as equações cinemáticas do robô, também serão utilizados alguns dados nomeados:

1. **Ângulos:** permitirão o uso de trigonometria no cálculos.

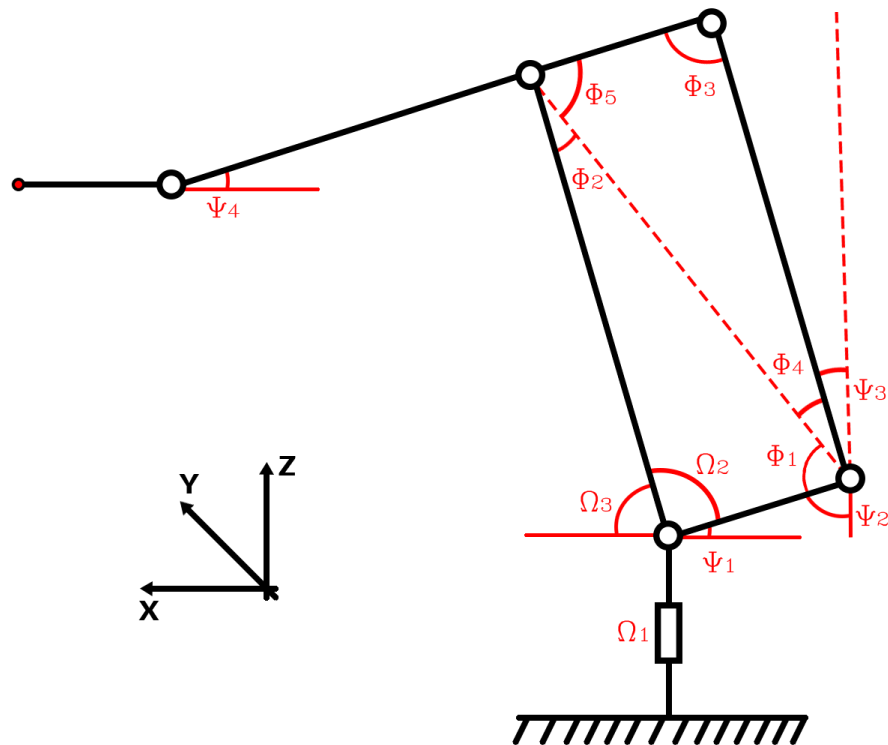


Figura 3: ângulos facilitadores

2. e Pontos: permitirão o uso de cálculos cartesianos.

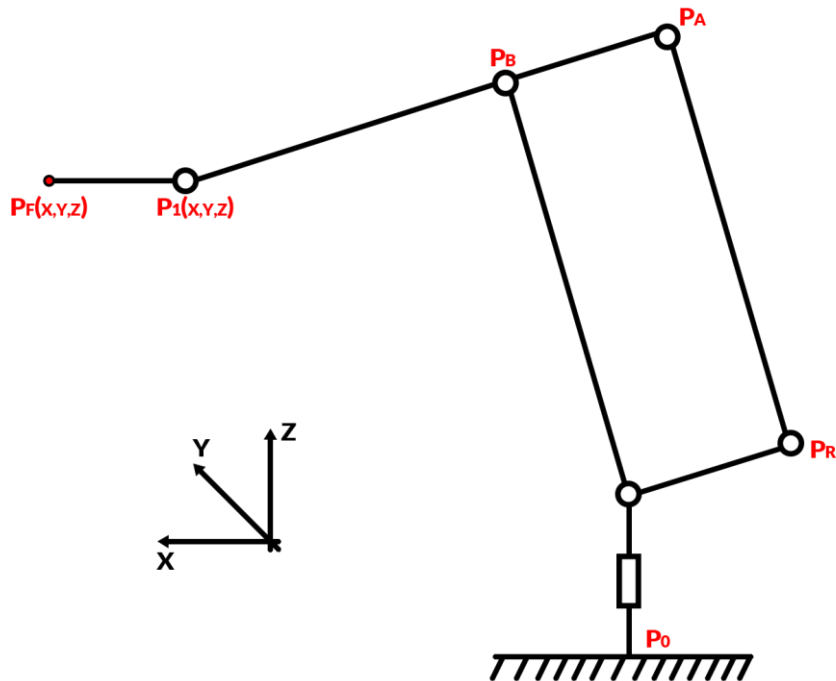


Figura 3: pontos facilitadores

2.1.1. CINEMÁTICA DIRETA

Primeiramente, divide-se o mecanismo $R_1R_2R_3R_4$ em 2 triângulos utilizando a reta $P_R P_B$. Para encontrar tal reta, pode-se utilizar a lei dos cossenos para o triângulo formado pelos ângulos Φ_1, Φ_2 e Ω_2 .

$$P_R P_b = \sqrt{R_1^2 + R_4^2 - 2 \cdot R_1 \cdot R_4 \cdot \cos(\Omega_2)}$$

Em seguida, utiliza da lei dos senos para encontrar o ângulo Φ_3 .

$$\frac{P_R P_b}{\sin(\Omega_2)} = \frac{R_1}{\sin(\Phi_3)} \quad \therefore$$

$$\Phi_3 = \arccos\left(\frac{R_1 \cdot \sin(\Omega_2)}{P_R P_b}\right)$$

$$\Phi_2 = 180 - \Phi_3 - \Omega_2$$

Agora, fazendo a lei dos cossenos para o triângulo de cima, formado pelos ângulos Φ_3, Φ_4 e Φ_5 .

$$P_R P_b = \sqrt{R_2^2 + R_{31}^2 - 2 \cdot R_2 \cdot R_{31} \cdot \cos(\Phi_4)} \quad \therefore$$

$$\Phi_4 = \arccos \left(\frac{P_R P_b^2 - R_2^2 - R_{31}^2}{-2 \cdot R_2 \cdot R_{31}} \right)$$

Encontrado o ângulo Φ_4 , utiliza-se a lei dos senos para o mesmo triângulo de forma a encontrar os ângulos restantes.

$$\frac{P_R P_b}{\sin(\Phi_4)} = \frac{R_{31}}{\sin(\Phi_5)} \quad \therefore$$

$$\Phi_5 = \arcsin \left(\frac{R_{31} \cdot \sin(\Phi_4)}{P_R P_b} \right)$$

É possível concluir também, observando o triângulo formado pelo lado R_1 e os ângulos Ψ_1 e Ψ_2 , que:

$$\Psi_1 = 180 - (\Omega_2 + \Omega_3)$$

$$\Psi_2 = 90 - \Psi_1$$

$$\Psi_3 = 180 - (\Phi_5 + \Phi_2 - \Psi_2)$$

Para encontrar o ângulo de inclinação do elo R_{32} , que liga o efetuador (garra) ao mecanismo serão utilizados os pontos PA_z e PB_z , ou seja, os valores em Z (altura) dos pontos PA e PB .



$$PA_z = R_1 \cdot \text{sen}(\Psi_1) + R_2 \cdot \text{cos}(\Psi_3)$$

$$PB_z = R_4 \cdot \text{sen}(\Omega_3)$$

Considerando o elo R_{32} como a hipotenusa do triângulo com altura igual a $(PA_z - PB_z)$ e base igual a $(P_1 - PB_z)$, é possível encontrar o valor de Ψ_4 .

$$\Psi_4 = \text{asen} \left(\frac{PA_z - PB_z}{R_{31}} \right)$$

Em seguida, é possível encontrar o ponto da garra projetado no plano XY.

$$P_{xy} = R_5 + R_4 \cdot \text{cos}(\Omega_3) + R_{32} \cdot \text{cos}(\Psi_4)$$

Por fim é possível encontrar as componentes do ponto P_2 , ou seja, as equações para a cinemática direta.

$$P_z = H + R_4 \cdot \text{sen}(\Omega_3) - R_{32} \cdot \text{sen}(\Psi_4)$$

$$P_x = P_{xy} \cdot \text{cos}(\Omega_1)$$

$$P_y = P_{xy} \cdot \text{sen}(\Omega_1)$$

2.1.1. CINEMÁTICA INVERSA

Para encontrar as equações de cinemática inversa, ou seja, aquelas que descrevem os ângulos dos servomotores de acordo com o ponto do efetuador (garra), basta seguir o caminho inverso utilizado para encontrar as equações de $P_2(x, y, z)$. Serão 3 equações, uma descrevendo o ângulo de cada servomotor ($\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$).



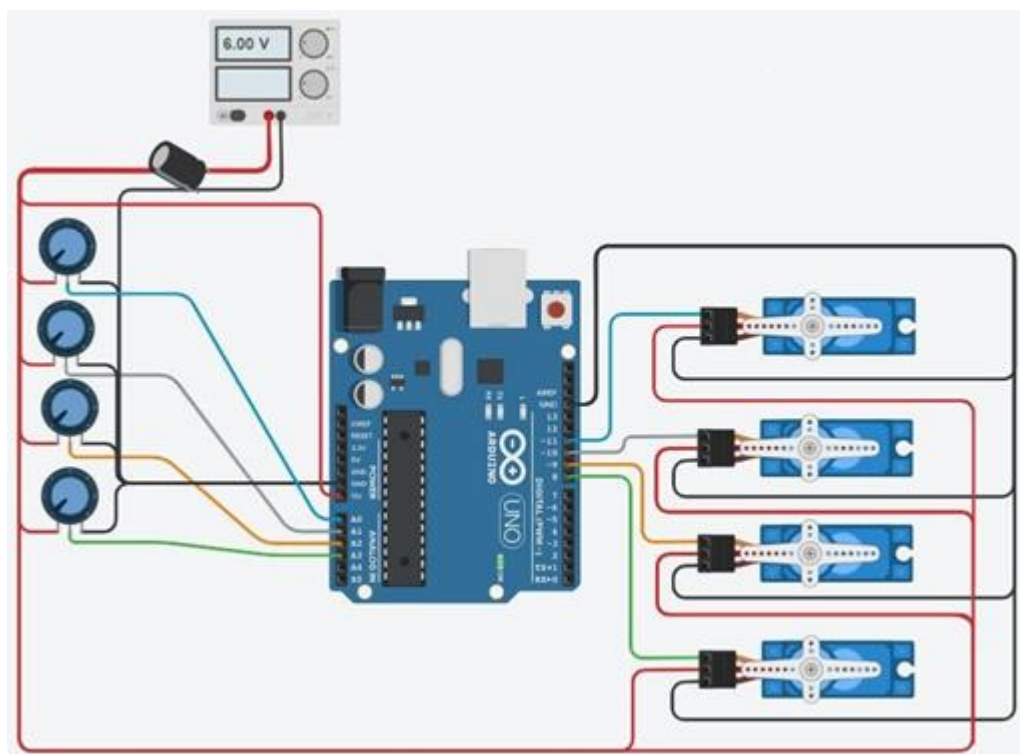
3. EXEMPLOS

Como muitos usuários não possuem conhecimento técnico avançado, esse documento proporciona, também, um simples exemplo de montagem de circuito e programação em Arduino para controle do manipulador adquirido.

1. CIRCUITO ELÉTRICO/ELETRÔNICO

A montagem eletrônica utilizada neste exemplo é, basicamente, um circuito para controlar o ângulo em cada servo motor do robô através de potenciômetros lidos pelo Arduino através de suas portas analógicas.

A montagem do circuito foi feita utilizando o Arduino UNO, porém, pode ser feita em outros controladores da família Arduino.



Figuras 4: Circuito simulado para o controle do manipulador

Os servos possuem 3 fios em sua estrutura: O vermelho, para alimentação +5V; O preto, ou marrom, para o GND (terra); e o laranja, ou branco, será conectado ao pino digital correspondente ao motor no Arduino.

Os potenciômetros também têm 3 pinos de saída, sendo que os das extremidades são conectados ao GND e ao +5V e o pino central será conectado ao pino analógico correspondente no Arduino. O valor da resistência pode ser escolhida conforme a preferência, porém, para este exemplo, foi utilizado 10kΩ.

Além disso, é necessário conectar uma fonte externa de 6V e 1A, tanto para alimentar o Arduino quanto para alimentar os servos, já que o controlador não consegue prover carga suficiente.

3.2. PROGRAMAÇÃO

Para controlar os servos através dos potenciômetros, será utilizado utilizar a função `map`, que nesse caso, converte o valor lido na porta analógica do Arduino (entre 0 e 1023 bits), para um valor entre 0 e 180, onde o 0 equivale a 0° e o 180 equivale a 180° no servo motor. Para realizar o acionamento dos servos motores, foi utilizada uma biblioteca, já inclusa na IDE do Arduino, chamada “Servo.h”.

Conecte o Arduino ao computador, abra a IDE, confira a placa (que nesse exemplo é o Arduino UNO), a porta serial utilizada e, em seguida, carregue o código na placa.

Um código de exemplo se encontra a seguir.

```
1  #include <Servo.h>
2
3  //Cria os objetos do tipo Servo
4Servo servo1, servo2, servo3, servo4; 5
6  void setup () {
7      //Anexa os servos aos respectivos pinos digitais do Arduino
8      servo1.attach (8);
9      servo2.attach (9);
10     servo3.attach (10);
11servo4.attach (11); 12
12     }
13
14 void loop () {
15     //Lêos valores dos potenciômetros
16     int angulo1 = analogRead (0);
17     int angulo2 = analogRead (1);
18     int angulo3 = analogRead (2);
19int angulo4 = analogRead (3); 20
```



```

21 //Mapeia os valores de 0 a 180 graus
22 angulo1 = map (angulo1, 0, 1023, 0, 180);
23 angulo2 = map (angulo2, 0, 1023, 0, 180);
24 angulo3 = map (angulo3, 0, 1023, 0, 180);
25 angulo4 = map (angulo4, 0, 1023, 0, 180);
26
27 //Passa o ângulo para os servos
28 servo1.write (angulo1);
29 servo2.write (angulo2);
30 servo3.write (angulo3);
31 servo4.write (angulo4);
32
33 //Delay de 15 ms entre as leituras
34 delay (15);
35 }

```

Após carregar o código, gire os eixos dos potenciômetros para controlar a posição dos servo motores. As variáveis “angulo’n”, onde ‘n’ é o índice da variável (“angulo1”, por exemplo), recebem os valores resultantes da função “map()” e atribuem à função “servo.write()” o valor do ângulo para qual o servo deve se mover.

Agora, repare no trecho abaixo.

```

25 //Mapeia os valores de 0 a 180 graus
26 angulo1 = map (angulo1, 0, 1023, 0, 180);
27 angulo2 = map (angulo2, 0, 1023, 0, 180);
28 angulo3 = map (angulo3, 0, 1023, 0, 180);
29 angulo4 = map (angulo4, 0, 1023, 0, 180);

```

Os valores 0 e 180 na função “map()” podem ser diferentes para cada motor. Eles representam a faixa de movimento possível para o servo motor e variam de acordo com a calibragem feita na hora da montagem do manipulador.

