

UNIVERSIDADE FEEVALE

EDUARDO ALCIDO SCHNEIDER

RETROFIT PARA UMA MÁQUINA DE COSTURA ELETRÔNICA INDUSTRIAL

Novo Hamburgo

2016

EDUARDO ALCIDO SCHNEIDER

RETROFIT PARA UMA MÁQUINA DE COSTURA ELETRÔNICA INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso I
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Eletrônica pela Universidade
Feevale

Orientador : Prof. Ms. Murilo Fraga da Rocha

Novo Hamburgo

2016

RESUMO

O trabalho descreve os procedimentos para a realização de um retrofit em uma máquina de costura eletrônica utilizada na indústria calçadista. A atualização do circuito de controle eletrônico dos motores de passo do sistema de transporte de material visa oferecer o mesmo desempenho em termos de qualidade e produção e ainda prolongar a vida útil da máquina que tem por caracteriza-se, também, a excelente qualidade de seu sistema mecânico. O projeto envolve pesquisas a respeito do funcionamento da máquina, escolha do servo motor para o acionamento da mesma, componentes eletrônicos a serem utilizados e a opção do uso de um microcontrolador da família MCS51 para comandar o novo sistema de transporte do material, a fim de se obter uma boa relação custo-benefício. O microcontrolador em questão pode ser programado tanto em Linguagem Assembly quanto em Linguagem C.

Palavras Chave: Microcontrolador, Motor de passo, Controle, Máquina de costura eletrônica.

ABSTRACT

This study describes the procedures for the implementation of a retrofit system on an electronic sewing machine used in the shoe industry. The updating of the electronic control circuit of the stepper motors of the material transport system aims at offering the same performance in terms of quality and production as well as extending the machine's lifespan which also features an excellent mechanical system. The project involves researches regarding the functioning of the machine, the choice of the servomotor for the machine's driving, the electronic components to be used and the option of using a microcontroller of the MCS51 family for commanding the new system of material transporting, so that good cost-benefit is obtained. The microcontroller in question can be programmed both in Assembly Language and C Language.

Keywords: Microcontroller, Stepper motor, control, electronic sewing machine

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Máquina de costura convencional.	14
Figura 2 - Sistema de transporte mecânico.	15
Figura 3 - Motor convencional.	16
Figura 4 - Motor elétrico trifásico com comando eletrônico.	16
Figura 5 - Motor elétrico com sistema de embreagem e freio.	17
Figura 6 - Discos do sistema de embreagem e freio.	17
Figura 7 - Servo motor com destaque para a posição do encoder.	18
Figura 8 - Vista frontal do servo motor.	18
Figura 9 - Sensor do encoder de um servo motor.	19
Figura 10 - Disco utilizado pelo sistema do encoder.	19
Figura 11 - Exemplo de rotor com ímãs permanentes encapados.	20
Figura 12 - Exemplo de rotor com ímãs permanentes expostos.	20
Figura 13 - Exemplo de servo motor acoplado a caixa de comando.	21
Figura 14 - Exemplo de servo motor com a caixa de comando separada.	21
Figura 15 - Máquina de costura PFAFF 1493.	23
Figura 16 - Placa de comando do motor principal.	24
Figura 17 - Arquitetura do processador 78C10.	25
Figura 18 - Fixação das placas do sistema de transporte.	26
Figura 19 - Vista frontal do painel de programação.	28
Figura 20 - Lado dos componentes do painel.	29
Figura 21 - Placa CPU do sistema de transporte.	30
Figura 22 - Placa de transporte da máquina PFAFF 1493.	31
Figura 23 - Máquina de costura PFAFF 1491.	32
Figura 24 - Placa de comando do servo motor.	33
Figura 25 - Placa de potência do servo motor.	33
Figura 26 - Diagrama interno do módulo de transistores.	34
Figura 27 - Aspecto real do módulo de transistores.	34
Figura 28 - Vista frontal do painel de programação.	36
Figura 29 - Vista do lado dos componentes do painel.	36
Figura 30 - Painel ligado e com o teclado.	37
Figura 31 - CPU da etapa dos transportes.	38

Figura 32 - Placa do transporte.	38
Figura 33 - Fixação das placas do sistema do transporte.	39
Figura 34 - Detalhe da fixação das placas do transporte.....	40
Figura 35 - Motor de passo das máquinas PFAFF 1493 e 1491.	40
Figura 36 - Relação torque x velocidade dos motores de passo.	41
Figura 37 - Conjunto motor de passo, eixo de transmissão e rodízio.	42
Figura 38 - Mecanismo de transporte montado na máquina.	43
Figura 39 - Diagrama interno do L6203.....	44
Figura 40 - Encapsulamentos para o L6203.....	44
Figura 41 - Máquina de costura PFAFF 1591.....	45
Figura 42 - Placa de transporte da máquina PFAFF 1591.	46
Figura 43 - Placa de comando principal da máquina PFAFF 1591.	47
Figura 44 - Transistor IGBT usado no controle de servo motores.	48
Figura 45 - Conjunto motor, caixa de comando i70 e periféricos.....	51
Figura 46 - Máquina PFAFF com motor HoHsing.....	51
Figura 47 - Posicionamento da caixa de comando do motor i70.	52
Figura 48 - Posicionamento do servo motor.	52
Figura 49 - Painel de comando acoplado a caixa (a) ou externo (b).	54
Figura 50 - Conector de saída para acionamento dos periféricos.	55
Figura 51 - Detalhe dos conectores de entrada e saída.....	56
Figura 52 - Detalhes do sensor e sinais gerados pelo encoder.....	57
Figura 53 - Sinal de sincronismo com motor operando a 180 RPM	57
Figura 54 - Duplicador de frequência no software ISIS - PROTEUS.....	58
Figura 55 - Sinais no circuito duplicador de frequências.	59
Figura 56 - Sensor de Efeito Hall.....	60
Figura 57 - Disco e sensor de Efeito Hall.	61
Figura 58 - Localização do disco e sensor de Efeito Hall na máquina	61
Figura 59 - Motor de passo do movimento da agulha e sensores	62
Figura 60 - Detalhe da haste com o ímã e os sensores.....	62
Figura 61 - Conjunto do motor de passo e os sensores na máquina.....	63
Figura 62 - Diagrama de blocos do projeto.....	64
Figura 63 - Detalhe do mecanismo do transporte superior.....	65
Figura 64 - Encapsulamentos do 89S8253.....	67

Figura 65 - Diagrama de blocos interno do 89S8253.	68
Figura 66 - Timer / Counter do 89S8253.	69
Figura 67 - Interrupções Externas do 89S8253.	71
Figura 68 - Diagrama da etapa de controle dos motores de passo.	72
Figura 69 - Encapsulamento do L297.	73
Figura 70 - Diagrama interno do L297.	73
Figura 71 - Pinagem do L6302 no encapsulamento MULTIWATT11.	76
Figura 72 - Utilização do L297 em conjunto com o L6302.	77
Figura 73 - Diagrama lógico do 74HC574.	78
Figura 74 - Circuito interno para cada transistor do ULN 2803.	78
Figura 75 - Diagrama interno do ULN 2803.	79
Figura 76 - Circuito com rede de resistores R-2R.	80
Figura 77 - Pinagem e diagrama interno do LM358.	81
Figura 78 - Pinagem e diagrama interno do foto acoplador CNY74-14.	81
Figura 79 - Pinagem e diagrama internos do foto acoplador PC 817.	82
Figura 80 - Diagrama interno do foto acoplador HCPL-601.	83
Figura 81 - Pinagem do foto acoplador HCPL-601.	83
Figura 82 - Pinagem do MAX232.	85
Figura 83 - Diagrama interno do MAX232.	85
Figura 84 - Pinagem e diagrama interno 4070.	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Operação do motor de passo no modo FULL STEP.	41
Tabela 2 - Operação do motor de passo no modo HALL STEP.	42
Tabela 3 - Tabela verdade do 4070.	86

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equação para cálculo de tensão de saída da rede R-2R.80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Analógico Digital
BCD	Binary Coded Decimal – Decimal Codificado Binário
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor – Semicondutor de Metal-Óxido Complementar
CPU	Central Processing Unit – Unidade Central de Processamento
DA	Digital Analógico
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory – Memória de Leitura eletricamente apagável e programável
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory – Memória de Leitura apagável e programável
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor – Transistor Bipolar de Porta Isolada
PWM	Pulse Width Modulation – Modulação por Largura de Pulso
RAM	Random Access Memory – Memória de Acesso Aleatório
RPM	Rotações Por Minuto
SMD	Surface-Mount Device – Dispositivo Montado em Superfície
TTL	Transistor-Transistor Logic – Lógica Transistor-Transistor

SUMÁRIO

RESUMO	3
ABSTRACT	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE EQUAÇÕES	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
SUMÁRIO	11
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
2. EVOLUÇÃO DAS MÁQUINAS DE COSTURA	14
2.1 MÁQUINAS DE COSTURA COM TRANSPORTE MECÂNICO.....	14
2.1.1 Motores elétricos convencionais para máquinas de costura.....	15
2.1.2 Motores com acionamento eletrônico para máquinas de costura	16
2.1.3 Servo motores para máquinas de costura.....	17
3. MÁQUINAS DE COSTURA ELETRÔNICAS	22
3.1 MÁQUINA DE COSTURA PFAFF 1493.....	22
3.1.1 Descrição Geral.....	22
3.1.2 Painel de programação.....	28
3.1.3 Unidade Central de Processamento – CPU.....	29
3.1.4 Placas dos transportes.....	30
3.1.5 Fonte de alimentação.....	31
3.2 MÁQUINAS DE COSTURA PFAFF 1491.....	31
3.2.1 Descrição Geral.....	31
3.2.2 Painel de programação.....	35
3.2.3 Unidade Central de Processamento – CPU.....	37
3.2.4 Placas dos transportes.....	38
3.2.5 Fonte de alimentação.....	39

4. MOTORES DE PASSO	40
4.1 CONTROLE DE SERVO MOTORES E MOTORES DE PASSO ATUAIS.....	43
5. PROJETO DE UM RETROFIT PARA A MÁQUINA DE COSTURA	
MODELO PFAFF 1491	48
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS DO PROJETO	49
5.2 A ESCOLHA DO SERVO MOTOR	50
5.2.1 O motor HoHsing i70.....	50
5.3 OS SINAIS PROVENIENTES DO CABEÇOTE DA MÁQUINA	59
5.4 ETAPA DE COMANDO DOS TRANSPORTES COM MOTORES DE PASSO.....	64
5.4.1 Visão geral do projeto	64
5.4.2 Acoplamento mecânico dos motores de passo.....	64
5.4.3 Etapa de comando eletrônico.....	66
5.4.4 O microcontrolador 89S8253	66
5.4.5 Os temporizadores / Contadores do 89S8253	68
5.4.6 As interrupções externas do 89S8253	70
5.4.7 O circuito integrado L297	72
5.4.8 Circuito de acionamento dos motores de passo – L6203.....	75
5.4.9 O circuito integrado 74HC574	77
5.4.10 O circuito integrado ULN2803.....	78
5.4.11 Rede de resistores R-2R	79
5.4.12 LM358.....	80
5.4.13 Foto acoplador CNY74-14	81
5.4.14 Foto acoplador PC817.....	82
5.4.15 Foto acoplador HCPL-601	83
5.4.16 O circuito integrado MAX 232.....	84
5.4.17 O circuito integrado PORTA LÓGICA XOR 4070	86
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	87
7. CONCLUSÃO	88
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho visa mostrar as etapas do estudo para a realização de um retrofit em uma máquina de costura eletrônica para calçados.

Inicialmente, após uma breve explanação sobre as máquinas de costura eletrônicas, será apresentada a máquina que passará pelo processo de modificação, bem como os motivos que levaram a realização do mesmo e os objetivos a serem alcançados no final.

Os primeiros passos consistem em determinar o hardware que irá substituir os antigos sistemas eletrônicos da máquina, sendo o foco deste projeto a etapa de transporte de material realizado por motores de passo.

Através de pesquisas bibliográficas e estudos dos sinais utilizados pelo equipamento, serão escolhidos os componentes eletrônicos e realizados os primeiros testes simulados com a ajuda de softwares específicos para tal tarefa.

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudo das etapas para a implementação de uma atualização do sistema eletrônico de uma máquina de costura para calçados.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Estudo de um projeto para a modificação da parte de controle dos motores de passo do sistema de transporte de material que estão presentes na máquina de costura.

2. EVOLUÇÃO DAS MÁQUINAS DE COSTURA

Este capítulo tem por objetivo abordar de uma forma simples e clara a evolução de duas das máquinas de costuras industriais eletrônicas existentes no mercado, dando ênfase às máquinas de coluna que utilizam motores de passo para efetuar o transporte do material a ser costurado.

2.1 MÁQUINAS DE COSTURA COM TRANSPORTE MECÂNICO

Atualmente, existem diversos tipos de máquinas de costura, sendo que muitas utilizam um sistema mecânico para transmissão do movimento do motor principal para os rodízios do transporte, que têm a finalidade de movimentar o material a ser costurado para frente ou para trás para a realização de cada ponto. Este sistema acaba limitando a escolha de determinados tamanhos de pontos e ele não permite uma troca rápida e precisa dos mesmos. Um exemplo de máquina de costura industrial com transporte mecânico pode ser visto na figura 1.

Figura 1 - Máquina de costura convencional.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 2 tem-se um destaque para o sistema de transporte mecânico em uma máquina de costura convencional.

Figura 2- Sistema de transporte mecânico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1.1 Motores elétricos convencionais para máquinas de costura

O motor principal, para o acionamento de uma máquina de costura, não necessariamente precisa ter um comando eletrônico, mas a utilização do mesmo permite o controle das paradas da agulha e ainda uma série de automações na máquina que agilizam muito o trabalho da costureira. Sua principal função é fazer com que a agulha consiga penetrar o material que está sendo costurado, além de movimentar todos os demais mecanismos que pertencem à máquina. Na figura 3 é possível visualizar um exemplo deste tipo de motor. O grau de acionamento da embreagem e a consequente mudança de velocidade resultante são obtidos mecanicamente através do acionamento do braço articulado próximo a polia.

Figura 3- Motor convencional.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1.2 Motores com acionamento eletrônico para máquinas de costura

Inicialmente, os motores com acionamento eletrônico eram trifásicos e o controle de velocidade e parada dos mesmos era realizado através de um sistema de embreagem e freio eletromagnéticos, utilizando discos metálicos com cortiça, comandados por um circuito eletrônico. Estes podem ser usados tanto em máquinas de costura convencionais quanto eletrônicas. Na figura 4 é apresentado um exemplo deste tipo de motor.

Figura 4- Motor elétrico trifásico com comando eletrônico.



Fonte: FuchsElektronik Service.

Na figura 5 é destacado o motor elétrico trifásico com o sistema de embreagem e freio acoplado ao mesmo, junto à polia.

Figura 5- Motor elétrico com sistema de embreagem e freio.



Fonte: FuchsElektronik Service.

A figura 6 ilustra os discos de embreagem, metal e de freio, na sequência da esquerda para a direita. O disco de metal é fixado diretamente ao motor, sendo que o disco da embreagem atua sobre ele para alcançar uma determinada velocidade requisitada pelo sistema eletrônico.

Figura 6- Discos do sistema de embreagem e freio.



Fonte: FuchsElektronik Service.

2.1.3 Servo motores para máquinas de costura

Posteriormente, surgiram os primeiros servo motores que necessitam somente uma rede monofásica para operar. O estator destes motores possui três conjuntos de bobinas e o rotor é constituído de um arranjo de ímãs permanentes. Um circuito eletrônico energiza estas bobinas através de um banco de seis

transistores, bipolares ou ainda IGBTs, de acordo com os sinais fornecidos por um encoder. Este por sua vez informa, através de uma codificação, a posição dos ímãs do rotor em relação a estas bobinas. Através do controle do chaveamento das bobinas, é possível alterar a velocidade do motor, o sentido de giro, o torque, além de permitir o controle preciso de sua parada. A figura 7 mostra um exemplo de servo motor no qual pode ser visto o encoder instalado na parte de trás do mesmo.

Figura 7 -Servo motor com destaque para a posição do encoder.



Fonte: Elaborado pelo autor .

A figura 8 apresenta o mesmo motor visto de frente.

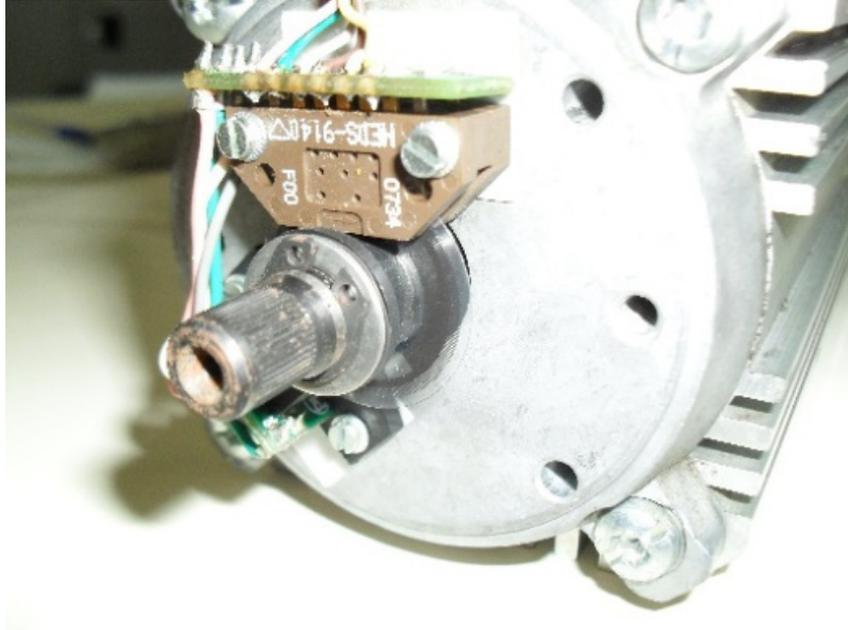
Figura 8- Vista frontal do servo motor.



Fonte: Elaborado pelo autor .

A figura 9 mostra o sensor do encoder fixado à carcaça do motor.

Figura 9- Sensor do encoder de um servo motor.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Na figura 10 é destacado o disco usado por este encoder para determinar a velocidade e posição de paradas da máquina de costura.

Figura 10- Disco utilizado pelo sistema do encoder.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Dois exemplos de rotores para servo motores podem ser vistos nas figuras 11 e 12.

Figura 11- Exemplo de rotor com imãs permanentes encapados.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Figura 12- Exemplo de rotor com imãs permanentes expostos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O uso de servo motores permite também uma grande economia de energia, visto que o motor trifásico está sempre funcionando em seu regime de rotação

nominal. Além disso, obtém-se um maior controle da resposta da máquina durante a costura, um funcionamento silencioso, dentre outros.

A figura 13 ilustra um servo motor com a caixa de comando fixado a ele.

Figura 13- Exemplo de servo motor acoplado a caixa de comando.



Fonte: FuchsElektronik Service.

Um exemplo de servo motor que é montado separadamente da caixa de comando pode ser visto na figura 14. Neste caso, geralmente, o motor é fixado diretamente ao corpo da máquina.

Figura 14- Exemplo de servo motor com a caixa de comando separada.



Fonte: FuchsElektronik Service.

Outra característica importante é o tamanho e peso reduzidos do motor, sendo que, alguns casos, é possível alojá-lo dentro da própria carcaça da máquina.

Estes motores também podem ser usados tanto em máquinas de costura convencionais quanto eletrônicas.

3. MÁQUINAS DE COSTURA ELETRÔNICAS

A seguir será abordado o funcionamento de duas máquinas de costura eletrônicas, com destaque ao sistema de transporte efetuado através de motores de passo, há muito tempo em operação no nosso mercado calçadista. Estes serão alvo de uma atualização tecnológica ou, retrofit, a fim de que seu custo de manutenção ainda permita sua utilização por muitos anos.

3.1 MÁQUINA DE COSTURA PFAFF 1493

3.1.1 Descrição Geral

As primeiras máquinas de costura industriais a utilizarem motores de passo no transporte surgiram nos anos 1980 e ofereciam o recurso da mudança do tamanho do ponto individual, do transporte superior e inferior, visto que cada motor de passo podia operar de forma independente. Na figura 15 é possível visualizar um exemplo deste tipo de máquina.

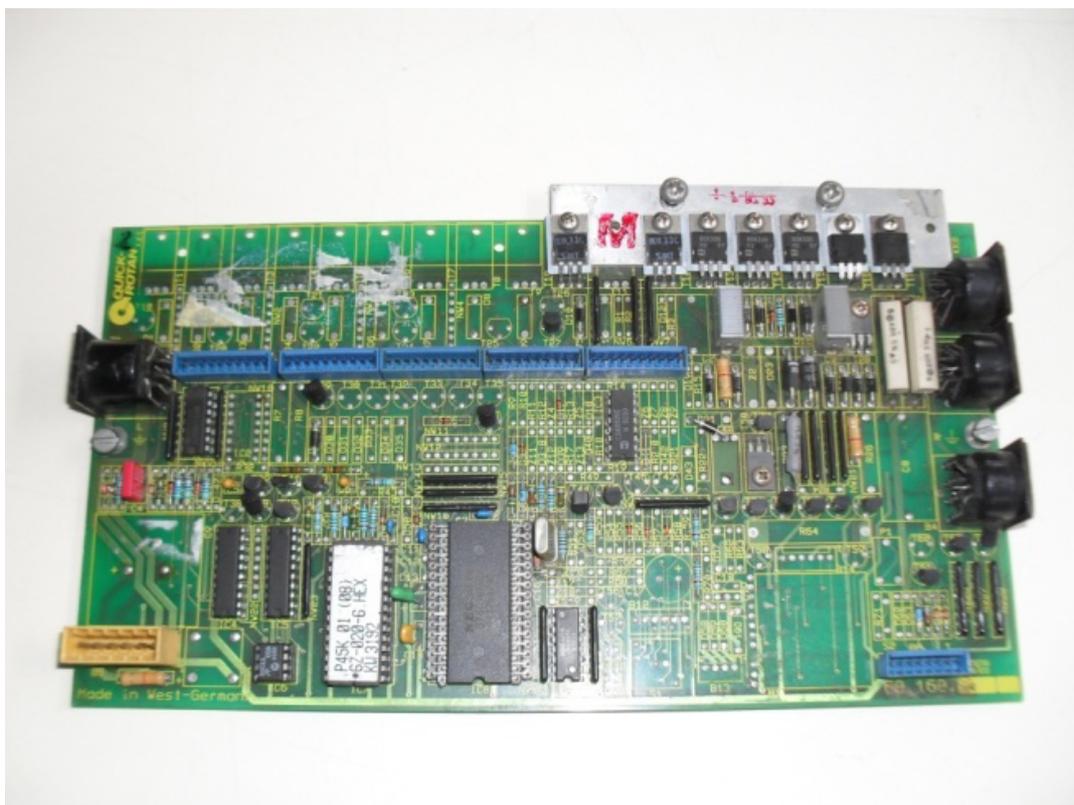
Figura 15- Máquina de costura PFAFF 1493.



Fonte: Elaborado pelo autor .

A série 1493 utiliza um motor trifásico com controle eletrônico para o movimento do sistema mecânico da máquina. Na figura 16 é mostrada a placa de controle do sistema de freio e embreagem do motor principal desta máquina.

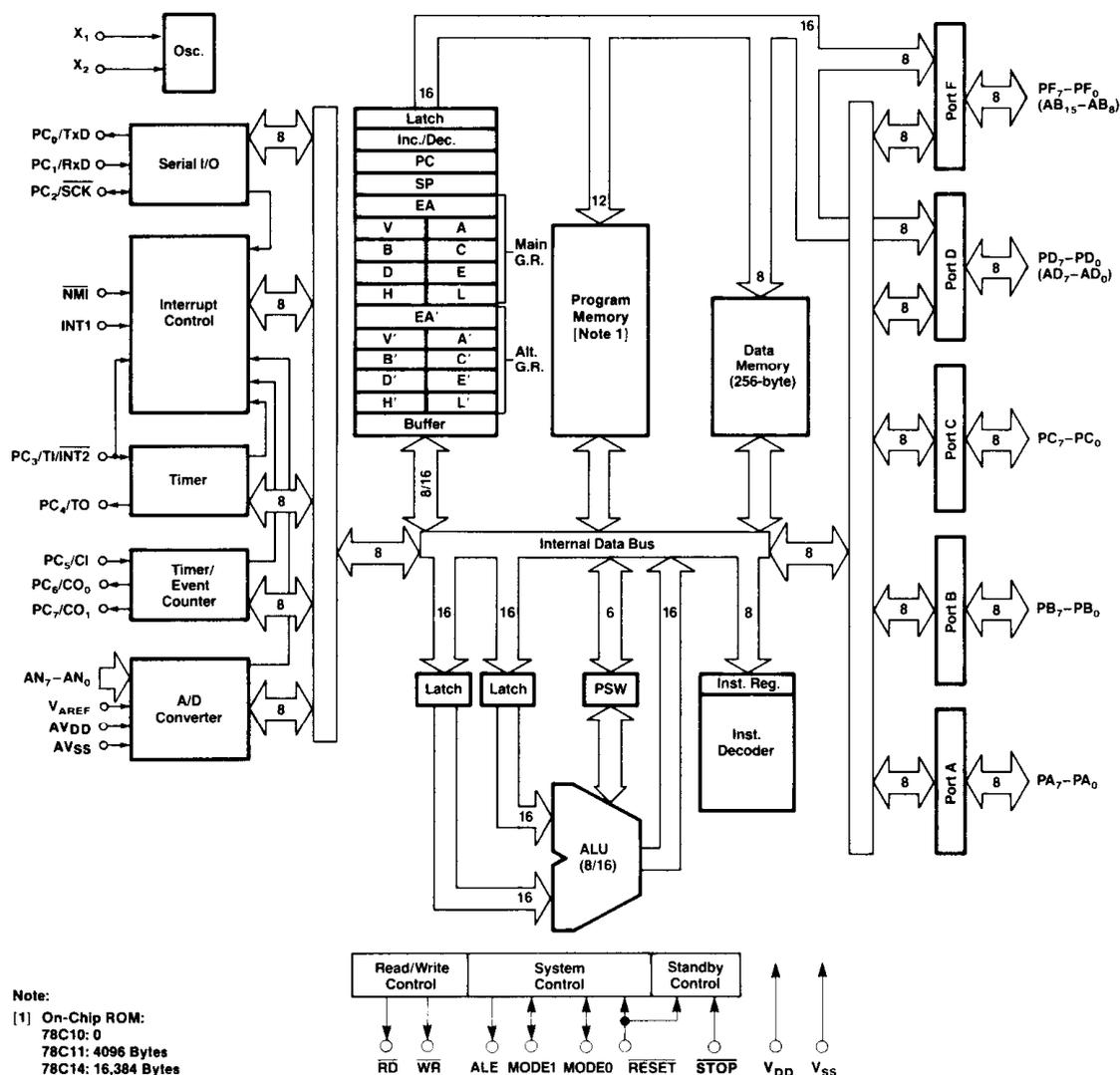
Figura 16- Placa de comando do motor principal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A placa de controle do motor principal possui uma arquitetura relativamente simples, tendo como principais componentes um processador de oito bits, o 78C10, que tem seu diagrama de blocos interno mostrado na figura 17, uma memória de programa EPROM e uma memória EEPROM que armazena os parâmetros de configuração do motor, além de outros componentes de interface como o 74HC373, 74HC377, 74HC126 e 4052.

Figura 17- Arquitetura do processador 78C10.



Fonte: Nec, 1987.

Na época era muito comum utilizar circuitos integrados discretos para efetuar o controle do movimento destes motores, o que acarretava em inúmeras placas alojadas no interior da carcaça da máquina, conforme pode ser visto na figura 18. Basicamente, os circuitos utilizam componentes como os contadores 4516, 4017, 40103, portas lógicas como o 4093, 4069, além de memórias EPROM, conversores digital-analógicos, conversores frequência-tensão, dentre outros.

Figura 18- Fixação das placas do sistema de transporte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada motor de passo possui uma placa de comando, sendo que estas são interligadas a uma placa CPU (Unidade Central de Processamento), que por sua vez se comunica com o painel da máquina, onde são definidos os tamanhos de pontos. A CPU também se comunica com o motor principal da máquina, que é responsável por fazer a agulha atravessar o material a ser costurado.

O motor principal é comandado eletronicamente através de um circuito próprio, mas que mantém constante comunicação com o sistema de transporte. A troca de informações entre os dois sistemas é muito importante pois tanto o motor principal como os motores de passo precisam trabalhar em sincronia. Existem quatro informações importantes que devem ser informados ao sistema que comanda os motores de passo:

- Sinal de sincronismo: informa em qual rotação a máquina está operando;
- Liberação dos transportes: informa se a máquina está em movimento;
- Momento do transporte: informa quando os rodízios devem ser movimentados;

-Tamanho dos pontos: informa o quanto os rodízios devem ser movimentados.

Este tipo de máquina só efetua o transporte dos rodízios quando a agulha está fora do material para evitar a quebra da mesma, porque ela seria puxada pelo material em um dos sentidos.

O processo de costura se dá da seguinte forma: ao se iniciar a costura através do acionamento do pedal, o motor principal se movimenta e envia um sinal em nível baixo para a CPU que controla os motores de passo informando o início da costura e, ao mesmo tempo, um sinal em frequência informa a velocidade de rotação do volante da máquina. O volante da máquina normalmente está interligado ao motor principal por meio de uma correia de transmissão de movimento e está relacionado diretamente com a posição da agulha.

Cada volta completa que o volante da máquina realiza faz com que a agulha desça e suba novamente (caso ela esteja em cima inicialmente) e, assim, o movimento do volante está diretamente associado ao movimento da agulha.

De posse das informações da liberação e velocidade da máquina, o sistema do transporte aguarda outro sinal, em nível lógico de tensão, o que determina se a agulha está dentro ou fora do material, sendo que no caso dela estar fora do mesmo, os rodízios efetuem o movimento. Este movimento é sincronizado com a velocidade da máquina e sua duração é relativa ao tamanho do ponto programado no painel da máquina.

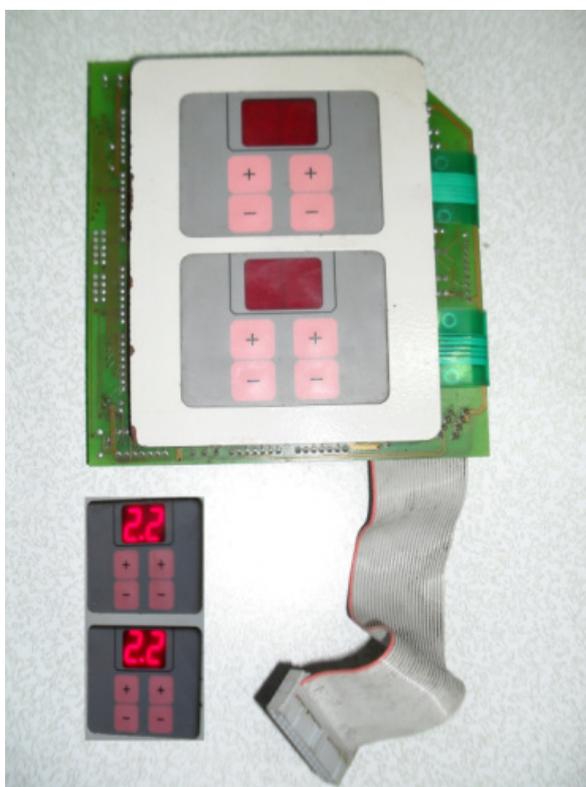
Após a conclusão do transporte para um determinado ponto, os rodízios param e aguardam que a agulha desça e suba novamente.

Conforme mencionado anteriormente, os circuitos que são responsáveis pelo controle dos motores de passo são extremamente complexos, tanto para o projeto quanto para uma eventual manutenção, devido ao uso de componentes discretos muito simples como contadores e portas lógicas. Somente para esta máquina este sistema acarretava em cinco placas alojadas no próprio cabeçote da máquina, sendo que há uma placa para o acionamento de cada motor de passo, uma CPU, que faz o controle destes acionamentos e se comunica com o motor principal e, ainda, o painel da máquina que determina o tamanho dos pontos. Segue a seguir uma breve descrição de cada etapa que compõem o sistema de transporte da máquina.

3.1.2 Painel de programação

Este circuito, localizado na carcaça da máquina, permite que seja determinado o tamanho dos pontos individualmente e, para tanto, utiliza quatro contadores BCD, de 0 a 9. A variação do tamanho dos pontos varia de 0,8 mm até 5 mm, sendo assim, para cada rodízio um contador é responsável pela contagem dos décimos de milímetros e outro por cada unidade de milímetro correspondente ao tamanho total dos pontos. É possível avançar e retroceder a contagem, aumentando ou diminuindo o tamanho do ponto. Um circuito utilizando uma lógica de comparação determina os limites máximos e mínimos do mesmo que podem ser alcançados. Os valores modificados permanecem salvos no circuito após desligar-se a máquina através de uma bateria de 3V que mantém os contadores alimentados. A transferência dos dados é feita de forma paralela para a CPU. Na figura 19 é mostrado a parte frontal do painel com teclado, no destaque tem-se os dígitos quando ligados.

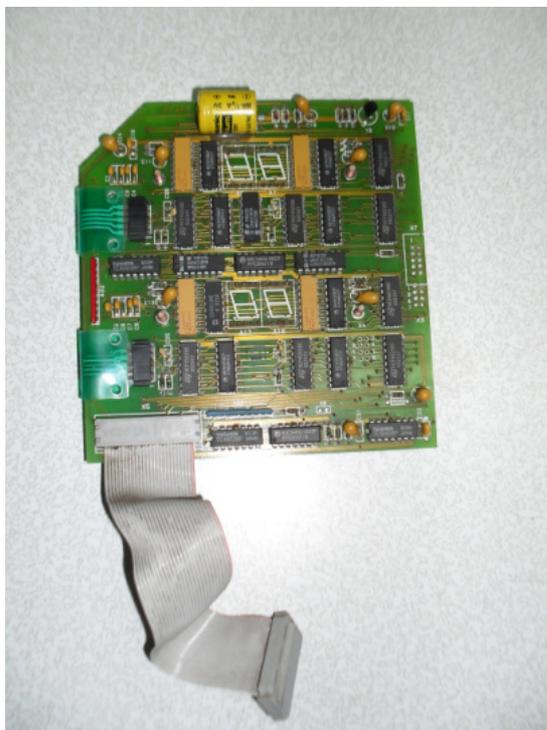
Figura 19- Vista frontal do painel de programação.



Fonte: Elaborado pelo autor .

O lado dos componentes presentes neste mesmo painel pode ser visto na figura 20.

Figura 20-Lado dos componentes do painel.



Fonte: Elaborado pelo autor .

3.1.3 Unidade Central de Processamento – CPU

Esta placa utiliza as informações de velocidade da máquina, tamanho dos pontos, posição da agulha, liberação do movimento dos rodízios, e da costura, para determinar a velocidade e direção do movimento dos motores de passo. O tamanho dos pontos programados no painel determina o número de passos que os motores irão realizar. Quanto maior o tamanho do ponto, maior a quantidade de passos a serem realizados. A velocidade da máquina, convertida em sinal de frequência proporcional, determina a velocidade de execução dos passos. A quantidade de passos, a velocidade e a direção são enviados separadamente para cada placa que irá acionar o correspondente motor de passo superior e inferior. Outra etapa do circuito, utilizando conversores frequência-tensão, conversores DA (Digital-Analógico) e amplificadores operacionais, avalia se a velocidade da máquina está

muito alta para o tamanho do ponto a ser realizado e, se for o caso, um sinal em nível de tensão é enviado para o motor principal para que seja limitada a velocidade. Esta precaução é necessária pois os motores de passo não trabalham com precisão em velocidades muito altas. Na figura 21 é mostrada uma placa CPU deste tipo.

Figura 21- Placa CPU do sistema de transporte.

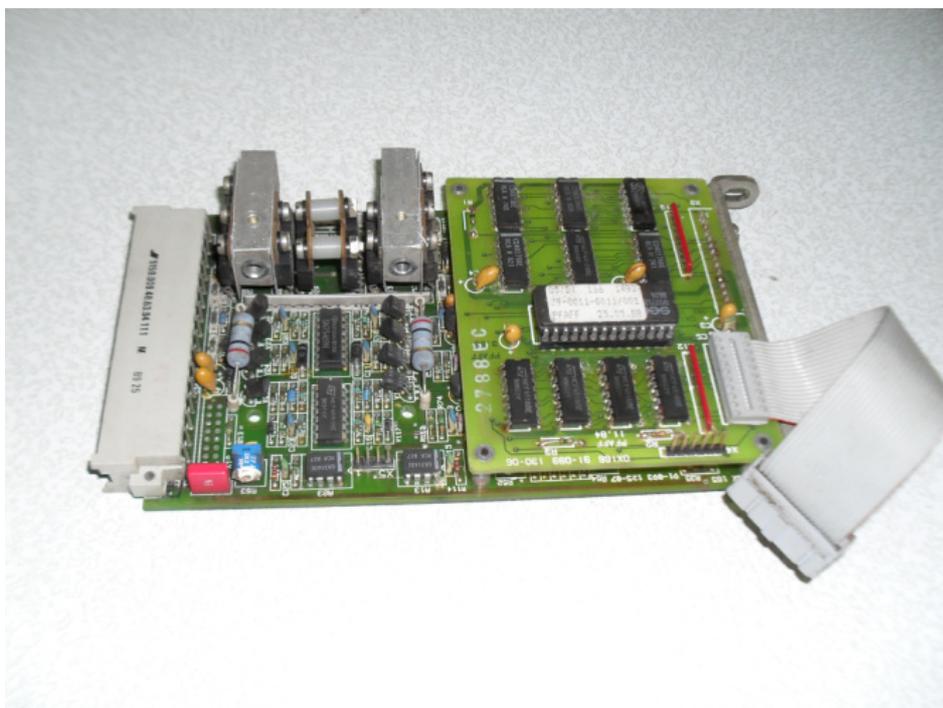


Fonte: Elaborado pelo autor .

3.1.4 Placas dos transportes

No total de duas, estas placas atuam diretamente no movimento dos motores de passo e, por consequência, dos rodízios. Os valores dos tamanhos dos pontos, combinados com os gerados por meio de uma conversão frequência-tensão e tensão-frequência, são utilizados para endereçar uma memória EPROM, onde estão armazenadas as sequências de acionamento de duas pontes H que realizam o chaveamento das duas bobinas existentes em cada motor de passo. Cada ponte H é composta por transistores discretos montados em um dissipador de calor. A tensão utilizada no chaveamento das bobinas dos motores de passo é de aproximadamente 90V, o que permite a operação destes motores em rotações mais elevadas sem grandes perdas de torque. Um exemplo de placa de transporte para este tipo de máquina é mostrado na figura 22.

Figura 22- Placa de transporte da máquina PFAFF 1493.



Fonte: Elaborado pelo autor .

3.1.5 Fonte de alimentação

Fornece as tensões de alimentação para os circuitos, que variam entre 5V e -5V, para os circuitos digitais e analógicos e, 90V para o acionamento dos motores de passo. O transformador utilizado em conjunto com a fonte é do tipo toroidal, que possui tamanho reduzido em relação aos transformadores convencionais de mesma potência.

3.2 MÁQUINAS DE COSTURA PFAFF 1491

3.2.1 Descrição Geral

As máquinas de costura eletrônicas da série 1491 são uma evolução da série 1493. A figura 23 mostra uma máquina deste tipo.

Figura 23- Máquina de costura PFAFF 1491.



Fonte: Elaborado pelo autor .

O motor principal é um servo motor e não mais um motor trifásico, como os usados anteriormente, conseguindo reduzir significativamente o consumo de energia. A caixa de comando do servo motor desta placa possui duas placas, sendo uma de comando e outra de potência. A figura 24 ilustra a placa de comando com dois processadores 78C10.

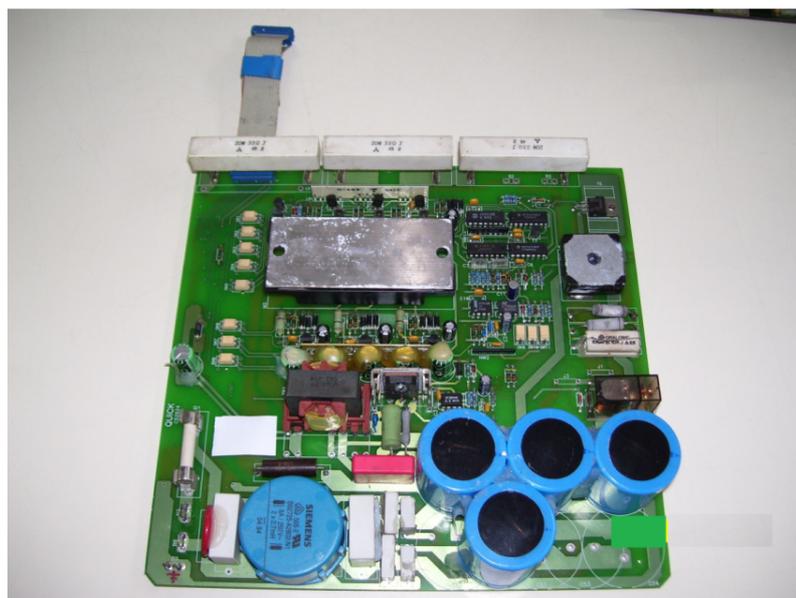
Figura 24- Placa de comando do servo motor.



Fonte: Elaborado pelo autor .

A placa de potência do circuito de controle que aciona diretamente o servo motor possui um módulo composto por seis transistores. Na figura 25 pode ser visto a placa com seus componentes.

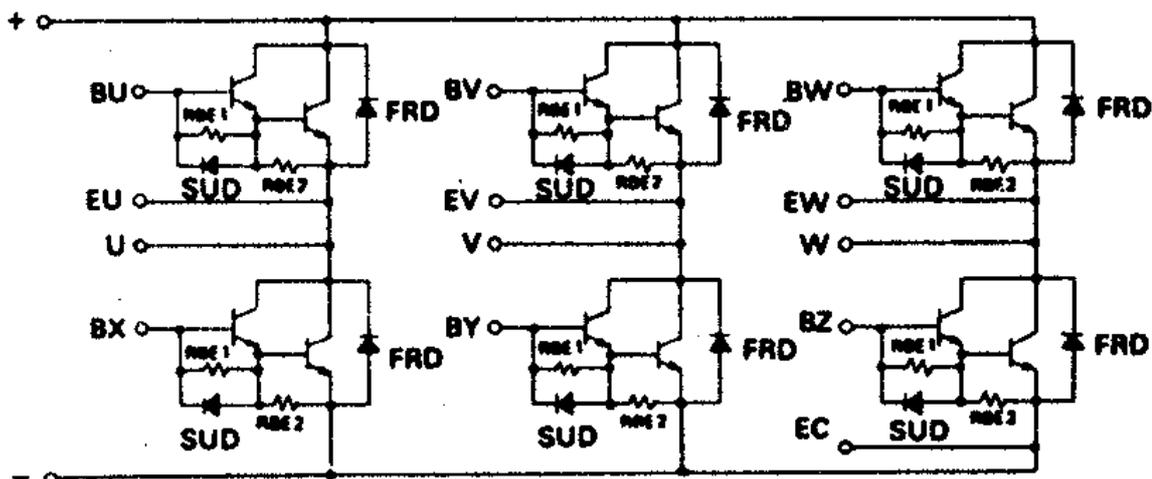
Figura 25- Placa de potência do servo motor.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Na figura 26 é mostrado o diagrama interno do módulo de transistores utilizado na placa de potencia.

Figura 26- Diagrama interno do módulo de transistores.



Fonte: Fuji Electric .

O aspecto real do componente é mostrado na figura 27.

Figura 27- Aspecto real do módulo de transistores.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Ao contrário das máquinas 1493, que possuem um painel de programação separado para o motor principal, a série 1491 opera com um painel integrado no corpo da máquina e que permite modificar os parâmetros de funcionamento tanto dos motores de passo quanto do motor principal. Esta é a razão do uso de dois processadores 78C10 na placa de comando do motor. Assim, um processador se encarrega da comunicação com o cabeçote da máquina, enquanto o outro se

encarrega de controlar o motor principal. Outro diferencial é a maior qualidade no aspecto da costura proporcionado pelo transporte da agulha, sendo que a mesma se movimenta acompanhando o movimento dos rodízios, o que permite que não haja alteração no tamanho dos pontos de costura se ocorrerem mudanças na espessura do material durante a costura.

Para que o movimento da agulha seja possível, mais um motor de passo é acrescentado ao sistema. O movimento realizado por ele é de vai-e-vem que corresponde ao movimento da agulha dentro e fora do material. Quando a agulha está dentro do material ela se movimenta acompanhando o movimento dos rodízios, por outro lado, quando ela está fora, ela faz o movimento no sentido oposto, voltando para efetuar um novo transporte.

Segue a seguir uma breve descrição de cada etapa que compõe o sistema de transporte da máquina.

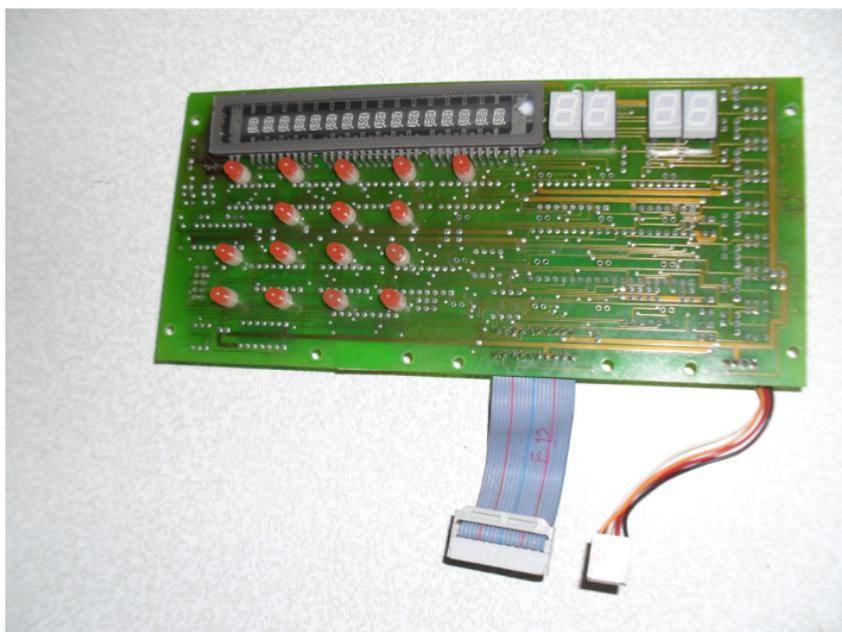
3.2.2 Painel de programação

A tecnologia usada nesta máquina utiliza alguns circuitos integrados específicos para controle de teclado e apresentação de mensagens no display. Neste caso em específico o display utilizado é aquele com filamentos, o que acarreta na necessidade de uma alimentação simétrica. Neste display de 16 caracteres são mostrados os dados referentes as configurações de todos os sistemas da máquina, tanto do motor principal quanto do sistema de transporte. Os tamanhos dos pontos dos transportes são modificados através de um painel específico que utiliza displays de leds de 7 segmentos.

A comunicação entre o painel da máquina com a placa CPU do sistema de transporte e a placa de comando do motor principal é feita serialmente.

O painel de programação, visto pelo lado frontal, pode ser visto na figura 28.

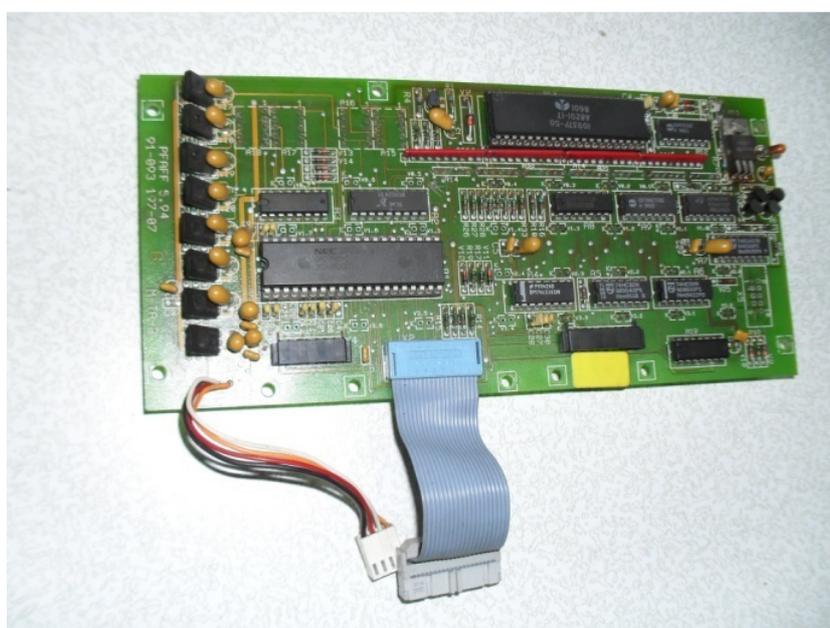
Figura 28- Vista frontal do painel de programação.



Fonte: Elaborado pelo autor .

A visão do lado dos componentes deste mesmo painel é ilustrada na figura 29.

Figura 29 - Vista do lado dos componentes do painel.



Fonte: Elaborado pelo autor .

O teclado para programação, bem como o aspecto dos mostradores com a máquina ligada, são mostrados na figura 30.

Figura 30- Painel ligado e com o teclado.

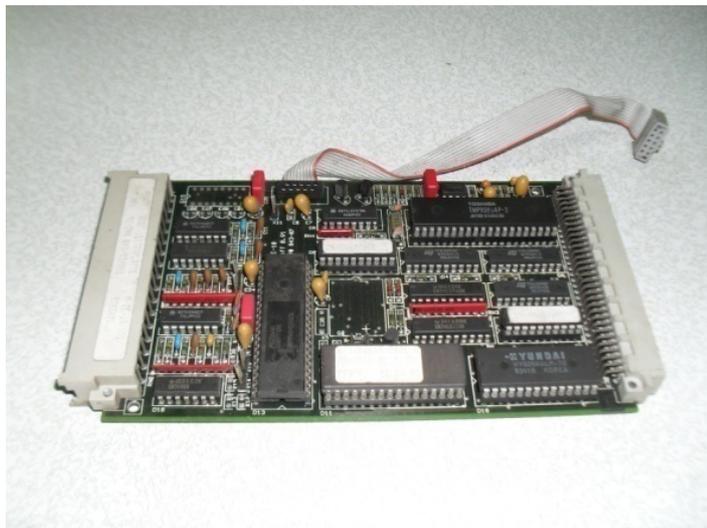


Fonte: Elaborado pelo autor .

3.2.3 Unidade Central de Processamento – CPU

Este circuito utiliza um processador, memórias EPROM e RAM, além de alguns circuitos integrados com portas lógicas para gerenciar o funcionamento do sistema de transporte. A sua função é, basicamente, a mesma que é realizada na máquina 1493, sendo que além do transporte superior e inferior, é necessário controlar mais um motor de passo referente ao transporte da agulha. Como este transporte exige um movimento específico, são adicionados ainda sensores para referenciar a posição da agulha tanto ao ligar a máquina como quando ela está em funcionamento. Estes sinais, portanto, também passam pela CPU. O grande diferencial desta CPU para a da máquina citada anteriormente é a possibilidade de efetuar-se costuras programadas nas quais os tamanhos dos pontos podem mudar automaticamente após um certo número de pontos efetuados, sendo que este tipo de programação é armazenado em uma memória RAM mantido por uma bateria de 3V. Na figura 31 é mostrado este tipo de CPU.

Figura 31- CPU da etapa dos transportes.

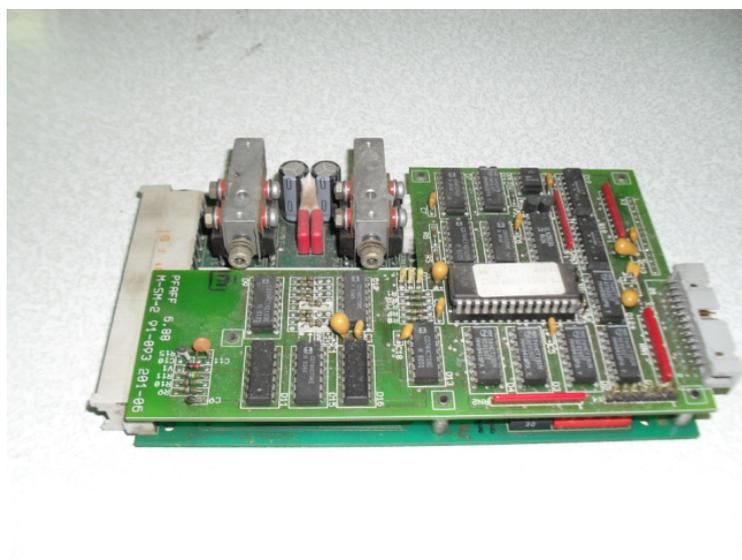


Fonte: Elaborado pelo autor .

3.2.4 Placas dos transportes

As placas utilizadas para o controle dos motores de passo dos rodízios são praticamente as mesmas placas utilizadas na máquina 1493, exceto pela placa do transporte da agulha que deve controlar de forma diferente o motor correspondente, mas esta diferença está na programação da EPROM da mesma. A placa pode ser vista na figura 32.

Figura 32- Placa do transporte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

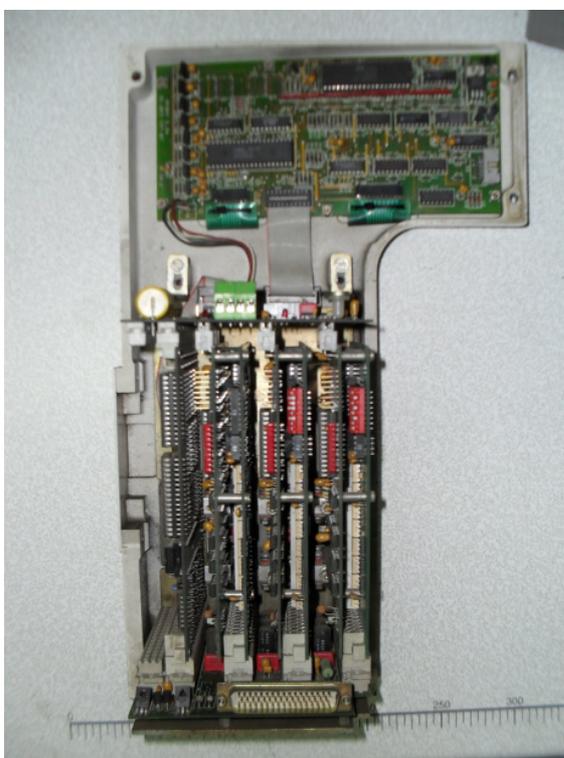
3.2.5 Fonte de alimentação

O principal diferencial entre a fonte da máquina 1493 para a 1491 é a tensão fornecida aos motores de passo. Enquanto na 1493 a tensão é de 90V, na 1491 esta tem o valor de 70V, o que acarreta principalmente em uma redução na potência dissipada sobre os motores de passo e sobre os transistores que os comandam.

A razão de ser possível reduzir a tensão sobre os motores de passo na 1491 é o fato de eles trabalharem em uma velocidade mais reduzida em relação a 1493 porque eles realizam o transporte de maneira ininterrupta. Na máquina 1493 todo o transporte do rodízio deve ser efetuado enquanto a agulha está fora do material e, portanto, de forma mais rápida, já na 1491 este transporte é feito tanto com a agulha fora do material quanto dentro dele.

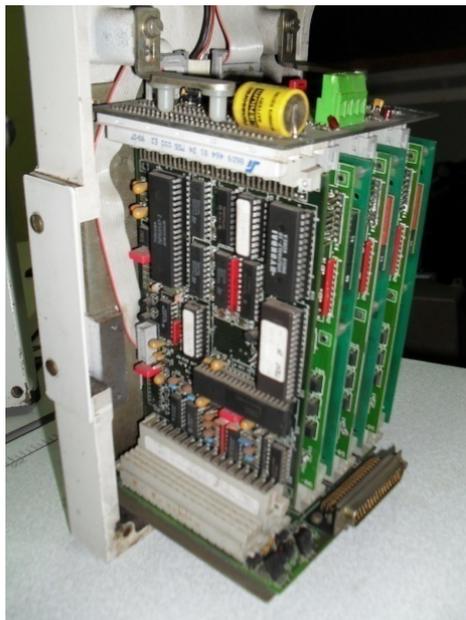
Assim, como na máquina 1493, as placas do display, da CPU e dos transportes da máquina 1491, ficam alojadas dentro da carcaça da máquina conforme as figuras 33 e 34.

Figura 33- Fixação das placas do sistema do transporte.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Figura 34- Detalhe da fixação das placas do transporte.

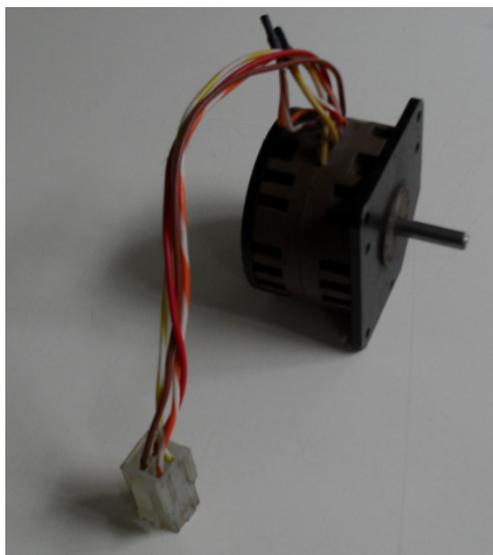


Fonte: Elaborado pelo autor .

4. MOTORES DE PASSO

Os motores de passo utilizados, para ambas as máquinas, são os mesmos tanto para os transportes superior, inferior e para a agulha e seu aspecto é mostrado na figura 35.

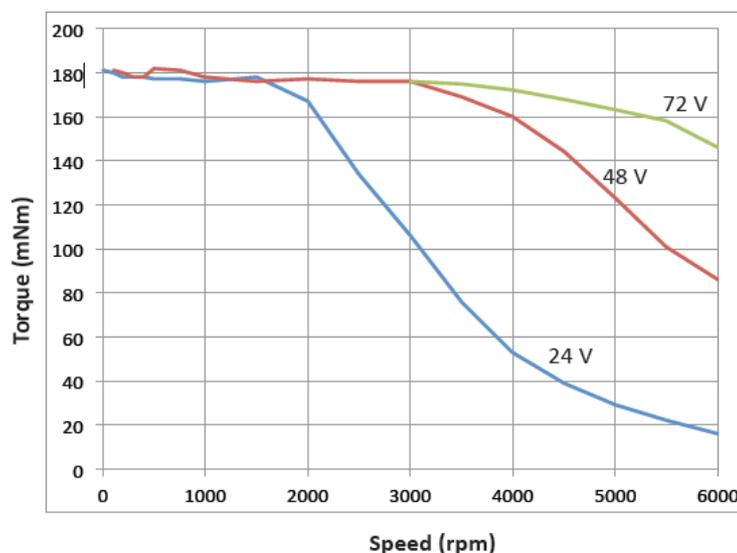
Figura 35- Motor de passo das máquinas PFAFF 1493 e 1491.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Nas máquinas de costura eletrônicas mais atuais estes mesmos tipos de motores de passo continuam sendo usados devido a sua alta precisão de movimento e torque, cujo comportamento é mostrado na figura 36. Pode ser notada a influência da tensão de alimentação destes motores no seu torque.

Figura 36- Relação torque x velocidade dos motores de passo.



Fonte: Dimatech, 2014.

Este motor de passo possui duas bobinas independentes, sendo portanto de duas fases, e um total de 100 passos por volta e, assim, como outros motores de passo, ele pode operar em passo normal (FULL STEP), conforme a tabela 1, ou em meio passo (HALF STEP) conforme a tabela 2.

Tabela 1- Operação do motor de passo no modo FULL STEP.

Passo Completo – Motor Bipolar				
step	Fio1	Fio2	Fio3	Fio4
1	+	-	-	+
2	+	-	+	-
3	-	+	+	-
4	-	+	-	+

+ = Fluxo de corrente positiva
- = Fluxo de corrente negativa

Fonte: www.fotonica.ifsc.usp.br

Tabela 2- Operação do motor de passo no modo HALL STEP.

Meio-passo – Motor Bipolar				
step	Fio1	Fio2	Fio3	Fio4
1	+	-	-	+
2	+	-	0	0
3	+	-	+	-
4	0	0	+	-
5	-	+	+	-
6	-	+	0	0
7	-	+	-	+
8	0	0	-	+

+ = Fluxo de corrente positiva

- = Fluxo de corrente negativa

0 = Sem corrente

Fonte: www.fotonica.ifsc.usp.br

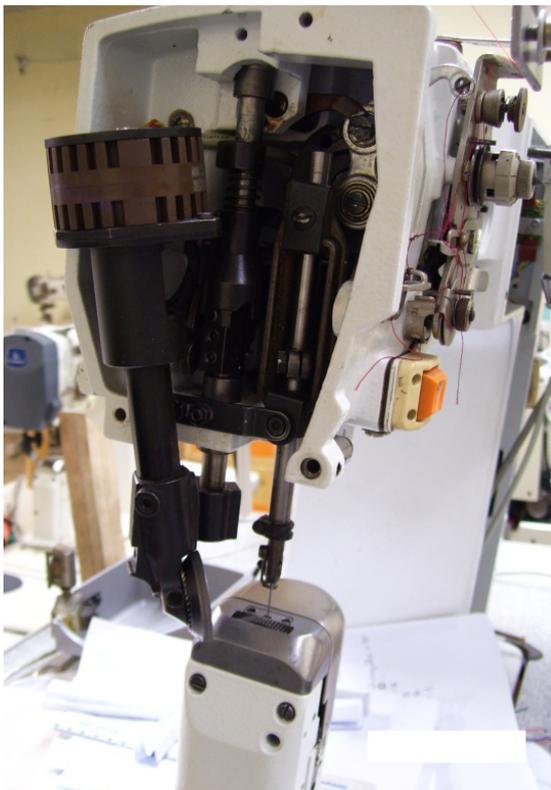
O motor de passo montado no eixo que transfere sua rotação para o rodízio do transporte é mostrado na figura 37, sendo que a fixação do mesmo à máquina pode ser vista na figura 38. Existe uma relação de redução de velocidade do motor para o rodízio, conferindo mais torque e suavidade no funcionamento do mesmo.

Figura 37- Conjunto motor de passo, eixo de transmissão e rodízio.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Figura 38- Mecanismo de transporte montado na máquina.



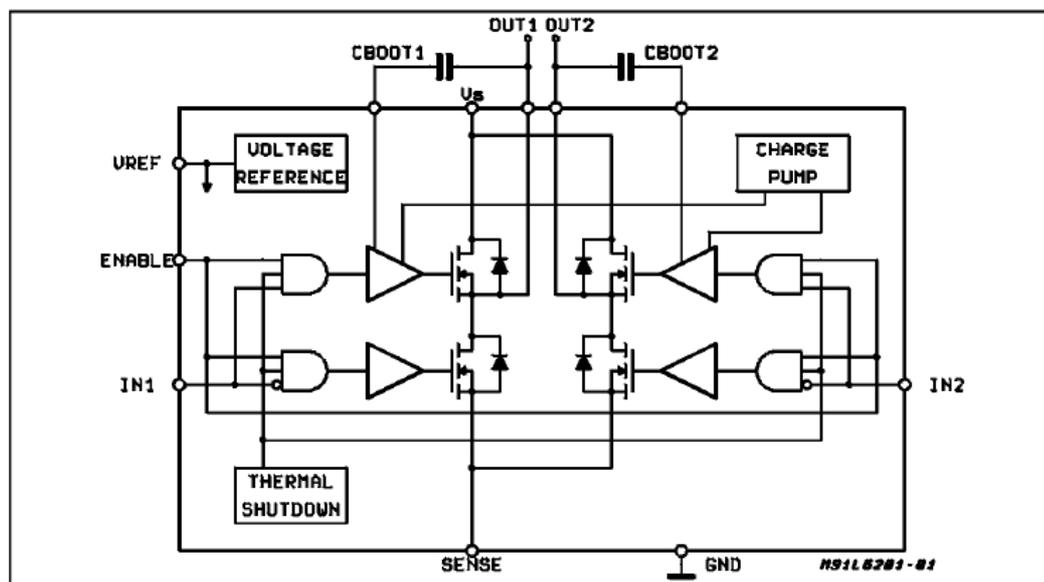
Fonte: Elaborado pelo autor .

4.1 CONTROLE DE SERVO MOTORES E MOTORES DE PASSO ATUAIS

Atualmente, as máquinas mais modernas utilizam componentes em SMD, desde circuitos integrados discretos, até processadores com mais recursos embarcados e maior velocidade, reduzindo o tamanho dos circuitos, placas e custos. Existem também circuitos integrados dedicados ao controle de motores de passo.

No caso do acionamento direto dos motores de passo, componentes como o L6203, que possui internamente uma ponte H para o acionamento de bobinas de motores DC ou motores de passo, permite o controle da corrente em uma bobina, em dois sentidos. Estão disponíveis diversos encapsulamentos para o mesmo, sendo que o Multiwatt11 é o mais recomendado para aplicações de alta corrente, permitindo uma maior dissipação de potência. A figura39 mostra o diagrama de blocos internos do mesmo.

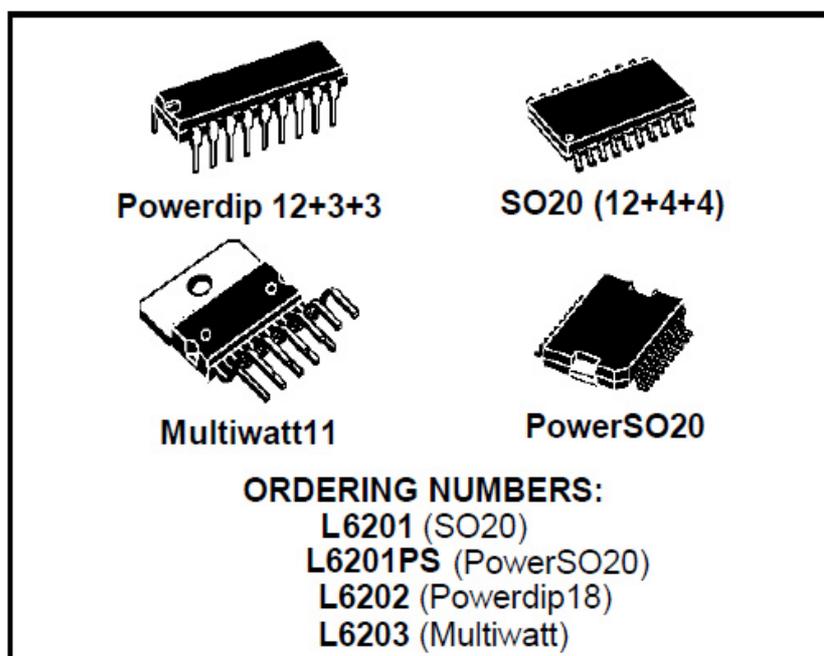
Figura 39- Diagrama interno do L6203.



Fonte: SGS-THOMSON, 1997.

Na figura 40 são apresentados os diversos encapsulamentos do L6203.

Figura 40- Encapsulamentos para o L6203.



Fonte: SGS-THOMSON, 1997.

O L6203 tem por finalidade substituir diversos componentes e transistores que compõem uma placa de transporte das máquinas vistas anteriormente, com as seguintes características:

- Tensão de alimentação de até 48V;
- Suporta picos de corrente de até 5A;
- Operação em frequências de até 100KHz;
- Compatibilidade como padrão TTL;
- Desligamento por sobre aquecimento,
- Fonte de alimentação interna para o circuito de controle.

Um exemplo de máquina atual que utiliza este tipo de componente é a PFAFF 1591, que é mostrada na figura 41. As placas de comando, tanto do motor principal quanto do sistema de transporte, agora ficam alojadas em uma caixa somente, graças ao uso de componentes em SMD.

Figura 41- Máquina de costura PFAFF 1591.

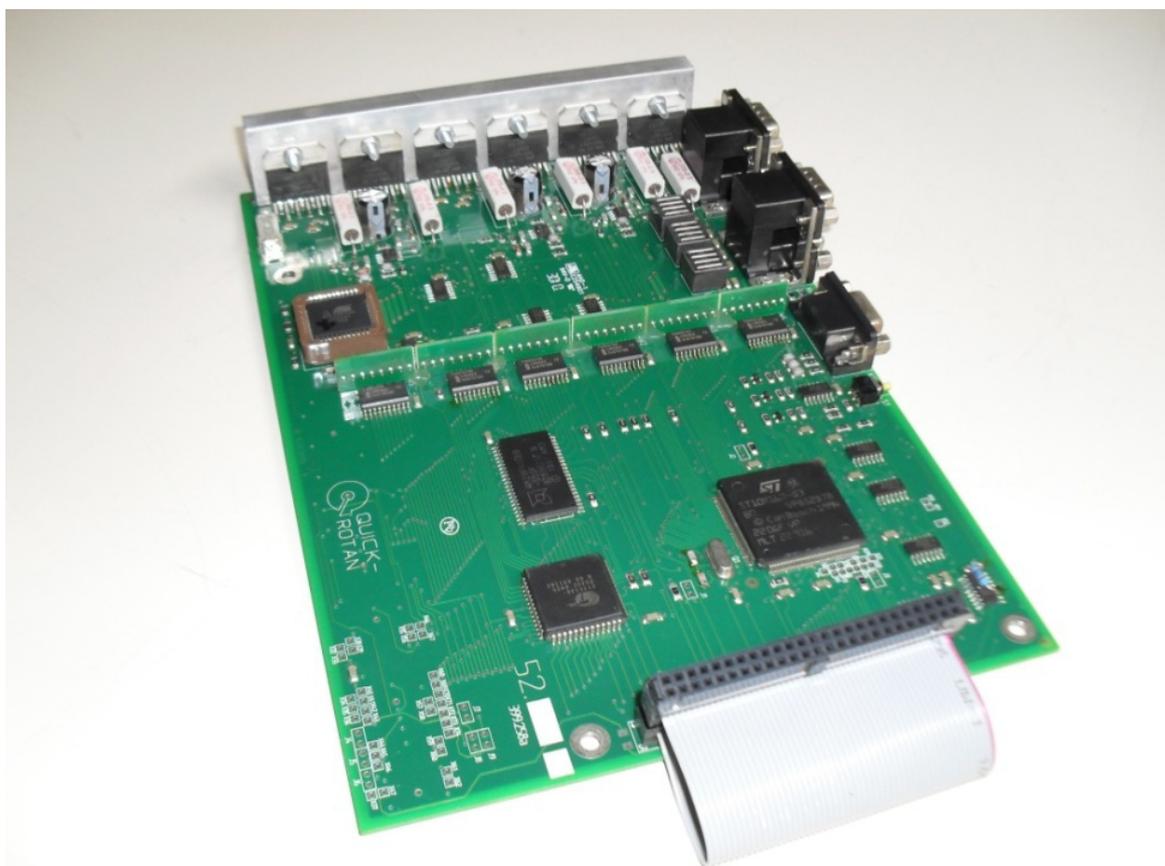


Fonte : PFAFF, 2015.

A figura 42 mostra somente a placa dos transportes, onde é possível observar seis pontes H L6203 fixadas em um dissipador de calor. Como os motores de passo possuem duas bobinas cada um, é necessário o uso de seis L6203 para os motores do transporte superior, inferior e da agulha. Um destaque a ser feito é o

fato de os motores de passo, nestes modelos de máquinas mais recentes, trabalharem com tensões de 40V, e não mais com 70V e 90V, visto que o L6203 pode operar com tensões de no máximo 48V. Como resultado houve uma redução na velocidade máxima da máquina para 3200 RPM com um tamanho de ponto de 0,8mm, enquanto que anteriormente era possível atingir até 3500 RPM com este tamanho de ponto.

Figura 42- Placa de transporte da máquina PFAFF 1591.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Na figura 43 tem-se a placa principal que comanda o servo motor, as entradas para leitura de sensores e chaves, e as saídas para o acionamento de solenóides e outros dispositivos atuadores. É nela que a placa dos transportes, citada anteriormente, também é fixada, permitindo a comunicação entre os circuitos.

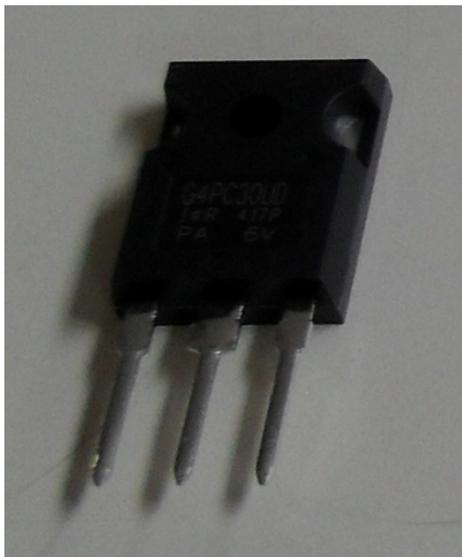
Figura 43- Placa de comando principal da máquina PFAFF 1591.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Existem seis transistores IGBTs, fixados no dissipador de calor, que são responsáveis pelo controle de movimento do servo motor. Esta forma de acionamento é uma opção do fabricante que viabiliza uma manutenção com um custo mais reduzido, pois é possível utilizar módulos específicos para este fim, os quais possuem os transistores internamente, além de circuitos de controle que oferecem proteções contra sobre-corrente e sobre-temperatura. O uso de transistores discretos oferece uma redução de custo, mas necessitam de mais espaço na placa. Já o uso de módulos com transistores, proporciona uma redução do projeto, mas acarreta um incremento do custo. Na figura 44 é mostrado o transistor em seu encapsulamento TO 220.

Figura 44- Transistor IGBT usado no controle de servo motores.



Fonte: Elaborado pelo autor .

5. PROJETO DE UM RETROFIT PARA A MÁQUINA DE COSTURA MODELO PFAFF 1491

As máquinas de costura da série 1493 e 1491 foram importadas para o Brasil por diversos fabricantes de calçados entre meados dos anos 1980 e meados dos anos 1990, quando o mercado para este setor era bem próspero. A manutenção das mesmas acarretava na aquisição de componentes eletrônicos específicos, como os módulos de transistores e alguns processadores. Estes componentes não eram baratos, pois era necessário importá-los, o que significa pagar altas taxas sobre o valor dos mesmos. Após os anos 2000, com a rápida evolução da tecnologia do setor eletrônico, muitos componentes, inclusive o processador 78C10 e o módulo 6DI20C se tornaram obsoletos, não sendo mais fabricados e, como resultado, os custos para a aquisição dos mesmos alcançaram valores muito altos.

Atualmente, centenas ou até milhares destas máquinas estão sucateadas por falta de componentes, ou pelo alto custo de manutenção. A seguir, serão abordadas as considerações iniciais do projeto de um retrofit para a máquina de costura PFAFF 1491.

Para a série 1493 existe uma solução mais simples, pois os sinais para o funcionamento dos transportes estão restritos somente ao sinal de liberação de

movimento, ao sincronismo e ao sentido de rotação dos rodízios, sendo possível obter todos estes sinais no circuito de controle do servo motor, mesmo este não sendo o original da máquina.

Para as máquinas da série 1491 o grande problema é a comunicação de dados necessária entre os circuitos do transporte, que utiliza um processador, e o circuito de controle do servo motor. Neste caso, uma solução seria a implementação de um novo sistema de controle para estes motores de passo já existentes nas máquinas, ou seja, um retrofit para os mesmos, visto que o recurso de programação de costuras já existe no controle de vários servo motores existentes no mercado.

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS DO PROJETO

As máquinas PFAFF 1491 possuem recursos, como a possibilidade de efetuar-se o arremate tanto no início como no meio da costura e também no fim da mesma, além da seleção de tamanho de ponto individual para o transporte superior e inferior. Isto possibilita costurar materiais com curvaturas ou realizar enrugamentos, além do transporte de agulha que permite que várias camadas de materiais sejam transportados ao mesmo tempo durante o funcionamento da máquina.

Conforme já mencionado, o servo motor original presente na máquina, o qual realiza a tarefa de fazer com que a agulha penetre e atravesse o material, será substituído, devido ao fato de os componentes eletrônicos que compõem sua placa de comando estarem obsoletos, e não oferecerem mais uma boa relação custo / benefício em sua manutenção. Também é salientado, novamente, que a troca deste motor implica na descontinuação da etapa de comando dos transportes por motores de passo existentes no cabeçote da máquina, sendo o projeto de um novo circuito eletrônico para o comando dos motores de passo o objetivo deste trabalho.

O projeto do circuito para o retrofit deverá adaptar-se e funcionar de forma harmoniosa com o novo motor principal que será escolhido.

5.2 A ESCOLHA DO SERVO MOTOR

O mercado dos servo motores para máquinas de costura industrial, tanto de calçados quanto confecções, atualmente está muito diversificado. Existem diversos modelos que se enquadram neste projeto, sendo que alguns requisitos como custo, torque, recursos de programação e tecnologia atual, devem ser observados.

Os recursos que, inicialmente, o motor deverá oferecer são os seguintes:

- Acesso ao sinal de rotação do motor, que possibilita saber a que velocidade o motor está trabalhando e, assim, fazer com que o sistema de transporte trabalhe em sincronia com o movimento da máquina independente do tamanho do ponto selecionado;

- Um sinal (em nível alto ou baixo) que indique que o motor está em movimento, para que o sistema de transporte atue somente quando o motor e a máquina estiverem em movimento.

- Um sinal (em nível alto ou baixo) que indique o sentido em que o transporte deverá ser realizado. O transporte sofre uma inversão no sentido quando o arremate é acionado automaticamente ou através de um botão externo.

5.2.1 O motor HoHsing i70

Um modelo de servo motor que será objeto de estudo para a implementação do retrofit é o modelo i70 da fabricante taiwanesa HoHsing. A empresa está presente há algumas décadas no ramo de motores para costura, sendo que por alguns anos trabalhou em parceria com a empresa Mitsubishi Electric no desenvolvimento de servo motores.

O motor i70, com sua caixa de comando, pode ser visto na figura 45.

Figura 45 - Conjunto motor, caixa de comando i70 e periféricos.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Existem modelos de máquinas de costura PFAFF, com transporte mecânico do material, que já se utilizam este modelo de motor conforme a figura 46.

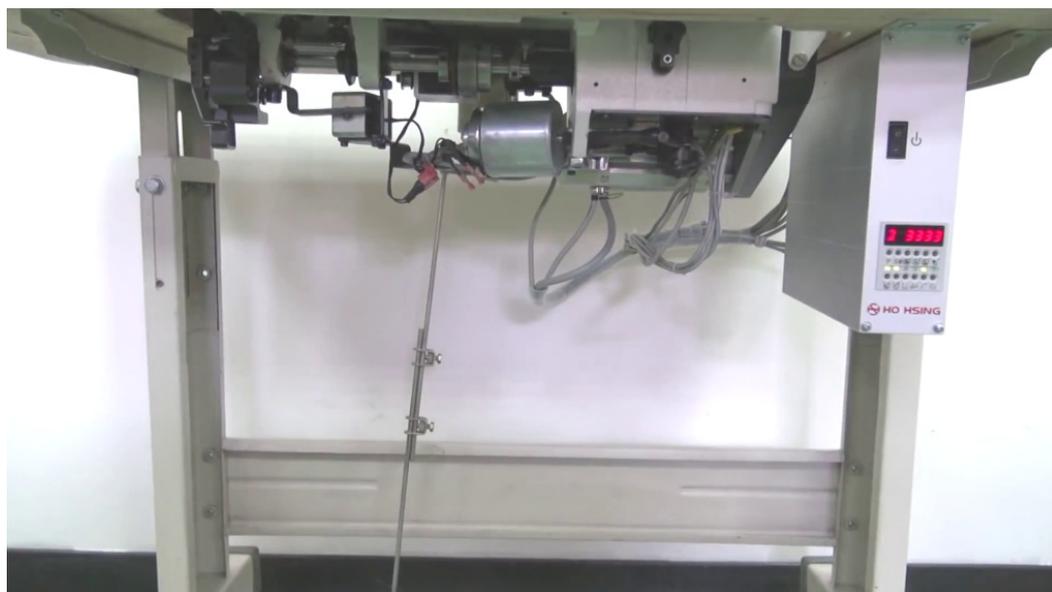
Figura 46-Máquina PFAFF com motor HoHsing.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Na figura 47 tem-se em destaque a caixa de comando deste motor fixada abaixo da mesa da máquina.

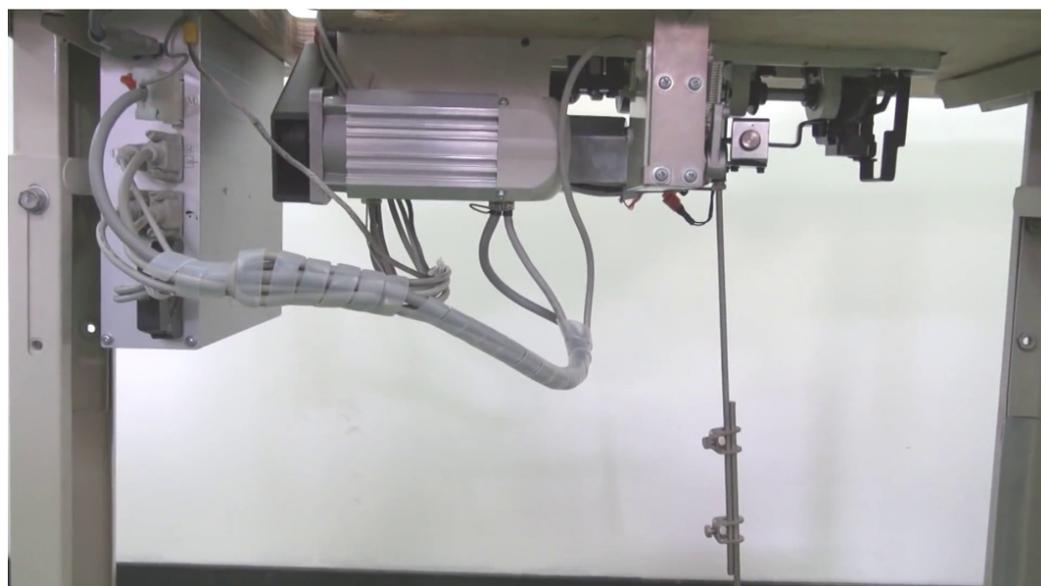
Figura 47-Posicionamento da caixa de comando do motor i70.



Fonte: Elaborado pelo autor .

O servo motor pode ser fixado abaixo do cabeçote da máquina, conforme é mostrado na figura 48.

Figura 48-Posicionamento do servo motor.



Fonte: Elaborado pelo autor .

5.2.1.1 Características principais do motor i70

A seguir são citadas algumas características do motor i70:

- Baixo consumo de energia;
- Baixo ruído, baixa vibração;
- Diversos circuitos de proteção visando prolongar a vida útil do equipamento;
- Uma única placa de circuito impresso, facilidade de manutenção;
- Diversas possibilidades de ajustes de funções de entrada e saída por meio de parâmetros, visando atender diversos tipos de máquinas;
- Possibilidade de execução de costuras programadas.

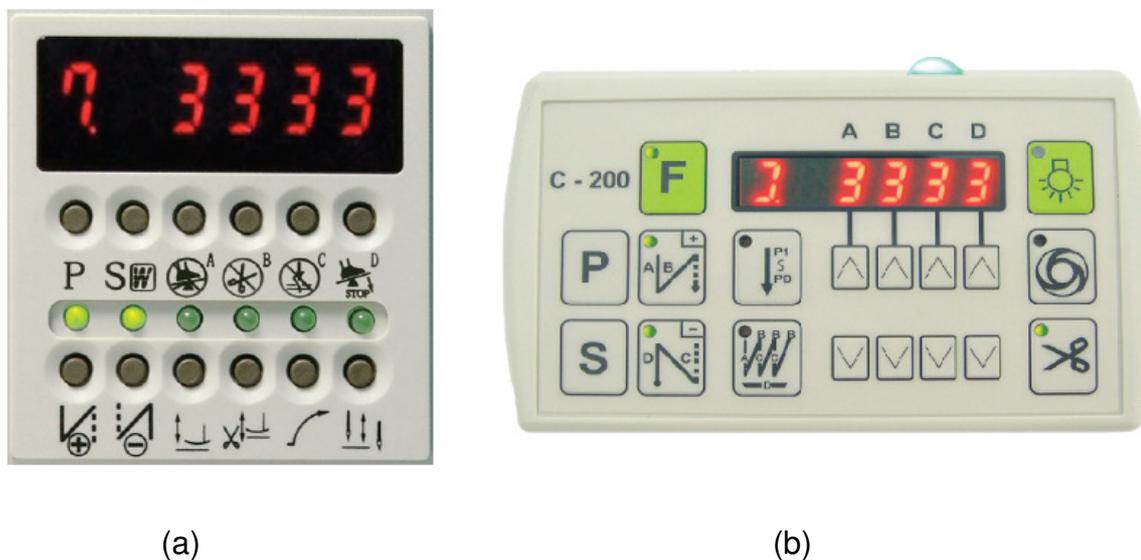
O fabricante do equipamento oferece três opções de motores que são 500W, 600W e 750W, sendo que o projeto utilizará o motor de 500W pelo baixo custo e pelo fato do mesmo ter que somente fazer com que a agulha atravesse o material a ser costura, sem precisar acionar os mecanismos de transporte, como em máquinas de costura com transporte mecânico.

5.2.1.2 Acionamento de periféricos

Outros sinais importantes, além dos já mencionados, como o do levantamento automático do rodízio no meio e no final da costura e o corte de linha automático no final da costura, também estão presentes neste equipamento.

Muitos destes recursos podem ser acessados e modificados diretamente no painel presente na caixa de comando ou ainda no painel externo conforme apresentado na figura 49.

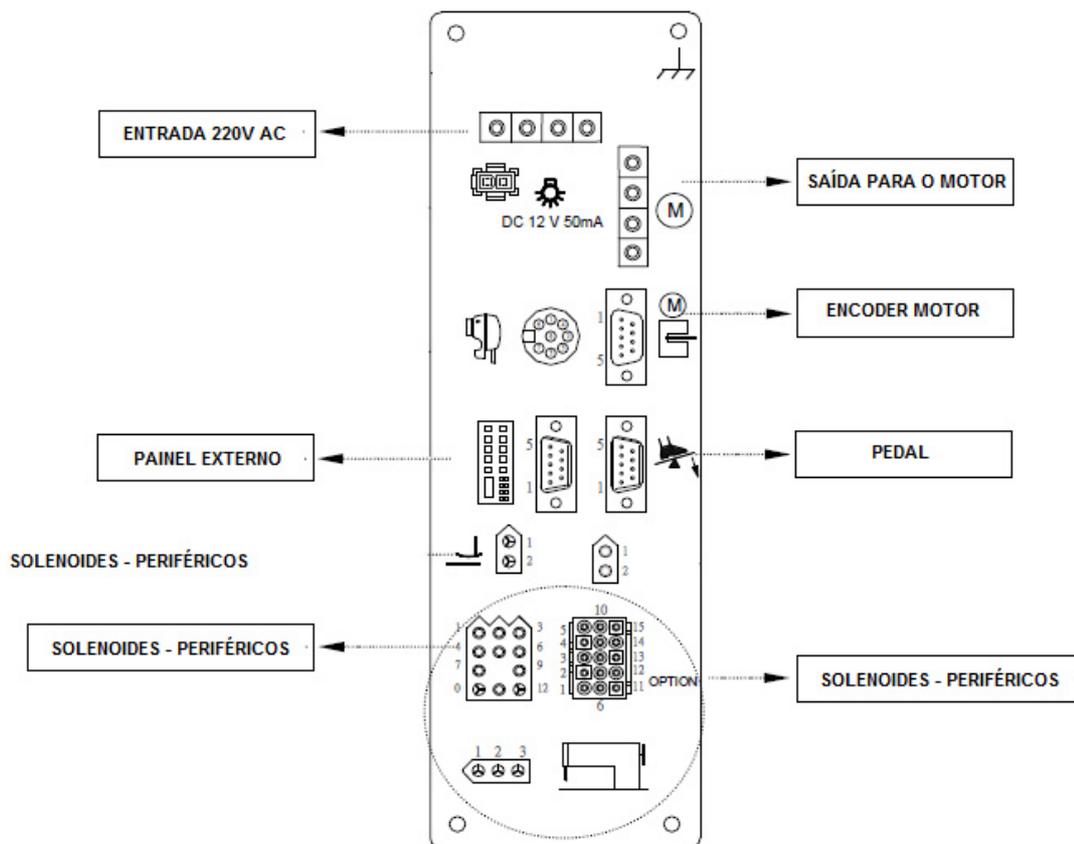
Figura 49 - Painel de comando acoplado à caixa (a) ou externo (b).



Fonte: Elaborado pelo autor .

Os sinais de saída para o acionamento dos solenóides dos periféricos como levantamento do rodízio e corte de linhas automático são obtidos através do conector localizado atrás da caixa de comando, conforme mostrado na figura 50. Os solenóides operam utilizando 24 Vcc.

Figura 50 - Conector de saída para acionamento dos periféricos.

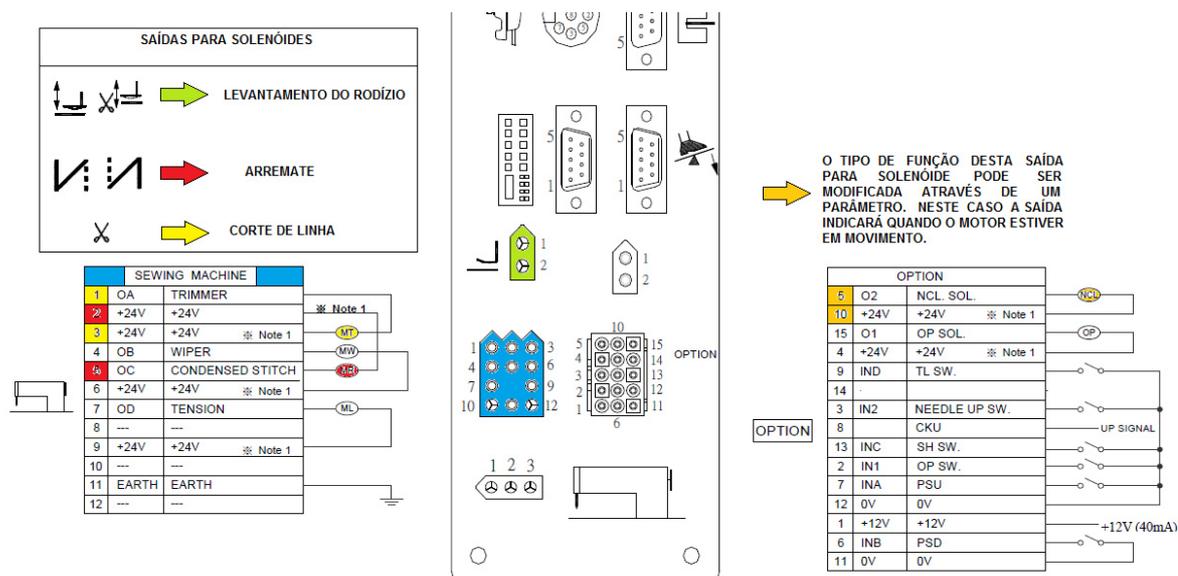


Fonte: Elaborado pelo autor .

Conforme já mencionado, existem recursos que permitem utilizar este tipo de motor em diversos tipos de máquinas, e um destes recursos é uma saída para acionamento de solenóide que é ativada somente no momento em que a máquina está em movimento, sendo este um dos sinais necessários para o projeto.

Para a determinação do sentido da costura será utilizado o sinal da saída de arremate, que não acionará nenhum solenóide neste caso, por se tratar de um sistema de transporte eletrônico. Na figura 51 são indicadas as saídas de acionamento que podem ser utilizadas no projeto.

Figura 51-Detalhe dos conectores de entrada e saída.



Fonte: Elaborado pelo autor .

5.2.1.3 O sinal de sincronismo

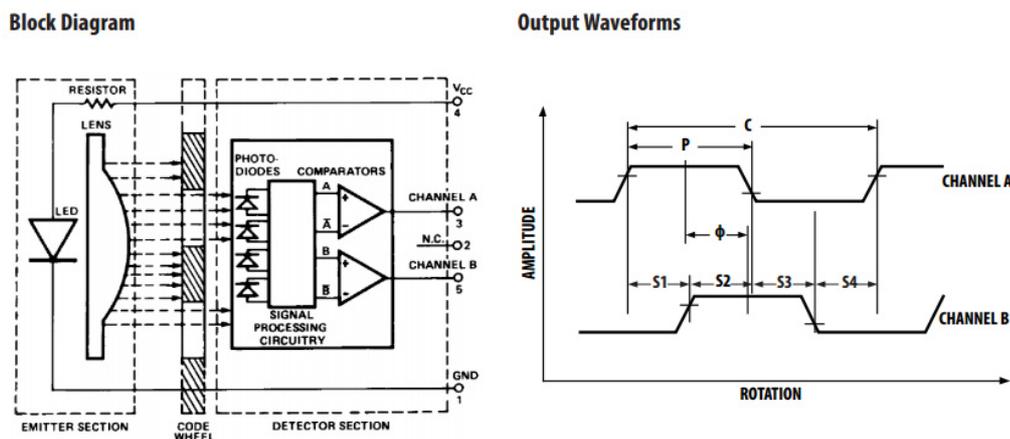
O sinal que efetuará a sincronização entre a velocidade da máquina e o sistema de transporte virá diretamente do encoder do motor. Este sinal de sincronismo, necessário para o projeto, é gerado pelo encoder em conjunto com um disco ranhurado acoplado ao eixo do rotor conforme já mostrado anteriormente. O disco, no caso deste motor, possui 360 ranhuras que acompanham a sua circunferência e são utilizadas para determinar a velocidade de rotação do motor e, também, o sentido de giro do mesmo.

Existem também outros sinais que são utilizados para verificar a posição do rotor em relação as bobinas do estator para determinar a sequência de chaveamento das mesmas durante o movimento, além de possibilitar que o circuito de controle consiga identificar a posição em que a agulha está para efetuar corretamente as paradas da mesma. Se, por exemplo, são utilizadas polias de mesmo diâmetro na máquina e no motor (relação 1/1) existe uma precisão de 1° entre cada parada possível pelo fato do disco do encoder ter 360 divisões.

O sensor fornece em suas saídas, ou canais, dois sinais com frequências iguais e proporcionais a velocidade de rotação do disco com ranhuras, que passa

entre o emissor e receptor deste sensor, mas com uma defasagem de 90° entre eles, conforme mostrado na figura 52.

Figura 52- Detalhes do sensor e sinais gerados pelo encoder.

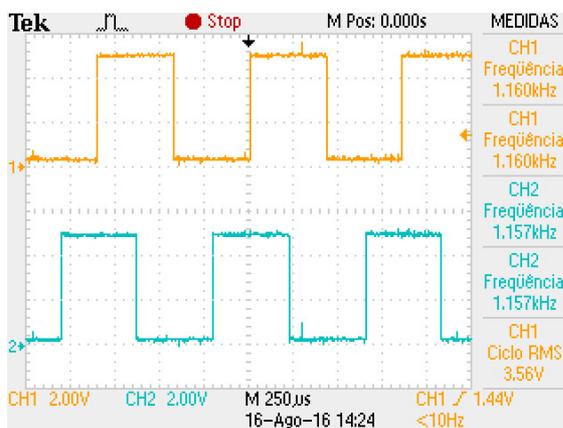


Fonte: Avago Technologies, 2014.

Sendo assim, quando uma ranhura do disco passa entre o emissor e receptor do sensor, na saída CHANNEL A (canal ou fase A) é gerado um pulso em nível alto e o mesmo acontece na saída CHANNEL B (canal ou fase B), mas este sinal está com 90° de defasagem em relação a saída CHANNEL A.

A figura 53 ilustra a medida, realizada com o uso de um osciloscópio, do sinal de sincronismo gerado por este sensor quando o motor está girando a uma velocidade de aproximadamente 180 RPM, a qual é adotada como a velocidade mínima de costura, medido nos terminais do mesmo.

Figura 53- Sinal de sincronismo com motor operando a 180 RPM .



Fonte: Elaborado pelo autor .

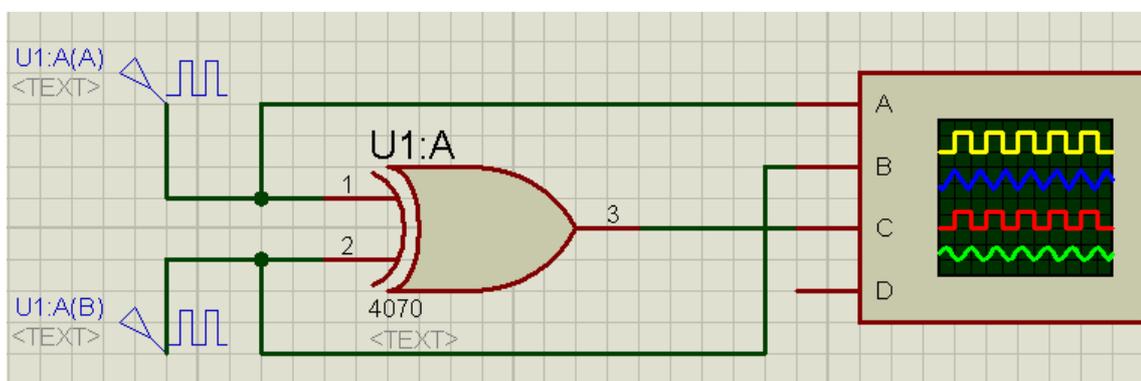
O canal 2 do osciloscópio, representado em azul, está conectado a saída CHANNEL A do sensor, sendo que o canal 1 do instrumento, representado em laranja, esta realizando a medida na saída CHANNEL B do sensor. É possível constatar a defasagem de 90° entre a fase A e fase B do sensor.

Este sensor opera com 5V, portanto as saídas do mesmo produzem sinais com esta amplitude, salientando novamente que cada pulso gerado representa a passagem de uma ranhura por entre o emissor e receptor do mesmo. Portanto uma volta completa do disco com ranhuras gera 360 pulsos nas saídas dos sensores.

O fato de este sensor gerar estes sinais com defasagem permite que o servo motor saiba em que sentido ele está girando. Se for tomado como referência cada borda de subida do sinal do canal 2 do osciloscópio da figura 53, percebe-se que em um sentido o sinal do canal 1 está em nível baixo e em outro em nível alto. O software que comanda o motor detecta a borda de subida do canal A do sensor e neste momento lê o nível lógico presente no canal B. Caso este nível seja alto, o motor está girando em sentido horário e caso o nível seja baixo, o motor está girando em sentido anti-horário.

Uma utilização prática para este tipo de sinal no projeto é a possibilidade, caso seja necessária, de duplicar-se a frequência do sinal de saída do sensor com a utilização de uma porta lógica XOR de duas entradas, como o 4070. Na saída desta porta tem-se um terceiro sinal com o dobro da frequência da entrada, conforme simulado no software ISIS PROTEUS e apresentado na figura 54.

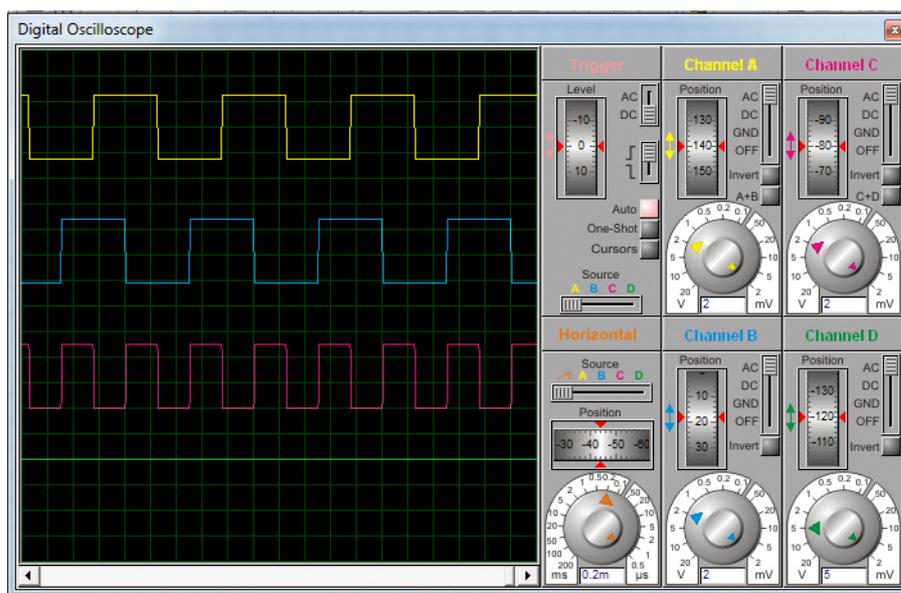
Figura 54- Duplicador de frequência no software ISIS - PROTEUS.



Fonte: Elaborado pelo autor .

Na figura 55 podem ser observados os sinais de teste simulados no circuito duplicador de frequências utilizando uma porta lógica XOR de duas entradas. Em azul e amarelo tem-se os sinais de entrada, com 90° de defasagem, conforme medidos com o osciloscópio real e, em vermelho, o sinal resultante com o dobro da frequência dos outros dois.

Figura 55 - Sinais no circuito duplicador de frequências.



Fonte: Elaborado pelo autor .

5.3 OS SINAIS PROVENIENTES DO CABEÇOTE DA MÁQUINA

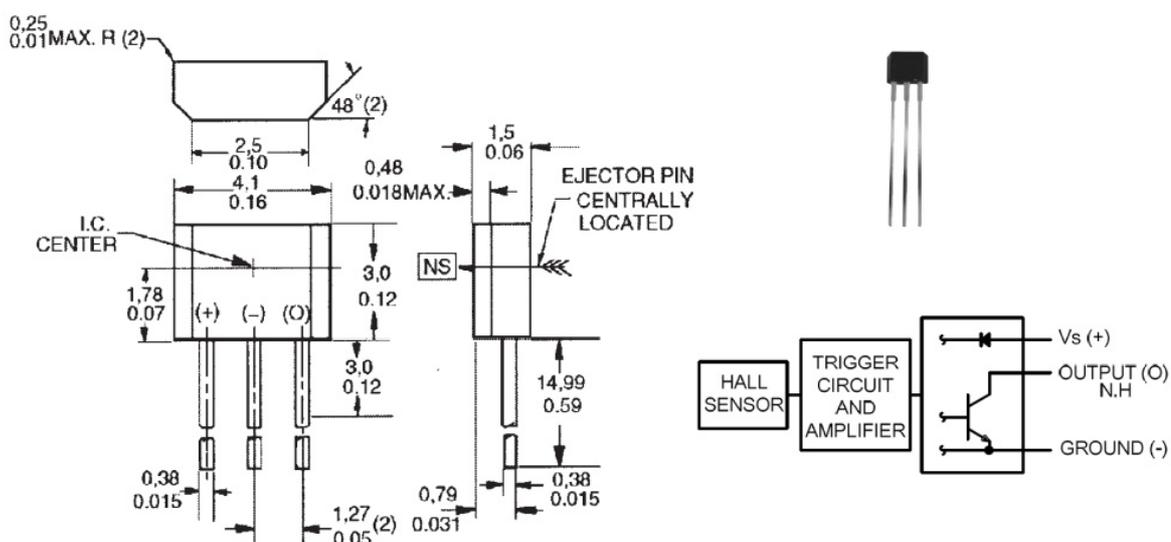
O projeto do retrofit visa o aproveitamento dos sistemas mecânicos e de sensoriamento já existentes no próprio corpo da máquina, ou cabeçote da mesma.

Os três motores de passo que serão aproveitados já estão acoplados adequadamente ao sistema mecânico da máquina, assim como os sensores, que monitoram se a agulha está dentro ou fora do material que está sendo costurado e também ajudam a delimitar o movimento da barra da agulha do sistema do transporte da agulha.

Os sensores utilizados são de efeito Hall que trabalham em uma tensão que pode variar de 4,5V até 24V e possuem saída em coletor aberto. Uma característica importante é a sua resposta rápida permitindo a medida de rotações, por exemplo. No caso dos circuitos utilizados na máquina, estes sensores operam em uma

alimentação de 5V e possuem a saída ligada a tensão de alimentação através de um resistor de pull-up. Quando o sensor é submetido a um campo magnético a tensão de saída cai a zero volts, já quando não há influência de campos magnéticos a saída do componente é levada a tensão de alimentação. A figura 56 ilustra este componente assim como os terminais de alimentação e saída.

Figura 56-Sensor de Efeito Hall.



Fonte: Honeywell, 2009 .

O monitoramento da posição da agulha utiliza um disco metálico acoplado a um eixo ligado ao volante da máquina, na parte superior do cabeçote, sendo que em uma rotação completa deste volante a agulha executa o movimento de descida e subida. Quando a máquina está em funcionamento e o volante está girando, metade da área metálica do disco passa por entre um ímã fixado a um suporte e um sensor magnético e causa um distúrbio no campo magnético que é identificado pelo sensor. A figura 57 ilustra o formato do disco assim como a disposição do sensor e ímã no suporte.

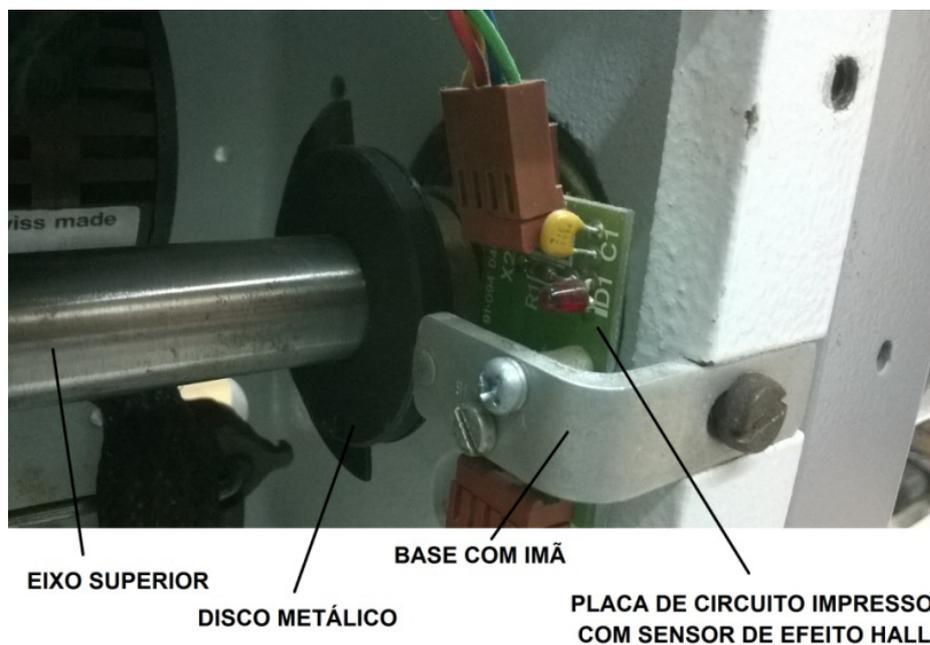
Figura 57-Disco e sensor de Efeito Hall.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O disco deve ser posicionado de tal forma que enquanto a agulha estiver dentro do material que está sendo costurado, o mesmo estará posicionado entre o ímã e o sensor. Já quando a agulha está fora do material, o disco não interfere no campo magnético enviado ao sensor. Na figura 58 pode ser observado o conjunto composto pelo disco fixado ao eixo da máquina assim como a placa de circuito impresso onde está fixado o sensor magnético.

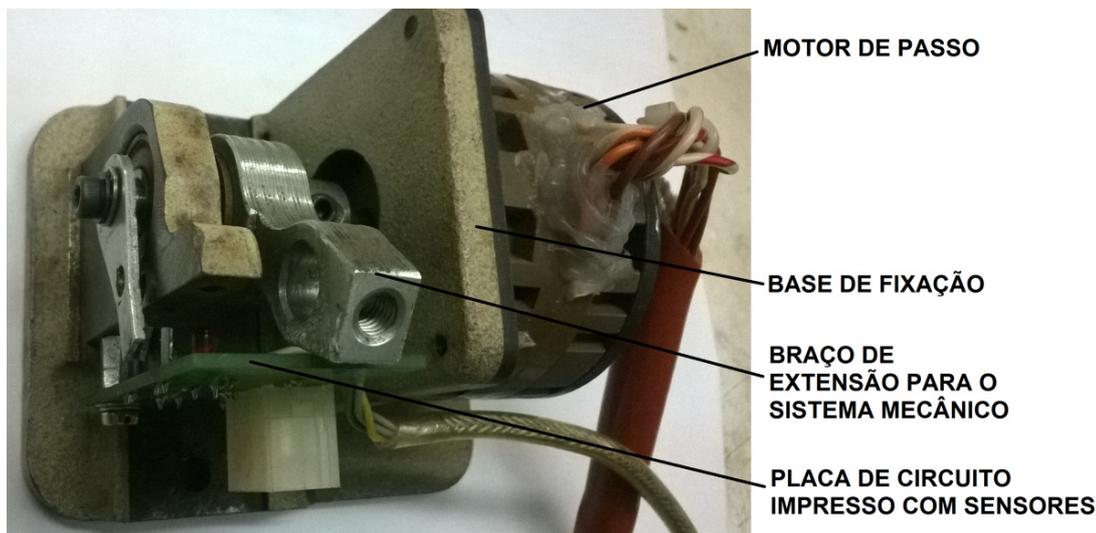
Figura 58-Localização do disco e sensor de Efeito Hall na máquina.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os sensores que delimitam o movimento de “vai e vem” da agulha também são magnéticos e o motor de passo que executa esta tarefa tem fixado em seu eixo uma haste com um ímã conforme a figura 59.

Figura 59-Motor de passo do movimento da agulha e sensores .



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os sensores são mostrados no detalhe da figura 60.

Figura 60-Detalhe da haste com o ímã e os sensores.



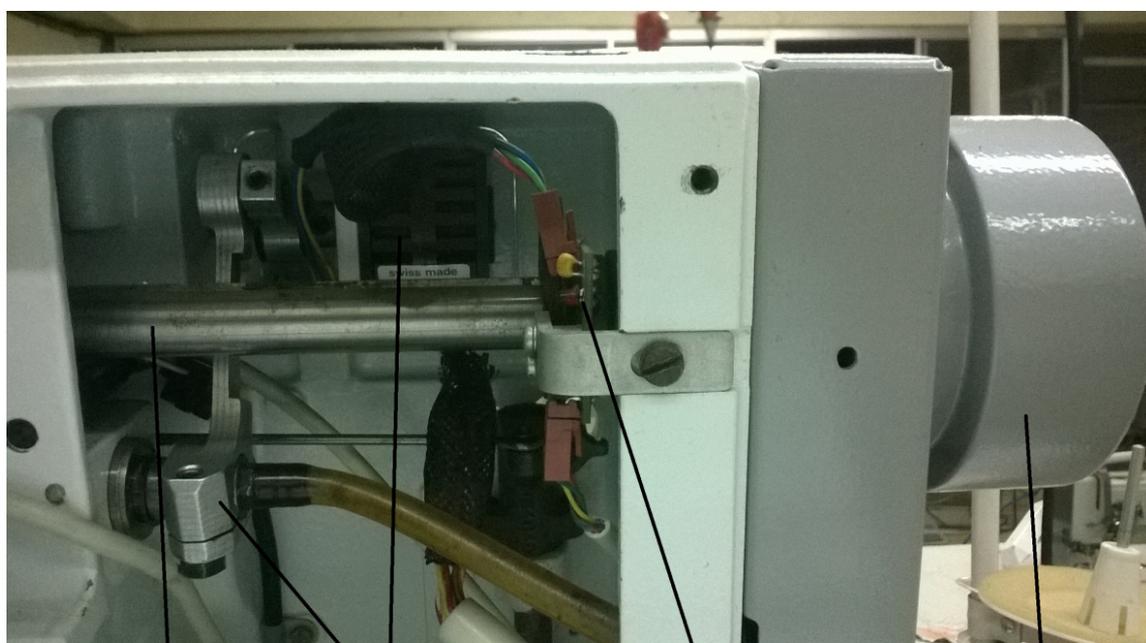
Fonte: Elaborado pelo autor.

O posicionamento dos sensores em relação ao motor define os limites de avanço e retrocesso máximos permitidos para a agulha durante a costura. No caso de uma costura normal para a frente, a agulha tem como referência o sensor

localizado na parte mais ao fundo e o quanto ela irá avançar, fora do material, será definido pelo número de passos determinados pelo tamanho do ponto da costura, voltado dentro do material até encontrar novamente este sensor. Em uma costura em retrocesso, a agulha se baseia no sensor mais à frente, sendo que enquanto a agulha está fora do material ela está se deslocando para trás, retornando para frente dentro do material até também encontrar a posição inicial através do sensor.

A figura 61 ilustra o posicionamento do motor de passo do movimento da agulha e do sensor de posição da mesma em relação ao eixo da máquina.

Figura 61-Conjunto do motor de passo e os sensores na máquina.



EIXO SUPERIOR BRAÇO DE EXTENSÃO SENSOR DE POSIÇÃO DA AGULHA VOLANTE
+
MOTOR DE PASSO - MOVIMENTO DA AGULHA

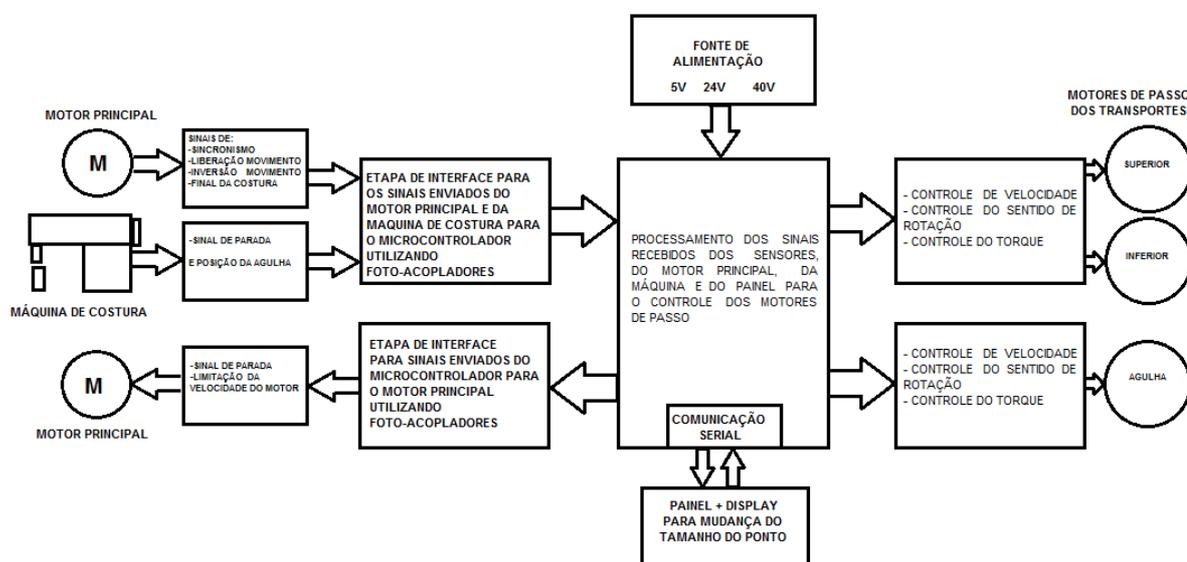
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 ETAPA DE COMANDO DOS TRANSPORTES COM MOTORES DE PASSO

5.4.1 Visão geral do projeto

A figura 62 ilustra o diagrama de blocos do projeto, levando em conta as entradas e saídas de sinais necessárias para o controle dos motores de passo.

Figura 62-Diagrama de blocos do projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor .

5.4.2 Acoplamento mecânico dos motores de passo

Inicialmente, tendo em mente que a velocidade de rotação dos rodízios e dos motores de passo está associada diretamente a rotação de trabalho da máquina, a fim de se obter um determinado tamanho de ponto desejado, é preciso primeiramente determinar esta relação.

Conforme visto anteriormente, existe um acoplamento mecânico que reduz a rotação dos rodízios em relação aos motores de passo, sendo que este sistema tem como principal função aumentar o torque dos motores do sistema de transporte. De

modo de meio passo, considerando a redução de onze vezes que existe entre o motor de passo e o rodízio.

Assim, para que o rodízio de 110mm de diâmetro realize uma volta completa, são necessários 1100 passos dos motores em modo normal ou 2200 passos no modo de meio passo.

O circuito que realizará o controle destes motores de passo deve, portanto, possibilitar a alteração no modo de funcionamento, principalmente na etapa de testes, a fim de avaliar-se qual modo resultará em menor ruído com um determinado torque selecionado. Também são requisitos a variação de velocidade dos motores de passo, o controle do sentido de rotação e o controle do torque.

5.4.3 Etapa de comando eletrônico

Nos apontamentos que irão se seguir serão abordados de forma sucinta o funcionamento de diversos componentes eletrônicos que poderão ser usados na implementação do projeto do retrofit com base na experiência profissional, acadêmica e literária.

5.4.4 O microcontrolador 89S8253

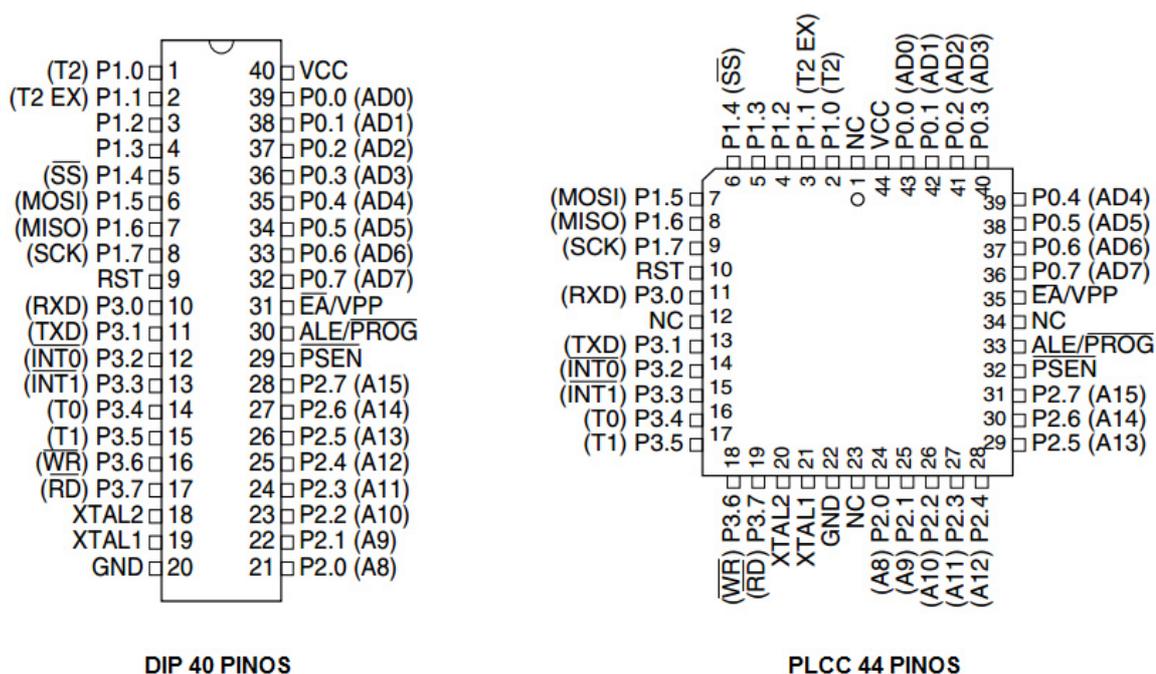
O microcontrolador que será utilizado inicialmente no projeto do retrofit será o 89S8253 do fabricante ATMEL, totalmente compatível com os produtos da linha MCS51, muito conhecido no mercado e amplamente utilizado em diversos projetos. Algumas características importantes a respeito do mesmo são descritas abaixo:

- Tensão de alimentação de 2,7 a 5V;
- Memória Flash de 12K Bytes programável por ISP;
- Memória Ram de 256 bytes;
- Memória EEprom de 2K Bytes;
- 32 pinos de entradas e saídas programáveis em 4 portas de 8 bits;
- 3 contadores / temporizadores de 16 Bits;
- 9 fontes de interrupção;
- Conexão serial Full Duplex;

- Frequência de operação de até 24MHz.

As duas opções de encapsulamento mais utilizados para este microcontrolador são apresentadas na figura 64.

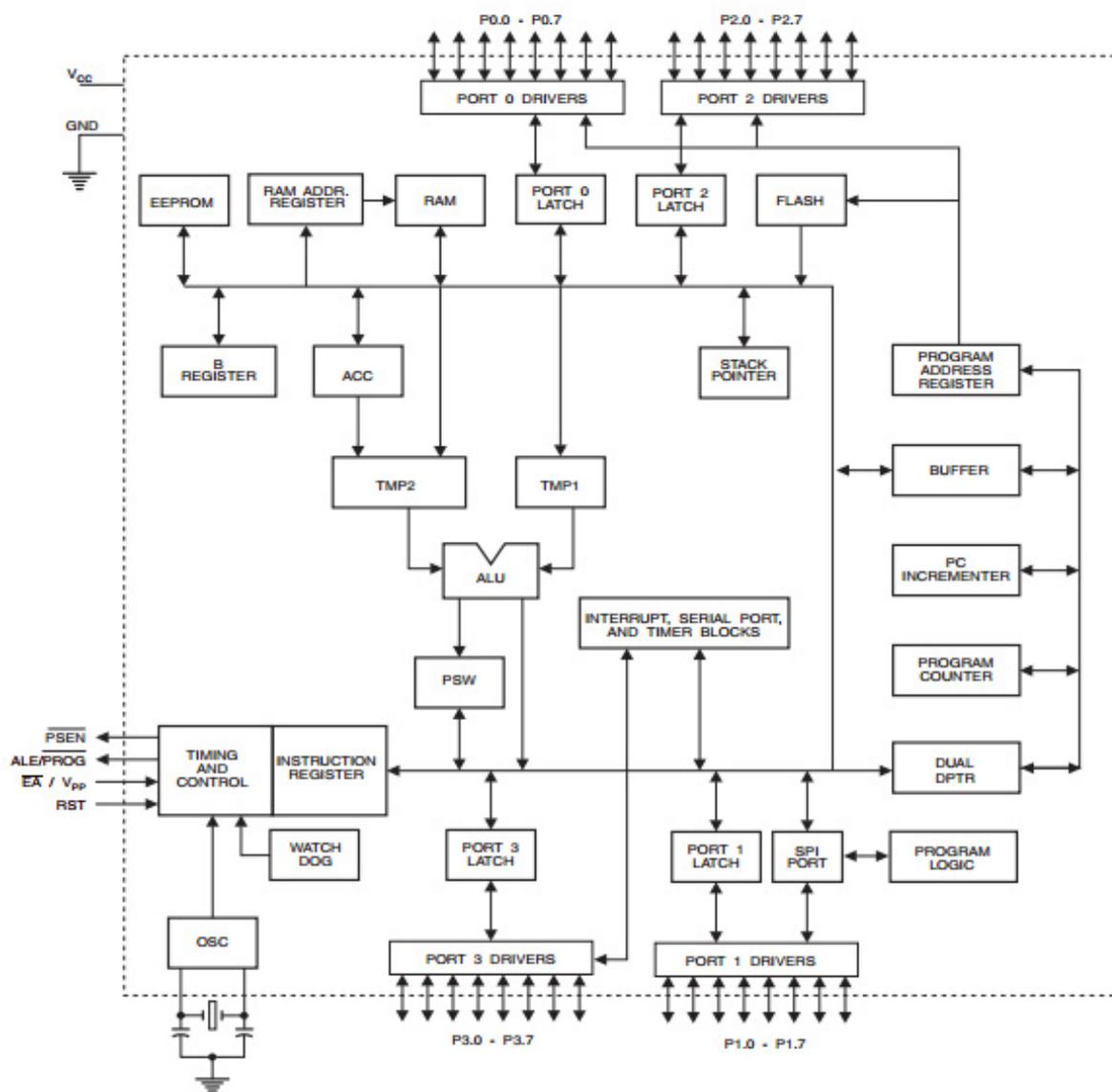
Figura 64 - Encapsulamentos do 89S8253.



Fonte: ATMEL, 2010.

O diagrama de blocos interno do 89S8253 é mostrado na figura 65.

Figura 65- Diagrama de blocos interno do 89S8253.



Fonte: ATMEL, 2010.

5.4.5 Os temporizadores / Contadores do 89S8253

Uma proposta inicial para o projeto é a de obter o sincronismo diretamente do sinal do encoder do motor, dividindo este sinal de frequência para que os motores de passo se movimentem de forma mais rápida ou lenta de acordo com a velocidade de costura da máquina e do tamanho do ponto selecionado. O sincronismo entre o servo motor que movimentava a máquina, permitindo a realização dos pontos por meio do movimento de subida e descida da agulha, e os motores de passo que puxam o

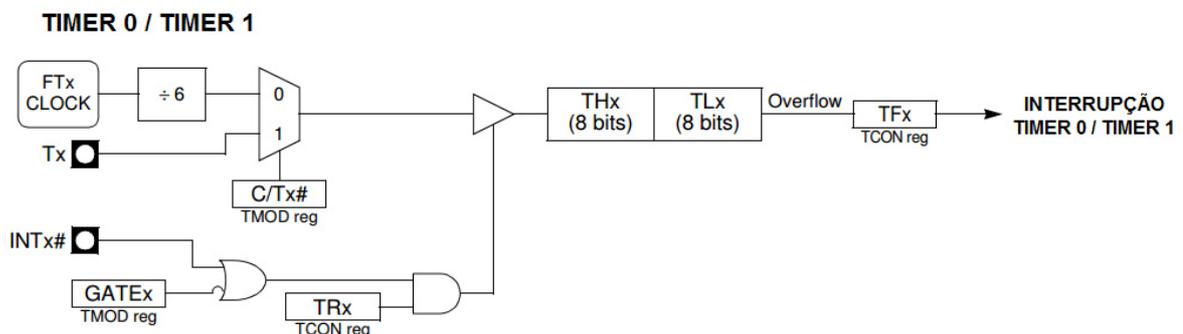
material é imprescindível para que o tamanho do ponto seja obtido com perfeição. Basicamente, se considerarmos uma velocidade de costura do motor fixa, ao escolhermos um tamanho de ponto de 5mm, por exemplo, os motores de passo terão que movimentar-se mais rapidamente do que quando for escolhido um tamanho de ponto de 1mm, porque os transportes terão que movimentar mais material (5mm) em um intervalo de tempo para a realização de um ponto.

Assim, se forem utilizados os contadores / temporizadores do 89S8253 no modo contador, por exemplo, é possível obter um sinal com frequência variável em uma das saídas do microcontrolador, bastando apenas aplicar o sinal do encoder na entrada do contador e o mesmo se encarregará de dividir a frequência. Esta frequência resultante pode gerar uma sequência de acionamento para comandar diretamente os motores de passo a partir do próprio microcontrolador, ou ainda ser aplicada à um circuito integrado dedicado a tarefa de chavear as bobinas dos motores.

Operando como contadores no modo 1, é possível obter uma contagem até 65535, ou 16 bits, sendo que ao ser atingido este valor ocorre o estouro ou overflow do contador, podendo ,ou não, gerar um pedido de interrupção. Também é possível determinar uma contagem até um valor específico, bastando apenas carregar o contador com o valor desejado, tomando o cuidado de subtrair este valor de 65536.

A figura 66 mostra o diagrama funcional dos contadores / temporizadores do 89S8253.

Figura 66 - Timer / Counter do 89S8253.



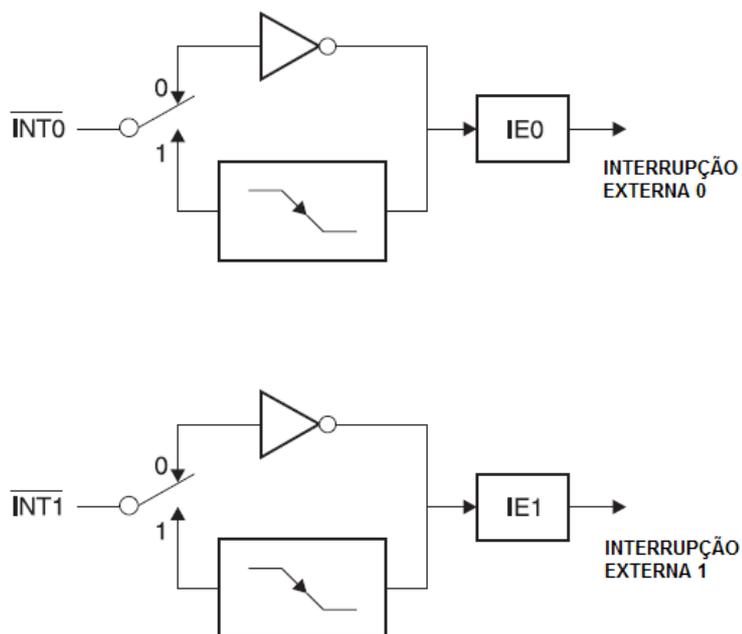
Fonte: ATMEL, 2010 .

Outra possibilidade consiste em utilizar os contadores para dividir o sinal do encoder e relacionar estes pulsos com o fato de que cada passo dado pelos motores corresponde a um décimo de milímetro no rodízio do transporte. Assim, caso o tamanho de ponto desejado seja de 1mm os motores dos transportes irão dar 10 passos e, se o tamanho do ponto for 2,5mm, serão 25 passos. Talvez este seja um método mais preciso para a determinação de quanto os rodízios irão andar em relação ao tamanho do ponto selecionado, pois os números de passos estariam diretamente relacionados com o mesmo.

5.4.6 As interrupções externas do 89S8253

As duas interrupções externas do microcontrolador podem operar através da borda de subida e descida do sinal produzido pela passagem do disco metálico, acoplado no eixo da máquina, entre o imã e o sensor de efeito Hall, o que determinará o momento exato quando a agulha está entrando e saindo. Este sinal é muito importante, pois através dele o circuito saberá em qual direção a agulha deve se movimentar e também informará o servo motor principal em que posição a agulha está quando a máquina estiver parada. A figura 67 ilustra o diagrama funcional das interrupções externas do 89S8252, por nível de tensão ou pela borda de descida dependendo da seleção.

Figura 67 - Interrupções Externas do 89S8253.

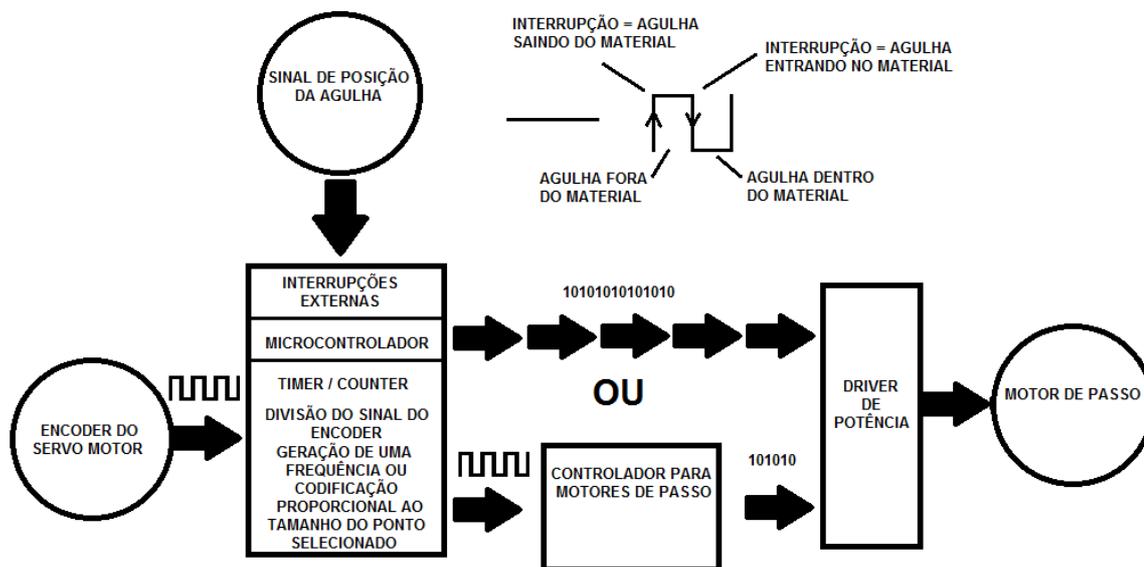


Fonte: ATMEL, 2010 .

Como pode ser observado na figura anterior, ambas as interrupções podem ser acionadas ou em nível baixo, ou na borda de descida. Como o sinal de posição da agulha é somente um, e irá parar as duas entradas de interrupção, para detectar-se a borda de subida e descida separadamente, haverá a necessidade de utilizar-se uma porta lógica inversora em uma das entradas de interrupção. Assim, apesar de ambas estarem atuando na borda de descida, uma delas estará detectando a borda de subida devido a inversão do sinal de entrada

A figura 68 ilustra na forma de diagrama de blocos a implementação da etapa de controle dos motores de passo através da divisão da frequência do encoder em conjunto com o sinal de posição da agulha.

Figura 68 - Diagrama da etapa de controle dos motores de passo.



Fonte: Elaborado pelo autor .

A utilização de um circuito integrado dedicado ao controle dos motores de passo, evidentemente, permite minimizar o processamento do microcontrolador e ainda disponibiliza um número maior de pinos de entradas e saídas para o monitoramento e acionamento de periféricos.

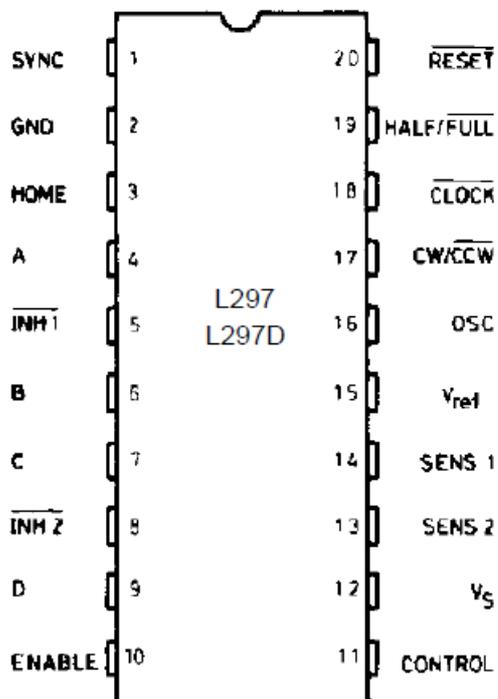
5.4.7 O circuito integrado L297

Existem no mercado, circuitos integrados dedicados ao controle de motores de passo, como o L297 que possui internamente todos os circuitos para gerar as sequências de acionamento para as bobinas destes motores bastando definir o modo de operação (HALF ou FULL STEP) e aplicar um sinal de sincronismo para determinar a velocidade de rotação.

Este componente é muito utilizado em diversos tipos de máquinas que usam motores de passo de duas fases e, para os testes iniciais, também será adotado no retrofit.

O encapsulamento do L297 é mostrado na figura 69.

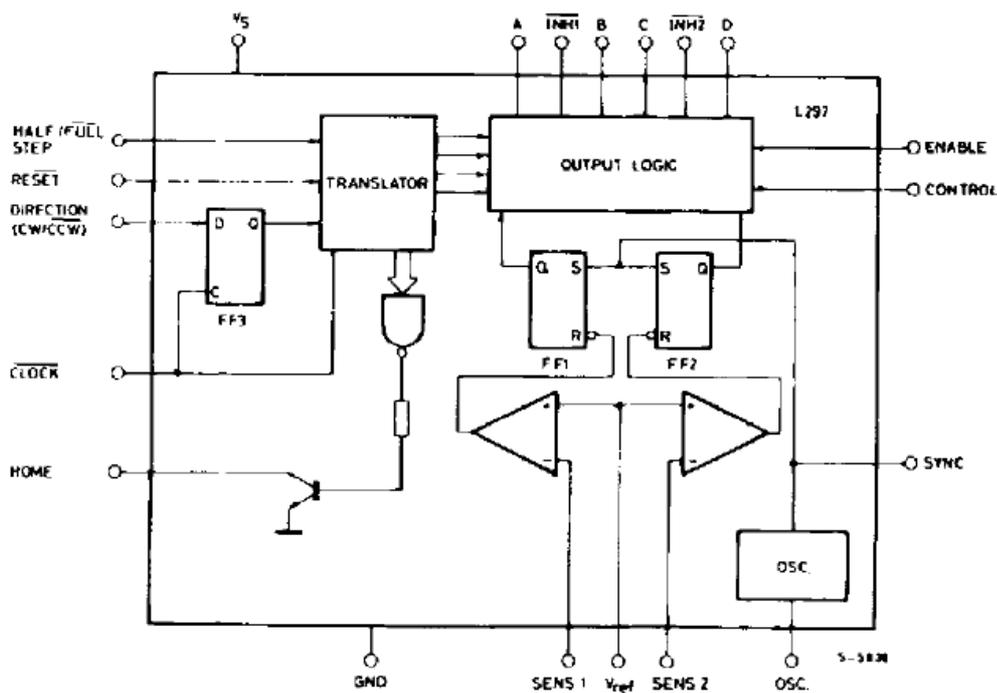
Figura 69 - Encapsulamento do L297.



Fonte: SGS-THOMSON, 1996.

O diagrama de blocos interno do L297 pode ser visto na figura 70.

Figura 70 - Diagrama interno do L297.



Fonte: SGS-THOMSON, 1996.

O circuito integrado oferece diversos recursos de controle e operação nos padrões TTL, os quais possibilitam sua conexão direta com um microcontrolador, por exemplo, e ainda utiliza poucos componentes externos.

Como pode ser observado no diagrama de blocos, o L297 tem os seguintes pinos de controle:

- Entradas Half / FullStep: em nível alto faz com que o motor de passo opere no modo HalfStep (meio passo), já em nível baixo, o modo FullStep é selecionado;

- Entrada de Clock: determina a velocidade com que o motor de passo irá girar, por meio do chaveamento de suas bobinas. Assim, uma frequência alta resulta numa velocidade maior e, uma frequência mais baixa, uma velocidade menor. O contador interno, que recebe este sinal, incrementa ou decrementa sua saída a cada borda de subida do clock.

- Saídas ABCD: fornecem a codificação que permite o chaveamento das bobinas do motor de passo de acordo com o modo de operação e velocidade. Os pinos A e B correspondem a uma bobina, enquanto os pinos C e D a outra bobina em um motor de duas fases.

- Entrada Control: determina se o chopper irá atuar na etapa de saída ABCD quando em nível alto, ou na saída INH1 e INH2 quando em nível baixo.

- Entradas INH1 e INH2: em nível baixo, inibe o controle das saídas AB para INH1 e, CD para INH2. Permite o controle de corrente para as bobinas do motor quando usado com o Chopper do circuito. O chopper atua de forma a não permitir que as bobinas permaneçam energizadas de forma contínua, a fim de não danificar a elas ou o circuito de acionamento, quando o motor não está em movimento por muito tempo, por exemplo. O circuito do chopper gera um chaveamento nas saídas determinadas, de acordo com a corrente medida nas bobinas do motor através dos resistores de sensoriamento e comparada com a tensão de referência interna do circuito (V_{ref}).

- Entrada V_{ref} : determina o nível de referência de tensão para o circuito do chopper e, assim o valor máximo da corrente que será aplicada as bobinas do motor. O valor máximo desta tensão de referência é, segundo o fabricante, de 3V. O valor de tensão nesta entrada pode ser determinado por meio de um divisor de tensão simples com dois resistores, ou através de um circuito utilizando um conversor DA

com ponte R-2R, por exemplo, permitindo que o microcontrolador altere automaticamente esta condição conforme a necessidade.

- Entradas Sens1 e Sens2: são conectadas aos sensores de corrente das bobinas. Estes sensores são resistores ligados em série com as bobinas do motor e, convertem a corrente que passa por eles, em uma tensão proporcional. A tensão dos sensores é comparada com a tensão de referência do chopper e o mesmo determina se ela está acima ou dentro dos limites estabelecidos e, caso esteja acima, o chopper atua nas saídas a fim de limitar a corrente.

- Entrada OSC: determina a frequência de operação do chopper através de um resistor e um capacitor conectados em sua entrada. O fabricante sugere o valor de 22K Ω para o resistor e 33nF para o capacitor.

- Entrada CW / CCW: em nível alto faz com que o motor gire em uma direção e, em nível baixo, em outra direção.

- Saída Home: é uma saída, em coletor aberto, que indica quando o código de saída está no estado inicial (ABCD = 0101).

- Entrada Reset: em nível baixo, faz com que a saída do circuito integrado assuma um código pré-determinado, que representa a condição inicial de chaveamento das bobinas do motor de passo.

- Entrada Enable: quando em nível baixo inibe o funcionamento das saídas do L297. Quando em nível alto permite a operação normal do circuito integrado.

- Saída SYNC: permite sincronizar diversos L297 com o mesmo valor de frequência do chopper. Assim, ao se determinar uma frequência no pino OSC de um primeiro L297, os demais poderão utilizar este mesmo sinal, bastando interligar o pino SYNC de todos eles.

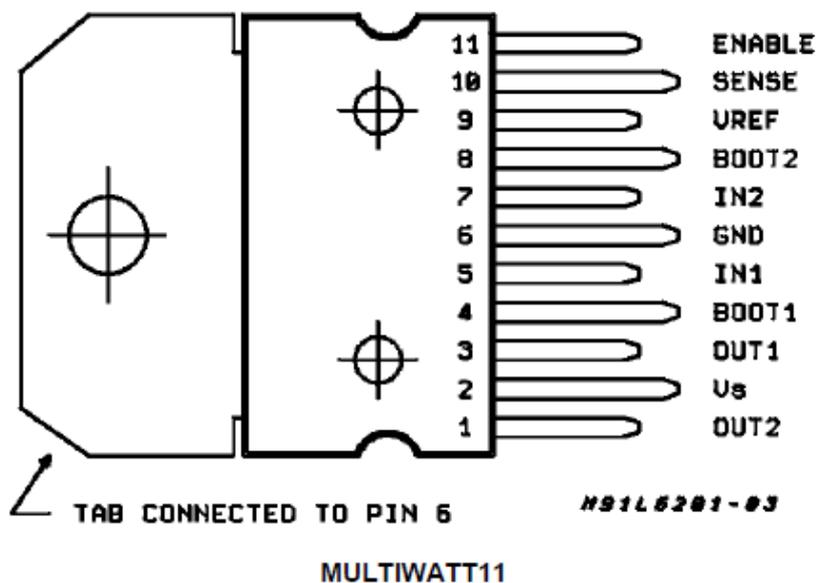
- Vs e GND: pinos de alimentação 5V.

5.4.8 Circuito de acionamento dos motores de passo – L6203

Uma grande vantagem do uso do circuito integrado L297 é a possibilidade de conectá-lo diretamente ao circuito integrado ponte H L6203 visto que ambos são produzidos pelo mesmo fabricante. O L6203 é um componente muito utilizado atualmente em circuitos de controle de motores de passo das máquinas modernas, reduzindo o número de componentes dedicados ao chaveamento das bobinas e em

consequência o espaço necessário na placa de circuito impresso, acarretando em um bom custo benefício. A pinagem do L6203 que será utilizada, MULTIWATT11, é mostrada na figura 71.

Figura 71-Pinagem do L6302 no encapsulamento MULTIWATT11.



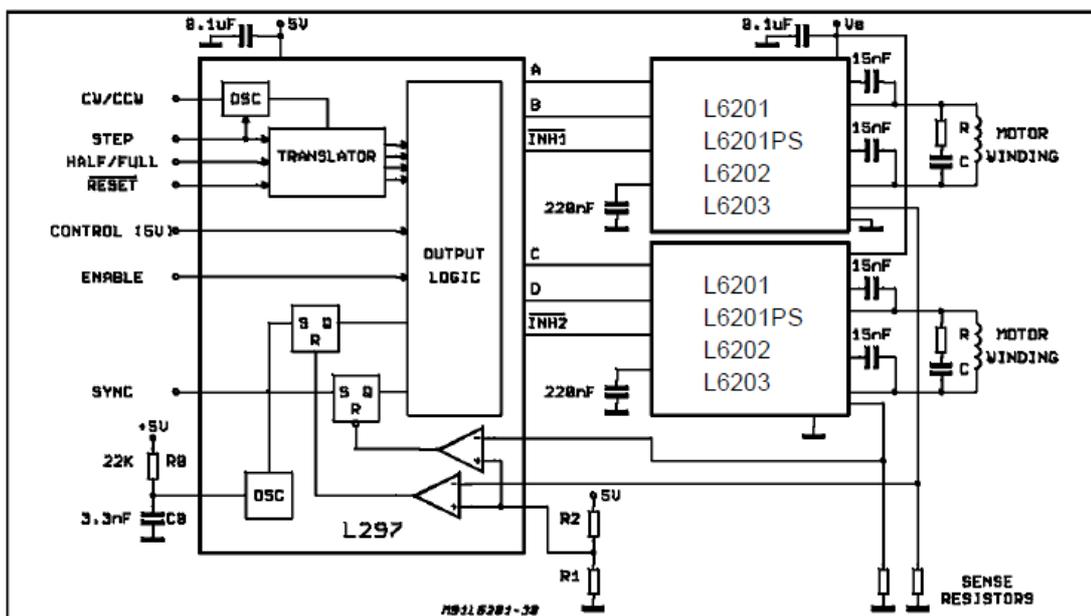
Fonte: SGS-THOMSON, 1997.

Conforme pode ser visto, este componente possui terminais para conexão do resistor do sensor de corrente (Sens1 ou Sens2), pinos de entrada da codificação do chaveamento (AB ou CD) e habilitação (INH1 ou INH2). Também estão disponíveis os pinos de alimentação e entradas para filtro capacitivos.

Pelo fato de os dois componentes serem fabricados pela mesma empresa, eles possuem total compatibilidade em níveis de tensão e operação, bastando interligar suas entradas e saídas.

O circuito sugerido pelo fabricante é mostrado na figura 72, sendo que como cada L6203 pode acionar somente uma bobina, são necessários dois deles para as duas fases do motor de passo.

Figura 72 - Utilização do L297 em conjunto com o L6302.



Fonte: SGS-THOMSON, 1997.

5.4.9 O circuito integrado 74HC574

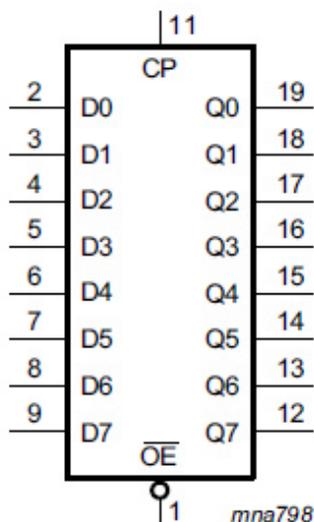
O 74HC574, da família TTL, possui 8 FLIP-FLOPS tipo D com entradas de D0 a D7, e saídas de Q0 a Q7, controladas pelos pinos OE e CP. Este componente permite a expansão das portas de entrada e saída de microcontroladores.

O pino OE, quando em nível baixo, permite a passagem dos dados presentes nos flip-flops internos para as saídas Q, sendo que quando há nível lógico alto neste pino, as saídas permanecem em alta impedância.

O pino CP, ao receber um pulso de sinal na borda de subida, faz com que os dados presentes nas entradas D passem para as saídas dos flip-flops internos ao circuito integrado.

O diagrama lógico do componente é mostrado na figura 73.

Figura 73- Diagrama lógico do 74HC574.



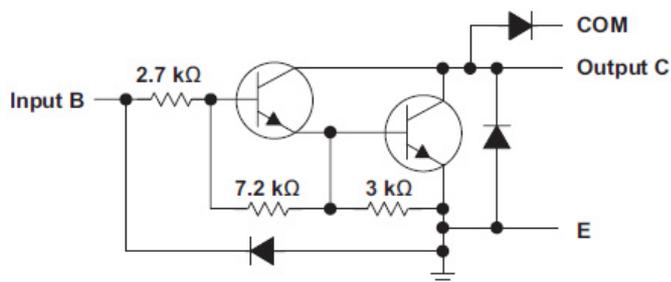
Fonte: NXP, 2015.

5.4.10 O circuito integrado ULN2803

O ULN 2803 consiste em um arranjo de 8 transistores NPN Darlington para alta tensão e alta corrente. As saídas dos mesmos são em coletor aberto e possuem diodos de proteção ligados em catodo comum possibilitando conectar cargas indutivas diretamente a elas.

Cada transistor do ULN 2803 possui também um resistor de 2,7KΩ ligado a sua base, o que permite que os terminais de entrada (input) do componente sejam ligados diretamente a circuitos digitais CMOS ou TTL alimentados com 5V conforme ilustrado na figura 74.

Figura 74- Circuito interno para cada transistor do ULN 2803.



Fonte: Texas Instruments, 2014.

As principais características deste componente são apresentadas abaixo:

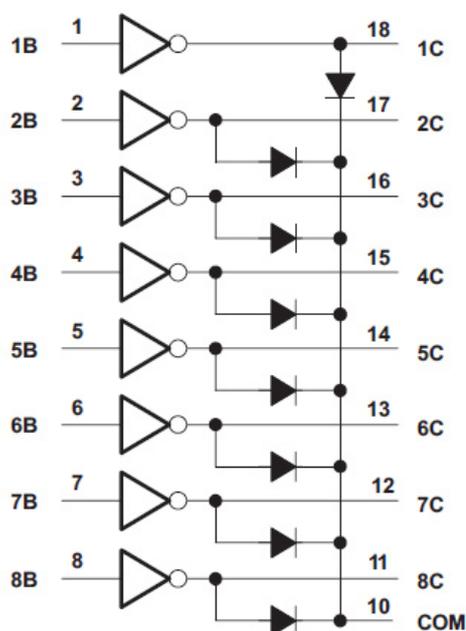
- Tensão máxima na saída: 50V;
- Corrente máxima na saída: 500mA;

Os tempos de propagação para um sinal, com uma tensão de saída de 50V e uma carga R_L de 163Ω , são:

- 130ns - nível baixo para o nível alto;
- 20ns - nível alto para nível baixo;

O diagrama interno do componente é apresentado na figura 75.

Figura 75- Diagrama interno do ULN 2803.

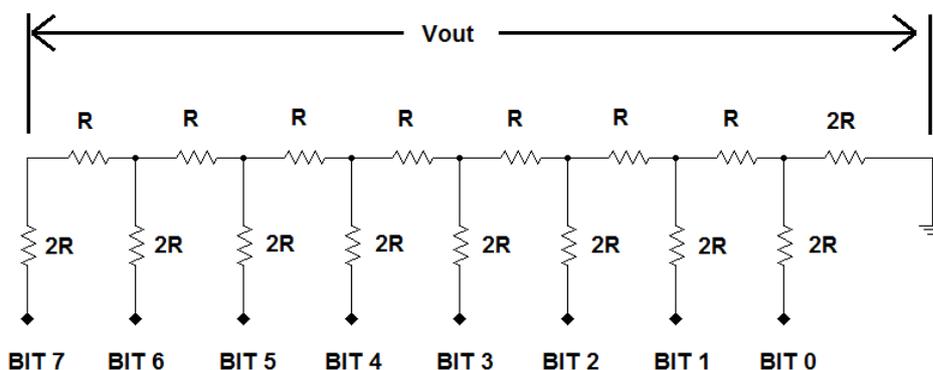


Fonte: Texas Instruments, 2014.

5.4.11 Rede de resistores R-2R

A figura 76 mostra um exemplo de circuito R-2R, que consiste em um arranjo de resistores que permite converter uma informação digital em um nível de tensão. A informação digital é colocada na entrada do conversor, bits de 0 a 7, e, na saída V_{out} , é obtida essa informação com níveis de tensão correspondentes ao valor binário presente na entrada.

Figura 76- Circuito com rede de resistores R-2R.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Se forem utilizados os 8 bits, por exemplo, o conversor apresentará uma tensão de 5V na saída quando todos estes bits estiverem em nível alto. Caso somente o bit 0 esteja em nível alto, a saída terá somente 19,53mV, o que corresponde a menor resolução de um conversor de 8 bits. O exemplo abaixo mostra o cálculo, utilizando a equação que representa o comportamento do circuito, quando se tem somente o bit 0 em nível alto:

Equação 1- Equação para cálculo de tensão de saída da rede R-2R.

$$V_{out} = V_{cc} * \left[\frac{BIT(7)}{2} + \frac{BIT(6)}{4} + \frac{BIT(5)}{8} + \frac{BIT(4)}{16} + \frac{BIT(3)}{32} + \frac{BIT(2)}{64} + \frac{BIT(1)}{128} + \frac{BIT(0)}{256} \right]$$

$$V_{out} = V_{cc} * \left[\frac{BIT(0)}{256} \right]$$

$$V_{out} = 5 * \left[\frac{1}{256} \right]$$

$$V_{out} = 19,53mV$$

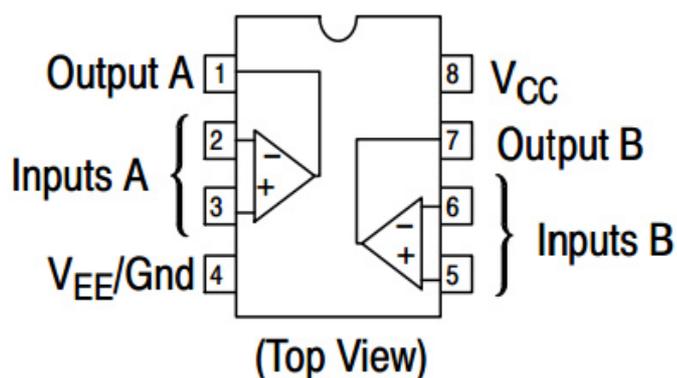
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4.12 LM358

O circuito integrado LM 358 possui dois amplificadores operacionais internamente, os quais não necessitam de fonte simétrica para operar. A figura 77 mostra a pinagem e a disposição interna dos amplificadores operacionais dentro do componente. Este componente, trabalhando em conjunto com a rede R-2R, permite

que seja possível um ajuste do ganho de tensão na saída da rede resistiva, além do casamento de impedâncias com a entrada da próxima etapa em que a mesma for ligada.

Figura 77 - Pinagem e diagrama interno do LM358.

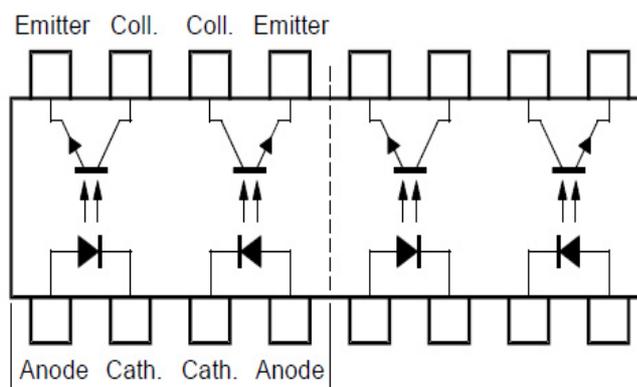


Fonte: Texas Instruments, 2013.

5.4.13 Foto acoplador CNY74-14

Este conjunto de foto acopladores é muito utilizado na etapa de isolamento entre os circuitos digitais que operam em 5V e a etapa de chaveamento dos motores de passo nas placas da etapa de transporte das máquinas da série 1493 e 1491. A pinagem e a disposição dos foto acopladores internamente é mostrada na figura 78.

Figura 78 -Pinagem e diagrama interno do foto acoplador CNY74-14.



Fonte: VISHAY, 2009.

As principais características deste componente são:

- Corrente direta máxima (I_F) no led do emissor: 50mA;
- Tensão no led do emissor, valor típico com I_F de 20mA: 1,25V;
- Corrente máxima entre coletor e emissor do receptor (I_c): 50mA;
- Tensão máxima entre coletor e emissor do receptor (V_{ce}): 70V;
- Tempo de resposta, com V_{ce} de 5V, I_c de 2mA e R_L de 100 Ω conectado

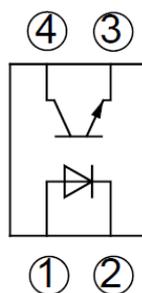
no coletor:

- Rise time, típico, 3 μ s;
- Fall time, típico: 4,7 μ s.

5.4.14 Foto acoplador PC817

O foto acoplador PC817 exerce uma função semelhante ao CNY74-14, mas em placas da etapa de transporte mais atuais. A figura 79 mostra sua pinagem e diagrama interno.

Figura 79- Pinagem e diagrama internos do foto acoplador PC 817.



Fonte: SHARP, 1995.

As principais características deste componente são:

- Corrente direta máxima (I_F) no led do emissor: 50mA;
- Tensão no led do emissor, valor típico com I_F de 20mA: 1,2V;
- Corrente máxima entre coletor e emissor do receptor (I_c): 50mA;
- Tensão máxima entre coletor e emissor do receptor (V_{ce}): 35V;
- Tempo de resposta, com V_{ce} de 2V, I_c de 2mA e R_L de 100 Ω conectado

no coletor:

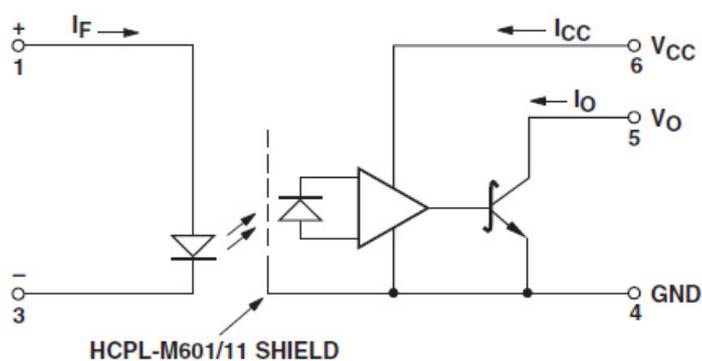
- Rise time, típico, 4 μ s;

-Fall time, típico: 3 μ s.

5.4.15 Foto acoplador HCPL-601

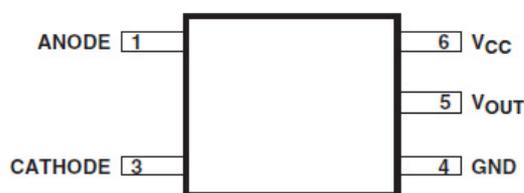
Este foto acoplador é muito utilizado em etapas de isolamento entre módulos de potência com transistores IGBT's e a parte lógica de comando em servo motores devido a sua grande velocidade de chaveamento. A figura 80 mostra seu diagrama interno e na figura 81 sua pinagem e encapsulamento. O circuito interno do mesmo deve ser alimentado com 5V no pino Vcc na etapa do receptor, sendo que a saída Vo também opera com esta tensão máxima.

Figura 80- Diagrama interno do foto acoplador HCPL-601.



Fonte: Avago Technologies, 2010.

Figura 81- Pinagem do foto acoplador HCPL-601.



Fonte: Avago Technologies, 2010.

As principais características deste componente são:

- Corrente direta máxima (IF) no led do emissor: 20mA;
- Tensão no led do emissor, valor típico com IF de 20mA: 1,5V;

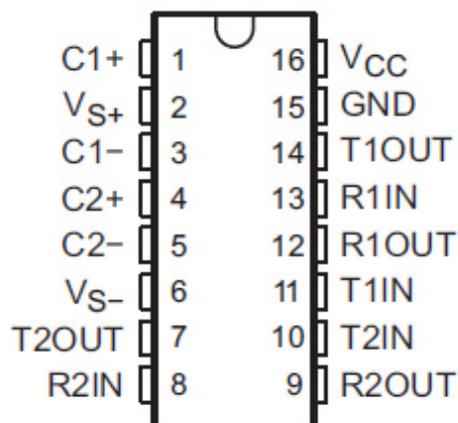
- Corrente máxima entre coletor e emissor do receptor (I_c): 50mA;
- Tensão máxima entre coletor e emissor do receptor (V_{ce}): 5V;
- Tempo de resposta, com V_{ce} de 2V, I_c de 2mA e R_L de 100 Ω conectado no coletor:
 - Rise time, típico, 24ns;
 - Fall time, típico: 10ns.

5.4.16 O circuito integrado MAX 232

O circuito integrado MAX232 é largamente utilizado em etapas de comunicação serial com padrão RS232, onde os sinais de dados seriais com amplitude de 5V dos circuitos digitais padrão TTL podem ser enviados a grandes distâncias, em torno de 16,5 metros. Isso é possível devido ao fato deste circuito integrado utilizar 10V simétricos na linha de comunicação, ao invés de 5V, evitando a interferência de sinais externos que poderiam corromper a integridade dos dados enviados pelo cabo de comunicação. A tensão de 10V simétricos, utilizada na linha de comunicação, é gerada internamente pelo componente sem a necessidade de fontes simétricas externas, sendo utilizada somente a tensão de alimentação de 5V do próprio circuito.

Estes componentes são utilizados em pares, um em cada extremidade do cabo de comunicação entre os equipamentos. Assim, um MAX232 em uma extremidade do cabo converte o nível de sinal de 5V para 10V simétricos no envio do sinal e, outro MAX232 na outra extremidade do cabo, converte a tensão de 10V simétricos da linha para 5V na etapa de recepção. A pinagem do componente é mostrada na figura 82.

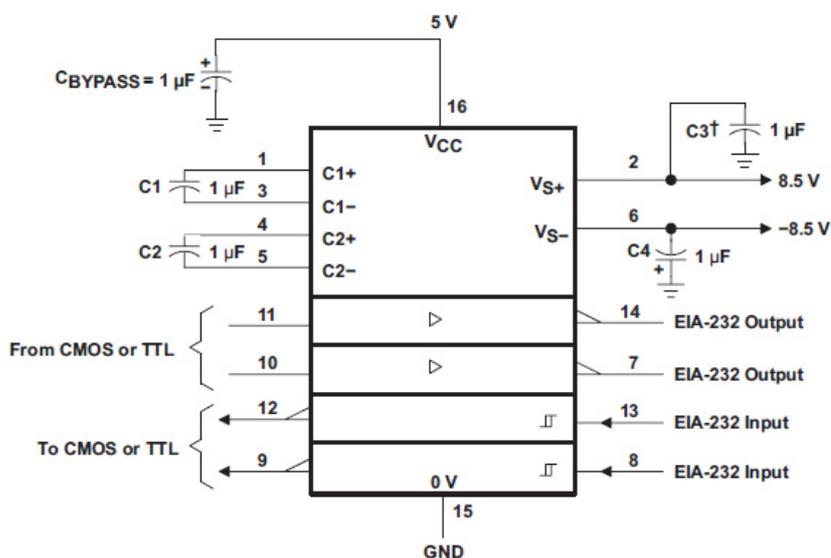
Figura 82- Pinagem do MAX232.



Fonte: Texas Instruments, 2014.

O diagrama interno do MAX 232, com os componentes externos sugeridos pelo fabricante, é mostrado na figura 83.

Figura 83- Diagrama interno do MAX232.



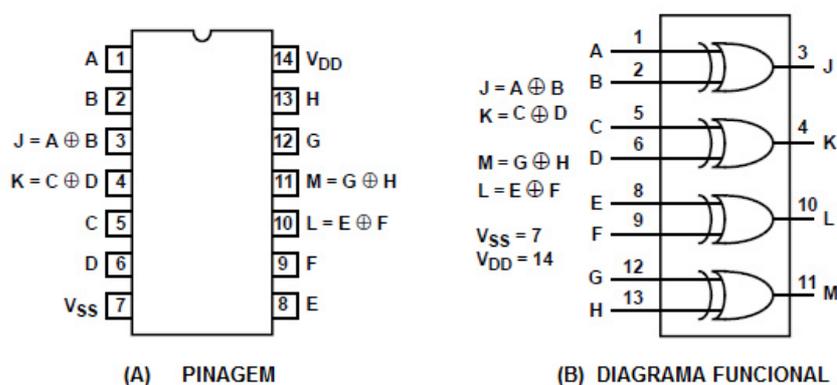
Fonte: Texas Instruments, 2014.

No caso do projeto, este circuito integrado permitirá a comunicação entre a placa de comando e um painel onde serão alterados os tamanhos dos pontos.

5.4.17 O circuito integrado PORTA LÓGICA XOR 4070

O circuito integrado 4070 possui em seu interior 4 portas lógicas XOR de duas entradas sendo que sua pinagem é mostrada na figura 84 – A enquanto seu diagrama funcional pode ser visto na figura 84 - B.

Figura 84- Pinagem e diagrama interno 4070.



Fonte: Texas Instruments, 2003.

Conforme visto anteriormente, este componente, cuja tabela verdade é mostrada na figura 85, possibilita duplicar o sinal proveniente do encoder do servo motor. Além disso, em uma necessidade de uma porta inversora, basta que uma das entradas de uma porta não utilizada seja conectada ao nível alto que a outra terá seu nível invertido na saída.

Tabela 3- Tabela verdade do 4070.

A	B	J
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

NOTE:
1 = High Level
0 = Low Level
J = A ⊕ B

Fonte: Texas Instruments, 2003.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Máquina de costura: Tanto os motores de passo quanto sensores e mecanismos poderão ser aproveitados no desenvolvimento do retrofit, o que reduzirá consideravelmente os custos e também o tempo de pesquisa na busca de motores de passo que satisfaçam as condições de desempenho exigidos.

Microcontrolador: O microcontrolador da família 89 da ATMEL apresenta a mesma simplicidade da topologia do hardware e software da família 8051 da INTEL, mas oferece também um bom desempenho graças as atualizações tecnológicas nele implementadas como memórias FLASH e EEPROM e a possibilidade da gravação in-system o que facilita o desenvolvimento de projetos como o deste retrofit. Um dos microcontroladores mais acessíveis do mercado, o 89S8253, será o componente que terá o foco principal no projeto. Visto que primordialmente os sinais que o circuito deverá processar são digitais, acredita-se que o mesmo terá condições de analisar todas as informações e realizar o controle da forma desejada. Em caso do não cumprimento destas tarefas, também existe a possibilidade da utilização de outros membros da família de microcontroladores da ATMEL como o 89LP51ID2 que possui, além das características apresentadas anteriormente, conversores A/D e saídas PWM, mas a um custo mais elevado.

Circuitos integrados auxiliares: A idéia original do projeto consiste em usar o circuito integrado L297 para efetuar o controle do chaveamento dos transistores da ponte H do L6203, visando um maior aproveitamento do microcontrolador para um monitoramento rápido dos sensores e controle do próprio L297.

O circuito 74HC574 possibilita a expansão dos ports do 89S8253 para que o mesmo possa atuar em conjunto com o conversor D/A, formado pela rede resistiva R-2R, no controle do torque dos motores de passo. O amplificador operacional LM358 tem por finalidade casar a impedância da saída da rede resistiva R-2R com a entrada do L297 que controla o torque dos motores.

7. CONCLUSÃO

Após a etapa inicial referente ao levantamento de dados sobre o funcionamento do equipamento, e tendo amplo embasamento teórico e prático adquirido no âmbito acadêmico e profissional, o próximo passo consiste em projetar a parte do controle eletrônico e simulações visando a implementação para a execução de testes práticos do sistema, os quais serão realizados no TCC-2.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NICOLOSI, Denys Emílio Campion; BRONZERI, Rodrigo B..**Microcontrolador 8051 com Linguagem C: Família AT89s8252 Atmel - Prático e Didático**. 2. ed .São Paulo, SP: Érica, 2009. 222 p.

SILVA JR., Vidal Pereira da. **APLICAÇÕES PRÁTICAS DO MICROCONTROLADOR 8051 – TEORIA GERAL DETALHADA** . 12. ed .São Paulo, SP: Érica, 2004. 248 p.

NICOLOSI, Denys Emílio Campion. **LABORATÓRIODE MICROCONTROLADORES FAMÍLIA 8051**.3. ed .São Paulo, SP:Érica, 2002. 206 p.

NICOLOSI, Denys Emílio Campion; BRONZERI, Rodrigo B..**Microcontrolador 8051 Detalhado**. 4. ed .São Paulo, SP: Érica, 2000. 221 p.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

IDOETA, Ivan V.; CAPUANO, Francisco G. **Elementos de eletrônica digital**. 11. ed. São Paulo, SP: Érica, 1999.

Datasheet ULN2803. Disponível em:<

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/uln2003a.pdf>

Datasheet 78C10. Disponível em:<

http://datasheets.chipdb.org/NEC/uPD78C1x/uPD78C10_Summary.pdf

Datasheet 6DI20C. Disponível em:<

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/61042/FUJI/6DI20C-050.html>

Datasheet Motor de Passo DM50. Disponível em:<

<http://www.dimatech.ch/DM50.php>

Datasheet L6203. Disponível em:<

<http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/datasheet/CD00000089.pdf>

Datasheet LM358. Disponível em:<

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm158-n.pdf>

Datasheet 74HC574. Disponível em:<

http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT574.pdf

Datasheet MAX232. Disponível em:<

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>

Datasheet PC817. Disponível em:<

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/Sharp/mXruvuu.pdf>

Datasheet CYN74-14. Disponível em:<

<http://www.vishay.com/docs/83526/83526.pdf>

Datasheet HCPL-601. Disponível em:<

<http://www.avagotech.com/products/optocouplers/industrial-plastic/digital-optocouplers/10mbd/hcpl-m601>

Datasheet 89S8253. Disponível em:<

<http://www.atmel.com/images/doc3286.pdf>

Desenvolvimento de um controle para motores de passo. Disponível em:<

<http://stoa.usp.br/andreromero/files/-1/11859/Motor-Passo.pdf>

Datasheet L297. Disponível em:<

<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/f9/35/6e/3f/48/18/48/51/CD00000063.pdf/files/CD00000063.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000063.pdf>