



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
SÃO PAULO  
CAMPUS SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Glauco Borges de Souza

Leandro Lasnou Junior

Matheus Vinícius Moreira

*CIRCUITO CONTROLADOR DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM BASE  
MÓVEL*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo . Campus São José dos Campos, como requisito para obtenção do Título de Técnico em Automação Industrial sob orientação do Professor Valdeci Donizete Gonçalves.

São José dos Campos  
2014

## **BANCA EXAMINADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) defendido e aprovado em  
\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2014, pela banca examinadora constituída pelos  
professores:

---

Prof.º Dr. Valdeci Donizete Gonçalves  
Orientador

---

Prof.º Dr. Luiz Gustavo de Oliveira

---

Técnico: Danilo Eduardo Braga

Aos nossos queridos pais Leandro e Michelle, Neide, Hélio e Lia.  
Com muito amor e carinho,

Dedico

## **Agradecimentos**

Muitas pessoas, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial gostaríamos de agradecer:

Ao orientador, Valdeci Donizete Gonçalves, por acreditar em nossa capacidade, valorizar o nosso trabalho e contribuir para o nosso crescimento pessoal e intelectual.

Ao técnico de laboratório Danilo Eduardo Braga, por todo auxílio, atenção e amizade.

À professora, Vania Battestin Wiendl, pela contribuição, paciência e amizade.

Ao professor Aguinaldo Cardozo da Costa Filho, por toda a disposição, atenção e ensinamentos dispensados no decorrer desses anos.

Aos nossos pais, Hélio e Lia, Leandro e Michelle e Neide pelo incentivo, companheirismo e amor.

## Sumário

Lista de Figuras .....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.1. Circuito Controlador de Sentido e Direção do Robô e Braço Robótico (Ponte H).....	3
3.2. Transistor como Chave .....	3
3.3. Braço Robótico .....	3
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	3
4.1. <i>Materiais</i> .....	3
4.2. Métodos .....	4
4.2.1. Circuito Ponte H .....	4
4.2.2. Circuito do Eletroímã.....	6
4.2.3. Teste do Motor.....	6
4.2.4. Layout e a Placa de Circuito Impresso.....	7
4.2.5. Testes do Circuito no Robô .....	7
4.2.6. Último Teste do Robô .....	7
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	8
6. CONCLUSÃO.....	15
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16

## Lista de Figuras

Figura 1 - Ponte H.....	4
Figura 2 - Rotação no sentido horário.....	5
Figura 3 - Rotação no sentido anti-horário.....	5
Figura 4 - Eletroímã.....	6
Figura 5 - Ponte H Vista Superior.....	8
Figura 6 - Ponte H Vista Superior.....	9
Figura 7 - Circuito do Eletroímã Vista Inferior.....	9
Figura 8 - Circuito Eletroímã Vista Superior.....	10
Figura 9 - Estrutura Física do Braço.....	11
Figura 10 - Estrutura física do braço vista lateral.....	12
Figura 11 - Estrutura física da base.....	13
Figura 12 - Eletroímã.....	14

## RESUMO

A ponte H é um circuito eletrônico responsável por variar o sentido de rotação de um motor DC, através da tensão que se aplica em cada uma de suas extremidades. O objetivo desse projeto foi construir sete placas de circuito ponte H, sendo duas para controlar o sentido e direção da estrutura física da base, quatro para controlar a estrutura física do braço robótico e uma responsável pelo acionamento do eletroímã. Nos testes feitos na placa de circuito ponte H, foram encontrados alguns problemas, como superaquecimento dos resistores da base, superaquecimento do transistor BC548 e alta potência em cima dos resistores, porém todos os problemas foram corrigidos. No circuito do eletroímã, não foi encontrado nenhum problema nem na parte de planejamento quanto na parte de construção e teste da mesma. Foi possível realizar o projeto no final conforme o esperado.

Palavras-chave: Ponte H; circuito eletrônico; transistor; chaveamento; eletroímã.

## **ABSTRACT**

The H-bridge is an electronic circuit responsible for varying the direction of rotation of a DC motor through the voltage that is applied at each of its ends. The project goal was to build seven bridge H circuit boards, 2 to control the meaning and direction of the physical structure of the base, 4 to control the physical structure of the robotic arm and 1 responsible for triggering the electromagnet. In tests on the H bridge circuit board, some problems such as overheating of the base resistors, overheating and high power BC548 upon the resistors were found, but all problems have been fixed. In the electromagnet circuit, we found no problem or part of the planning and the construction and testing of the same. Been possible to carry out the project at the end as expected.

Keywords: H Bridge; electronic circuit; transistor; switching; electromagnet.

## 1. INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, é crescente a necessidade de realizar tarefas com eficiência e precisão. Há também tarefas em que a ação humana é difícil e até impossível. Faz-se, então, necessária presença de dispositivos capazes de executá-las sem grandes riscos (RUSSELL, 2004).

O robô é um dispositivo, ou grupo de dispositivos, eletromecânicos ou biomecânicos capazes de realizar trabalhos de maneira autônoma ou pré-programada. Os robôs são comumente utilizados na realização de tarefas em locais mal iluminados, ou na realização de tarefas sujas ou perigosas para os seres humanos. Os robôs industriais utilizados nas linhas de produção são a forma mais comum de robôs, uma situação que está mudando recentemente com a popularização dos robôs comerciais limpadores de pisos e cortadores de gramas. Outras aplicações são: tratamento de lixo tóxico, exploração subaquática e espacial, cirurgias, mineração, busca e resgate, e localização de minas terrestres. Os robôs também aparecem nas áreas do entretenimento e tarefas caseiras (Wikipedia, 2014).

Com base nisso foi desenvolvido um robô de médio porte para pegar objetos metálicos de até 200g com um eletroímã. Este projeto é dividido em quatro seções, sendo elas estrutura física do braço, estrutura física do carrinho, elétrica e programação. Na realização do trabalho de conclusão de curso, fora proposto a equipe o desenvolvimento da parte elétrica, através de um circuito controlador de sentido de rotação de motores elétricos para o braço robótico, e o mesmo para sistema de controle da estrutura de locomoção do robô explorador de médio porte feita a partir da Ponte H e do circuito elétrico do eletroímã.

## **2. OBJETIVO**

Construir sete placas de circuitos eletrônicos, sendo seis delas Ponte H para controlar os movimentos de um robô explorador de tamanho médio acoplado com um braço robótico e uma para ativar o eletroímã.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Circuito Controlador de Sentido e Direção do Robô e Braço Robótico (Ponte H)**

Ponte H é um circuito responsável por inverter a rotação do motor de corrente contínua, ou seja, fazer com que o eixo do mesmo gire tanto para esquerda quanto para a direita possibilitando neste caso o controle da direção do robô e do braço. O robô é composto por um braço robótico de três eixos que será o responsável pela manipulação de objetos metálicos, conta exclusivamente com uma placa eletrônica destinada apenas para o seu controle.

#### **3.2. Transistor como Chave**

A forma mais simples de se usar um transistor é como uma chave, significando uma operação na saturação ou no corte e em nenhum outro lugar ao longo da reta de carga.

Quando o transistor está saturado, é como se houvesse uma chave fechada do coletor para emissor. Quando o transistor está cortado, é como uma chave aberta. (Wendling, 2014).

#### **3.3. Braço Robótico**

O braço robótico é utilizado para realizar tarefas difíceis e de risco para o ser humano, como lugares de periculosidade a saúde. Um braço robótico pode ser programado de forma autônoma.

### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **4.1. Materiais**

Os materiais utilizados foram: 12 Transistores TIP32 (PNP); 13 Transistores TIP31 (NPN); 13 Transistores BC548; 24 Diodos Retificadores 1N4006; 13 Resistores de 1k de 3watts; 13 Resistores de 220Ω de 3 watts; Três placas de circuito impresso, sendo uma delas dupla face; Fonte de tensão; Protoboard, Fios de

conexão, 250 ml de Percloroeto de Ferro; Multisim (utilizado para a simulação do circuito Ponte H), 12 bornes de conexão de 3 entradas; 5 bornes de conexão individual; Caneta para placa de circuito impresso; Palha de aço; Furador de placa; Alicates; Cabos de conexão; Estanho e kit de soldagem.

## 4.2. Métodos

### 4.2.1. Circuito Ponte H

Ao ser acionado a chave S1, a corrente passa pelo transistor BC548 e é dividida pelos transistores Q1 (TIP31) e Q4 (TIP32) assim fazendo com que o motor gire para o sentido anti-horário. Na sequência se acionado uma chave S2, a corrente irá passar pelos transistores Q2 (TIP31) e Q3 (TIP32). Os pontos 1 e 2 são as entradas de 5 volts (V) que chegam da placa da National Instruments e o ponto 3 é onde o motor é conectado. Como pode se observar na Figura 1.

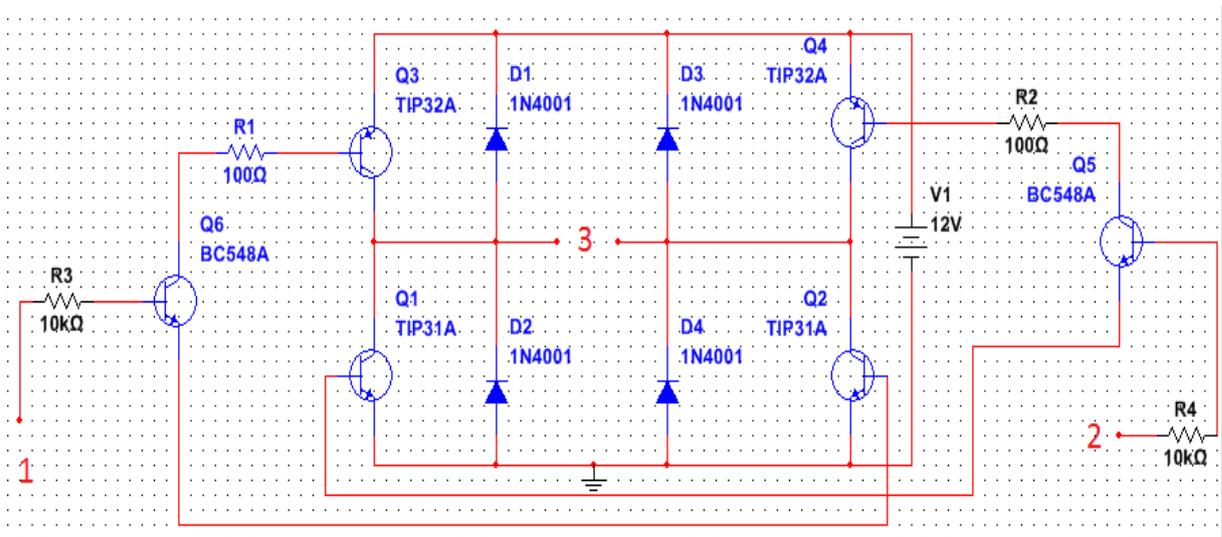


Figura 1 - Ponte H

Quando se aplica uma tensão de 5V na extremidade 1 da Figura 1, é energizado o LED2, fazendo com que o motor gire no sentido horário, mostrado na Figura 2.

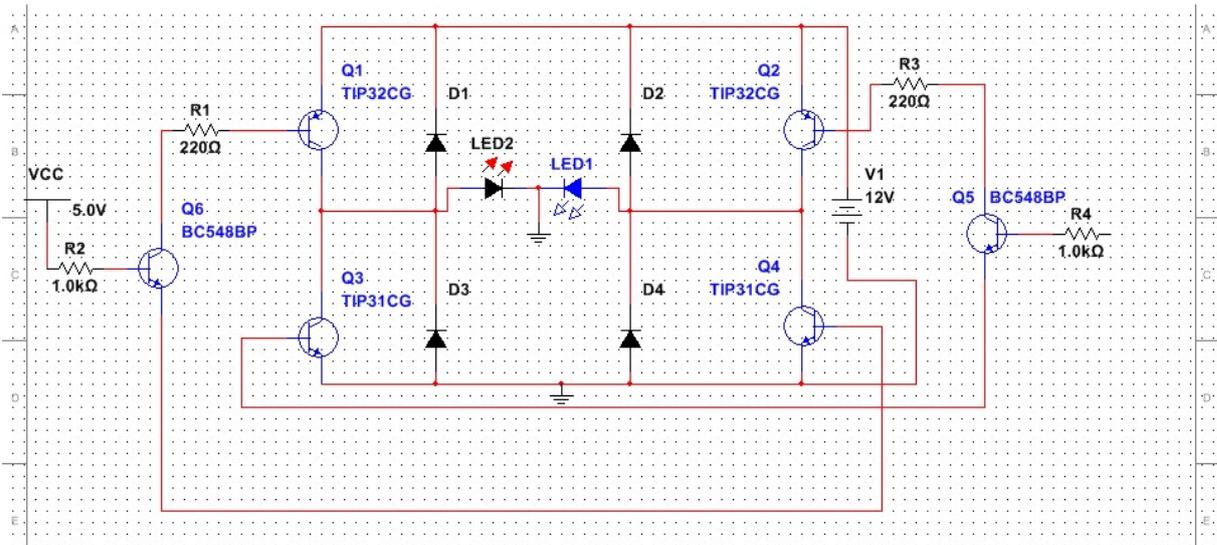


Figura 2 - Rotação no sentido horário

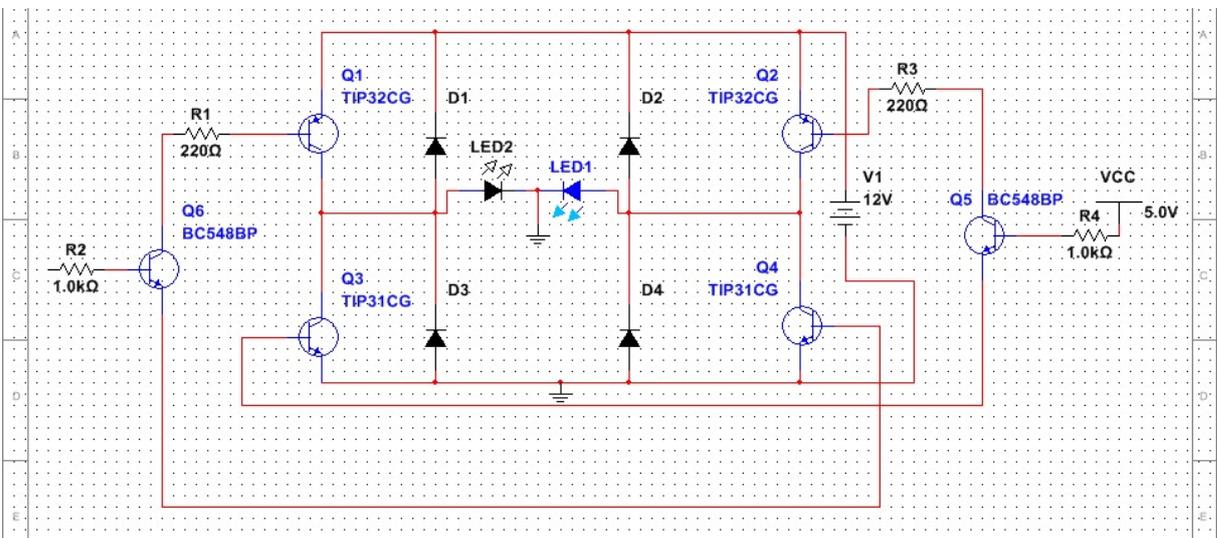


Figura 3 - Rotação no sentido anti-horário

Ao se aplicar a tensão de 5V na outra extremidade, é energizado o LED1, fazendo com que o motor gire no sentido anti-horário, como mostra a Figura 3.

#### 4.2.2. Circuito do Eletroímã

Através do software multisim foi possível realizar uma simulação de um circuito que é responsável pelo chaveamento de uma tensão de 12 volts. Esta tensão é a responsável pela ativação do eletroímã, como mostra a Figura 2.

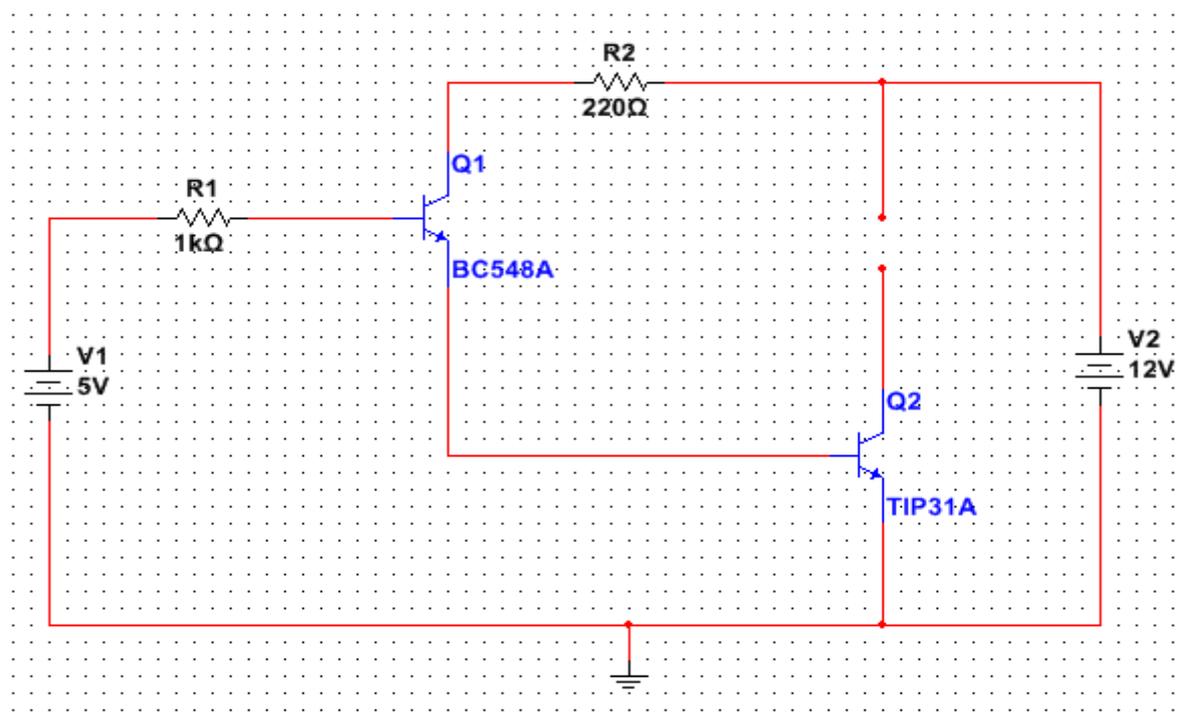


Figura 4 - Eletroímã

#### 4.2.3. Teste do Motor

Depois de feito a montagem do circuito Ponte H, foram realizados testes no circuito com os componentes do protoboard utilizando um motor DC, onde foi obtido o funcionamento do circuito. O erro encontrado foi o superaquecimento dos resistores da base, foi trocado os resistores para 1k de 3 watts, onde resolveu o problema do superaquecimento.

#### **4.2.4. Layout e a Placa de Circuito Impresso**

Após o teste do motor DC no circuito Ponte H com o protoboard, foi utilizado o layout da placa e desenhado na placa de circuito impresso com uma caneta permanente própria. Logo após mergulhou-se as mesmas em 250mg de Percloro de Ferro solúvel com 500 ml de água potável até todo o cobre da placa sair, deixando apenas cobre nas trilhas do layout, o que durou aproximadamente 25 minutos. Ao término foi utilizada palha de aço, água e sabão para limpar a placa.

#### **4.2.5. Testes do Circuito no Robô**

Foram utilizadas duas placas prontas feitas na placa de circuito impresso para fazer o movimento do robô. Foi conectado no motor do robô e os testes foram realizados. No primeiro teste, uma roda do robô funcionou perfeitamente para frente e para trás, enquanto a outra roda apenas se movia para frente, foi trocado o BC548 da placa que estava com problema e foi recolocado no motor. No segundo teste o robô andou, porém ele começou a diminuir a velocidade por causa da alta potência em cima do resistor de 1k com 1watt de potência. Foram trocados os resistores de 1k com 1 watt de potência por um de 220 $\Omega$  com 3 watts de potência e foi realizado um terceiro e último teste.

#### **4.2.6. Último Teste do Robô**

No último teste o robô funcionou utilizando resistores de 220 $\Omega$  com 3 watts de potência e 1K $\Omega$  com 3 watts de potência, porém ele não virava para esquerda ou para direita. Foi utilizada uma roda direcional com rolamento que foi fixada na parte central frontal do carrinho para realizar os movimentos para esquerda e direita, assim foi possível a locomoção correta do carrinho e os testes foram finalizados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com as placas feitas, foram iniciados os testes com um motor DC, onde foi bem sucedido, porém o BC548 ficou superaquecido, então foram utilizados resistores de 220 $\Omega$  com 3 watt de potência para reduzi-lo. Foram acrescentados bornes de conexão no circuito ponte H feito na placa e foram utilizados também placas de circuito impresso dupla face. Foi montado o layout do circuito Ponte H, mostrado na Figura 5 vista superior e Figura 6 vista inferior, também foi montado o layout do eletroímã que foi utilizado no braço robótico para segurar objetos metálicos de até 200g, mostrado na Figura 7 vista superior e Figura 8 vista inferior.

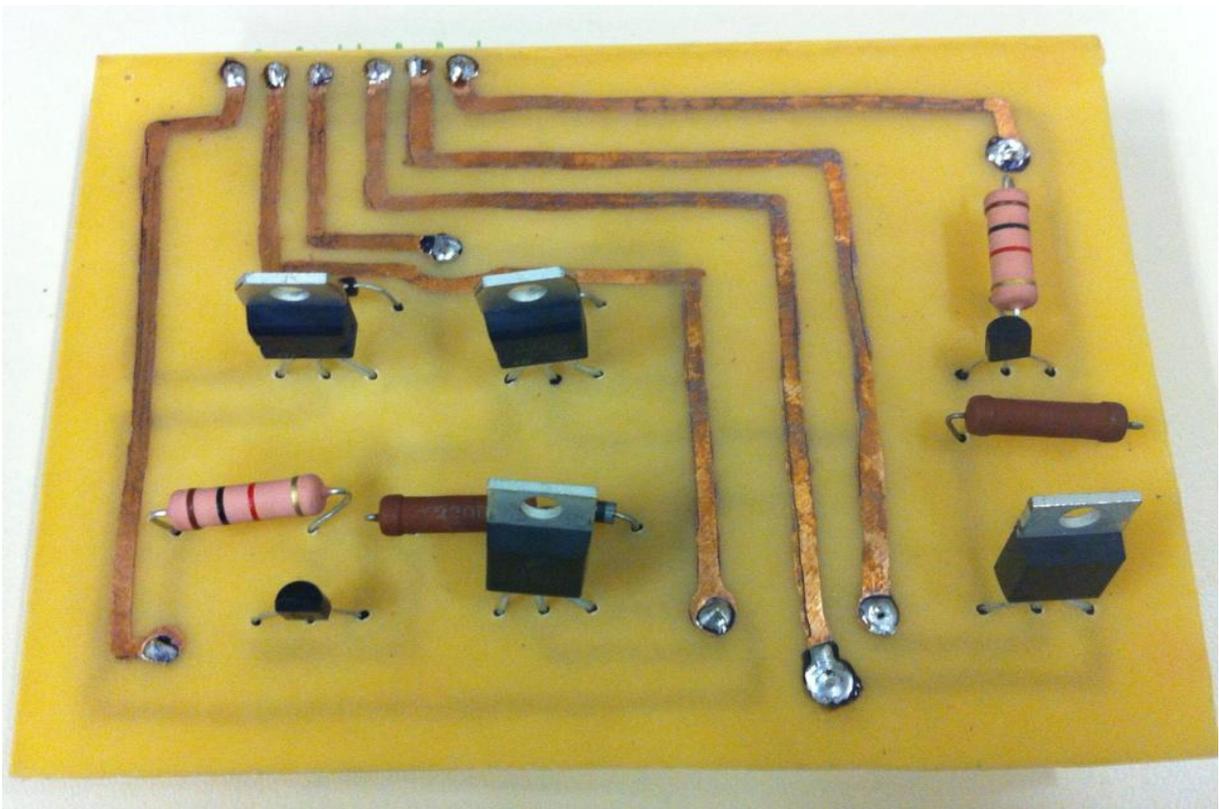


Figura 5 - Ponte H Vista Superior

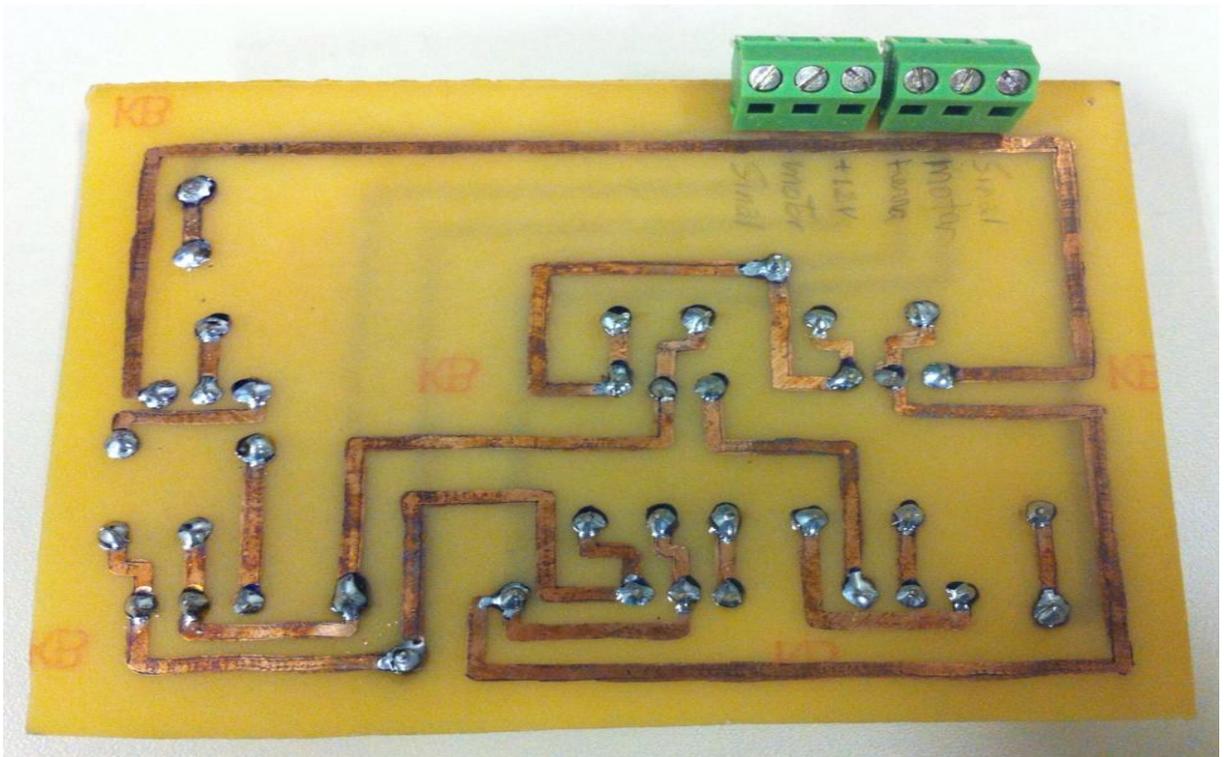


Figura 6 - Ponte H Vista Superior

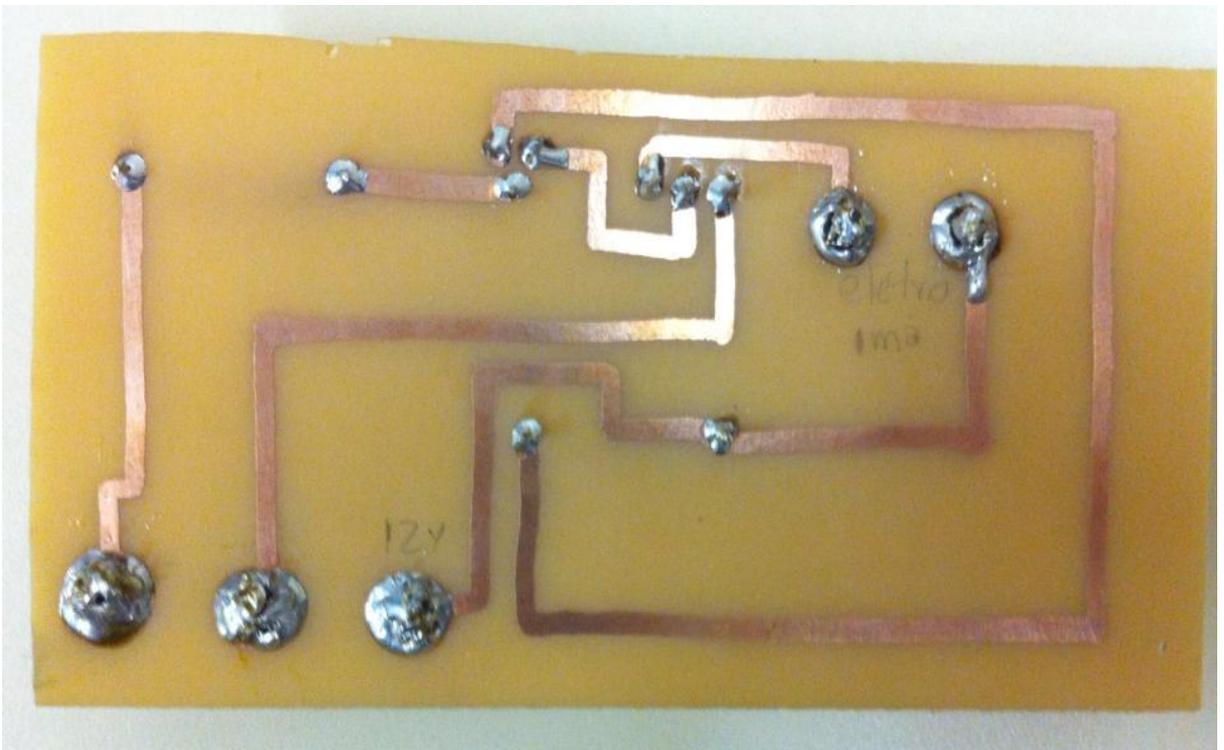


Figura 7 - Circuito do Eletroímã Vista Inferior

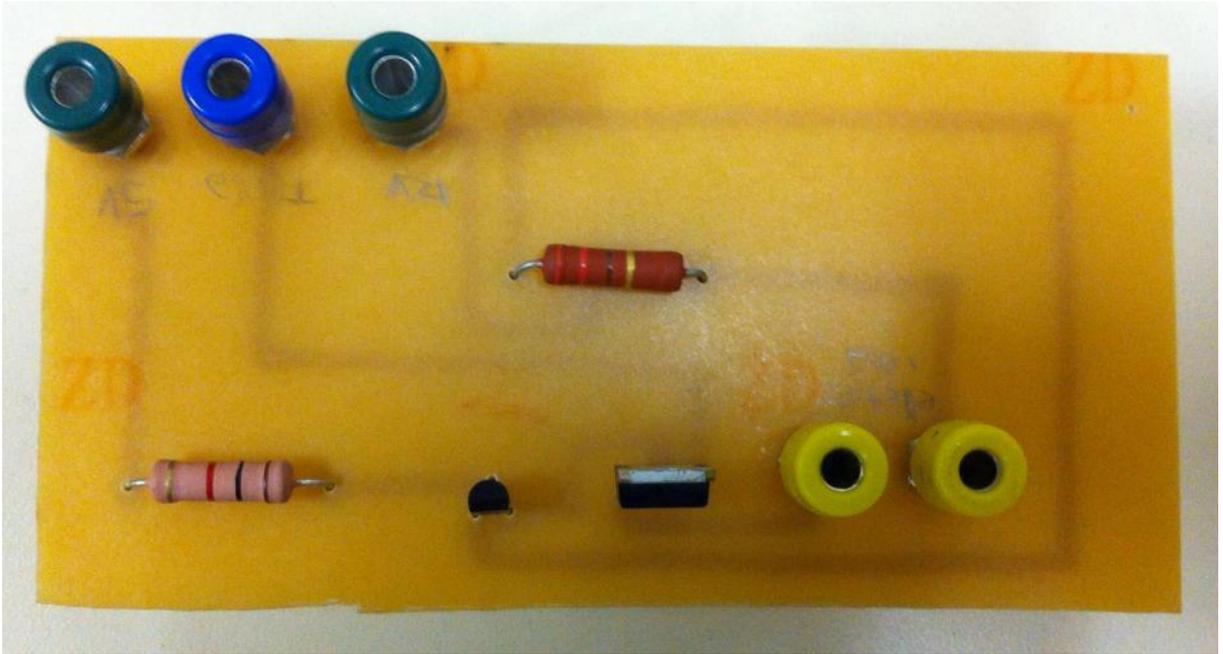


Figura 8 - Circuito Eletroímã Vista Superior

A seguir é mostrada a estrutura física do braço montado pelo grupo da mecânica (Figura 9 e 10), a estrutura física da base montado pelo outro grupo da mecânica (Figura 11) e o eletroímã (Figura 12).

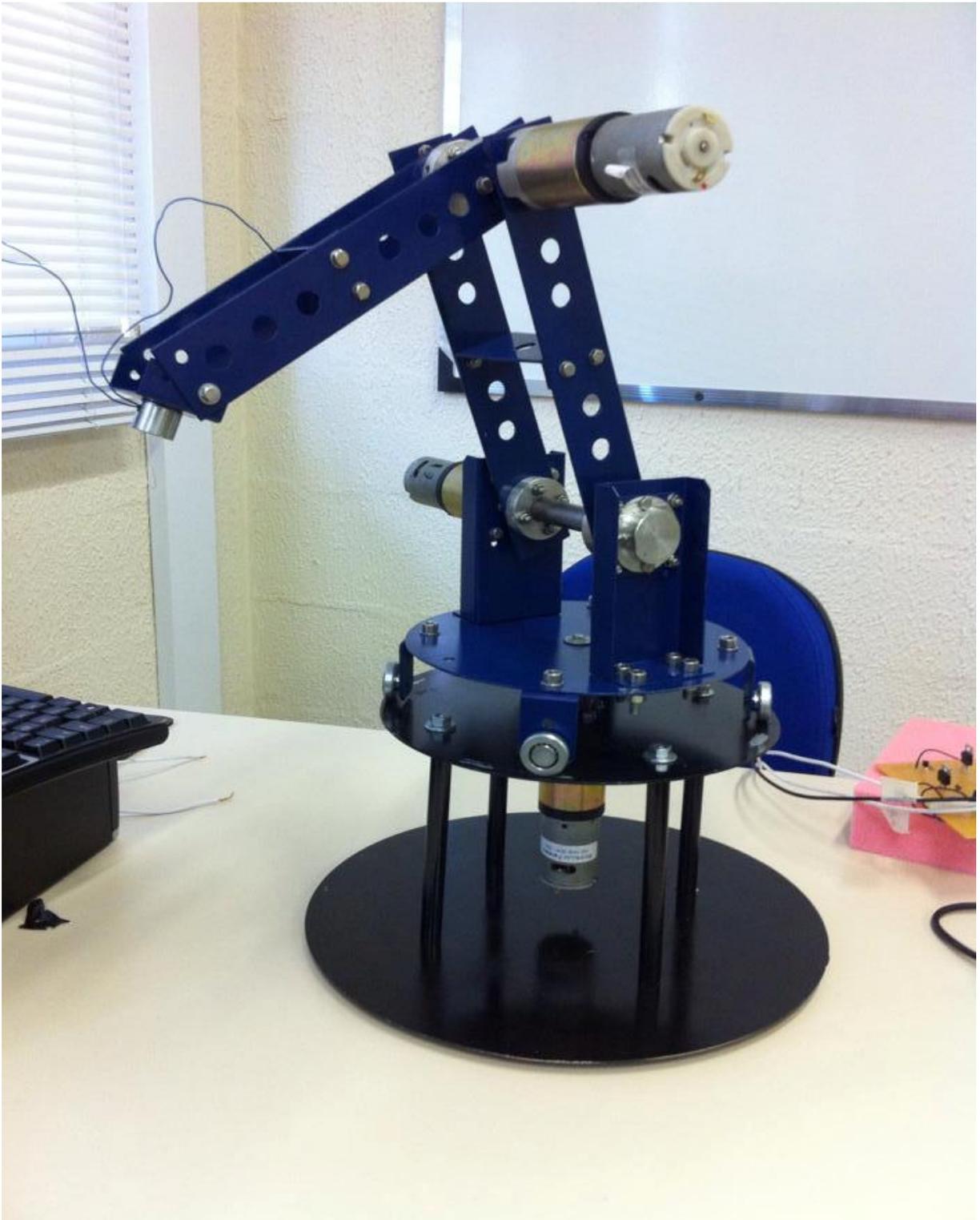


Figura 9 - Estrutura Física do Braço

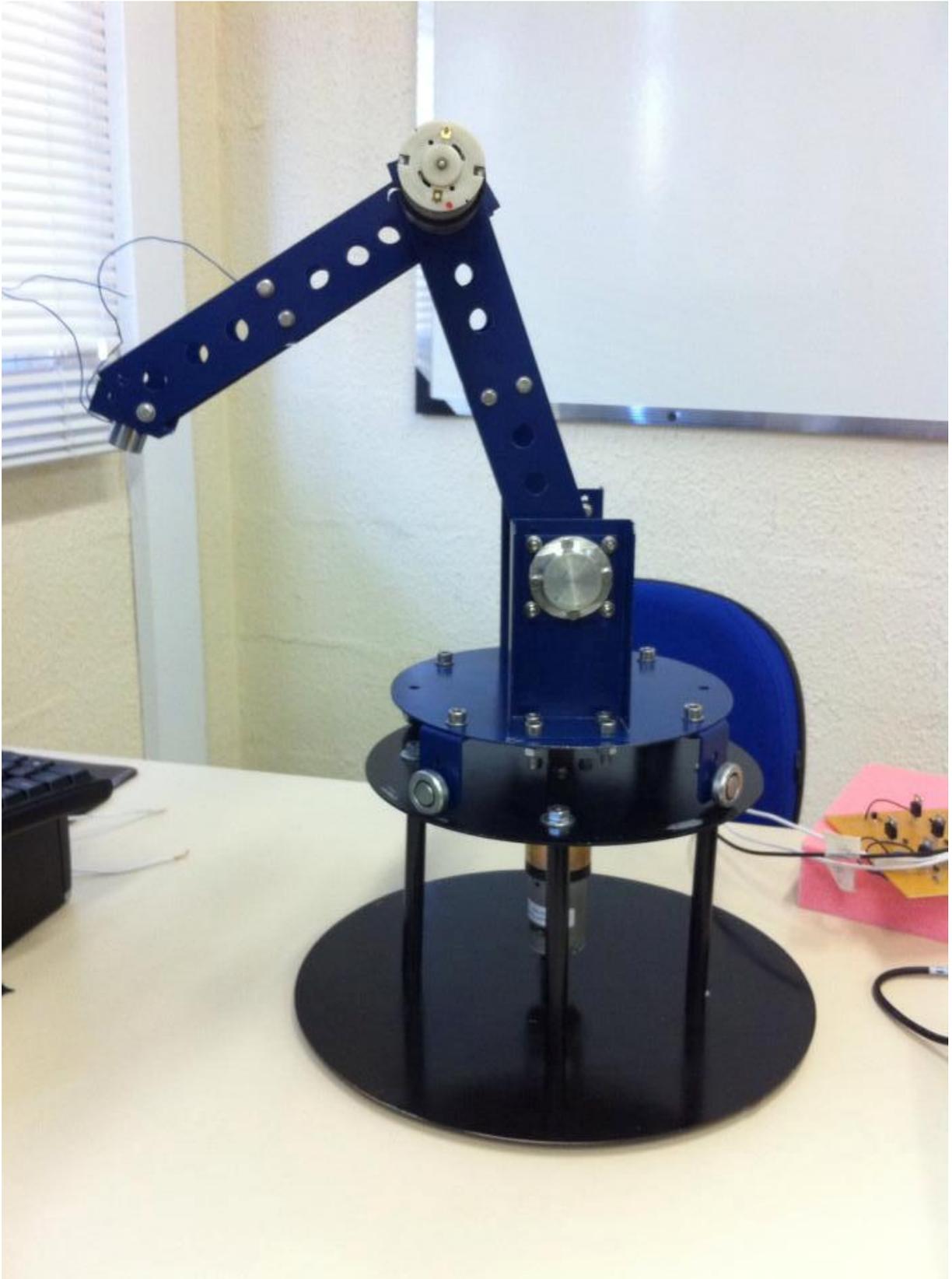


Figura 10 - Estrutura física do braço vista lateral



Figura 11 - Estrutura física da base

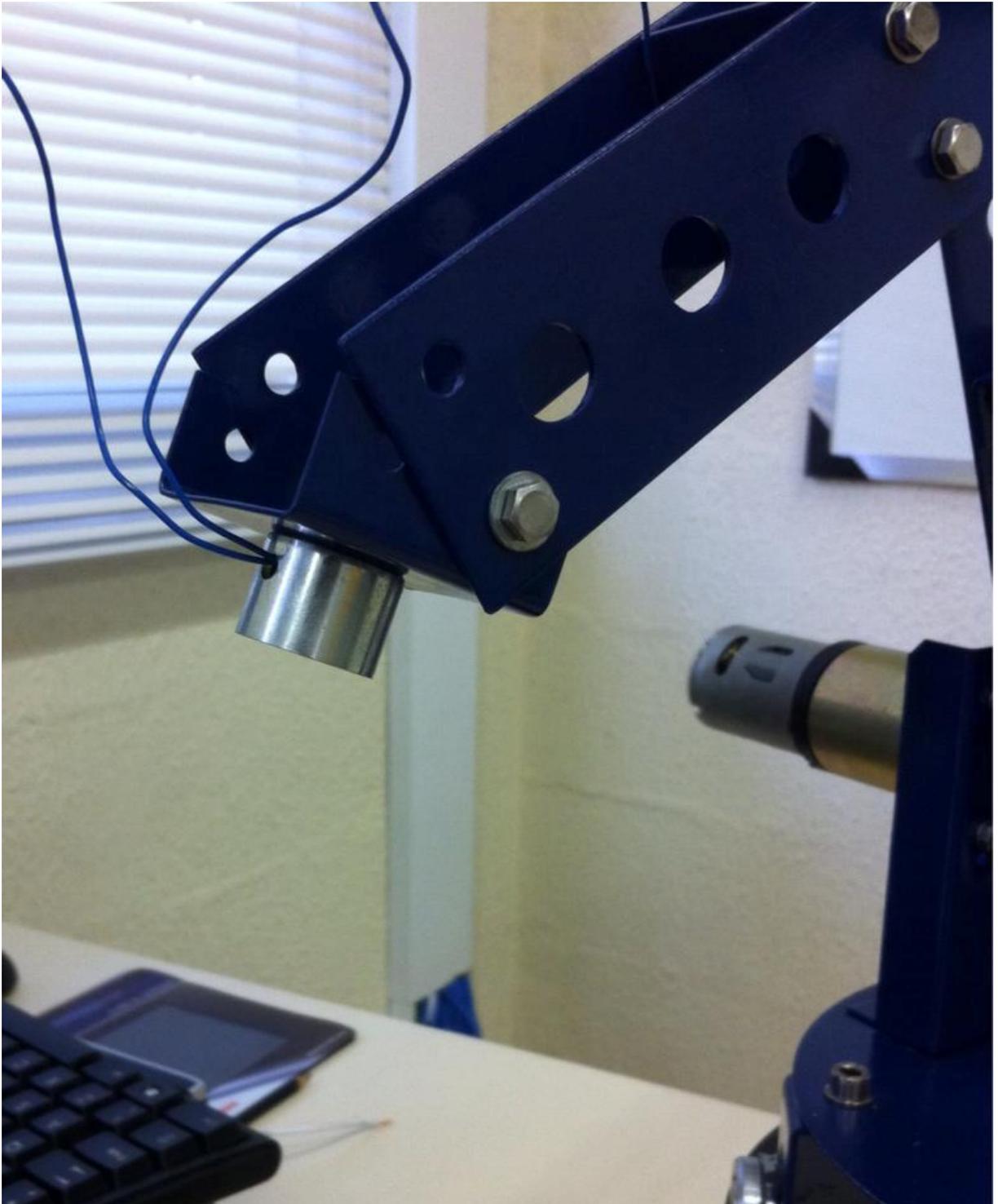


Figura 12 - Eletroímã

## 6. CONCLUSÃO

Depois de todos os testes que foram realizados na Ponte H, foram encontrados problemas de superaquecimento de transistores e dos resistores, porém encontrou-se a solução. A placa que obteve os melhores resultados e não causou superaquecimento foi construída com 2(dois) transistores TIP31, 2(dois) transistores TIP32, 2(dois) transistores BC548, 4(quatro) diodos retificadores 1N4006, 2(dois) resistores de 1K $\Omega$  e 3 watts e 2(dois) resistores 220 $\Omega$  e 3 watts. Com essa combinação se obteve sucesso e foi possível fazer tudo conforme o esperado e no final foi possível realizar o projeto com sucesso. Na construção da placa de chaveamento que é a responsável pela ativação do eletroímã, não houve problemas nem na parte de planejamento quanto na parte de construção e testes da mesma.

Uma placa de circuito ponte H teve um custo de R\$ 16,30 e a placa do eletroímã teve um custo de R\$ 27,30. O valor total do projeto ficou em R\$ 164,00.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Wendling, 2009) WENDLING, Marcelo **Transistores II**. Fonte: Universidade Estadual Paulista: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/1---transistores-ii---v1.0.pdf>. Acesso em Junho de 2014.

(Wikipedia, 2014) *Wikipedia*. (s.d.). Fonte: Wikipedia: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B4>. Acesso em Maio de 2014

(RUSSELL, 2004) RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.