



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica

Lucas Fernandes Pereira

**SISTEMA PARA CONTROLE AUTOMÁTICO DE ALTURA DA TOCHA NO
PROCESSO DE CORTE A PLASMA**

Uberlândia
2017

Lucas Fernandes Pereira

**SISTEMA PARA CONTROLE AUTOMÁTICO DE ALTURA DA TOCHA NO
PROCESSO DE CORTE A PLASMA**

Trabalho apresentado como requisito parcial de avaliação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 (Trabalho de Conclusão de Curso) do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Marcelo Barros

Assinatura do Orientador

Uberlândia

2017

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, a minha família e aos meus amigos...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem ele eu não teria forças para enfrentar essa longa jornada.

Aos Professores Marcelo Barros e Américo Scotti pelo incentivo, motivação e orientação deste trabalho.

Aos meus pais, irmão, avós e familiares, pela paciência, compreensão e pelo esforço para tornar tudo isso possível. A minha companheira Lorrana Da Silva Lino pelo apoio e auxílio nos momentos de dificuldade.

Aos meus grandes amigos Pedro Alamy, Frederico Fontoura, Pedro Paulo, Arthur Gomide, pelos quais tenho um carinho imenso. Agradeço pela compreensão, apoio e incentivo em mais essa etapa que se conclui.

RESUMO

O desenvolvimento de sistemas que aumentam versatilidade de processos mecanizados de corte a plasma, agregando confiabilidade e facilidade operacional utilizando equipamentos cada vez mais compactos, constitui uma tendência global. Por outro lado, sistemas mais atrativos para a indústria são aqueles que, além de satisfazer o usuário com suas funções, possuem menor custo. Usualmente, as mesas de corte a plasma funcionam através do deslocamento da tocha de corte em dois eixos, apresentando limitações no deslocamento vertical, o que impossibilita o corte de chapas deformadas que possam implicar em perda de qualidade durante o processo de corte. Neste contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de controle automatizado que visa a movimentação vertical da tocha de corte a plasma, através da aquisição em tempo real da tensão da fonte do arco plasma é possível identificar a distância entre o bico da tocha e o material a ser cortado, mantendo assim a distância do arco plasma e garantindo a qualidade do corte. Esse sistema, de fácil implementação, garante a qualidade do corte e pode ser adotado em diversos equipamentos que apresentem as mesmas limitações com um baixo custo de implementação, uma vez que são utilizados componentes bem acessíveis, como o microcontrolador Atmega na plataforma Arduino. O sistema mostrou um funcionamento satisfatório, sendo capaz de fornecer um maior panorama de atuação para a mesa de coordenadas. Vale ressaltar que o sistema desenvolvido possui caráter acadêmico, sendo incerta a confiabilidade do mesmo em ambiente industrial.

ABSTRACT

The development of systems that increase versatility in mechanized plasma cutting processes are a worldwide tendency conceding reliability and high performance, using more compact devices. By its turn, the most attractive systems for the industry are those that beyond the customer satisfaction have the lowest cost. Usually, a coordinate table works through two axes, having the vertical limitation, not being able to cut deformed sheets. This work presents the development of a system with automatized control that provides the vertical movement of the cutting torch, through the voltage variation acquired in real time. The system is able to move vertically the cutting torch. The project has an easy implementation, assuring the quality of the plasma cut in any system with that work principle. Due to the accessibility of the components used, the implementation cost is also lower when compared to other systems with the same functionality. It is necessary to consider that the developed system has an academic character, not being defined the reliability in long term.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Blocos do Sistema de uma mesa XY de corta a plasma.....	13
Figura 2 - Mesa de Coordenadas XY LAPROSOLDA.....	14
Figura 3 - Plataforma de controle de coordenadas XY.....	15
Figura 4 - Microcontrolador ATmega328 e Arduino.....	15
Figura 5 - Motor de passos NEMA 23 - WS23-0150-30-4.....	16
Figura 6 - Driver AKDMP5-1.7A utilizado.....	17
Figura 7 - Fonte Hypertherm powermax 1650.....	18
Figura 8 - Estrutura para acoplar tocha e motor.....	19
Figura 9 - Acoplamento elástico para motor de passos e fuso trapezoidal.....	19
Figura 10 - Etapas de montagem do sistema.....	20
Figura 11 - Tocha de corte a plasma.....	21
Figura 12 - Peças de uma tocha de corte a plasma.....	22
Figura 13 - Local de saída da tensão primária.....	23
Figura 14 - Momento da análise da tensão primária.....	23
Figura 15 - Circuito divisor de tensão.....	24
Figura 16 - Cenário A: Tocha deslocando para direita até variação da secção.....	25
Figura 17 - Cenário B: Tocha deslocando para direita após variação da secção.....	25
Figura 18 - Princípio de funcionamento do controle.....	27
Figura 19 - Driver do motor de passos e conexões.....	28
Figura 20 – Circuito Geral.....	29
Figura 21 – Circuito divisor de tensão, driver do motor de passo e plat. Arduino	30
Figura 22 – Central de Controle.....	31
Figura 23 – Sistema de Controle.....	31

SUMÁRIO

1	Introdução.....	9
1.1	Considerações iniciais.....	9
1.2	Justificativa.....	10
1.3	Objetivos do trabalho	10
1.4	Estrutura do trabalho.....	10
	CAPÍTULO II	12
2	Equipamentos e Softwares utilizados	12
2.1	Mesa de Coordenadas XY LAPROSOLDA	12
2.2	Microcontrolador	14
2.3	Motor de Passos da Tocha de corte a plasma	14
2.4	Driver do Motor de Passos.....	15
2.5	Fonte do driver	16
2.6	Fonte para corte a plasma	16
2.7	Sistema de deslocamento da tocha e acoplagem do motor.....	17
	CAPÍTULO III	20
3	Corte a plasma, aquisição da tensão e relação entre distância de corte e tensão 20	
3.1	Corte a plasma	20
3.2	Aquisição da tensão e estudo entre distância de corte e tensão	21
	CAPÍTULO IV	25
4	Programação do microcontrolador e montagem do sistema.....	25
4.1	Considerações iniciais.....	25
4.2	Princípio de funcionamento do sistema.....	25
5	Conclusão.....	31
5.1	Considerações finais	31

CAPÍTULO I

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

O corte a plasma apresenta crescente desenvolvimento, principalmente, na área de equipamentos visando a agilidade na manufatura, garantindo cada vez mais robustez e confiabilidade. Robôs são instrumentos recomendados para cumprir funções de movimentação complexa da tocha ou da peça de trabalho, oferecendo altíssima repetitividade com precisão no posicionamento. Entretanto grande parte das tarefas, tanto em laboratório ou no chão de fábrica, não são necessariamente repetitivas, ou seja, necessitam executar diferentes tipos de testes, trabalhar com diferentes peças, assim, demandando tempo e especialização da mão de obra para configurar os robôs, ressaltando o elevado investimento inicial. Desta forma, mesas de coordenadas, utilizadas para executar processos de corte a plasma são opções interessantes por aliarem características de um robô, como repetitividade com precisão no posicionamento, junto com maior confiabilidade e facilidade operacional, sendo de custo bem mais baixo comparado ao dos robôs.

Usualmente, tais mesas são constituídas por motores que possuem drives de comando para acionamento. Os motores são acoplados a elementos de transmissão de movimento, assim como roldanas, polias, esteiras, que possibilitam o deslocamento, por exemplo, da tocha de corte a plasma fixada na intersecção dos eixos. Cada mesa de coordenadas é equipada com um sistema para controle do processo, permitindo a transmissão da informação do homem para a máquina, solicitando a execução das instruções de trajetória. Computadores, além de ser destinados para propósitos gerais, são pesados e ocupam muito espaço. Sistemas

embarcados são menos suscetíveis a tais desvantagens, representam um equipamento compacto que podem possuir alta interatividade com o operador. Eles são sistemas nos quais o circuito que processa os dados é dedicado ao dispositivo que ele controla (no caso, a mesa de coordenadas), realizando um conjunto de tarefas predefinidas, delimitando-se a requisitos específicos e reduzindo a dimensão e o preço do sistema de controle em geral. Sendo equipamento de tamanho reduzido, os sistemas embarcados se caracterizam por baixo consumo de energia.

Quando comparado a outros sistemas de controle automático de altura de tochas de corte a plasma, o sistema proposto apresenta grande vantagem em relação ao custo de implementação, possuindo componentes mais acessíveis como o microcontrolador atmega na plataforma Arduino e o motor de passos NEMA 23, o que demanda um investimento menor.

1.2 Justificativa

A necessidade desse trabalho surgiu a partir das limitações de um projeto desenvolvido anteriormente no Laboratório para Pesquisa e Desenvolvimento de Processos de Soldagem (LAPROSOLDA), sendo desenvolvido como projeto de iniciação científica com os recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

1.3 Objetivos do trabalho

Este trabalho tem o objetivo de desenvolver um sistema de controle vertical para o deslocamento da tocha de corte a plasma na mesa de coordenadas do LAPROSOLDA da Universidade Federal de Uberlândia, por meio de um Sistema Embarcado de plataforma ARDUINO, adquirindo a tensão e controlando a altura do arco, garantindo assim uma boa qualidade de corte.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho apresenta-se estruturado, além do capítulo introdutório (CAPÍTULO I), com as seguintes unidades:

- CAPÍTULO II – Equipamentos e Softwares utilizados

Este capítulo tem por objetivo oferecer uma explicação técnica dos equipamentos utilizados no projeto, assim como esclarecer o funcionamento do motor de passo e seu respectivo driver, especificações técnicas da fonte responsável pela formação do arco plasma, circuito de divisão de tensão, e programas utilizados.

- CAPÍTULO III – Estudo do plasma, aquisição da tensão e estudo entre distância e tensão.

Esta unidade apresenta o desenvolvimento do estudo que define a relação entre a tensão necessária para estabelecer o arco de plasma e a distância entre o bico da tocha até a chapa a ser cortada.

- CAPÍTULO IV – Programação do Microcontrolador e montagem do sistema

Este tópico configura-se na programação do microcontrolador, incorporação da lógica que relaciona a distância de corte e a tensão, desenvolvimento de um algoritmo capaz de corrigir a distância e as ligações para funcionamento do sistema.

- CAPÍTULO V – Conclusão

Por fim, esta unidade sintetiza os principais pontos e conclusões relacionados ao trabalho.

CAPÍTULO II

2 Equipamentos e Softwares utilizados

2.1 Mesa de Coordenadas XY LAPROSOLDA

Um sistema eletromecânico é constituído pela junção de subsistemas que são compostos por componentes tanto elétricos como mecânicos, de forma que cada um possa desempenhar sua função e comunicar entre si. Permitem por meio de uma entrada, a obtenção de uma resposta na saída do sistema de forma correspondente e desejável. Desta forma todo sistema pode ser representado por um diagrama de blocos tornando sua visualização mais simples e compreensível aos olhos do leitor. Neste cenário, aquele que contempla o exposto neste projeto é mostrado na Figura 1.

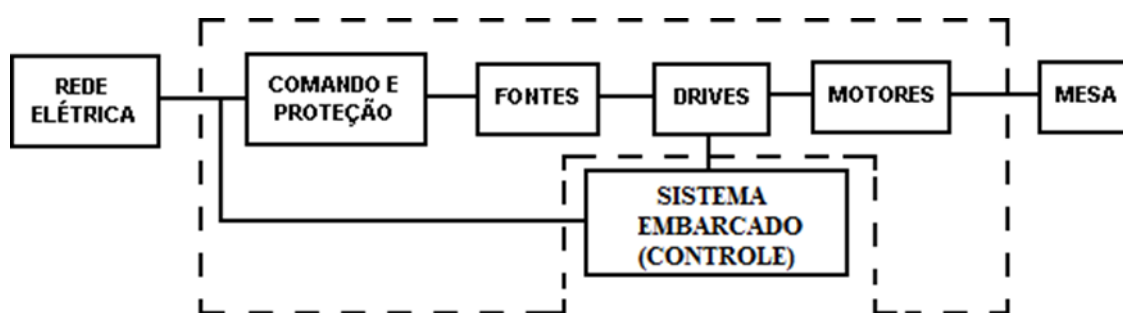


Figura 1 - Diagrama de Blocos do Sistema de uma mesa X-Y de corta a plasma [1]

Em um trabalho anterior, alunos desenvolveram e montaram uma mesa de corte, movimento X-Y, no LAPROSOLDA. Neste desenvolvimento conforme apresentado na Figura 2, o comando se faz via computador, sendo possível programar trajetórias e geometria de corte por marcação de pontos.



Figura 2 - Mesa de Coordenadas X-Y LAPROSOLDA. [1]

O funcionamento da mesa de coordenadas se dá a partir do programa de desenho SolidCam [2] onde é possível desenhar a geometria do corte, posteriormente, o desenho será transformado em código G definindo-se as coordenadas 2D através do programa CamBam [3], finalmente o programa Mach3 [4] será responsável por atribuir variáveis como ajuste de velocidade e direção, movimentando a tocha de corte a plasma e executando o corte conforme a geometria desejada. A interface final utilizada, Mach3, pode ser observada na Figura 3.

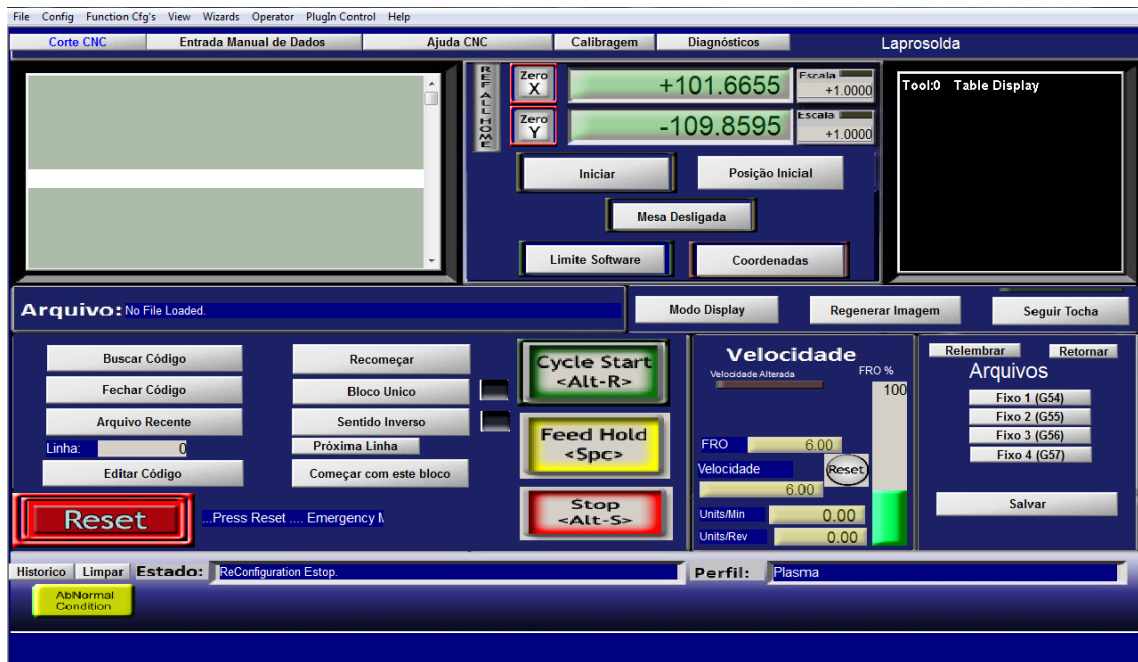


Figura 3 - Plataforma de controle de coordenadas XY [4]

2.2 Microcontrolador

Foi utilizado o microcontrolador atmega238 na plataforma arduino para o desenvolvimento desse trabalho, dado seu baixo custo, simplicidade construtiva, e necessidade de um conjunto de instruções reduzido para desempenhar tarefas, conforme ilustrado na Figura 4.

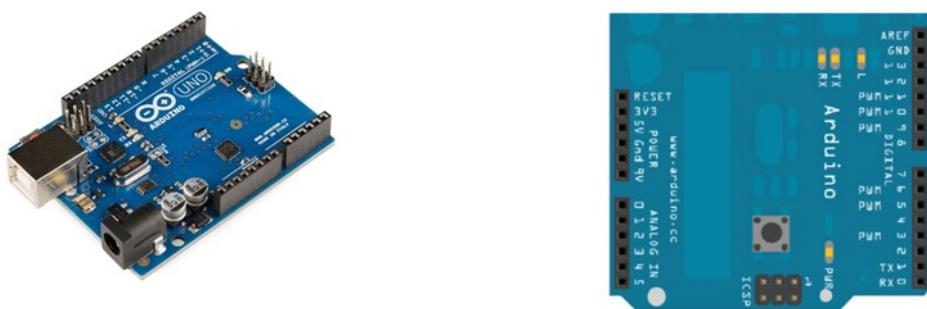


Figura 4 - Microcontrolador Atmega na plataforma Arduino [5]

2.3 Motor de Passos da Tocha de corte a plasma

O motor de passo é um dispositivo eletromecânico que converte pulsos de energia elétrica em movimentos discretos. O eixo do motor gira em “passos” quando

pulsos elétricos são aplicados na sequência correta. A rotação do motor tem relação direta com esses pulsos, sendo a velocidade do motor definida pela frequência com que esses pulsos são enviados [6].

Por possuir um custo-benefício maior na relação de preço e torque aplicável, além da capacidade de um posicionamento com mais precisão, o motor de passo foi escolhido como atuador responsável por deslocar o guia que movimenta a tocha de corte a plasma.

Dentre a alta variedade de motores de passo presentes no mercado, o modelo escolhido foi o NEMA 23 conforme Figura 5, possuindo capacidade de torque (10 Kgf.cm) necessária para movimentar todo sistema e baixa corrente (1 A).

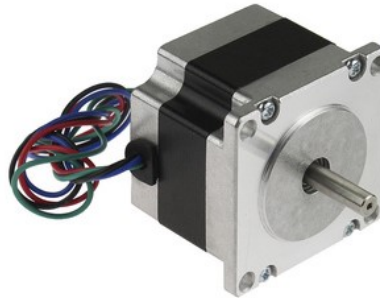


Figura 5 – Motor de passos NEMA 23 - WS23-0150-30-4 [7]

2.4 Driver do Motor de Passos

O driver utilizado nesse projeto foi o AKDMP5-1.7A, equipamento que possui um circuito desenvolvido para obter melhor desempenho em alta velocidade. É um driver bipolar Chopper (Driver de corrente) que utiliza o sistema PWM (modulação por largura de pulso), pode ser observado na Figura 6 [8].

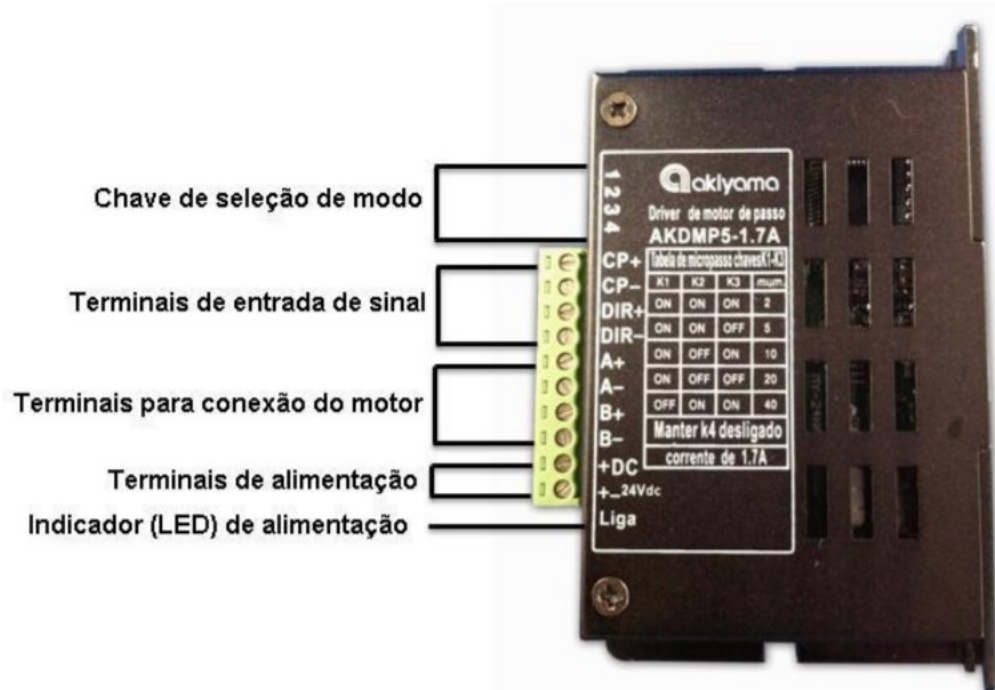


Figura 6 – Driver AKDMP5-1.7A utilizado [8]

2.5 Fonte do driver

Para alimentação do driver AKDMP5-1.7A foi utilizado uma fonte chaveada tradicional da marca Colmeia, com 24V de tensão e capacidade de fornecimento de 2A (50W).

2.6 Fonte para corte a plasma

A fonte instalada na CNC de corte a plasma, responsável por gerar o plasma é a Hypertherm PowerMax1650 (Figura 7), proporcionando capacidades de corte superiores em metais de até 25mm [9].



Figura 7: Fonte Hypertherm powermax 1650 [9]

2.7 Sistema de deslocamento da tocha e acoplagem do motor.

Devido a necessidade de posicionamento do sistema foi realizada a construção de uma estrutura que fosse capaz de aguentar o peso da tocha, acoplar o motor e trabalhar com precisão (Figura 8).

O sistema é constituído de um carro que desliza sobre uma guia de acordo com a rotação de um fuso trapezoidal (Marcação 3), estrutura em alumínio composta de uma chapa e um tarugo com rasgo central para poder acoplar a tocha (Marcação 2) e usinado em alumínio uma caixa alinhadora (marcação 1) e um acoplamento elástico (Figura 9) para fixar o centro de rotação e o eixo do motor com o fuso da guia.



Figura 8: Estrutura para acoplar tocha e motor



Figura 9: Acoplamento elástico entre motor de passos e fuso trapezoidal que fica dentro da caixa alinhadora (Marcação 1)

A fixação final do sistema, se dá em 3 etapas conforme a Figura 10, acoplamento do motor através da caixa alinhadora e acoplamento elástico (Etapa 1), fixação da chapa com tarugo usinado (Etapa 2) e acoplamento da tocha (Etapa 3).

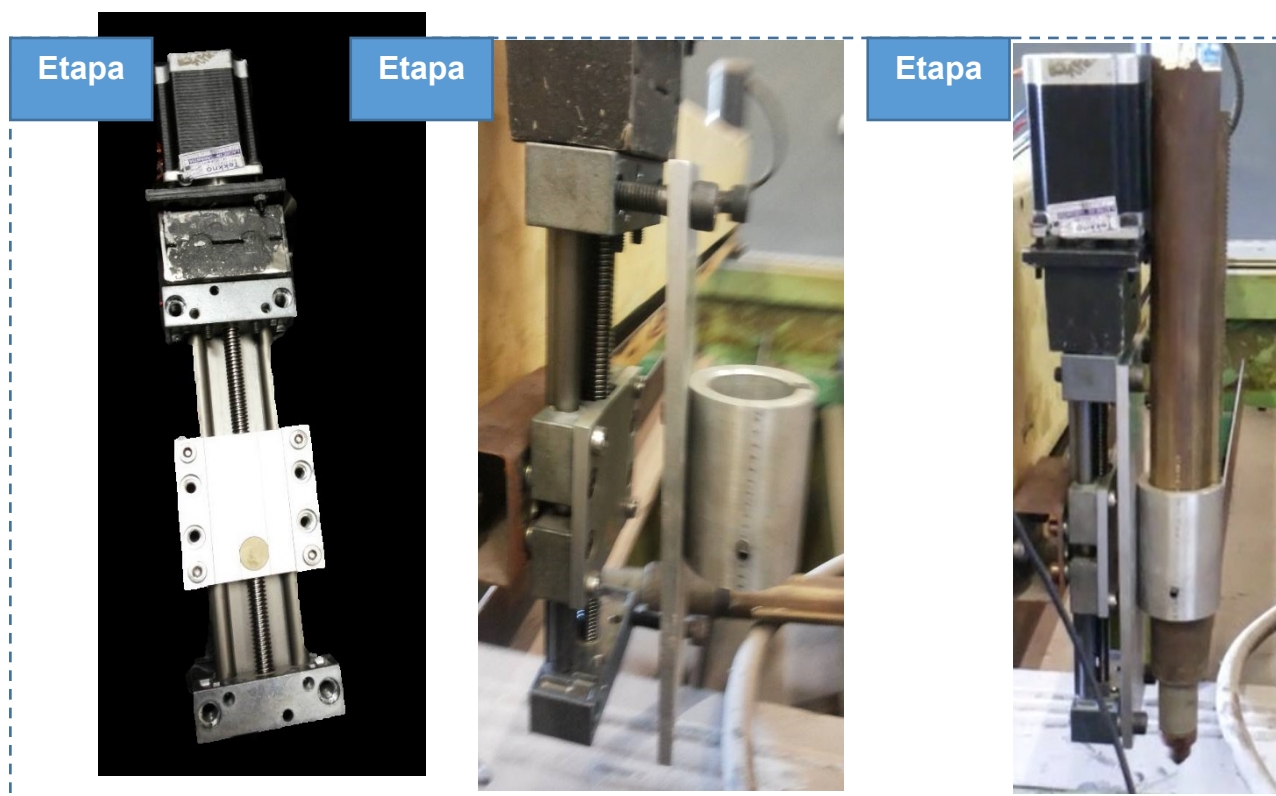


Figura 10: Etapas de montagem do sistema de suporte da tocha de corte a plasma

CAPÍTULO III

3 Corte a plasma, aquisição da tensão e relação entre distância de corte e tensão

3.1 Corte a plasma

O corte a plasma é um processo que produz separação por fusão das partes através de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio, não consumível, e a peça ou um bocal constritor. O jato de plasma funde e expulsa o metal de base, resultando em uma superfície com excelente acabamento, precisão dimensional, pouca ou nenhuma distorção e pequena zona afetada pelo calor [10]. A tocha serve de suporte para os consumíveis e fornece um fluido refrigerante para estas peças (gás ou água) (Figura 11).

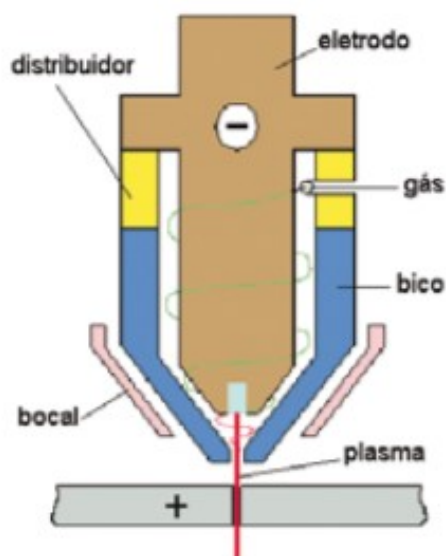


Figura 11: Tocha de corte a plasma [9]

O distribuidor ou difusor de gás é construído de material isolante e tem como principal finalidade de dar sentido rotacional ao gás. O eletrodo conduz a corrente até um inserto de háfnio que emite os elétrons para geração do plasma. O bico constringe o plasma e o guia para o metal a ser cortado. A capa tem como função manter os consumíveis alinhados e isolar a parte elétrica do bocal frontal. O bocal frontal guia o fluxo de jato de ar coaxial. Por ser refrigerado e isolado, o bocal pode ser apoiado à chapa [9].

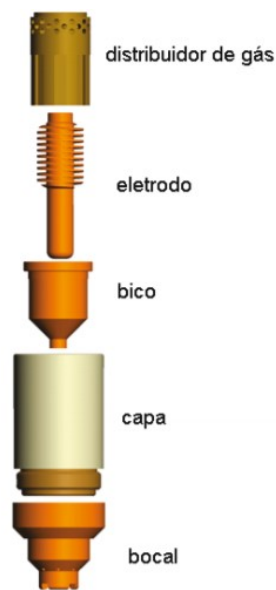


Figura 12: Peças de uma tocha plasma [9]

3.2 Aquisição da tensão e estudo entre distância de corte e tensão

Nesta etapa será realizada a aquisição da tensão de corte a plasma, e com base na tensão utilizada pelo sistema em determinada distância do bico da tocha de corte até o material a ser cortado será identificada a relação.

Com o auxílio do manual do fabricante foi obtido o local de saída de tensão (Figura 13) referente a distância do bico da tocha e da peça metálica a ser cortada.

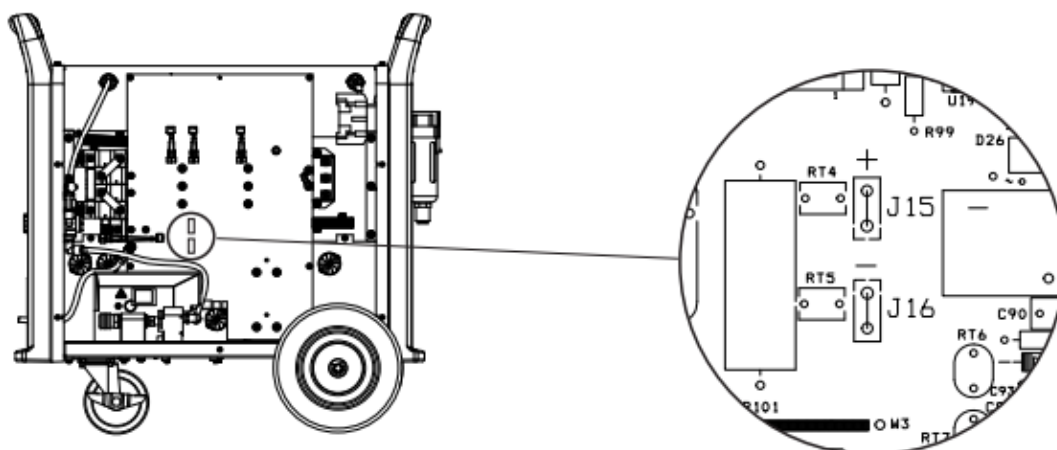


Figura 13: Local de saída da tensão primária [9]

A tensão foi monitorada através de um multímetro digital e após testes em diferentes distâncias foi confirmada a informação do fabricante de que a tensão máxima fornecida pela fonte de tensão é de 300V conforme Figura 14.

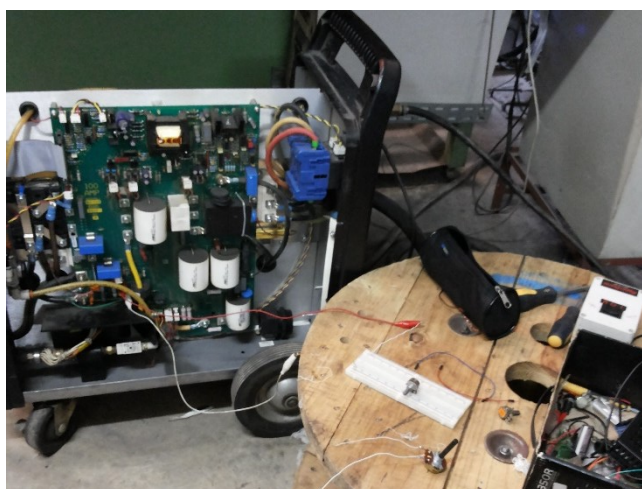


Figura 14: Momento da Análise da Tensão Primária

Como a tensão primária do ponto captado varia de 0 V a 300 V, se faz necessário a divisão de tensão para entrada do micro controlador (0v a 5v) (Figura 15).

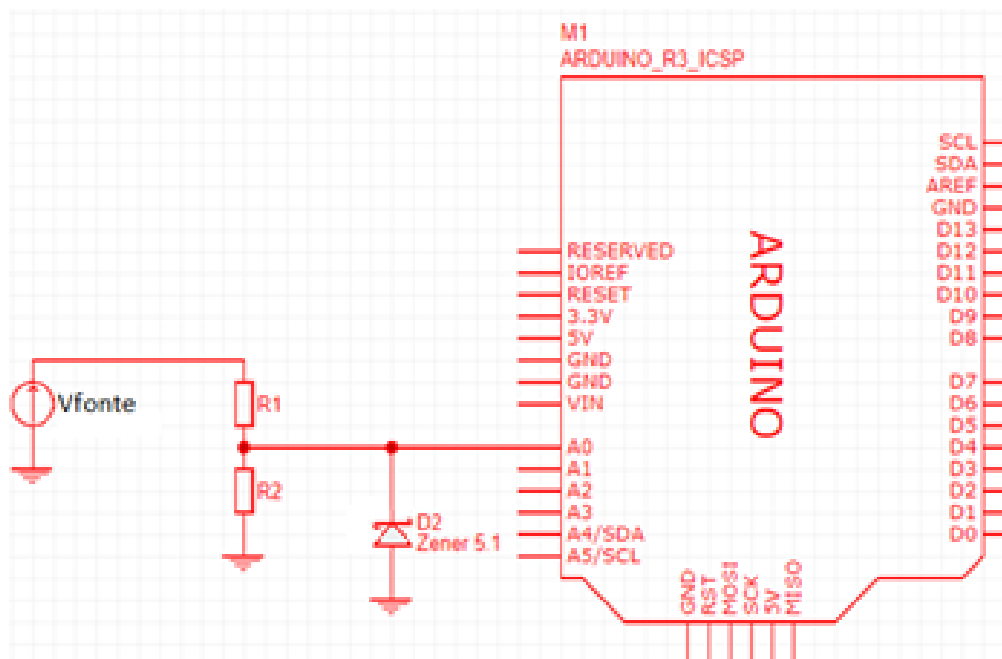


Figura 15: Circuito de aquisição e divisão de tensão

Tomando como base a equação de divisão de tensão:

$$V_{saida} = \left(\frac{R1}{R1+R2} \right) \times V_{entrada} \quad (1)$$

Para ser atingido o valor de 5 Volts na saída foram utilizados três resistores, um resistor de 100KΩ na posição R1 e dois resistores totalizando 1,7k na posição R2 (Figura 24) além de um diodo tipo Zener visando a limitação da corrente em 5.1 volts, garantindo a integridade da porta analógica A0 utilizada para aquisição de tensão via Arduino.

Durante a aquisição de tensão, o fenômeno que foi observado é a variação proporcional que existe entre a tensão e a distância de corte, não se faz necessário a quantificação da equação, uma vez que a programação do sistema não leva em consideração nenhuma condição de tensão ou distância pré-definida. Para garantir uma boa qualidade de corte se faz necessário a constância na distância entre tocha e chapa, no cenário abordado pela figura 16 pode-se identificar uma situação onde existe uma variação na secção transversal da chapa que está sendo cortada, o que implica diretamente em uma variação de distância entre tocha e chapa e consequentemente em uma variação de tensão.

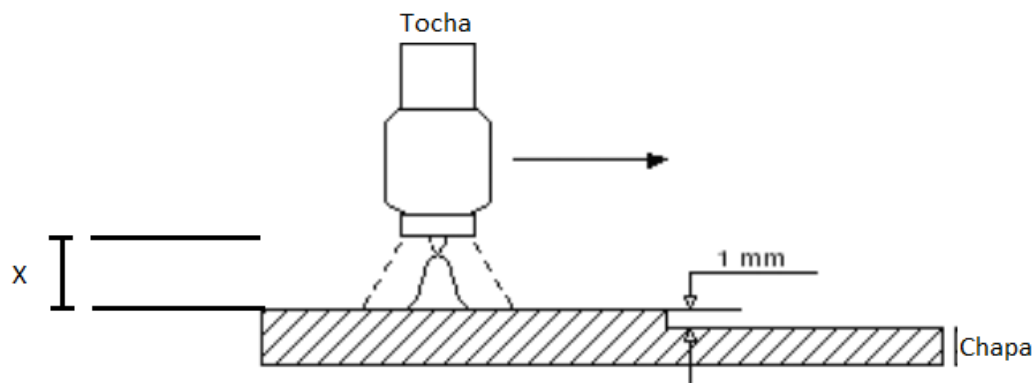


Figura 16: Cenário A: tocha deslocando para direita até variação de secção transversal

Seguindo o movimento apresentado pelo vetor da tocha, existirá um momento onde a tocha se encontrará em uma situação de corte diferente, devido uma variação na secção transversal da chapa, agora a tocha se encontra a uma distância Y da chapa (Figura 17) levando em consideração que a distância Y é maior que a distância X na situação anterior (Figura 16) a tensão aumentará para compensar, demandando mais potência do sistema para continuar com a arco de plasma necessário para cortar o material.

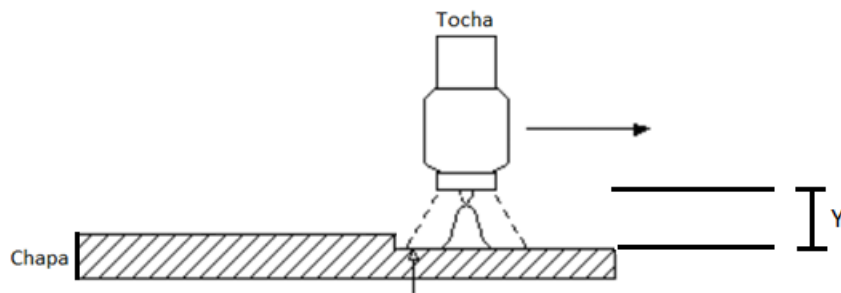


Figura 17: Cenário B: tocha deslocando para direita após variação de secção transversal

Essa variação de tensão será identificada pelo microcontrolador, e através da diferença entre a tensão anterior e a nova tensão o sistema será capaz de executar a correção visando a aproximação ou distanciamento da tocha de corte a plasma.

CAPÍTULO IV

4 Programação do microcontrolador e montagem do sistema

4.1 Considerações iniciais

Esse capítulo abordará a lógica utilizada pelo Microcontrolador visando a correção da distância entre a tocha de corte a plasma e a chapa que está sendo cortada. Uma vez que foi definido no capítulo anterior a sistemática para aquisição da tensão será aplicada a relação entre o sinal de tensão e o sinal de saída, resultando na movimentação do motor de passos e sucessivo deslocamento da tocha.

4.2 Princípio de funcionamento do sistema

A partir da tensão será realizado o controle, sendo que o princípio de funcionamento é simples. Antes de começar a operação de corte de uma chapa a tocha será posicionada manualmente a uma determinada distância do material a ser cortado, essa distância, e uma série de outros fatores como a corrente da fonte de plasma, o tipo de material a ser cortado, o gás utilizado, os tipos de consumíveis escolhidos representam as variáveis de trabalho e serão responsáveis por determinar uma boa qualidade de corte [9].

Seguindo a trajetória de corte pré-estabelecida no programa, se ocorrer qualquer variação na altura da chapa que estiver sendo cortada a tensão também irá variar, o sistema deve identificar essa variação, comparando a tensão momentânea com a tensão referência e solicitar a movimentação adequada do motor de passos.

Esse princípio de funcionamento pode ser identificado na Figura 18.

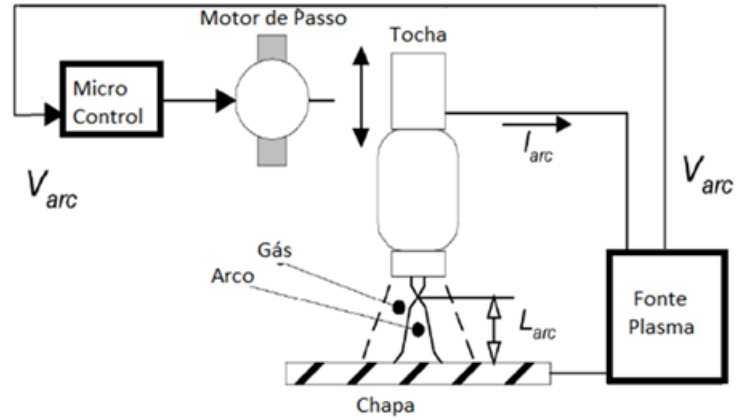


Figura 18: Princípio de funcionamento do controle

Seguindo a programação (Apêndice A) estabelecida no microcontrolador, a distância L_{arc} corresponderá a uma tensão de arco V_{arc} , nos primeiros instantes o sistema fará uma aquisição de 60 amostras e calculará uma tensão média que será adotada como referência (Equação 2).

$$VoltageREF = \frac{\sum_{x=1}^{x=60} V_{arc}(x)}{60} \quad (2)$$

Nos próximos passos a tensão momentânea será comparada com a tensão referência, se houver discrepância entre essas tensões levando em consideração um fator de erro de 0.015, referente a uma variação de tensão que ocorre sem a presença de variação de distância (erro) [9], o sistema acusará a necessidade de movimento (Equação 3).

$$Voltage = VoltageREF \pm 0.015 \quad (3)$$

Existem dois tipos de correção, quando a tensão for menor que a tensão referência (Equação 4) ou quando a tensão foi maior que a tensão referência (Equação 5).

$$Voltage < VoltageREF - 0.015 \quad (4)$$

$$Voltage > Voltage_{REF} + 0.015 \quad (5)$$

Pela (equação 4), a tensão momentânea está sendo menor que a tensão referência, o que quer dizer que a tocha se aproximou da chapa que está sendo cortada, se fazendo necessário distanciamento da tocha de corte a plasma.

Pela (equação 5), a tensão momentânea está sendo maior que a tensão referência, o que quer dizer que a tocha se aproximou da chapa que está sendo cortada, se fazendo necessário a aproximação da tocha de corte a plasma.

Em ambos os casos serão enviados 75 pulsos toda vez que existir discrepância entre o valor de tensão momentânea e a tensão referência, a cada 75 pulsos teremos um deslocamento aproximado de 0.09mm, conforme a regulagem do driver [8].

Os pulsos são enviados ao Driver do motor de passos que será responsável pelo consequente envio dos passos para o motor. Sendo enviados sinais de Direção e pulsos (Figura 19), programação disponível no Apêndice A.

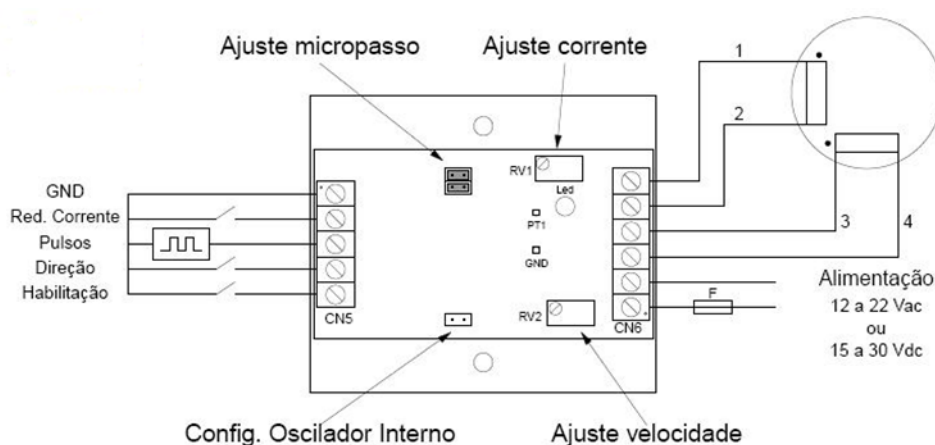


Figura 19: Driver do motor de passos e conexões [8]

A Figura 20 representa o esquema de ligação de todo o circuito, desde circuito de potência do Driver do motor de passos, o circuito respectivo a tensão emitida pela fonte de tensão de plasma, o circuito de alimentação do arduino, e os respectivos circuitos de contato entre Arduino, Driver e motor de passos, conforme ilustrado na Figura 21.

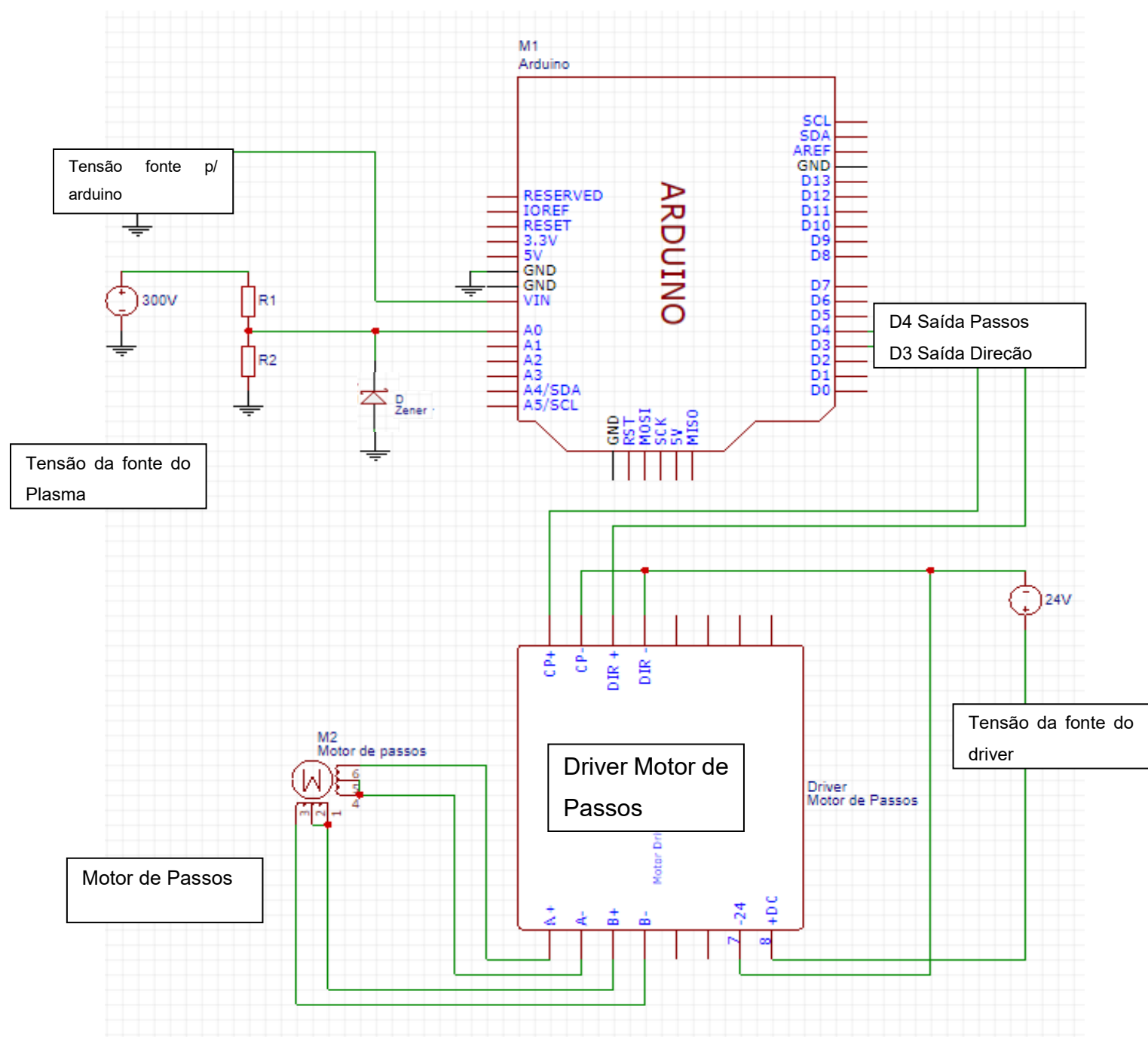


Figura 20: Circuito geral do sistema

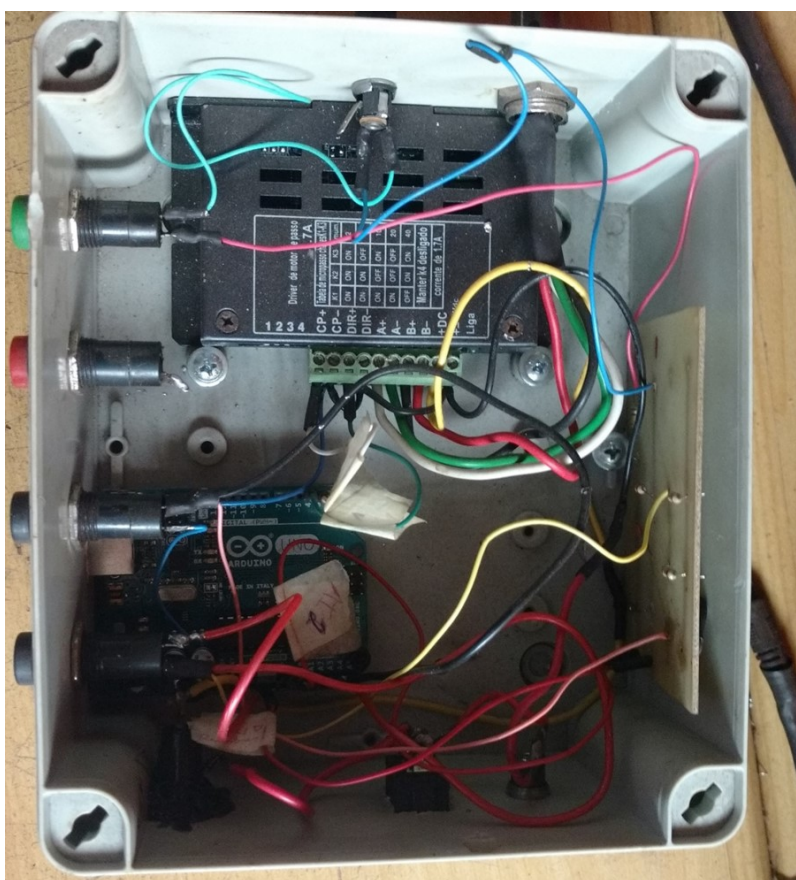


Figura 21: Circuitos divisor de tensão, driver do motor e arduino

O controle de todo sistema funciona através de 4 botoeiras conforme ilustrado na Figura 22. A botoeira verde aciona o sistema e torna a aquisição de tensão possível, a botoeira vermelha desliga instantaneamente todo sistema de controle de altura e as duas botoeiras pretas realizam o controle manual da tocha, sendo cada pressionamento das botoeiras pretas correspondentes a um deslocamento de 1mm, para cima ou para baixo.



Figura 22: Central de controle

O sistema final de deslocamento da tocha pode ser observado na figura 23, com os cabos organizados na canaleta móvel.



Figura 23: Sistema de controle de altura

CAPÍTULO V

5 Conclusão

5.1 Considerações finais

A projeto desenvolvido se mostrou uma proposta consistente com os propósitos definidos, entretanto, levando em consideração a natureza da aplicação, o microcontrolador utilizado (atmega) e a plataforma arduino, não apresentam a robustez necessária para aplicações industriais, sendo incerta a confiabilidade do sistema a longo prazo.

Os circuitos utilizados e componentes gerais apresentam um bom custo benefício, viabilizando a implementação acessível da solução desenvolvido. Diferente de outros sistemas presentes no mercado para controle de tochas de corte a plasma, podendo atingir o preço de até R\$30 mil reais [9] o projeto em questão pode ser aplicada com custo médio de R\$5 mil reais.

Conclui-se que, apesar do caráter acadêmico da plataforma de controle utilizado, quando tomado em consideração o objetivo do trabalho proposto, o qual demandava uma solução capaz de movimentar verticalmente a tocha e analisar a tensão em tempo real, é seguro dizer que o sistema oferece resultados satisfatórios, sendo capaz de cortar chapas com secção transversal de até 25mm, materiais com inclinações de até 30° e com sobre relevos de até 5mm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] FAGUNDES, M.A. Sistema de Controle da Mesa de Coordenadas para Soldagem SOLDAMATIC XY-T – Manual Técnico (Projeto, Montagem e Manutenção), Relatório Interno LAPROSOLDA/UFU no. 10/2002a, 21p.

[2] SOLID CAM. **Solidcam cam software: the leaders in integrated cam.** 2017. Disponível em: <www.solidcam.com>. Acesso em: 18 dez. 2017.

[3] HEXRAY. **Cambam CNC software: downloads.** 2017. Disponível em: <www.cambam.info/downloads>. Acesso em: 18 dez. 2017.

[4] ARTSOFT. **Newfangled solutions, CNC software home of Mach3.** 2017. Disponível em: <www.machsupport.com>. Acesso em: 18 dez. 2017.

[5] ARDUINO. **Arduino: home.** 2017. Disponível em: <www.arduino.cc/en>. Acesso em 18 dez 2017.

[6] BRITES, F. G. **Motor de passo.** 2017. Disponível em: <<https://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

[7] KALATEC AUTOMAÇÃO. **Motor de passo, tudo que você precisa saber.** 2017. Disponível em: <<http://www.kalatec.com.br/motoresdepasso/motor-de-passo/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

[8] AKIYAMA. **Soluções em automação indústria.** 2017. Disponível em: <<http://www.multcomercial.com.br/pdf/driver/3.5A.pdf>>. Acesso em 18 dez. 2017.

[9] HYPERTHERM. **Powermax 1650.** 2017. Disponível em: <https://www.hypertherm.com/Download?fileId=HYP104502&zip=False>. Acesso em: 18 dez. 2017

[10] MODENESE, V. B. **Soldagem Fundamentos e Tecnologias**: 25. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. p. 229.

APÊNDICE A

Código Referente ao Script citado no item 4.2 desta monografia.

```
int Maior = 0;
int i = 0; // variável de contagem
float soma = 0; // variável que soma os valores obtidos
float media = 0; // variável que calcula a média
int dirPin = 4; //Direção
int stepperPin = 3; //Gerar o pulso
int x;
int a = 0; //variável de contagem da aquisição
float voltage; //variável de entrada de tensão
float voltageref; //variável que armazena a tensão ref
const int buttonPin = 2;

void setup() {
  x = 200;
  a = 0;

  // Inicializa a comunicação serial com 9600 bits por segundo
  // O padrão de comunicação serial para a placa Arduino é
  // 8 bits de dados, sem paridade (n) e 1 bit de parada (8,n,1)

  Serial.begin(9600);
  pinMode(dirPin, OUTPUT); //Direção de giro do motor de passos
  pinMode(stepperPin, OUTPUT); //Quantidade de passos enviados para o motor
  pinMode(voltage, INPUT); //Tensão como entrada

}

void step(boolean dir,int steps) //Função que realiza o movimento do motor

{
  digitalWrite(dirPin,dir); //define a tensão
  delay(50); //espera 50ms para mandar o pulso
  for(int i=0;i<steps;i++)
  {
    digitalWrite(stepperPin, HIGH); //Gera onda quadrada para cima
    delayMicroseconds(450); //A onda fica 450ms positiva
    digitalWrite(stepperPin, LOW); //Gera onda quadrada para baixo
```

```

delayMicroseconds(450); //A onda fica 450ms negativa
}
}

// A rotina loop é executada indefinidamente

void loop() {
  soma = 0;
  i = 0;
  media = 0;
  while(i < 60) {
    //Função que realiza a média das tensões de aquisição, média aritmética de 60.
    int sensorValue = analogRead(A0);
    soma = soma + sensorValue;
    i++;
  }
  media = soma/60 ;
  // Converter leitura analógica (0 - 1023) em voltagem (0 - 5V):
  voltage = media * (5.0 / 1023.0);
  Serial.println(voltage, 4); //imprime a tensão de saída da fonte

  if(voltage>=1){//Se recebe sinal de tensão >1 ativa o controle.
    if(a <= 30){//Pega as 30 primeiras tensões e usa a maior como ref.
      voltageref = voltage;
      a++;
    }

    if(a > 30 && voltage < voltageref-0.015){//Compara a tensão para corrigir caso a tocha
    aproxime.
      Serial.println("Sobe");
      //step(false,75);
      step(false,75);

    }

    if(a > 30 && voltage > voltageref+0.015){//Compara a tensão para corrigir caso a tocha
    distancie.
      Serial.println("Descer");
      //step(true,75);
      step(true,75);
    }

  }

  int botaoup = analogRead(4); //Botões
  int botaodown = analogRead(5);

```

```
if(botaoup > 700){//Se pressionado sobe.  
    Serial.println("Elevando");  
    step(false,150);  
    delay(100);  
  
}  
if(botaodown > 700){//Se pressionado desce.  
    Serial.println("Descendo");  
  
    step(true,150);  
    delay(100);  
}}
```