

# MANUAL DE FABRICAÇÃO DO PRODUTO



**UnB**

## **Lista de Materiais necessários**

### Estrutura

- Arame para solda - 1 Kg
- Barra de Aço - 6 m de perfil 20 mm x 20 mm de 1,2 mm de espessura
- Barra rosqueada M8 - 2 unidades de 1 m
- Borracha trefilada - 10 metros
- Chapa de Aço - 3 m x 1,20 m de 1,5 mm de espessura
- Chapa de Aço - 250 mm x 250 mm de 2 mm de espessura
- Corrediça telescópica - 6 unidades
- Dobradiças - 4 unidades
- EVA - 1 unidade com 400 mm x 340 mm de 5 mm de espessura
- Fechos rápidos - 4 unidades
- Ferramentas diversas para usinagem e fabricação - Máquina de solda MIG, Furadeiras, chaves de fenda, serras e outros.
- Parafusos diversos
- Parafusos M8 - 2 unidades
- Pino/puxador - 1 unidade
- Placa de Acrílico - 2 unidades de 250 x 150 mm de 3 mm de espessura
- Porcas auto travantes M8 - 4 unidades
- Porcas M8 - 24 porcas
- Rebites - quantidade diversa
- Suporte rosqueável M6 - 8 unidades

### Eletrônica/Energia

- Chave tátil
- CI L297
- CI L298
- 1 Triac 226D (caso a rede seja 220V)
- 1 DIAC
- Cabos USB Micro e Mini
- Chave de Fim de Curso
- Conector macho/fêmea
- Contatores
- Coolers
- Dissipadores
- Dip Switch
- Disjuntor Unipolar 16A Curva B ou C
- Display touch capacitivo 7"
- Emissor-Receptor infravermelho
- Fonte 12V
- Fusível 1A, 2A e 4A
- LaunchPad MSP-430
- Regulador de tensão 5V
- Motor monofásico Motoesmeril

- Módulo Câmera Raspberry Pi 5 Mega pixel
- Motores de passo NEMA 17 e 23
- Parafusos Diversos
- Pares de Trilho Gaveta
- Placa de Acrílico 1 m x 0,5 m de 0,2 mm
- Placa de Circuito Impresso
- Prototipagem
- Raspberry Pi 3B+
- Regulador de tensão (LM2596)
- Relê de acionamento
- Soquete
- Tarugo
- Trimpot

## Estrutura

### • Armação estrutural

A estrutura interna da máquina é construída a partir do corte barras de aço SAE 1020 com perfil 20 mm x 20 mm com 1,2 mm de espessura. A união das peças foi realizada com máquina de solda MIG conforme CAD e esquema da Figura 1.

Na parte central da estrutura faz-se necessário uma chapa fixa de aço SAE 1020 quadrada de 250 mm x 250 mm x 2 mm para servir de suporte de fixação das mesas de movimentação.

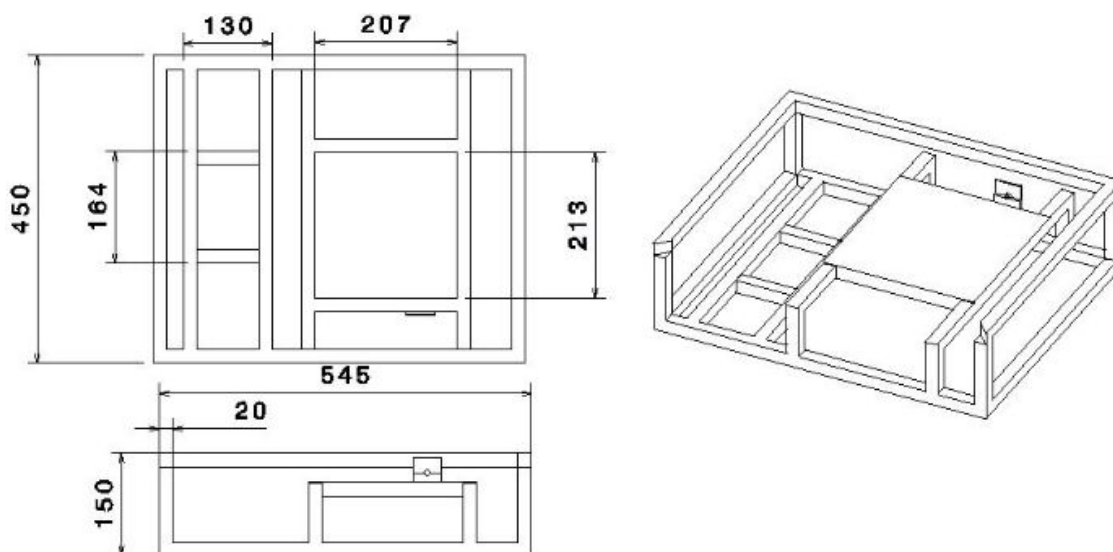


Figura 1 - Estrutura interna da máquina EasyKey.



Figura 2 - Demonstração de montagem da estrutura

Em seguida, utilizando-se as barras de aço realiza-se a montagem da estrutura do módulo lateral de aquisição de imagens conforme a Figura 2. Este será fixado lateralmente utilizando 2 parafusos M8.

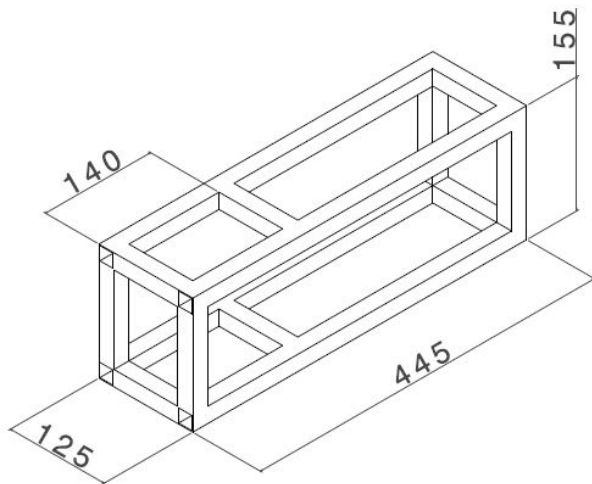


Figura 3 - Estrutura do módulo de aquisição de imagens.

Outro módulo que deve ser construído é o painel de comando, posicionado abaixo das mesas, que é feito de chapa galvanizada dobrada e rebitada nas dimensões 400 mm x 340 mm x 80 mm. A tampa é fixada com 2 dobradiças permitindo acesso ao seu interior e 2 fechos rápidos.

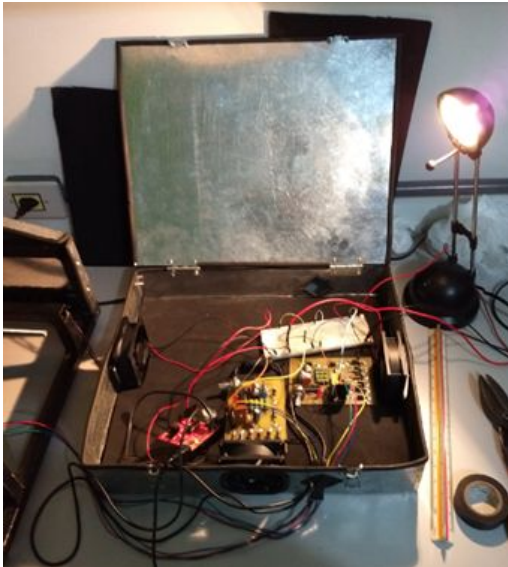


Figura 4 - Painel de comando montado.

- **Mesas de movimentação**

Para mesa de movimentação utiliza-se chapas de aço de 250 mm x 250 mm com 2 mm de espessura. Nelas foram fixadas, através de parafusos, corrediças telescópicas que servem como guias, conforme Figura 3.



Figura 5 - Instalação da parte inferior das mesas de movimentação.

Para garantir uma boa precisão durante a usinagem da chave, recomenda-se utilizar fusos feitos com barras rosqueadas de 8mm com passo de 1,25mm e porcas soldadas nas mesas para garantir o funcionamento e o alinhamento dos fusos.

Cada uma das mesas deverá possuir um aparato para fixação dos motores de passo selecionados. Os locais de fixação devem ser posicionados de forma a garantir o alinhamento correto do sistema.

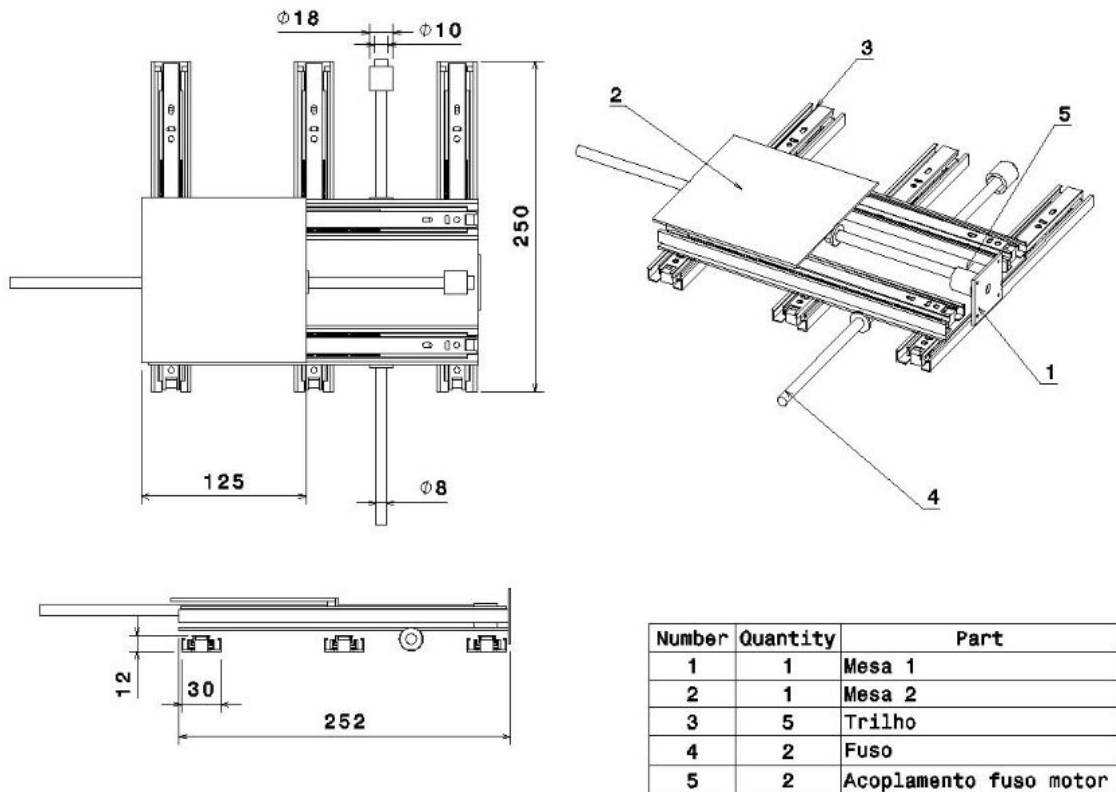


Figura 6 - Esquemático da mesa de movimentação.



Figura 7 - Panorama da montagem estrutural

No topo da mesa de movimentação (Aparato nº 2 da Figura 3), deverá ser acoplado o mecanismo de fixação de chave virgem. Este deverá ser travado com parafusos para garantir sua fixação na mesa superior.

A fixação foi desenvolvido para ser agregado à mesa superior de movimentação, fabricada na impressora 3D, ele apresenta rigidez o suficiente para suportar a usinagem da chave e sua leveza se torna uma característica importante para não sobrecarregar os motores de movimentação.

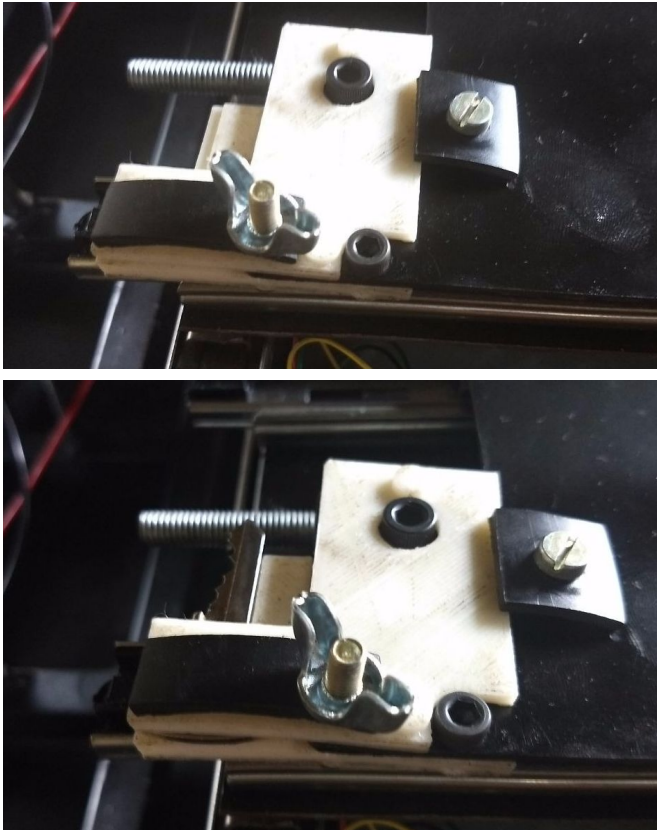


Figura 8 - Sistema de fixação de chave virgem.

- **Cobertura externa**

A estrutura é finalizada com a construção da carcaça. Utilizando chapas de aço de espessura variável, toda superfície externa da estrutura é recoberta nas dimensões de 550 mm x 470 mm x 220 mm. Para fixar todas tampas laterais utiliza-se fixação por rebites e parafusos.

Com relação à tampa superior, ela não é fixa, pois deve ter mobilidade para ser aberta em caso de manutenção da máquina. Esse requisito é atendido com a adoção de 2 dobradiças na tampa e 2 fechos rápidos para travamento.

Na tampa desse invólucro foram adicionadas ainda duas seções de acrílico de 250 mm x 150mm com 3 mm de espessura cada, uma para visualização do processo de usinagem e outra para acesso à fixação da chave virgem.





Figura 9 - Finalização da cobertura externa da máquina.

Para encerrar, deve-se instalar borracha trefilada em todas as arestas cortantes, tanto da estrutura principal quanto nos módulos, visando mais uma vez a segurança do usuário e acabamento estético.



Figura 10 - Estrutura na etapa de acabamento.

## Energia e Eletrônica

- **Motores**

Inicialmente, deve-se escolher os motores necessários para a máquina. Os parâmetros importantes para o dimensionamento do motor de indução são: a rotação necessária para usinagem, e também o conjugado do motor. Já para os motores de passo, foi utilizada uma planilha para cálculo dos parâmetros como torque estático, torque fornecido pelo motor e inércia do rotor. Esses



parâmetros dependem de algumas variáveis como diâmetro do fuso, massa da mesa, diâmetro da peça a ser fresada.

A partir dos dados inseridos e da análise dos resultados calculados, os modelos escolhidos foram o motoesmeril modelo Mac 50, da marca Lynus e os motores de passo NEMA 17 para a movimentação do eixo superior e o NEMA 23 para movimentação do eixo inferior.



Figura 11 - Motor de indução utilizado.

- **Alimentação**

O dimensionamento da corrente necessária para alimentar a máquina, tanto os motores quanto os circuitos lógicos deve ser feita no pré projeto. É necessário dimensionar com um fator de segurança para evitar quaisquer contratempos. Nos cálculos, viu-se que seria necessário cerca de 11A para a máquina. Então, decidiu-se utilizar uma fonte 12V 20A, e um regulador de tensão para diminuir a tensão para 5V para suprir os circuitos lógicos e a raspberry.



Figura 11 - Fonte 12V/20A

Foi solicitado a confecção de uma fonte pelo grupo. A fonte bivolt produzida pela equipe consiste numa fonte de alta potência, com capacidade de até 10 A. Por meio de um mini transformador 220V/12V 10 A, a fonte foi abaixada e retificada para corrente contínua por meio de 3 pontes retificadoras RS7407GL 1000V/4A. Foram utilizadas 3 pontes porque cada uma fornece uma capacidade de 4 A. O circuito auxiliar consiste em 3 capacitores, um de 6800 F, um de 100 mF, e um de 470 mF. Esses capacitores servem para filtrar a tensão. Foi utilizado dois transistores PNP TIP 127 para aumentar a potência da fonte. Cada transistor aumenta a capacidade da fonte em 5 A, e por isso foi utilizado dois. O diodo 1N4007 e os fusíveis atuam na proteção do circuito. O regulador 7805 abaixa a tensão 12Vdc para 5Vdc.

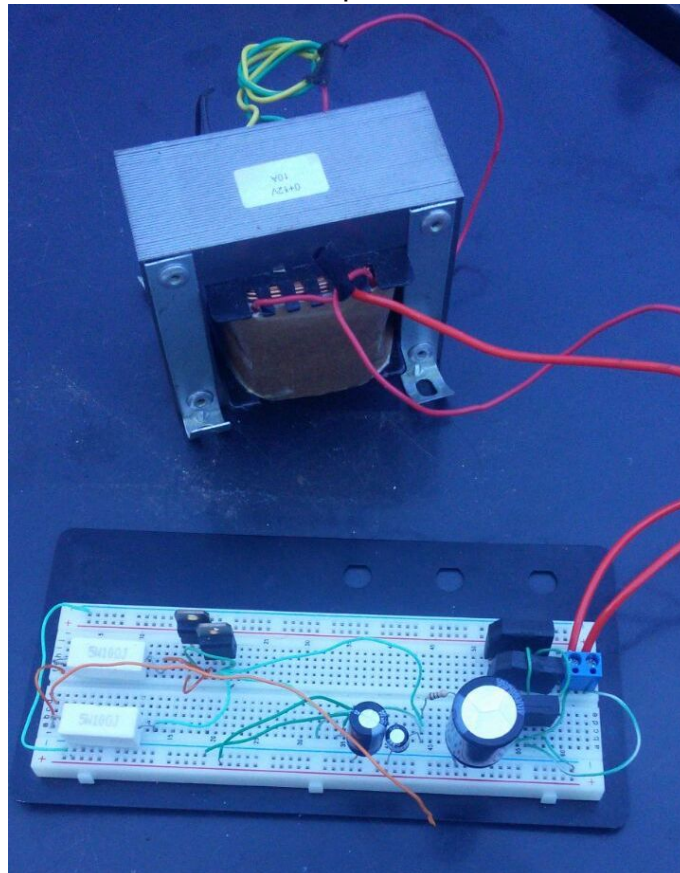


Figura 12 - Fonte produzida.

- **Sistema de Controle e Acionamento**

O driver de acionamento e controle foi feito utilizando os CIs L298, com função de ponte H para os motores e o L297 para o controle.

Na associação entre os dois circuitos integrados, o L297 é responsável pelo controle da corrente nos motores, sendo o tipo de controle por PWM chopper, utilizando resistores de 22k e capacitores de 3.3nF, sendo  $F_{chopper} = 19,96\text{kHz}$ , frequência recomendada pelo datasheet do L297. A leitura da corrente é feita pelos resistores Shunt. O controle é feito pelos amplificadores operacionais internos que trabalham como comparadores e Flip-flops RS que é setado de acordo com o PWM chopper, portanto um trimpot que faz um divisor de corrente com o resistor de 10k fará o controle da corrente.

O método de controle de corrente permite alimentar o motor de passo com uma tensão muito superior à tensão nominal, mantendo a corrente igual ou inferior a tensão nominal. Este aumento da tensão faz com que a corrente nominal nas bobinas seja atingida em menor tempo, pelo fato da equação do indutor ser dependente da tensão e variação da corrente. Oito diodos de potência de transição rápida do tipo Schottky servem para proteger o circuito da força contra eletromotriz das fases dos motores. O esquemático, bem como a confecção dos driver são apresentados a seguir.

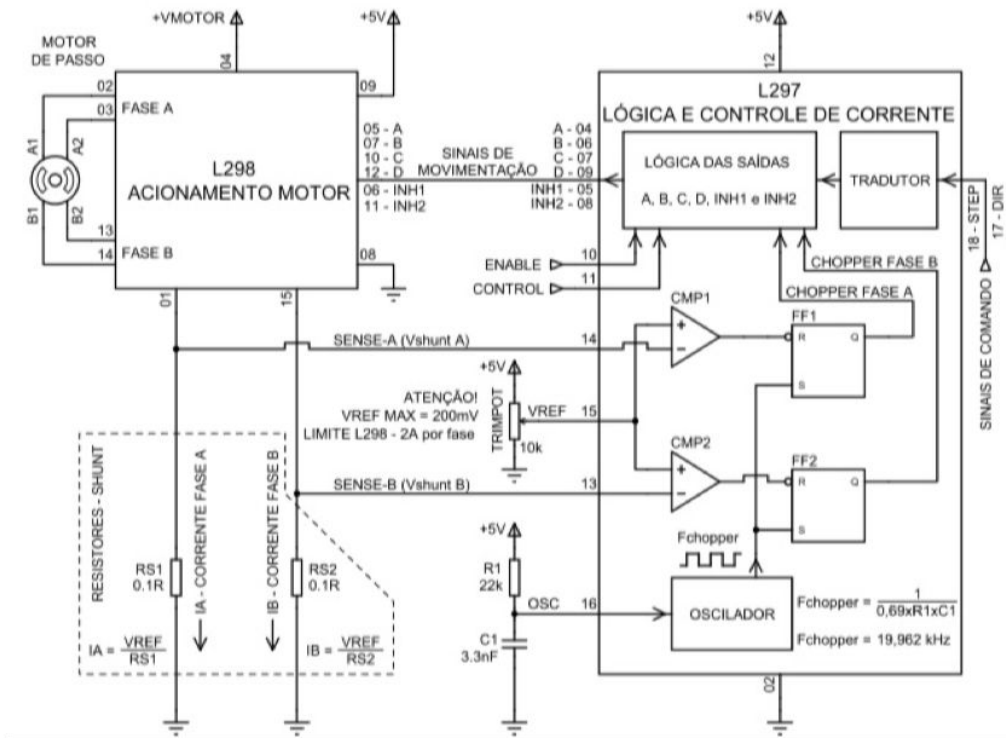


Figura 12 - Diagrama de Blocos do Driver de Comando e Controle

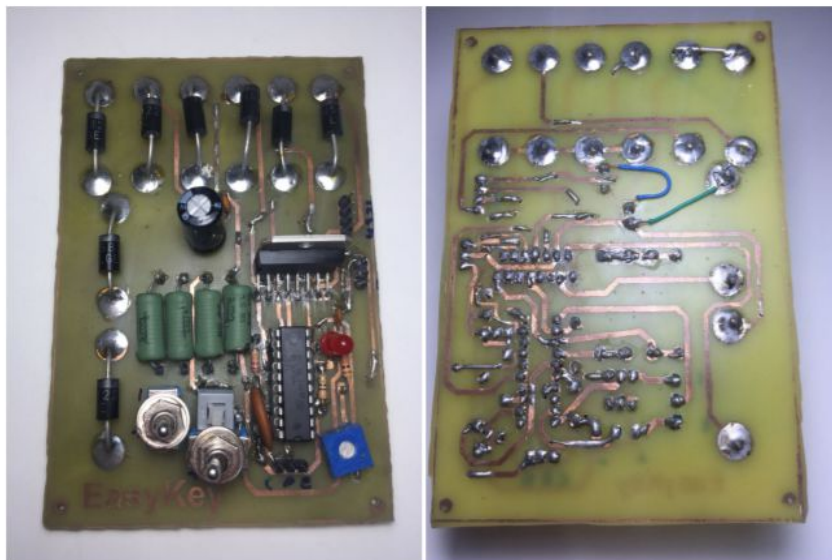


Figura 13 - Confecção dos drivers



O circuito Dimmer aciona e regula a velocidade da fresadora. Ele é composto por um relé de acionamento 220V/5V e é acionado pela MSP430. O circuito de potência do motor consiste basicamente em um TRIAC 226D e um DIAC, além de um circuito auxiliar composto por resistores, capacitores e potenciômetro.

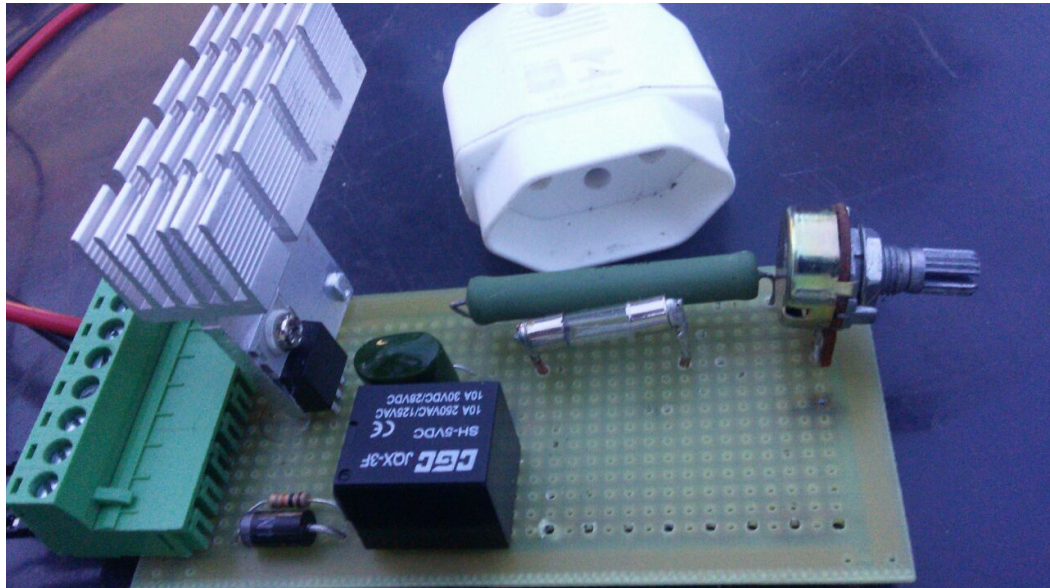


Figura 14 - Circuito Dimmer

- **Sistema de Proteção e Resfriamento.**

Para melhorar a segurança da máquina foi dimensionado um disjuntor unipolar 16A para controlar a energização da máquina. Em casos de manutenção, ou verificação, o disjuntor será acionado e toda a máquina estará desenergizada.

Coolers e dissipadores também foram utilizados para evitar que qualquer componente eletrônico queime. Para isso, foi utilizado 3 coolers de 12V 0.15A e dissipadores nos CIs L297, e no TRIAC.

- **Sensoriamento.**

Para a proteção da máquina, motores, eixos e usuários, sensores de fim de curso e de presença foram colocados no EasyKey.

Foram utilizados 3 botões(fim de curso). Um para o eixo superior e dois para o eixo inferior. Estas chaves foram aproveitados como parâmetros para o interpretador, definindo ponto de partida(G0) em cada eixo, e fim do curso do eixo inferior.

No sensor de presença foram utilizados um par emissor-receptor de LED na faixa do infravermelho. Quando interrompidos pela tampa da estrutura (tampa fechada) a máquina funciona normalmente. Caso contrário, a máquina interrompe suas funções e motores são desligados.

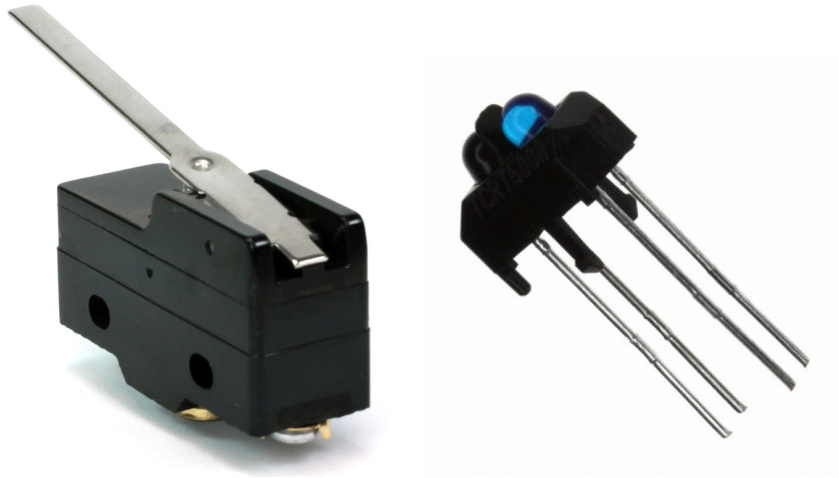


Figura 15 - Chave de fim de curso e Emissor-Receptor infravermelho

- **Camera Raspberry Pi.**

Essa câmera que foi utilizada para a captura de imagem do segredo da chave. Ela tem resolução de 5Mp.

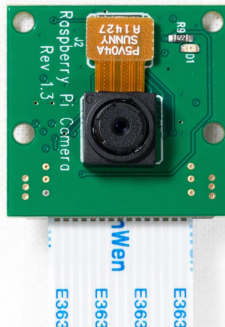


Figura 16 - Módulo Câmera Raspberry Pi

- **Raspberry Pi 3B+.**

A Raspberry é parte fundamental do projeto. Ele faz o controle de toda parte de interface, pagamento, conexão com internet, captura e processamento de imagem, gerar o GCODE e comunicação com o MSP-430 .



Figura 17 - Raspberry Pi 3B+

- **MSP-430.**

O microcontrolador que foi utilizado é o LaunchPad MSP-430. Ele foi escolhido pela facilidade de controle de motores em paralelo (*threads*) e conversor analógico-digital. A comunicação com a Raspberry foi feita por protocolo de comunicação serial pela porta USB da microcontrolador e da Raspberry.

Todos os sensores e o controle de acionamento do motor foram feitos também pelo LaunchPad. As interrupções são controladas de modo a não atrapalhar o andamento do código mas para as funções necessárias.

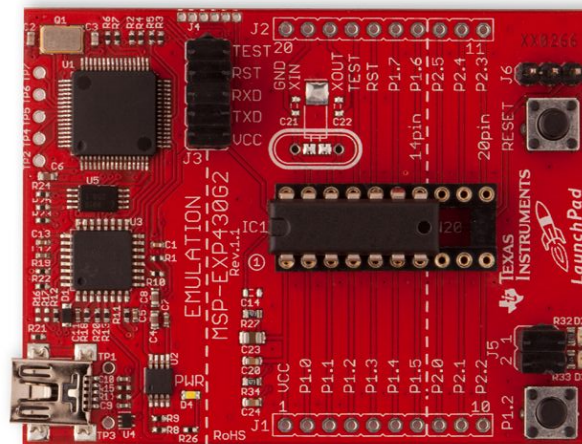


Figura 18 - LaunchPad MSP-430

## Software

- **Sistema operacional:**

Para instalar o sistema operacional no raspberry, baixe a imagem do cartão SD: <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>

O guia de instalação do sistema operacional, Raspbian, <https://www.raspberrypi.org/documentation/installation/installing-images/README.md>

- Após instalar o sistema operacional, instale o pacote PIP no raspberry.
  - Abra o terminal e digite:
    - `sudo apt-get update`
    - `sudo apt-get install python3-pip`



- Após instalar o pacote PIP, instale o pacote de câmera para o Raspberry.
  - Abra o terminal e digite:
    - `sudo apt-get install python3-picamera`
- Instale o pacote git, para clonar o repositório.
  - Abra o terminal e digite:
    - `sudo apt-get install git`
- Clone o repositório do software EasyKey.
  - Abra o terminal e digite:
    - `git clone https://github.com/EasyKey-PI2-2017-2/EasyKey.git`
- Instale os pacotes que sejam requeridos no projeto:
  - Abra o terminal e digite:
    - `cd EasyKey`
    - `pip install -r requirements.txt`
- Faça o makemigrations:
  - Abra o terminal e digite:
    - `python manage.py makemigrations`

O projeto já poderá ser executado a partir desse passo, mas para ficar completo, o sistema deve iniciar o servidor Django, juntamente com o sistema operacional e logo em seguida um navegador diretamente na URL do EasyKey.

Para isso:

- Abra o terminal e digite:
  - `sudo nano /etc/rc.local`
- Adicionar ao final do arquivo a execução do servidor
  - `python manage.py runserver localhost:8080 &`
- Adicionar linha que abre o Google Chrome, em tela inteira, nessa linha além de navegação anônima, existem parâmetros para que os campos digitáveis não fiquem na cache.
  - `google-chrome --chrome --kiosk --start-fullscreen http://localhost:8080 --incognito --disable-pinch --overscroll-history-navigation=0 -start-fullscreen`

- Salve e feche o arquivo, para testar, basta reiniciar a Raspberry, o servidor deverá subir e o sistema deve abrir junto com a inicialização do sistema.