



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

André Filipe Gonçalves Nogueira

Desenvolvimento de circuitos electrónicos,
softwares e mecanismos para teares
circulares



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

André Filipe Gonçalves Nogueira

Desenvolvimento de circuitos electrónicos,
softwares e mecanismos para teares
circulares

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Eurico Augusto R. Seabra

DECLARAÇÃO

André Filipe Gonçalves Nogueira

Endereço electrónico: andre.f.g.nogueira@gmail.com

Telefone: 960243315

Número do Bilhete de Identidade: 13780529

Título dissertação :

Desenvolvimento de circuitos electrónicos, softwares e mecanismos para teares circulares

Orientador:

Eurico Augusto R. Seabra

Ano de conclusão: 2014

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respectiva, deve constar uma das seguintes declarações:

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ____/10/2014

Assinatura: _____

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho de dissertação, ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã, por todo carinho, dedicação, apoio e educação oferecidos incondicionalmente ao longo de todos estes anos.

Agradeço ao Professor Doutor Eurico Seabra pela orientação e motivação no decorrer deste trabalho, um muito obrigado.

E a todos aqueles que contribuíram, de uma forma ou de outra, para que os objetivos desse trabalho fossem atingidos e cujo nome não foi aqui publicado.

RESUMO

Desde a primeira invenção do tear circular, este já sofreu inúmeros desenvolvimentos.

Inicialmente, os teares circulares destinados à produção de peúgas eram totalmente comandados por mecanismos mecânicos. Posteriormente estes evoluíram para teares circulares semi-automáticos. A partir dos anos 90 estes teares passaram a ter um controlo automático.

O objectivo deste trabalho é o desenvolvimento de placas electrónicas, bem como, todo o seu software de controlo e comando. E desta forma, automatizar um tear circular automático, Conti F3C.

Após um estudo aprofundado do funcionamento do tear circular, bem como, de toda a electrónica que o constitui, será apresentado uma alternativa para automatizar este tear. Ao qual, serão demonstrados o inventário de todos os componentes mecânicos e electrónicos adquiridos no âmbito deste estudo e os esquemas dos circuitos electrónicos desenvolvidos.

Por último, o projecto será validado através da construção das placas de circuitos electrónicos e teste das mesmas.

A partir destes testes ficou concluído que com esta substituição das placas electrónicas e o desenvolvimento do software de controlo e comando, o tear circular transformou-se numa máquina mais eficiente a nível energético e propícia a entrada no mercado de personalização de peúgas, uma vez que esta poderá albergar nos seus microcontroladores diversos programas que poderão ser trocados através de condições (por exemplo: pela quantidade de peúgas produzidas).

Palavras-Chave: Tear Circular, Peúga, Conti F3C, Arduíno Mega 2560, Variador de Velocidade

Abstract

Since the first invention of the circular knitting machines, this has suffered innumerable developments.

Initially, the circular knitting machines for the production of socks were totally controlled by mechanical mechanisms. More later, they progressed to semi-automatic. From of the 90s these knitting machines began getting on automatic control.

The objective of this work is the development of electronic boards, well as, all your command and control software. And this way, automate an automatic circular knitting machine, Conti F3C.

After a detailed study of the functioning of knitting machine, as well, all the components electronics that constitutes an alternative to automate this knitting machine will be presented. Which will be demonstrated inventory of all mechanical and electronic components acquired under this study and schemes of electronic circuits developed.

Finally, the project will be validated through the construction of electronic circuits boards and testing this same boards.

From these tests it was concluded that with this replacement of the electronic boards and the development of command and control software, the knitting machine has become a more efficient machine in energetic level, and propitious to market entry for customizing socks once that can accommodate various programs in their microcontrollers that can be exchanged through conditions (eg: by the quantity of socks produced).

Keywords: Circular knitting Machines, Sock, Conti F3C, Arduíno mega 2560, Speed Variable

ÍNDICE

1.	Introdução	1
1.1.	Enquadramento	1
1.2.	Motivação	1
1.3.	Objectivos do trabalho.....	1
1.3.1.	Objectivo geral.....	1
1.3.2.	Objectivos específicos	2
1.4.	Estrutura da dissertação	2
2.	Tear Circular - Conti F3C.....	3
2.1.	Principais zonas da peúga	7
2.2.	Princípio de fabricação.....	7
2.3.	Componentes a automatizar	8
3.	Estado da Arte	9
3.1.	Componentes electrónicos – Noções básicas.....	9
3.1.1.	Resistores.....	9
3.1.2.	Díodos	13
3.1.3.	Capacitores	16
3.1.4.	Transístores	21
3.1.5.	Indutores.....	24
3.1.6.	Relés.....	25
3.1.1.	Fusível	25
3.1.2.	Transformador eléctrico	26
3.1.3.	PCB.....	27
3.1.4.	Fonte de alimentação	27
3.1.5.	Variador de velocidade.....	27
3.2.	Mecânica.....	28
3.2.1.	Electroválvulas	28
3.2.1.	Jaquard	29
3.2.2.	Encoder	29
3.2.3.	Motor de passo.....	30
3.2.4.	Motor AC.....	30

3.3.	Microcontrolador.....	31
3.3.1.	Board Arduino Mega 2560	31
3.3.2.	Tipos de memórias existentes em microcontroladores.....	32
4.	Protótipo.....	34
4.1.	Mecânica.....	34
4.1.1.	Electroválvulas.....	34
4.1.1.	Encoder.....	35
4.1.2.	Motor de passo.....	36
4.1.3.	Motor AC.....	36
4.1.4.	Jaquard	37
4.1.5.	Transformador eléctrico.....	37
4.2.	Electrónica.....	37
4.2.1.	Placas electrónicas de origem do tear conti F3C.....	37
4.2.2.	Modo de funcionamento da electrónica desenvolvida.....	39
4.2.3.	Esquema dos circuitos electrónicos	40
4.2.4.	Componentes utilizados	44
4.3.	Informática.....	51
4.3.1.	Programação dos microcontroladores.....	51
4.3.2.	Controlo.....	54
4.4.	Custo do projecto.....	55
4.5.	Projecto final.....	56
4.5.1.	Placa de correção de sinal	57
4.5.2.	Placa de acondicionamento de sinal do jaquard e electroválvulas	57
4.5.3.	Variador de velocidade.....	58
4.5.4.	Protótipo final.....	58
4.5.5.	Peúgas produzidas pelo protótipo.....	59
4.6.	Características deste projecto	60
5.	Conclusões.....	61
5.1.	Conclusões	61
5.2.	Trabalhos futuros.....	61
6.	Referências	62
	Anexos.....	65

Lista de figuras

Figura 1 - Tear circular manual	1
Figura 2 - Conti F3C.....	3
Figura 3 - Platina para fabricar peúgas sem felpe	3
Figura 4 - Platina para fabricar peúgas com felpe	3
Figura 5 - Agulhas de três diferentes talões	4
Figura 6 - Uncinis de dois talões diferentes.....	4
Figura 7 - Vista superior do cilindro.....	4
Figura 8 - Cabeça do tear	5
Figura 9 - Jacquard.....	5
Figura 10 - Triângulo	5
Figura 11 - Paletto separatore	5
Figura 12 - Base reguladora da malha	6
Figura 13 - Encoder	6
Figura 14 - Campânula	6
Figura 15 - Aspirador do tear	6
Figura 16 - Principais zonas de uma peúga.....	7
Figura 17 – Diagrama do processo de fabrico de uma peúga	8
Figura 18- Resistor fixo	10
Figura 19 - Resistor Variável	10
Figura 20 - Identificação do valor dos resistores	11
Figura 21 -Símbolo esquemático de um Trimpot	12
Figura 22 - Trimpot Horizontal 20K	12
Figura 23 - Símbolo esquemático de um Potenciómetro	12
Figura 24 - Potenciómetro Linear 1K	12
Figura 25 - Resistores de fio enrolado	12
Figura 26 - Símbolo esquemático de um Fotorresistor	13
Figura 27 – Fotorresistores	13
Figura 28 - Símbolo esquemático de um díodo	13
Figura 29 – Díodos	13
Figura 30 - Símbolo esquemático de um díodo rectificador	14
Figura 31 - Díodo rectificador	14
Figura 32 - Díodo de sinal	14
Figura 33 - Símbolo esquemático de um díodo zener	14
Figura 34 - Díodo Zener	14
Figura 35 - Díodos de potência	15
Figura 36 - Símbolo esquemático de um díodo Schottky	15

Figura 37 - Díodos Schottky	15
Figura 38 - Símbolo esquemático de um led	16
Figura 39 – Led.....	16
Figura 40 - Diferentes tipos de capacitores	16
Figura 41 - Símbolo esquemático de um Trimmer	17
Figura 42 – Trimmer	17
Figura 43 - Símbolo esquemático de um padder	17
Figura 44 – Padder	17
Figura 45 - Símbolo esquemático de um capacitor ajustável	18
Figura 46 - Capacitor ajustável Metálico com 2 Sessões	18
Figura 47 - Símbolo esquemático de um capacitor electrolítico	18
Figura 48 - Capacitor electrolítico	18
Figura 49 - Capacitor Cerâmico	19
Figura 50 - Capacitores de Policarbonato	19
Figura 51 - Capacitores de Poliéster	19
Figura 52 - Capacitores de Polipropileno	20
Figura 53 - Capacitor Stiroflex	20
Figura 54 - Capacitores Poliméricos	20
Figura 55 - Capacitores de Mica	21
Figura 56 - Capacitores de Papel	21
Figura 57 - Transístor NPN	22
Figura 58 - Transístor PNP	22
Figura 59 -Transístor JFET	23
Figura 60 - Transístor MOSFET	23
Figura 61 - Símbolo esquemático de um tirístor	23
Figura 62 – Tirístores	23
Figura 63 - Símbolos esquemáticos dos indutores	24
Figura 64 – Indutores	24
Figura 65 - Símbolo esquemático de um relé	25
Figura 66 – Relés	25
Figura 67 - Fusíveis.....	25
Figura 68 - Tipos de transformadores	26
Figura 69 – PCB	27
Figura 70 - Esquema de uma fonte de alimentação	27
Figura 71 - Esquema de um variador de velocidade	28
Figura 72 - Variadores de velocidade	28
Figura 73 - Electroválvulas pneumáticas	28
Figura 74 - Encoder óptico incremental	29
Figura 75 - Encoder absoluto	29
Figura 76 - Motores de passo	30
Figura 77 - Motor AC assíncrono	30

Figura 78 - Pinagem do Microcontrolador	32
Figura 79 - Electroválvula pneumática	34
Figura 80 - Vista das electroválvulas do tear	34
Figura 81 – Encoder HEDS-9140 Option G00	35
Figura 82 - Esquema de ligação do encoder ao microcontrolador.....	35
Figura 83 - Esquema de montagem do encoder no tear	36
Figura 84 - Motor de passo	36
Figura 85 - Motor AC trifásico assíncrono	36
Figura 86 - Actuador do jaquard.....	37
Figura 87 - Transformador de corrente existente no tear.....	37
Figura 88 - Esquema das posições das placas electrónicas	38
Figura 89 - Placas electrónicas de origem do tear conti F3C.....	38
Figura 90 - Esquematisação das seis zonas em estudo	39
Figura 91 - Esquematisação do funcionamento da placa principal.....	40
Figura 92 - Esquematisação dos circuitos electrónicos na placa.....	41
Figura 93 - Esquematisação da colocação dos conectores, díodos e transístores	41
.....	
Figura 94 - Imagem do circuito electrónico.....	42
Figura 95 - Esquematisação da colocação dos díodos e capacitores	42
Figura 96 – Imagem do circuito electrónico	43
Figura 97 - Esquema electrónico do variador de frequência.....	43
Figura 98 - Jumper com pontas macho-macho	46
Figura 99 - Jumper com pontas macho-fêmea	46
Figura 100 - Transístor MMBT2222A	46
Figura 101 - Díodo 1N4004 – SMD	47
Figura 102 – Díodos P 1000 M	47
Figura 103 - Esquema da Placa Infineon FP30R06W1E3	48
Figura 104 - Placa Infineon FP30R06W1E3	48
Figura 105 - Capacitor para o variador de velocidade.....	48
Figura 106- Capacitor para a placa de correção de sinal.....	49
Figura 107 - Dissipador de calor	49
Figura 108 - PCB.....	49
Figura 109 - Massa dissipadora de calor.....	49
Figura 110 - Conector Arduíno macho.....	50
Figura 111 – Conector Arduíno fêmea.....	50
Figura 112 - Conector (2)	50
Figura 113 - Placa de acondicionamento de sinal para o motor de passo	50
Figura 114 - Potenciómetro	50
Figura 115 - Placa de acondicionamento de corrente.....	51
Figura 116 - Estrutura da Programação dos Microcontroladores.....	51
Figura 117 -Estrutura da Programação do Microcontrolador Principal	52

Figura 118 - Vista geral do programa controlador	54
Figura 119 - Interface Programa-Microcontrolador	54
Figura 120 - PCB, díodos e transístores	56
Figura 121 - Imagem do interior da caixa metálica do tear após a sua limpeza e esvaziamento de todo o material dispensado	56
Figura 122 - Placa de correcção de sinal.....	57
Figura 123 - Vista superior da placa de acondicionamento de sinal	57
Figura 124 - Vista superior do variador de velocidade	58
Figura 125 - Vista inferior do variador de velocidade	58
Figura 126 - Protótipo final.....	59
Figura 127 - Soquete Lisa.....	59
Figura 128 - Soquete de Felpa	59

Lista de Tabelas

Tabela 1- Número de componentes a automatizar no tear em estudos	8
Tabela 2 – Tipos de resistores e suas potências	10
Tabela 3 - Especificações do microcontrolador ATmega2560.....	31
Tabela 4 - Características do encoder	35
Tabela 5 - Componentes necessários para automatizar as electroválvulas.....	44
Tabela 6 - Componentes necessários para automatizar o jaquard	44
Tabela 7 - Componentes necessários para receber e enviar informações pela porta USB.....	44
Tabela 8 - Componentes necessários para o motor de passo.....	45
Tabela 9 - Componentes necessários para o variador de velocidade	45
Tabela 10 - Componentes necessários para a fonte de alimentação.....	45
Tabela 11 - Outros componentes	46
Tabela 12 - Valores máximos de funcionamento	46
Tabela 13 - Características principais do díodo 1N4004 – SMD	47
Tabela 14 - Características principais do díodo P 1000 M.....	47
Tabela 15 - Principais características e seus valores máximos da placa Infineon FP30R06W1E3	48
Tabela 16 - Custo do projecto.....	55
Tabela 17 - Identificação dos componentes electrónicos substituídos	56

Lista de siglas, abreviaturas e símbolos

A	Área dos condutores
C	Indutância em Henry
d	Distância entre as superfícies condutoras
E_1	Tensão de entrada (primária)
E_2	Tensão de saída (secundária)
$E_{armazenada}$	Energia armazenada em joules
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
f	Frequência em hertz
I	Intensidade da corrente em amperes
JFET	Junction gate field-effect transistor
K_ϵ	Constante dielétrica
L	Indutância em Henry
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
N_1	Número de espiras (primária)
N_2	Número de espiras (secundária)
nF	Nanofarads
PCB	Printed Circuit Board
PLC	Programmable Logic Controller
pF	Picofarads
PROM	Programmable Read-Only Memory
Q	Quantidade de carga
R	Resistência eléctrica em ohms
RAM	Random-Access Memory
ROM	Read-Only Memory
SMD	Surface- Mount Device
μF	Microfarads
v	Tensão em volts
X_L	Reactância em ohms
Δv	Diferença de potencial

1. Introdução

1.1. ENQUADRAMENTO

Após a invenção e construção da primeira máquina capaz de traçar e laçar fios, esta invenção já sofreu inúmeros desenvolvimentos.

Numa primeira fase, estas máquinas eram simples, pouco sofisticadas e manuais (Figura 1). Com o passar do tempo, todo o processo de fabricação de malha foi-se sofisticando, até ao momento em que surgiram os primeiros teares mecânicos movidos através de uma máquina a vapor [1].

Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico na área de electrónica e dos sistemas electromecânicos, permitiram o desenvolvimento de teares semi-automáticos.

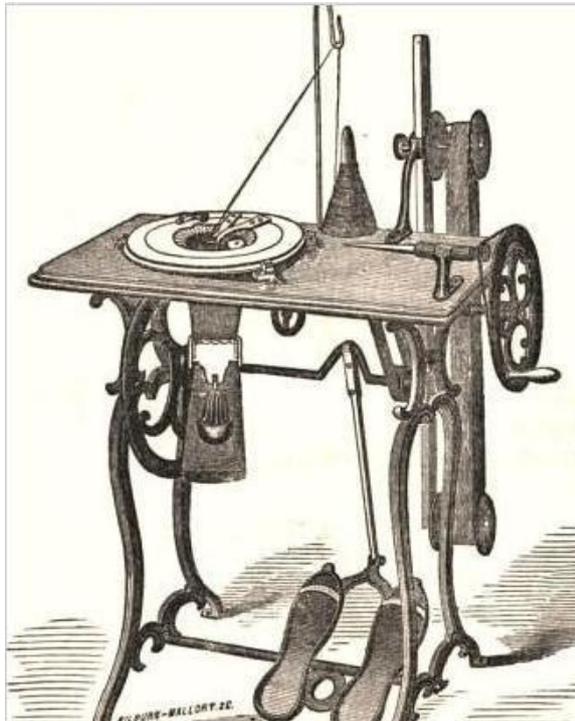


Figura 1 - Tear circular manual [1]

Com o constante aumento da fiabilidade dos componentes electrónicos e sistemas electromecânicos, os teares passaram a ser automáticos. Ou seja, todo o controlo e processo de fabricação das peúgas são realizados, recorrendo aos sistemas electrónicos e electromecânicos presentes no tear, daí a designação de tear automático.

1.2. MOTIVAÇÃO

Devido ao elevado custo de reparação e substituição das placas electrónicas nestes tipos de teares, surgiu a necessidade de desenvolver um novo conjunto de placas que de certa forma sejam mais simples e de baixo custo.

1.3. OBJECTIVOS DO TRABALHO

1.3.1. Objectivo geral

O principal objectivo é substituir toda a electrónica no tear por uma electrónica cujo controlo seja mais simples, que seja de muito baixo custo e que se consiga diagnosticar e reparar os componentes que se possam danificar muito rapidamente.

1.3.2. Objectivos específicos

De uma forma mais objectiva, com este trabalho pretende-se:

- Criar e desenvolver o projeto de hardware necessário para a automação do tear, utilizando, microcontroladores, resistências, transístores entre outros;
- Criar e desenvolver o projeto de hardware de um variador de velocidade;
- Desenvolver código de programação em linguagem C# para realizar a motorização e controlo do tear;
- Acelerar o processo de personalização das peúgas.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para proporcionar uma melhor compreensão, esta dissertação encontra-se dividida em oito capítulos.

No primeiro capítulo é realizada a introdução ao trabalho, onde se apresenta o enquadramento do tema em estudo, são abordados os objetivos a serem alcançados e a estrutura da dissertação.

O segundo capítulo dá a conhecer o tear utilizado para este projecto, é apresentado o seu princípio de funcionamento e os componentes do tear a automatizar.

O terceiro capítulo expõe os princípios teóricos fundamentais dos componentes electrónicos, do microcontrolador e dos componentes do tear a automatizar.

O quarto capítulo apresenta as características dos componentes do tear a automatizar, dos componentes electrónicos que se iram utilizar. Também é apresentado os esquemas dos circuitos electrónicos, os algoritmos elaborados para instalar nos microcontroladores e o algoritmo desenvolvido em C# para controlar e visualizar o estado dos microcontroladores.

No quinto capítulo é apresentado o custo de todos os componentes utilizados para a execução deste projecto.

No sexto capítulo é realizado o protótipo e os testes ao mesmo.

O sétimo capítulo demonstra as vantagens e as desvantagens desta nova electrónica em relação à original.

Por último, no oitavo capítulo são apresentadas as conclusões obtidas neste trabalho de dissertação, destacando alguns aspetos que poderão ser importantes para a melhoria do trabalho efectuado.

2. Tear Circular - Conti F3C

O tear circular – Conti F3C de 120 agulhas (Figura 2), é um tear automático cujo objectivo deste é a produção de peúgas de desporto para adulto.

A peúga de desporto mais básica é fabricada maioritariamente por algodão, contudo também contém poliéster e elastano.

O cilindro desta máquina é constituído por 120 agulhas e 120 platinas. Quanto as platinas, apresentadas na Figura 3 e Figura 4, estas podem ser para fabricar peúgas com felpa ou sem felpa. A grande e única diferença entre estas é o bico da platina. Este bico é importante, pois para se conceber a felpa é necessário dividir o poliéster do algodão, neste caso o algodão fica por cima da platina e cria-se a felpa e o poliéster por baixo serve para se ancorar a felpa que foi feita pelo algodão. Na ausência de poliéster ou de outro fio por baixo do bico da platina torna-se impossível de se conceber a felpa.



Figura 2 - Conti F3C



Figura 3 - Platina para fabricar peúgas sem felpo



Figura 4 - Platina para fabricar peúgas com felpo

As agulhas para fabricar peúgas são as mesmas que se encontram apresentadas na Figura 5.

Todas estas três agulhas são iguais umas as outras, excepto no talão. Cada talão tem um comprimento diferente. O objectivo desta diferença de talões deve-se ao facto de nas entradas e saídas do fio, as agulhas não podem subir até a altura máxima mas sim até meio. Esta tarefa de colocar as agulhas apenas até meio da altura das outras é executada pelos palettos separadores, representado na Figura 11.

Os bicos são utilizados para cravar o punho. Estes bicos encontram-se na cabeça do tear e saem por baixo da serra. Estes, tal como as agulhas possuem talões distintos. Porém, neste caso só existe dois comprimentos diferentes de talões, tal como se encontra ilustrado na Figura 6. Esta diferença é necessária para que os

actuadores dos uncinis quando acionados consigam colocar os bicos para fora ou para dentro da cabeça do tear.

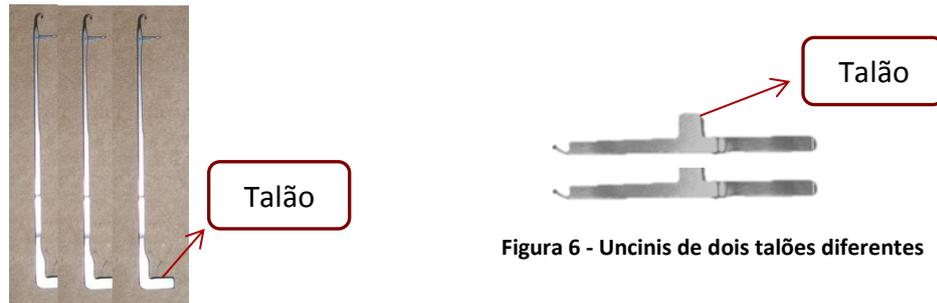


Figura 5 - Agulhas de três diferentes talões

Figura 6 - Uncinis de dois talões diferentes

Este tear tem 4 pontos distintos de introdução de fio para se fabricar a peúga. A estes pontos chamam-se alimentadores. Estes alimentadores encontram-se afastados uns dos outros num ângulo de 90 graus e é nas imediações de cada um destes que se encontra o jaquard, o paletto separatore, os guidafios e o triângulo.

Os guidafios servem para direcionar o fio para as agulhas ou para o retirar delas.

Na Figura 7 é possível visualizar a disposição das platinas, das agulhas, dos guidafios, bem como de outros componentes que se encontram associados a este tear.

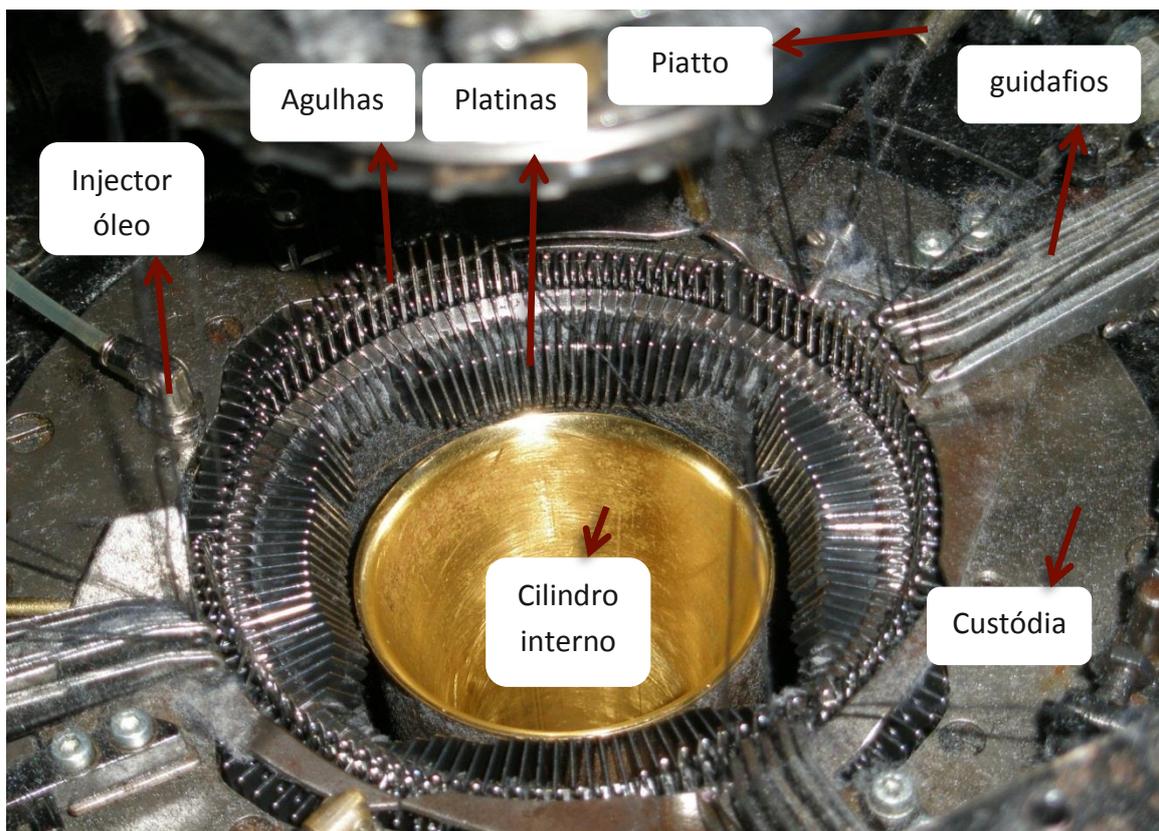


Figura 7 - Vista superior do cilindro

Na Figura 8 é demonstrado alguns componentes chaves, que se encontram na cabeça do tear, utilizados na fabricação das peúgas.

O jaquard é utilizado para que intermédio de determinados mecanismos se possa elevar as agulhas seleccionadas até à altura máxima destas. Na Figura 9 são apresentados os actuadores que constituem o jaquard.

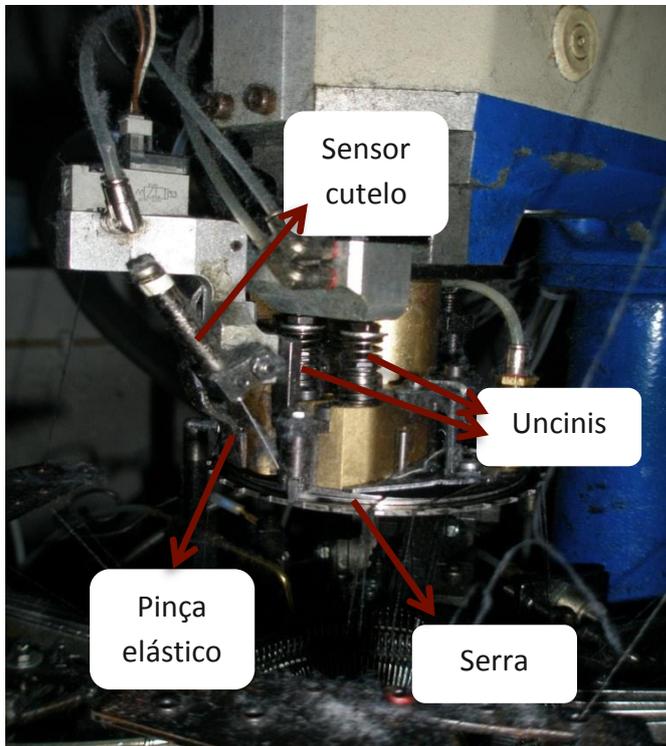


Figura 8 - Cabeça do tear

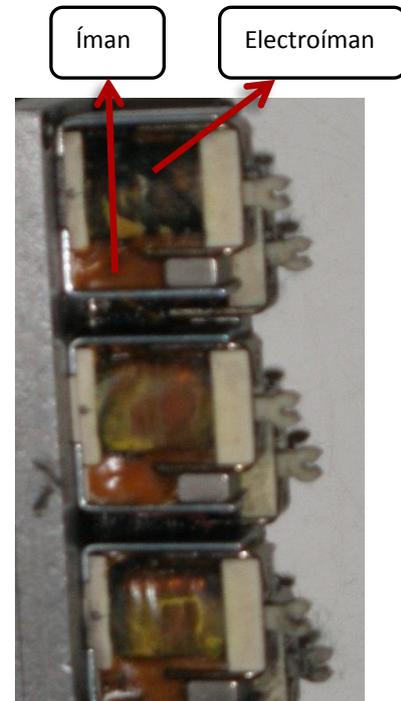


Figura 9 - Jacquard

Na Figura 10 é apresentado o triângulo. Este é utilizado para baixar todas as agulhas do cilindro num determinado alimentador. Sem este componente não seria possível fabricar a malha das peúgas, e caso a inserção de fio estiver a ser feita e nenhum triângulo esteja acionado ao fim de algum tempo todas as agulhas partem, daí a importância deste componente no tear.

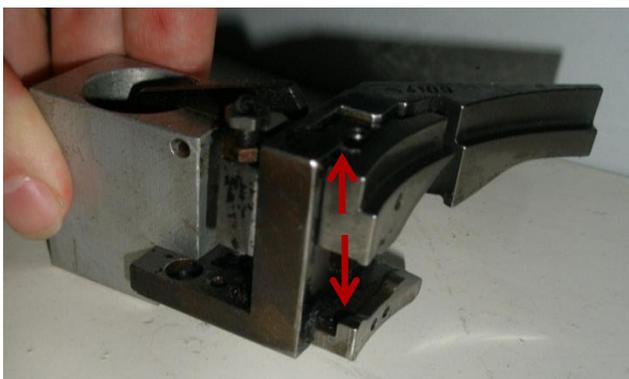


Figura 10 - Triângulo

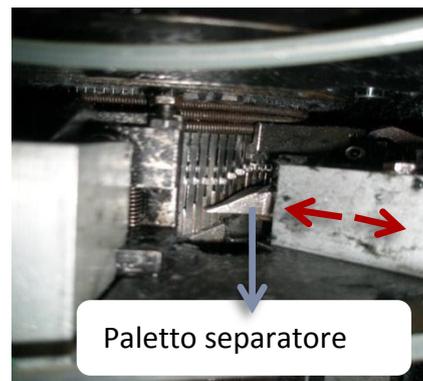


Figura 11 - Paletto separatore

Um dos aspectos importantes durante o fabrico das peúgas é regular a malha desta. Para isso é necessário utilizar um motor de passo e um mecanismo mecânico que acione uma base (Figura 12) que por sua vez consegue fazer subir ou descer o cilindro que contém as agulhas e as platinas. Esta oscilação do cilindro apenas afecta as platinas.

O accionamento de todos os mecanismos mecânicos é coordenado através de um encoder (Figura 13) e com o recurso há electrónica do tear, todos os actuadores são accionados no seu devido tempo.

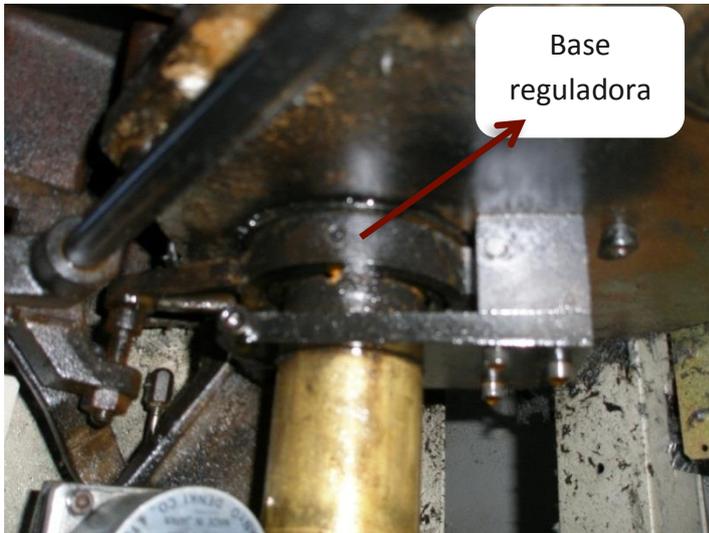


Figura 12 - Base reguladora da malha

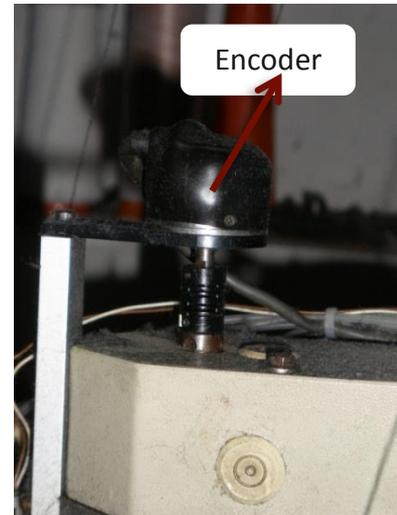


Figura 13 - Encoder

A medida que a peúga está a ser fabricada, esta encontra-se constantemente a ser puxada pelo ar que a central de aspiração (Figura 15) aspira. Após a conclusão do fabrico da peúga, esta é encaminhada pelo ar até à campânula (Figura 14). Chegada a peúga à campânula, esta liberta a peúga para dentro de uma caixa ou para dentro de outra coisa qualquer. A libertação da peúga deve-se a um corte temporário da sugação do ar através de um atuador que se encontra ao lado da campânula e que actua sobre uma borboleta que realiza o corte do ar.



Figura 14 - Campânula



Figura 15 - Aspirador do tear

2.1. PRINCIPAIS ZONAS DA PEÚGA

Uma peúga pode ter várias zonas distintas, contudo estas zonas não são gerais a todos os tipos de peúgas que esta máquina pode fabricar.

Porém, a nível geral, uma peúga tem sete zonas específica, sendo elas: o punho, o cravamento de punho, a canela, o pré-calcanhar, o calcanhar, o pé e a biqueira. Estas zonas são demonstradas na Figura 16. Estas também são as zonas do software, que está a executar na máquina, que mais programação detém no início de cada zona.



Figura 16 - Principais zonas de uma peúga

2.2. PRINCÍPIO DE FABRICAÇÃO

Inicialmente, a máquina gira cerca de duas vezes o cilindro, com todos os guidafios levantados. Esta operação é importante, pois é necessário garantir que não existe nenhuma peúga no cilindro.

Numa fase posterior, é feito o punho e para se fazer o punho utiliza-se dois fios de elastano um para dar elasticidade à peúga e um segundo para se juntar com o primeiro de elastano e ser apanhado pelos bicos. O guidafio do segundo fio de elastano é levantado e baixado um fio de poliéster e de algodão. Decorridas algumas voltas são actuados os uncinis e o punho é cravado. A partir daqui, a configuração das agulhas que levanta no alimentador que se está a introduzir o elastano na peúga mudam e começa-se a fabricar a canela que é característica de uma peúga de desporto.

Finalizada a canela, é feito o pré-calcanhar e neste caso é levantado o guidafio do elastano e baixado, em todas as caducas, um fio de poliéster e outro de algodão.

Segue-se o calcanhar, e neste caso, posiciona-se os palettos separadores de três alimentadores e com o jacquard levanta-se todas as agulhas de talão intermédio nas três caducas anteriores, e faz-se subir e descer os guidafios do poliéster, no fim e perto do início de cada levantamento de agulhas de talão alto.

Decorridas algumas voltas do cilindro, inicia-se novamente o mesmo processo que foi realizado no pré-calcanhar. Findo este, dá-se o processo de elaboração da biqueira, que consiste exactamente no mesmo que o do calcanhar.

Por fim, cria-se uma argola de corte para as remalhadeiras em que o processo de fabricação desta argola é semelhante ao do pré-calcanhar, com a diferença de que é feito com apenas um alimentador.

Na Figura 17 é ilustrado um diagrama com o princípio de fabricação de uma peúga, que anteriormente foi explicado.



Figura 17 – Diagrama do processo de fabrico de uma peúga

2.3. COMPONENTES A AUTOMATIZAR

Os componentes a automatizar são diversos. É necessário automatizar as electroválvulas, o jaquard, o motor de passo e desenvolver ou comprar um variador de velocidade para motor AC assíncrono.

De seguida, na Tabela 1, são apresentados o número de componentes a automatizar.

Tabela 1- Número de componentes a automatizar no tear em estudo

Componentes	Nº:
Electroválvulas	39
Motor de passo	1
Jaquard	20
Motor AC assíncrono	1

3. ESTADO DA ARTE

Para que se proceda ao desenvolvimento de uma nova electrónica para este tear é necessário estudar todos os actuadores do tear bem como as placas electrónicas deste.

Nas secções seguintes apresenta-se todo um conjunto de componentes e fundamentos de extrema importância para a realização deste projecto.

3.1. COMPONENTES ELECTRÓNICOS – NOÇÕES BÁSICAS

Os componentes electrónicos são a base de um circuito electrónico, mas para tudo funcionar eles precisam de estar interligados entre si, segundo uma determinada lógica.

Um componente electrónico também pode ser definido como todo o dispositivo eléctrico que transmite a corrente eléctrica através de um material condutor ou um semicondutor.

De seguida serão apresentados os componentes electrónicos principais num circuito electrónico.

3.1.1. Resistores

A função dos resistores é limitar o fluxo de corrente num circuito, ou seja, dificulta a passagem da corrente eléctrica.

Estes são pequenos e com potências tipicamente entre 1/8W a 7W. Os resistores mais comuns são os de carbono. E são utilizados em aparelhos electrónicos, tais como, rádios, televisores, etc [2].

A resistência eléctrica (R) de um resistor é medida em ohm (Ω) e expressa-se pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Onde:

Δv → É a diferença de potencial em volts;

I → É a corrente que atravessa o componente, e mede-se em amperes (A).

Características:

Potência nominal – Máximo de calor suportado pela peça. A potência nominal depende do tamanho da peça.

Tolerância - Indicada em porcentagem, é a diferença máxima entre o valor indicado no corpo e o valor real da peça.

➤ **Formas simbólicas**

Na Figura 18 e na Figura 19 são demonstradas as formas simbólicas dos resistores fixos e variáveis.

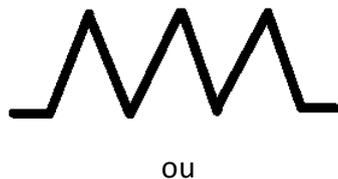


Figura 18- Resistor fixo [5]

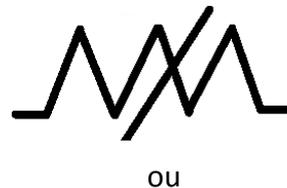


Figura 19 - Resistor Variável [5]

3.1.1.1. Resistores fixos

Os resistores fixos são resistores cuja sua resistência eléctrica não varia.

A resistência eléctrica de um resistor fixo corresponde ao seu valor em ohms indicado no corpo através de anéis coloridos ou números [4].

Na Tabela 2 são apresentadas as gamas de valor para cada tipo de resistor.

Tabela 2 – Tipos de resistores e suas potências [4]

Resistores	Potências (w)
Grafite	1/16, 1/8, ¼, ½, 1 e 3
Metalfilme	1/3, ½, 1, 1.6, 2 e 3
Fio	2 a 200

➤ **Leitura de resistores**

A leitura de um resistor fixo deve começar da extremidade que possui mais faixas (da esquerda para a direita).

Após a leitura do resistor as faixas deste, deve ser comparado com uma tabela, tal como é demonstrado na Figura 20.

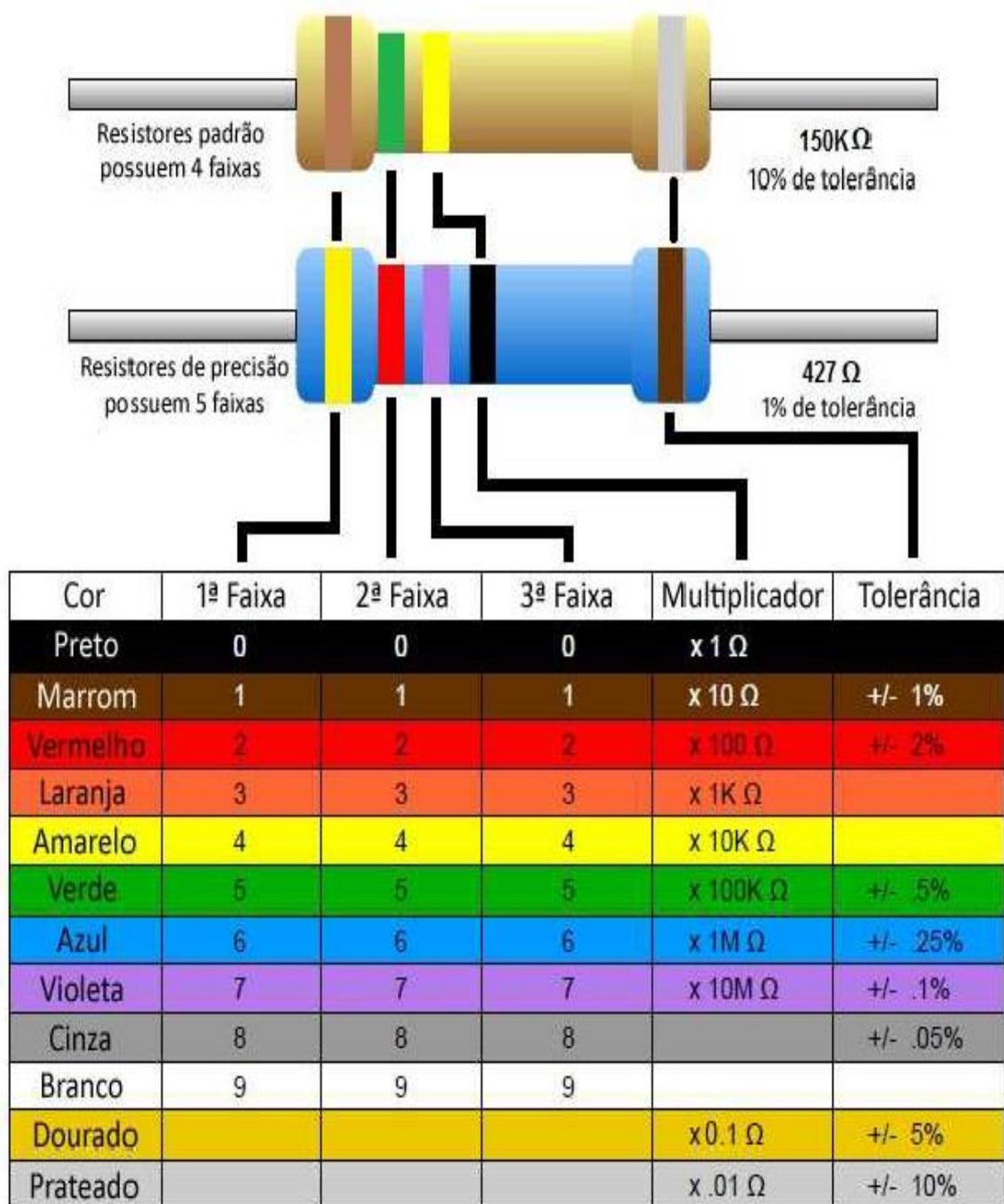


Figura 20 - Identificação do valor dos resistores [5]

3.1.1.2. Resistores variáveis

Os resistores variáveis são resistores cuja resistência pode variar dentro de uma gama de valores que são característicos de um determinado resistor variável. Estes são usados em ajustes ou controles [2].

Existem dois tipos principais de resistores variáveis que são os trimpots e os potenciômetros.

3.1.1.2.1. Trimpots

Os trimpots ajustam a resistência num circuito, ou seja, o valor da sua resistência num circuito pode ser alterada sem que seja necessário trocar o componente electrónico. Estes são usados para ajustes de calibrações, sensibilidade, etc [2].

Na Figura 21 é apresentado o símbolo esquemático de um trimpot e na Figura 22 é demonstrado um trimpot horizontal.

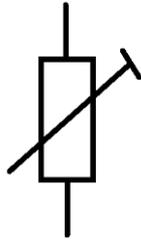


Figura 21 - Símbolo esquemático de um Trimpot [6]



Figura 22 - Trimpot Horizontal 20K [6]

3.1.1.2.2. Potenciômetros

Os potenciômetros são componentes capazes de ajustar a tensão num circuito.

Estes são usados como elementos de controlo, estes podem ser utilizados no controlo do volume, velocidade, brilho, amplificadores, etc [2].

Na Figura 23 é apresentado o símbolo esquemático de um potenciómetro e na Figura 24 é demonstrado um potenciómetro linear.

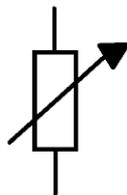


Figura 23 - Símbolo esquemático de um Potenciómetro [7]



Figura 24 - Potenciómetro Linear 1K [7]

3.1.1.3. Resistores de fio enrolado

Resistores de fio enrolado são resistências que são obtidas através do enrolamento de um fio de elevada resistência por centímetro sobre um núcleo isolado. Estes são geralmente usados quando são necessárias maiores capacidades de energia (acima de 2 watts) [2].

Na Figura 25 são apresentados resistores de fio enrolado.



Figura 25 - Resistores de fio enrolado [9]

3.1.1.3.1. Resistores especiais

Os fotoresistores também conhecidos LDR (Light dependent resistor) são componentes sensíveis à luz, ou seja, são resistores cuja resistência depende da intensidade de luz que incide sobre eles [4].

Na Figura 26 é apresentado o símbolo esquemático de um fotoresistor e na Figura 27 são apresentados fotoresistores.

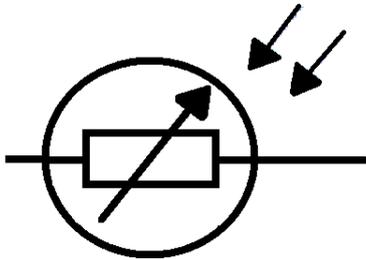


Figura 26 - Símbolo esquemático de um Fotoresistor [10]

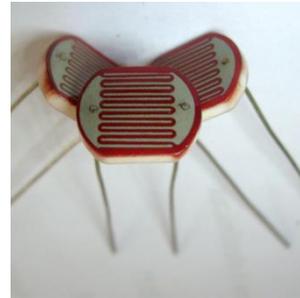


Figura 27 – Fotoresistores [11]

3.1.2. Díodos

Díodo é um dispositivo ou componente eletrônico composto por um cristal semicondutor de silício ou germânio numa película cristalina cujas faces opostas são dopadas por diferentes gases durante a sua formação, que causa a polarização de cada uma das extremidades [8].

É o componente mais simples de todos os componentes eletrônicos semicondutores. É usado como retificador de corrente elétrica como em outras aplicações. Possui uma queda de tensão de, aproximadamente, 0,3 V (germânio) e 0,7 V (silício) [3].

3.1.2.1. Díodos comuns

O díodo é um componente formado por dois cristais semicondutores de germânio ou silício e misturado com outras substâncias formando assim um cristal do tipo P (ânodo) e outro do tipo N (cátodo) [3].

Na Figura 28 é apresentado o símbolo esquemático de um díodo e na Figura 29 são apresentados díodos.

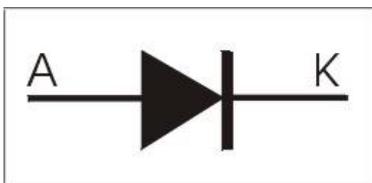


Figura 28 - Símbolo esquemático de um díodo [12]

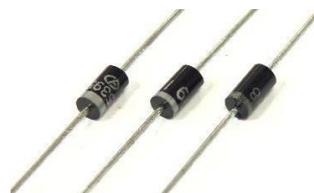


Figura 29 – Díodos [13]

3.1.2.1. Díodos rectificadores

Os díodos rectificadores são capazes de conduzir altas correntes eléctricas com baixas frequências [3].

Na Figura 30 é apresentado o símbolo esquemático de um díodo rectificador e na Figura 31 é demonstrado um díodo rectificador.



Figura 30 - Símbolo esquemático de um díodo rectificador [14]



Figura 31 - Díodo rectificador [15]

3.1.2.2. Díodos de sinal

Os díodos de sinal são projetados para funcionarem com baixas intensidades de correntes (menos de 1 A). Estes possuem o encapsulamento de vidro e um núcleo de silício ou germânio e são utilizados nos circuitos chaveadores ou retificadores de baixa corrente [3].

Na Figura 32 é demonstrado um díodo de sinal.



Figura 32 - Díodo de sinal [16]

3.1.2.3. Díodos zeners

O díodo zener, também conhecido como díodo regulador de tensão, díodo de tensão constante ou díodo de ruptura, é um componente electrónico semelhante a um díodo semicondutor. O díodo zener é projectado para trabalhar sob regime de condução inversa, ou seja com uma tensão do cátodo maior do que o ânodo [3].

Na Figura 33 é apresentado o símbolo esquemático de um díodo zener e na Figura 34 é apresentado um díodo zener.



Figura 33 - Símbolo esquemático de um díodo zener [14]



Figura 34 - Díodo Zener [17]

3.1.2.4. Díodos de Potência

Os díodos de potência são componentes de maior potência do que os díodos de sinal. E são caracterizados por uma maior área (para permitir maiores correntes) e maior comprimento (a fim de suportar tensões mais elevadas) [8].

Na Figura 35 são apresentados díodos de potência.



Figura 35 - Díodos de potência [18]

3.1.2.5. Díodos de SCHOTTKY

O díodo Schottky é constituído por um filme metálico em contacto directo com um semicondutor. O contacto entre o filme metálico e o semicondutor possui um comportamento óhmico, ou seja, a resistência do contacto governa o fluxo da corrente.

A parte metálica será o ânodo e o semicondutor, o cátodo. A tensão máxima suportada por estes díodos é de cerca de 100V.

A aplicação deste tipo de díodos ocorre principalmente em fontes de baixa tensão, nas quais, as quedas sobre os retificadores são significativas [3].

Na Figura 36 é apresentado o símbolo esquemático de um díodo schottky e na Figura 37 é apresentado um díodo schottky.



Figura 36 - Símbolo esquemático de um díodo Schottky [14]

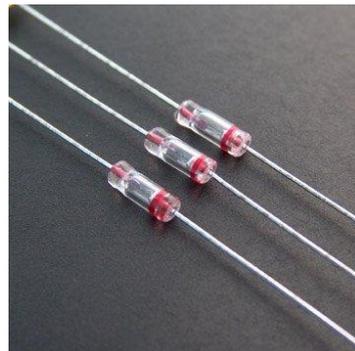


Figura 37 - Díodos Schottky [19]

3.1.2.6. LED

O díodo emissor de luz também é conhecido pela sigla em inglês LED (Light Emitting Diode). A sua função é a emissão de luz em locais e instrumentos onde se torna mais conveniente a sua utilização no lugar de uma lâmpada. Utiliza-se especialmente em produtos de microelectrónica como sinalizador de avisos, também pode ser encontrado em tamanho maior, como em alguns modelos de semáforos. Também é muito utilizado em painéis de leds, cortinas de leds e pistas de leds [3].

Na Figura 38 é apresentado o símbolo esquemático de um led e na Figura 39 é ilustrado um led.



Figura 38 - Símbolo esquemático de um led [14]



Figura 39 – Led

3.1.3. Capacitores

O capacitor (Figura 40) é um elemento passivo capaz de armazenar energia sob a forma de um campo electrostático e opõem-se a qualquer mudança de tensão nos seus terminais [20].

A capacitância ou capacidade (C) é a propriedade que estes dispositivos têm de armazenar energia eléctrica sob a forma de um campo eletrostático. E é medida pelo quociente da quantidade de carga (Q) armazenada, pela diferença de potencial ou diferença de tensão (Δv) que existe entre as placas:

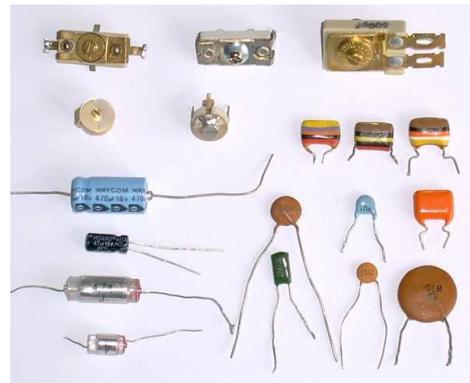


Figura 40 - Diferentes tipos de capacitores [21]

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (2)$$

Ou

$$C = K_{\epsilon} \times \frac{A}{d} \quad (3)$$

Onde:

$K_{\epsilon} \Rightarrow$ Constante dieléctrica

$A \Rightarrow$ Área dos condutores

$d \Rightarrow$ Distância entre as superfícies condutoras

No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de capacitância é o farad (F). Contudo, o farad é uma medida muito grande e para tal são utilizados valores expressos em microfarads (μF), nanofarads (nF) e picofarads (pF) [20].

A capacidade eléctrica de um condensador plano (ou de qualquer outro) é em função da sua geometria e do material isolante existente entre as armaduras.

3.1.3.1. Tipos de capacitores

Os capacitores podem ser classificados como:

- **“Trimmers” e “Padders”** – são capacitores variáveis de pequenas dimensões. A capacitância máxima destes tipos de capacitores ronda os 500 pF. A sua utilização num circuito deve-se a um ajuste do valor correto da capacitância total [23].

O ajuste pode ser obtido:

- Variando a superfície das placas;
- Variando a distância entre as placas;
- Variando o material do dielétrico.

Na Figura 41 é apresentado o símbolo esquemático de um Trimmer e na Figura 42 é demonstrado um Trimmer.

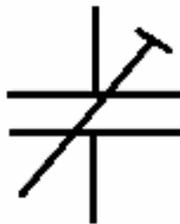


Figura 41 - Símbolo esquemático de um Trimmer [27]



Figura 42 – Trimmer [26]

Na Figura 43 é apresentado o símbolo esquemático de um Padder e na Figura 44 é visualizado um Padder.

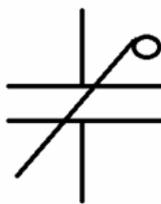


Figura 43 - Símbolo esquemático de um padder [27]



Figura 44 – Padder [26]

- **Capacitores ajustáveis** – são capacitores de capacitância variável. Esta variação obtém-se através do controlo da área das superfícies condutoras submetidas ao campo eléctrico [23].

Na Figura 45 é apresentado o símbolo esquemático de um capacitor ajustável e na Figura 46 é demonstrado um capacitor ajustável.



Figura 45 - Símbolo esquemático de um capacitor ajustável [25]

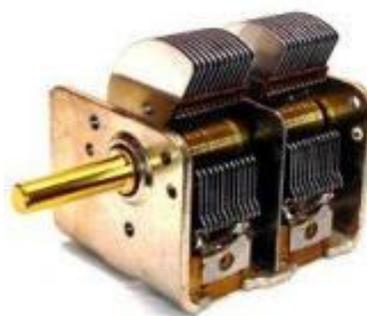


Figura 46 - Capacitor ajustável Metálico com 2 Sessões [26]

- **Capacitores Eletrolíticos** - são compostos por duas folhas de alumínio, separadas por uma camada de óxido (dieléctrico), enroladas e com tiras de papel embebidas com um eletrólito líquido (composto predominantemente de ácido bórico ou borato de sódio), ao qual se sobrepõe uma segunda lâmina de alumínio em contato elétrico com o papel. Este tipo de capacitor possui polaridade e elevadas capacitâncias. Os dieléctricos utilizados são o óxido de alumínio (Al_2O_3) e o óxido de tântalo (Ta_2O_5).

A diferença entre estes é que os capacitores de óxido de alumínio são mais baratos, possuem uma elevada tolerância e são altamente influenciados pela temperatura tanto na capacitância como na resistência de perda e têm um volume superior para a mesma capacitância, tudo isto, em relação aos capacitores de óxido tântalo [23]. Na Figura 47 é apresentado o símbolo esquemático de um capacitor electrolítico e na Figura 48 é visualizado um capacitor electrolítico.

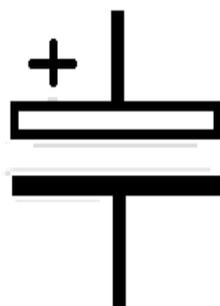


Figura 47 - Símbolo esquemático de um capacitor electrolítico [22]

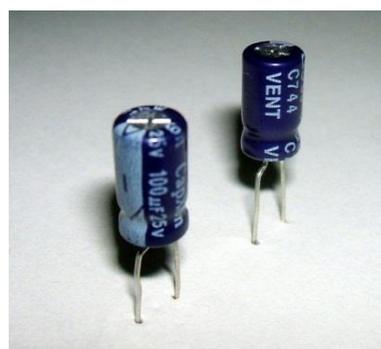


Figura 48 - Capacitor electrolítico [24]

- **Capacitores Cerâmicos** – são capacitores utilizados para altas frequências, em circuitos compensados termicamente e com baixa tolerância e para baixas frequências, como capacitor de acoplamento e de filtro. Contudo a sua utilização ideal é em circuitos sintonizadores [23]. Na Figura 49 é visualizado um capacitor cerâmico.



Figura 49 - Capacitor Cerâmico [28]

- **Capacitores de Policarbonato** – são capacitores semelhantes aos de poliéster. Contudo os valores de capacitância para este tipo de capacitores variam entre 1 nF e 10 nF e com uma tensão de trabalho entre 60 e os 1200 V. Na Figura 50 é visualizado um capacitor de policarbonato [23].



Figura 50 - Capacitores de Policarbonato [29]

- **Capacitores de Poliéster** – estes capacitores foram desenvolvidos para substituir os capacitores de papel, bem como os seus defeitos. Os valores de capacitância típicos estão compreendidos entre 2 pF a 10 μ F com tensões entre 30 e 1000 V [23]. Estes possuem as seguintes vantagens em relação aos capacitores de papel:
- Maior resistência mecânica
 - Não é um material higroscópico
 - Ampla margem de temperatura (-50°C a 150°C)
 - Grande rigidez dielétrica.

Na Figura 51 é visualizado um capacitor de poliéster.



Figura 51 - Capacitores de Poliéster [30]

- **Capacitores de Polipropileno** – o polipropileno é um plástico com propriedades análogas ao polietileno, contudo o polipropileno apresenta maior resistência ao calor, aos solventes orgânicos e à radiação. A sua utilização é ideal em circuitos de filtro e circuitos ressonantes [23]. Na Figura 52 é visualizado um capacitor de polipropileno.



Figura 52 - Capacitores de Polipropileno [31]

- **Capacitores Stiroflex** – é um capacitor que utiliza poliestireno como dielétrico [23]. Estes capacitores têm como principais vantagens:
- Reduzido fator de perda
 - Alta precisão
 - Tolerância baixa (em torno de 0,25 %)
 - Tensões de trabalho entre 30 e 600 V.

Na Figura 53 é visualizado um capacitor Stiroflex.



Figura 53 - Capacitor Stiroflex [32]

- **Capacitores Poliméricos** – são capacitores utilizados em baixas e médias frequências e como capacitores de filtro. Estes possuem elevadas capacitâncias e tensão máxima de 1000 V [23]. Na Figura 54 são visualizados capacitores poliméricos.



Figura 54 - Capacitores Poliméricos [33]

- **Capacitores de Mica** – são capacitores cujo dielétrico são películas de mica (silicato de alumínio) alternadas com folhas de alumínio. A mica é um dielétrico muito estável e de alta resistividade. Estes são utilizados em circuitos de alta frequência e possuem uma capacitância compreendida entre os 5 pF a 100 nF e possuem elevada precisão [23]. Na Figura 55 são apresentados capacitores de mica.

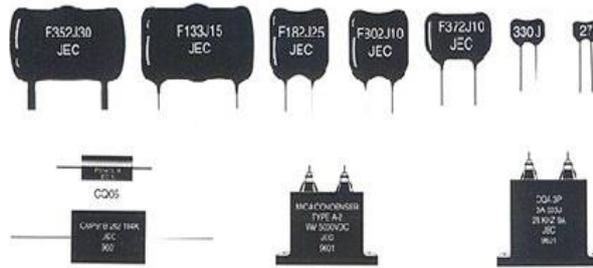


Figura 55 - Capacitores de Mica [35]

- **Capacitores de Papel** – este capacitor é obtido através do enrolamento de uma ou mais folhas de papel entre folhas metálicas, sendo tudo isto envolvido numa resina termoplástica. Devido ao seu volume, a sua capacitância é limitada até 10 mF. Contudo estes não possuem polarização e podem suportar elevadas tensões.

Caso o papel seja impregnado com óleo dá-se um aumento da rigidez dieléctrica, da margem da temperatura e da tensão máxima [23]. Na Figura 56 é visualizado um capacitor de papel.

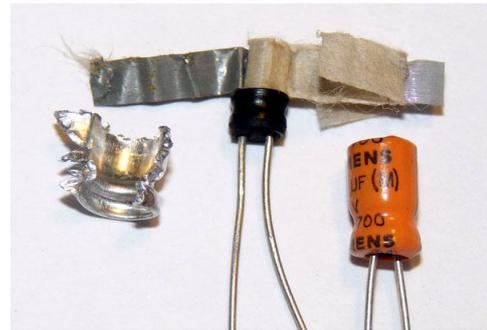


Figura 56 - Capacitores de Papel [34]

3.1.4. Transístores

O transístor é um componente electrónico capaz de amplificar um sinal eléctrico. Os transístores são utilizados principalmente, como amplificadores e interruptores de sinais eléctricos, contudo estes também poder ser usados como rectificadores eléctricos num circuito electrónico [40].

O material mais usado para fabricar transístores é o silício, porém os primeiros transístores foram fabricados em germânio. A preferência pelo silício deveu-se devido ao facto de o silício suportar temperaturas mais elevadas em funcionamento (175°C quando comparado com os 75°C dos transístores de germânio), bem como pelo facto de o transístor de silício ser mais eficiente a nível energético [3].

Os transístores podem ser qualificados como:

- Transístor bipolar NPN;
- Transístor bipolar PNP;
- Transístor JFET;
- Transístor MOSFET;
- Tirístor.

3.1.4.1. Transistor bipolar NPN e PNP

Normalmente, este tipo de transistores são em silício. Os transistores bipolares têm dois tipos NPN e PNP. A diferença entre estes dois é a ordem pela qual estes materiais são colocados e com isto, altera-se a direção do fluxo da corrente [40].

Na Figura 57 é visualizado o símbolo esquemático de um transistor NPN, bem como a disposição dos materiais que compõem, o sentido da corrente num sistema que utilize este mesmo transistor e apresenta-se uma imagem de um transistor NPN.

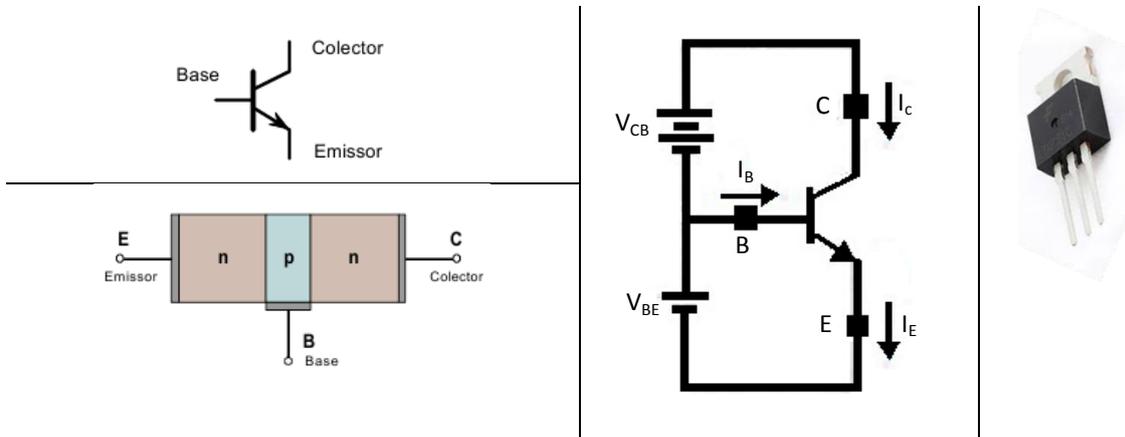


Figura 57 - Transistor NPN [36]

Na Figura 58 é apresentado o símbolo esquemático de um transistor PNP, bem como a disposição dos materiais que compõem, o sentido da corrente num sistema que utilize este mesmo transistor e apresenta-se um transistor PNP.

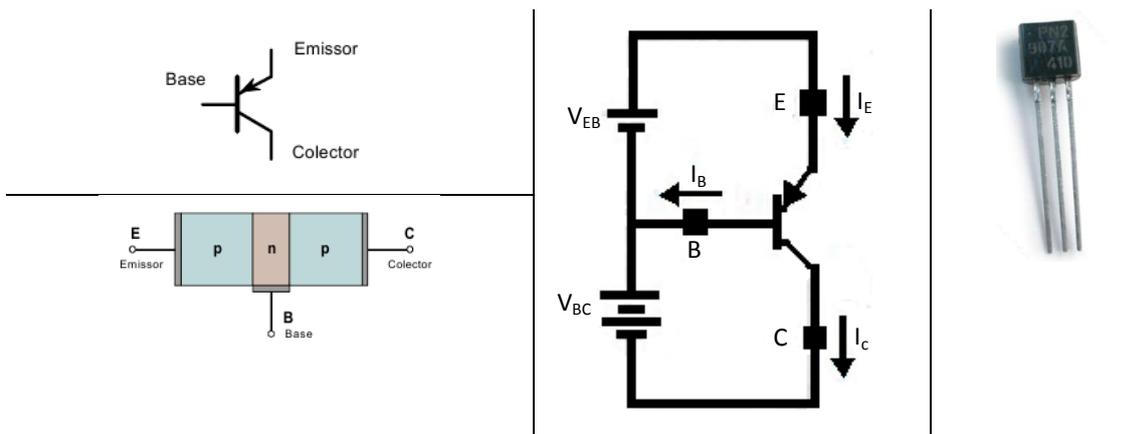


Figura 58 - Transistor PNP [37]

3.1.4.2. Transistor JFET

Um transistor JFET é um transistor de Efeito de Campo de Junção. É constituído por um semiconductor de alta resistividade (p ou n) e a sua corrente no canal é controlada pela tensão [40].

Na Figura 59 é apresentado um esquema do modo de funcionamento e uma imagem de um transistor JFET.

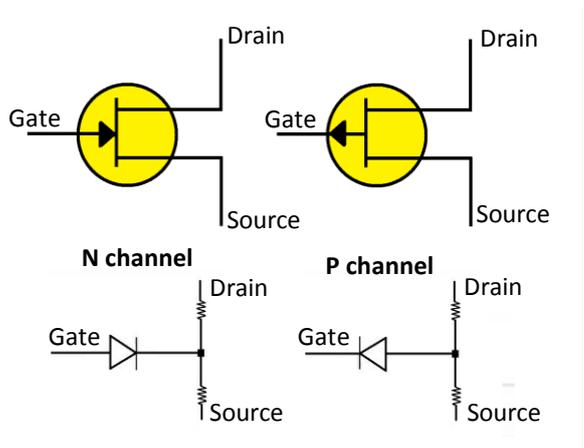


Figura 59 - Transistor JFET [38]

3.1.4.3. Transistor MOSFET

Um transistor MOSFET é um transistor constituído por uma fonte, uma porta e um dreno.

A diferença entre um transistor MOSFET de um JFET é que no transistor MOSFET a porta é isolada electricamente do canal. Por isso, a corrente de porta é extremamente pequena, para qualquer tensão positiva ou negativa [3].

Na Figura 60 encontra-se representado um transistor MOSFET.

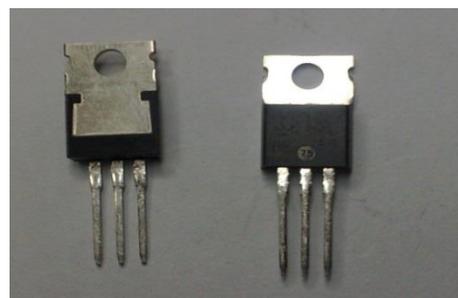


Figura 60 - Transistor MOSFET [39]

3.1.4.4. Tirístores

Tirístores são dispositivos semicondutores que operam em regime chaveado e apresentam um funcionamento biestável.

O tiristor possuiu quatro camadas semicondutoras, alternadamente p-n-p-n, e 3 terminais: o ânodo, o cátodo (terminais pelos quais flui a corrente), e a porta (terminal que se injecta corrente) e se cria uma corrente anódica. A condição de um tiristor é liga ou desliga, dependendo da tensão de entrada na porta [41].

Na Figura 61 é apresentado o símbolo esquemático de um tiristor e na Figura 62 é demonstrado um tiristor.

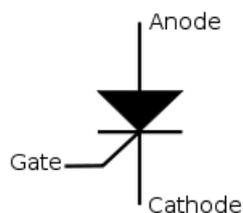


Figura 61 - Símbolo esquemático de um tiristor [44]



Figura 62 – Tirístores [45]

3.1.5. Indutores

O indutor é um elemento passivo capaz de armazenar e fornecer quantidades finitas de energia. Geralmente é construído com um fio condutor e na forma de uma bobina. Quando se utiliza um núcleo ferromagnético, aumenta-se a indutância concentrando as linhas de força de campo magnético que fluem pelo interior das espiras [41].

Um indutor pode ser utilizado em circuitos como um filtro passa baixo, rejeitando as altas frequências [2].

A energia (medida em joules, no SI) armazenada num indutor é igual à quantidade de trabalho necessária para estabelecer o fluxo de corrente através do indutor e, conseqüentemente, o campo magnético. É dada por:

$$E_{armazenada} = \frac{1}{2}LI^2 \quad (4)$$

Onde:

$I \rightarrow$ É a corrente que circula pelo indutor;

$L \rightarrow$ É a indutância em Henry;

$E_{armazenada} \rightarrow$ É a energia armazenada em joules.

Na Figura 63 é visualizado o símbolo esquemático de um indutor e na Figura 64 são demonstrados indutores.

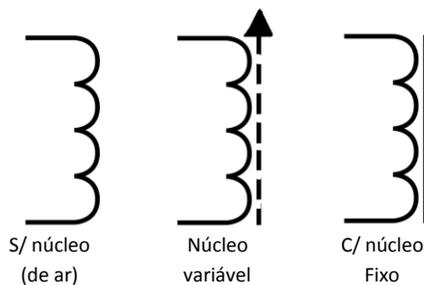


Figura 63 - Símbolos esquemáticos dos indutores [42]



Figura 64 – Indutores [43]

3.1.5.1. Reactância indutiva

A indutância reativa representa a oposição que uma bobina oferece ao fluxo de uma corrente, ao qual, esta aumenta quando a frequência aumenta. A reactância indutiva também aumenta quando a indutância aumenta [2]. Tal fenômeno pode ser verificado pela seguinte fórmula:

$$X_L = 2fC \quad (5)$$

Onde:

X_L → Reactância indutiva em ohms

f → Frequência em hertz

C → Capacitância em farads

3.1.6. Relés

O relé é um interruptor eletromecânico. Como tal, este é aplicado como um interruptor automático do tipo On/Off. Este possui dois circuitos, um circuito acionador de baixa intensidade e tensão, outro circuito acionado de elevada intensidade e tensão. O seu funcionamento deve-se pelo facto de no primeiro circuito, haver uma bobina, ao qual passa uma corrente eléctrica, originando, deste modo um campo electromagnético que por sua vez faz mover uma alavanca e cria um curto-circuito, no segundo circuito [41].

Na Figura 65 é visualizado o símbolo esquemático de um indutor e na Figura 66 são demonstrados indutores.

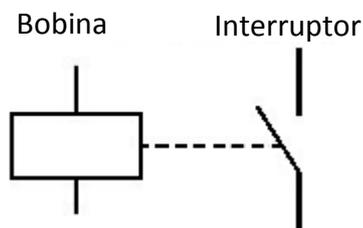


Figura 65 - Símbolo esquemático de um relé [46]



Figura 66 – Relés [47]

3.1.1. Fusível

O fusível é um componente, que actualmente, ainda é utilizado na electrónica, devido ao seu baixo custo.

O fusível serve para proteger um determinado circuito electrónico de uma sobrecarga de energia. Após uma sobrecarga de energia, o fusível queima, protegendo assim todo o circuito electrónico que este esta associado.

Os limites, tensão e intensidade, de um fusível encontram-se escritos numa das extremidades deste [41].

Na Figura 67 é apresentado dois tipos de fusíveis.



Figura 67 - Fusíveis

3.1.2. Transformador eléctrico

O transformador eléctrico é um dispositivo que através de um campo electromagnético permite transformar uma tensão eléctrica para uma outra tensão eléctrica. Ou seja, permite elevar ou rebaixar uma tensão eléctrica. Estes baseiam-se no princípio da força eletromotriz induzida e são constituídos por dois ou mais enrolamentos, geralmente dispostos sobre um núcleo ferromagnético [41].

Existem diversas aplicações para um transformador eléctrico, este aplica-se em transformadores de potência, transformadores de corrente, transformadores para operarem em alta frequência, entre outros [2].

O esquema de um transformador eléctrico está representado na Figura 68.

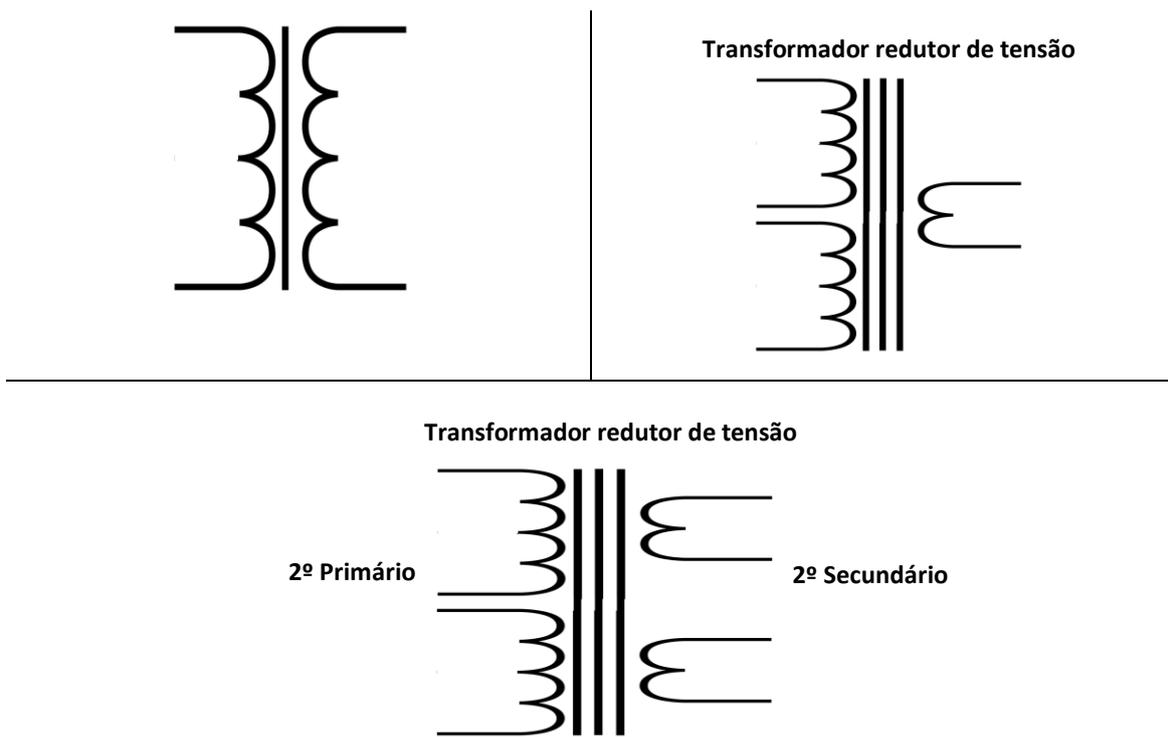


Figura 68 - Tipos de transformadores [48]

Matematicamente a tensão de saída (secundária) de um transformador é calculada através da seguinte equação:

$$E_2 = \frac{N_2}{N_1} \times E_1 \quad (6)$$

Onde,

- E_1 Tensão de entrada (primária)
- E_2 Tensão de saída (secundária)
- N_1 Número de espiras (primária)
- N_2 Número de espiras (secundária)

3.1.3. PCB

Um PCB ("Printed circuit board") é uma placa de circuito impresso, ou seja, são placas onde são soldados os componentes. Estas placas apresentam duas faces visíveis, podendo ou não estarem cobertas por um filme de cobre. Com este filme de cobre pretende desenhar os circuitos electrónicos.

A maior parte dos componentes utilizados numa placa de circuitos impressos, resistores, MOSFETs e chips em geral utilizam solda de superfície, e quando se danificam é muito difícil substituí-los manualmente, mesmo que se saiba quais são os componentes defeituosos. Na Figura 69 é demonstrado um tipo de PCB [41].



Figura 69 – PCB

3.1.4. Fonte de alimentação

Uma fonte de alimentação transforma a corrente alternada em corrente contínua de forma a alimentar os circuitos electrónicos pretendidos. Esta é constituída por um transformador eléctrico, um rectificador de corrente e um filtro.

O rectificador transforma a corrente alternada em pulsante. E é constituído por um grupo de díodos.

O filtro transforma a corrente pulsante em contínua. E é constituído por um grupo de condensadores com uma capacitância acima dos 100 μF [2].

Na Figura 70 visualiza-se o esquema de uma fonte de alimentação.

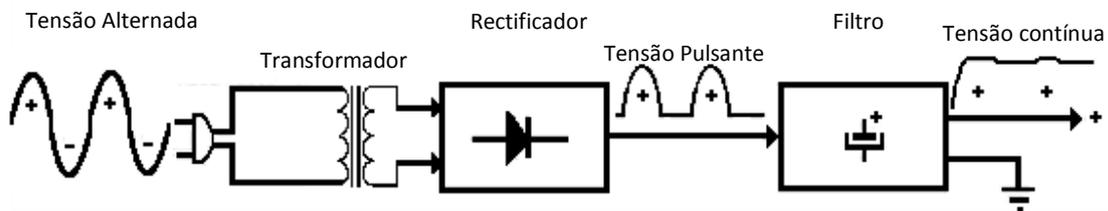


Figura 70 - Esquema de uma fonte de alimentação [2]

3.1.5. Variador de velocidade

Os variadores de velocidade, ou variador de frequência, são unidades eléctricas em constante desenvolvimento e sofisticação, que melhoraram significativamente a eficiência e o desempenho dos motores que controlam, reduzindo consideravelmente o custo associado ao consumo de energia e o nível de manutenções necessárias.

Um variador de velocidade é constituído por três zonas. Sendo elas, a zona para rectificar a corrente, o filtro e o ondulator [56]. Estas zonas encontram-se representadas na Figura 71.

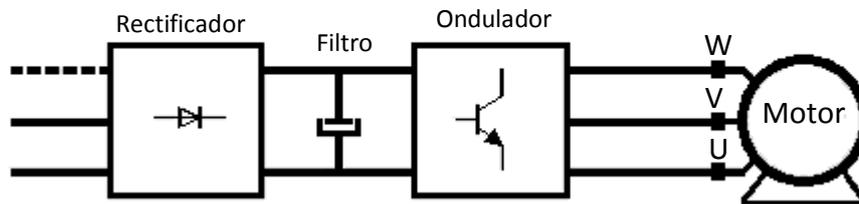


Figura 71 - Esquema de um variador de velocidade [56]

Actualmente a aplicação de variadores tem-se generalizado a todos os motores. Este facto é devido ao constante desenvolvimento e melhoramento dos variadores, bem como as reduções de preço que estes têm sentido ao longo dos anos. Alguns tipos de variadores encontram-se representados na Figura 72.



Figura 72 - Variadores de velocidade [57]

3.2. MECÂNICA

3.2.1. Electroválvulas

Uma electroválvula é o mesmo que uma válvula electromecânica e não uma válvula motorizada (são aquelas que utilizam um motor acoplado a uma válvula).

Uma electroválvula é constituída por duas partes: o solenóide e a válvula. O solenóide converte a energia eléctrica em energia mecânica que por sua vez actua sobre a válvula [50].

As electroválvulas, tal como é representado na Figura 73, podem ser normalmente abertas ou fechadas e biestáveis. Uma electroválvula normalmente fechada só deixa passar o fluído por ela assim que se proporciona energia suficiente ao solenóide, para que este acione a válvula, já a normalmente aberta, é ao contrário.



Figura 73 - Electroválvulas pneumáticas [49]

A escolha da electroválvula a se aplicar deve-se a uma análise do tempo em que esta se encontra a deixar passar fluido ou não, ou seja, caso o tempo em que esta deixa passar fluido seja superior ao tempo em que não deixa passar o fluido, então usa-se uma electroválvula normalmente aberta, isto para que se possa poupar energia ao activar o solenóide. As electroválvulas biestáveis usam um solenóide para abrir e outro solenóide para fechar a válvula [59].

3.2.1. Jacquard

O jacquard destes teares é constituído por uma pinça que é acionada por um electroíman. Quando este electroíman não está a ser energizado, a pinça volta a sua posição inicial devido a um íman permanente.

Os electroímãs fazem parte dos modernos sistemas de controlo. Estes são aplicados em actuadores electromecânicos, baseados no princípio de funcionamento do electroíman [58].

O electroíman, como actuador electromecânico, promove a conversão da energia eléctrica proveniente de um sinal de entrada, em energia mecânica, o que provoca uma acção definida no sistema em que se integra [59].

3.2.2. Encoder

Em automação, um encoder ou um transdutor de posição, é um equipamento electromecânico que conta ou reproduz pulsos eléctricos a partir do movimento rotacional de seu eixo. Estes fazem a conversão de movimentos rotativos ou deslocamentos lineares em impulsos eléctricos de onda quadrada [62].

Um encoder pode fornecer medidas e controlos precisos de velocidades de rotação ou lineares, posicionamentos angulares ou rectilíneos, volumes de líquidos, na robótica, etc [51].

Um encoder pode ser classificado como incremental ou absoluto. Incremental se possuir ou não um ponto zero. Absoluto quando o encoder consegue determinar em qualquer momento e em qualquer circunstância o seu posicionamento.

Na Figura 74 é apresentado um encoder relativo e na Figura 75 é demonstrado um encoder absoluto.



Figura 74 - Encoder óptico incremental [52]



Figura 75 - Encoder absoluto [53]

3.2.3. Motor de passo

O motor de passo, que se encontra representado na Figura 76, é um transdutor que converte energia elétrica, fornecida na forma de pulsos elétricos, em energia mecânica na forma de um movimento rotacional contínuo [60].

A precisão de um motor de passo é principalmente determinada pelo número de passos por rotação (quanto maior for à quantidade de passos, maior será a precisão).

O motor de passo possui inúmeras vantagens em relação ao motor elétrico convencional. A principal vantagem é que cada pulso elétrico gera um incremento rotativo (passo) [61].

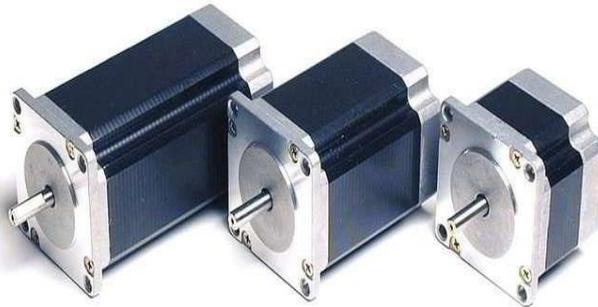


Figura 76 - Motores de passo [54]

3.2.4. Motor AC

Os motores AC podem ser classificados como monofásico, trifásico, assíncrono e síncrono.

Um motor AC é um motor que funciona com corrente alternada e caracterizam-se por serem capazes de inverter o sentido dos campos. Com a aplicação deste tipo de motor é possível evitar as faíscas e a produção de ozono [58].

Os motores AC monofásicos são os mais utilizados a nível doméstico contudo com estes é necessário utilizar condensadores. Para além disso, estes motores são de baixa potência. A nível industrial, os motores AC utilizados são trifásicos. Estes possuem elevadas potências e não utilizam condensadores.

Os motores AC síncronos são motores de velocidade constante e operam em sincronismo com a frequência da linha. A velocidade de um motor síncrono é determinada pelo número de pares de pólos e é sempre uma proporção entre a frequência da linha.

Os motores AC assíncronos (Figura 77) são motores, cujo rotor não está excitado pelo estator e a velocidade de rotação não é proporcional à frequência da sua alimentação. Devido a isto, a velocidade do rotor é menor que a do campo girante, devido ao escorregamento [63].



Figura 77 - Motor AC assíncrono [55]

3.3. MICROCONTROLADOR

O microcontrolador é um chip composto por uma CPU (Central Processor Unit), memória de dados e programa, sistema de clock, portas de I/O (Input/Output), além de outros possíveis periféricos.

A velocidade de processamento de um microcontrolador advém da frequência do sinal do clock. Este sinal pode ser gerado internamente pelo microcontrolador através de um circuito RC interno, sem grande precisão ou por um oscilador externo, com alta precisão [20,65,66].

Actualmente, os microcontroladores possuem uma arquitectura que de certa forma é simples e são baratos. Estes podem ser encontrados desde em pequenos aparelhos domésticos até em grandes e complexos aparelhos, como os satélites por exemplo.

Para controlar este tear os microcontroladores escolhidos são os microcontroladores ATmega2560 presente na board Arduíno Mega 2560.

3.3.1. Board Arduíno Mega 2560

O Arduíno Mega 2560 é uma placa electrónica com um microcontrolador ATmega2560. Nela contém tudo o que é necessário para dar suporte ao microcontrolador. A escolha deste tipo de placas, deveu-se ao facto, de estas placas serem de baixo custo e fácil programação.

3.3.1.1. Especificações

Na Tabela 3 é indicado todas as especificações do microcontrolador ATmega2560.

Tabela 3 - Especificações do microcontrolador ATmega2560

Microcontrolador	ATmega2560
Tensão de funcionamento	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7-12V
Tensão de entrada (limites)	6-20V
Pinos analógicos	16
Intensidade da corrente por pino	40 mA
Intensidade da corrente por pino para a tensão de 3.3V	50 mA
Memória flash	256 KB sendo que 8 KB são para o Bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

3.3.1.2. Pinagem do Microcontrolador

Na Figura 78 é retratada a pinagem do microcontrolador ATmega 2560.

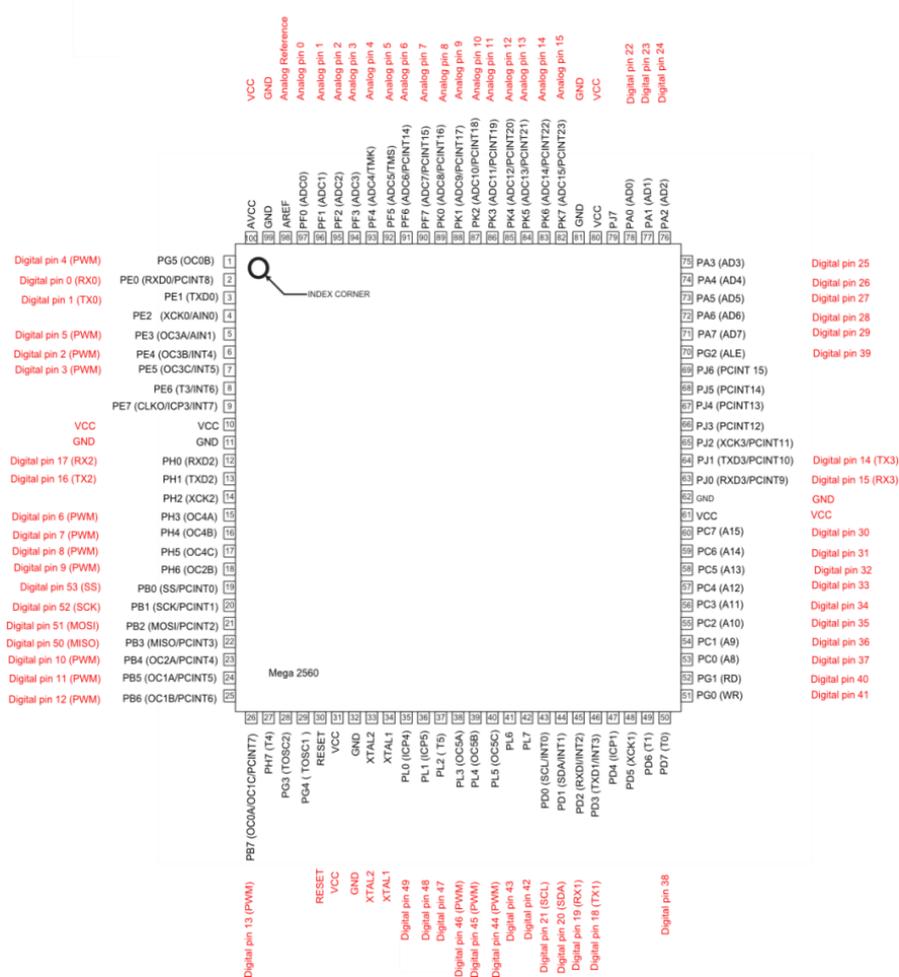


Figura 78 - Pinagem do Microcontrolador [68]

3.3.2. Tipos de memórias existentes em microcontroladores

A memória é caracterizada pela capacidade de reter, recuperar, armazenar e evocar informações que se encontram armazenadas nelas, na forma de binário, ou seja, 0 e 1. Estas possuem uma grande influência nos microcontroladores, pois sem estas, o microcontrolador não funciona e não se poderia escrever programas e executa-los.

As memórias são constituídas por transistores, portas lógicas e flip-flops.

As principais memórias utilizadas em electrónica são: ROM, PROM, EPROM, EEPROM, FLASH e RAM [67,65,66].

➤ ROM

As memórias ROM são memórias apenas de leitura, cujos dados gravados não podem ser modificados ou eliminados.

Os dados são gravados durante a fabricação através de uma máscara colocada sobre o chip de modo a registrar nas células disponíveis as informações desejadas.

➤ **PROM**

As memórias PROM são memórias apenas de leitura programável, ou seja, é aquela onde os dados podem ser inseridos pôr meio de gravadores específicos uma única vez.

Ao programar este tipo de memória, cada célula (fusível) deve armazenar um bit (0 ou 1), se for um 1 o fusível fica intacto se for 0 o fusível fica rompido.

A gravação é feita utilizando uma tensão chamada VPP a 25 volts, cuja amplitude depende da memória.

➤ **EPROM**

As memórias EPROM são memórias de leitura, que sem dúvida é bem mais comum dos que a PROM, pois pode ser apagada se exposta à luz ultravioleta através de uma janela de quartzo (transparente a radiações ultravioletas) e programada novamente, geralmente, através de gravadores específicos.

➤ **EEPROM**

As memórias EEPROM são memórias apenas de leitura que se podem apagar eletricamente e regravadas milhares de vezes, utilizando gravadores específicos. Estas memórias ao contrário das EPROM não têm janelas de quartzo para apagar a informação contida na memória.

➤ **FLASH**

As memórias FLASH são semelhantes as do tipo EEPROM. Estas podem ser sucessivamente gravadas e apagadas eletricamente, até 100.000 ciclos de apagamentos.

➤ **RAM**

As memórias RAM, são memórias voláteis, constituídas por transístores, que podem armazenar dados apenas quando tiverem tensão.

Estas são usadas para auxiliar o processador ao armazenar informações temporárias e são constituídas por dois tipos: estáticas e dinâmicas.

As memórias RAM estáticas foram muito utilizadas no final dos anos 80, porém tinham um grande tamanho e armazenavam uma pequena quantidade de bytes.

As memórias RAM dinâmicas, ao contrário das estáticas podem armazenar uma grande quantidade de megabyte num espaço muito reduzido, porém estas memórias necessitam de um refresh constante e conseqüentemente de circuitos de apoio.

4. PROTÓTIPO

Numa primeira fase serão analisados e identificadas as características de funcionamento do tear, tensão, intensidade e potência, nos componentes mecânicos a automatizar, à excepção do encoder que foi comprado.

Após uma análise cuidada da electrónica existente no tear, será apresentada uma proposta para uma nova electrónica para automatizar o mesmo tear.

Posteriormente, é demonstrado os algoritmos para os microcontroladores.

Por fim, será apresentado o algoritmo desenvolvido em c# para o programa de controlo e apresentação gráfica do estado do tear circular.

4.1. MECÂNICA

4.1.1. Electroválvulas

As electroválvulas utilizadas nestas máquinas são electroválvulas com fluxo de fluido (ar) reduzido e são fixadas a uma base. E é a partir desta que o ar é orientado para o respectivo actuador, é recebido, enviado para o actuador e é libertado. Ou seja, a barra que suporta estas electroválvulas possui 2 furos e uma ranhura que serve de escape para o ar que é libertado após a electroválvula ser desligada a outra para receber ar pressurizado.

Características:

Tensão máxima → 24 V

Potência → 2.4 W

Na Figura 79 é visualizada uma electroválvula que é proveniente da barra de electroválvulas que se encontra na parte traseira do tear e que se encontra retratada na Figura 80.



Figura 79 - Electroválvula pneumática

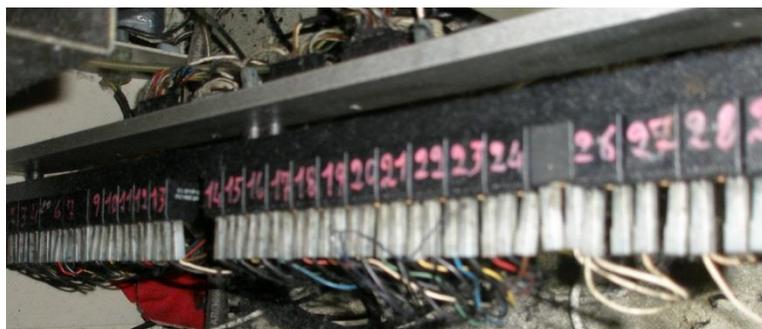


Figura 80 - Vista das electroválvulas do tear

4.1.1. Encoder

Neste projecto, o encoder utilizado é um encoder incremental e com um ponto de referência (ponto zero).

O encoder utilizado é o HEDS-9140 Option G00. Este encoder é óptico e possui 120 pulsos por rotação.

4.1.1.1. Encoder HEDS-9140 Option G00

A escolha do encoder foi feita com base nas suas características, com um especial destaque para o número de pulsos que este permite e no seu preço.

O encoder escolhido pode ser visualizado na Figura 81.



Figura 81 – Encoder HEDS-9140 Option G00 [64]

Características:

De seguida será apresentada a Tabela 4 com as características do encoder.

Tabela 4 - Características do encoder [64]

Parâmetro	Min	Max	Unidades
Corrente da fonte	30	85	mA
Tensão da fonte	4.5	5.5	V
Tensão de saída (High level)	2.4	-	V
Corrente de saída (High level)	-	-200	µA
Tensão de saída (Low level)	-	0.4	V
Corrente de saída (Low level)	3.86		mA
Frequência de contagem	-	100	kHz

Na Figura 82 é demonstrado o esquema de ligação do encoder ao microcontrolador, em que a corrente de 5 volts provém do microcontrolador e aos pins de Input do microcontrolador serão ligados o canal A ou o B e o ponto zero.

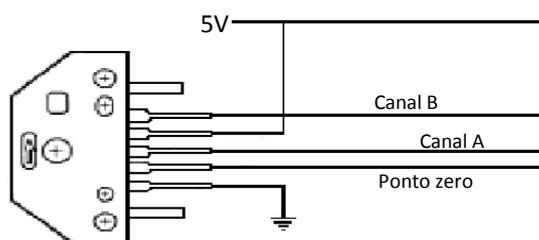


Figura 82 - Esquema de ligação do encoder ao microcontrolador [64]

A Figura 83 apresenta a montagem deste encoder é no topo da cabeça do tear. Quanto ao seu funcionamento e conexão à placa Arduino este é ligado directamente à placa Arduino e alimentado por esta mesma.

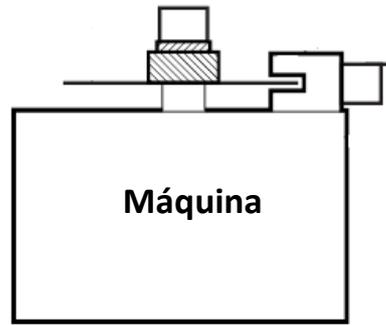


Figura 83 - Esquema de montagem do encoder no tear [64]

4.1.2. Motor de passo

O motor de passo, apresentado na Figura 84, utilizado é um motor de passo bipolar. Este é um componente já existente na máquina. A função deste motor de passo é regular a malha da peúga.

Características:

Tensão → 5 V

Intensidade → 1.25 A

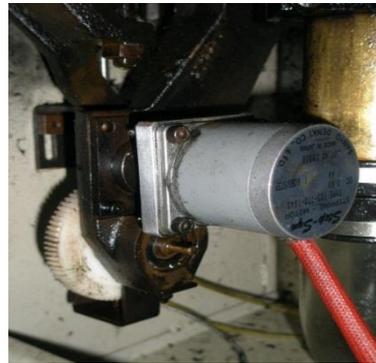


Figura 84 - Motor de passo

4.1.3. Motor AC

O motor utilizado neste tear é um motor AC trifásico assíncrono, apresentado na Figura 85. Contudo existem teares semelhantes a este que utilizam motores AC trifásicos síncronos.

Características:

Tensão → 220 V

Potência → 745 W



Figura 85 - Motor AC trifásico assíncrono

4.1.4. Jacquard

O jacquard utilizado é o que está presente no tear. Neste apenas serão retirados os conectores e posteriormente ligados directamente às novas placas electrónicas. Na Figura 86 é apresentado um dos actuadores que constituem o jacquard do tear.

Características:

Tensão → 12 V

Potência → 0.5 W

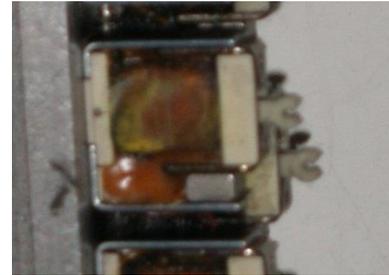


Figura 86 - Actuador do jacquard

4.1.5. Transformador eléctrico

O transformador utilizado é o transformador já existente no tear, demonstrado na Figura 87.

Características:

Tensão entrada → 220 V

Tensão de saída → 12 V

Potência → 1300 W



Figura 87 - Transformador de corrente existente no tear

4.2. ELECTRÓNICA

De seguida é demonstrada toda a eletrónica presente no tear, bem com a solução encontrada para substituir estas velhas placas.

4.2.1. Placas electrónicas de origem do tear conti F3C

Toda a electrónica presente no tear em estudo encontra-se datada nas placas, do ano 1998.

Quanto a esta electrónica esta, em comparação com a mais recente electrónica presente nos teares, já esta muito desactualizada, quando algum componente se danifica a sua reparação e substituição é rápida contudo é muito difícil encontra-se o componente danificado. A nível de perda de energia sob a forma de calor, esta electrónica apresenta um consumo em muito superior. Também é de salientar que quando algum componente como os microcontroladores se danificam, a sua

substituição é extremamente rápida, uma vez que não são microcontroladores integrados na placa, por outro lado a compra destes mesmos é muito dispendiosa.

Na Figura 88 é demonstrado o esquema das posições das placas electrónicas.

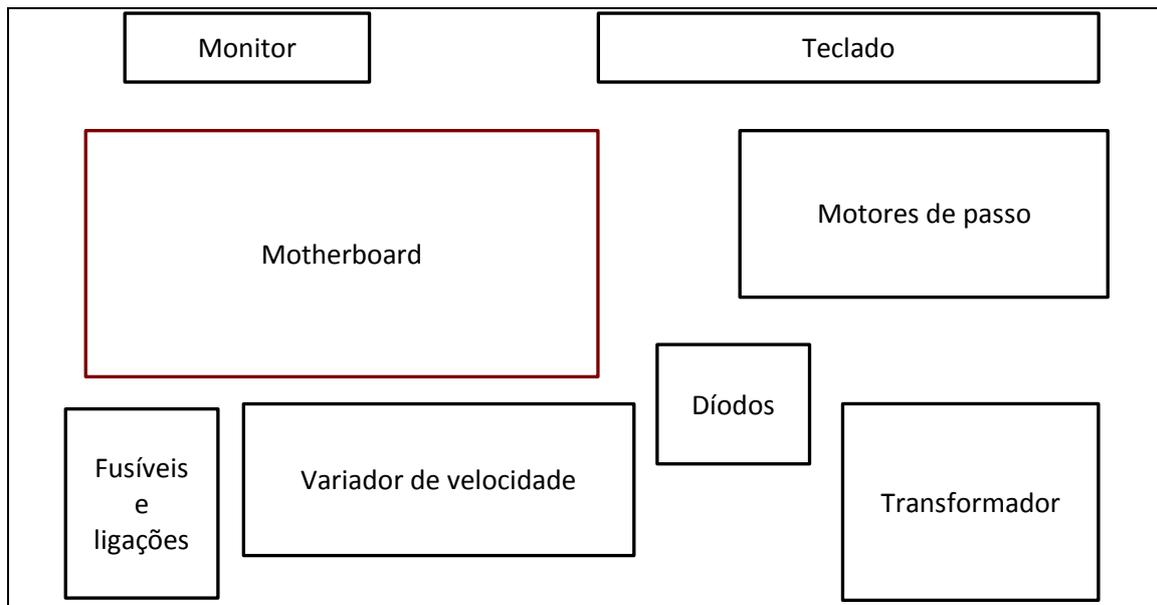


Figura 88 - Esquema das posições das placas electrónicas

Na Figura 89 são apresentados as placas electrónicas de origem que constituem o tear circular Conti F3C.



Figura 89 - Placas electrónicas de origem do tear conti F3C

4.2.2. Modo de funcionamento da electrónica desenvolvida

Após retirada de todas as placas eletrónicas existentes no tear, a caixa aonde estas estavam embutidas foi dividida em seis zonas distintas, sendo elas: a placa principal, o variador de velocidade, um pequeno teclado, a distribuição de corrente e o transformador.

Na Figura 90 apresenta o esquema das seis zonas e encontra-se a verde o esquema da distribuição da energia e a vermelho esta representado a ligação entre as placas Arduino.

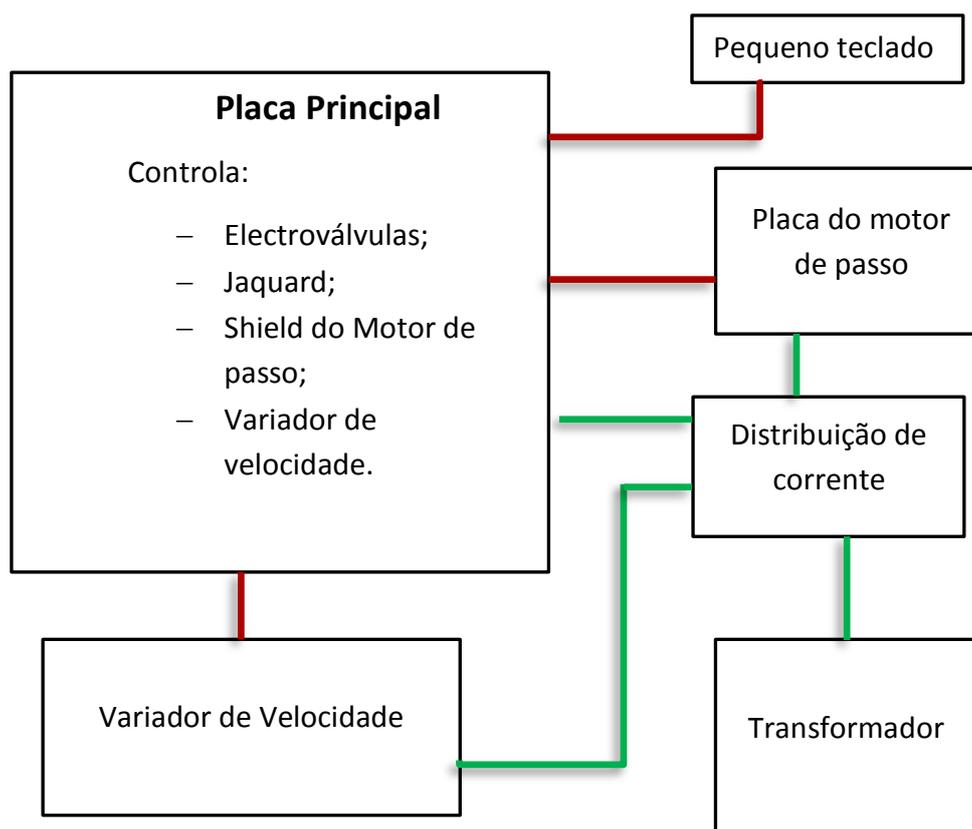


Figura 90 - Esquematização das seis zonas em estudo

Já na Figura 91 é demonstrado a posição que cada placa Arduino irá ter na placa principal, bem como o shields construídos para fazer o acondicionamento do sinal que irá acionar as electroválvulas e o jarquard do tear.

A ligação entre as placas Arduino e shields será feita com recurso a jumpers, que já são fabricados para este tipo de colectores.

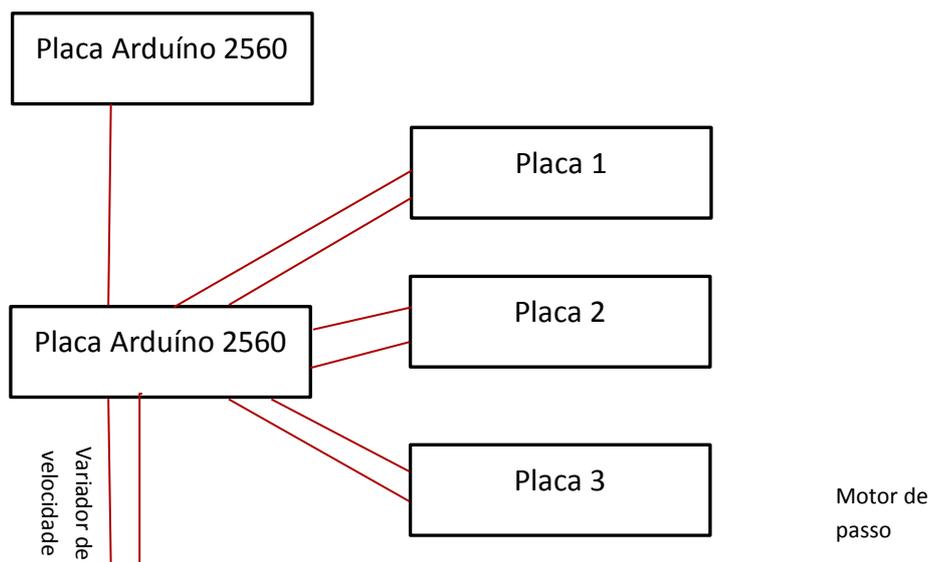


Figura 91 - Esquematização do funcionamento da placa principal

4.2.3. Esquema dos circuitos electrónicos

Num primeiro ponto é demonstrado a arquitectura das placas que iram automatizar as electroválvulas, o jaquard, o variador de velocidade e o motor de passo. É de salientar que grande parte dos componentes que iram constituir o variador estes iram ser ligados à placa infinion através de conectores e jumpers.

Também será desenvolvida uma placa para rectificar e armazenar a corrente proveniente do transformador.

Num segundo ponto é feito o inventário e apresentado as características de todos os componentes necessários para realizar o protótipo das placas electrónicas.

4.2.3.1. Electroválvulas, Jaquard e Variador de velocidade

O esquema da placa que na Figura 92 é demonstrada, foi desenvolvida com a intenção de acondicionar os sinais gerados pelas placas Arduino.

Após condicionada esta irá comandar as electroválvulas, o jaquard e o variador de velocidade.

Quanto ao variador de velocidade o sinal acondicionado irá apenas acionar os transístores que constituem a placa Infinion.

Cada placa será constituída por 22 transístores e 22 díodos e por um único tipo de conectores, que apenas difere uns dos outros pelo número de pins em cada conjunto de conectores apresentados na Figura 92.

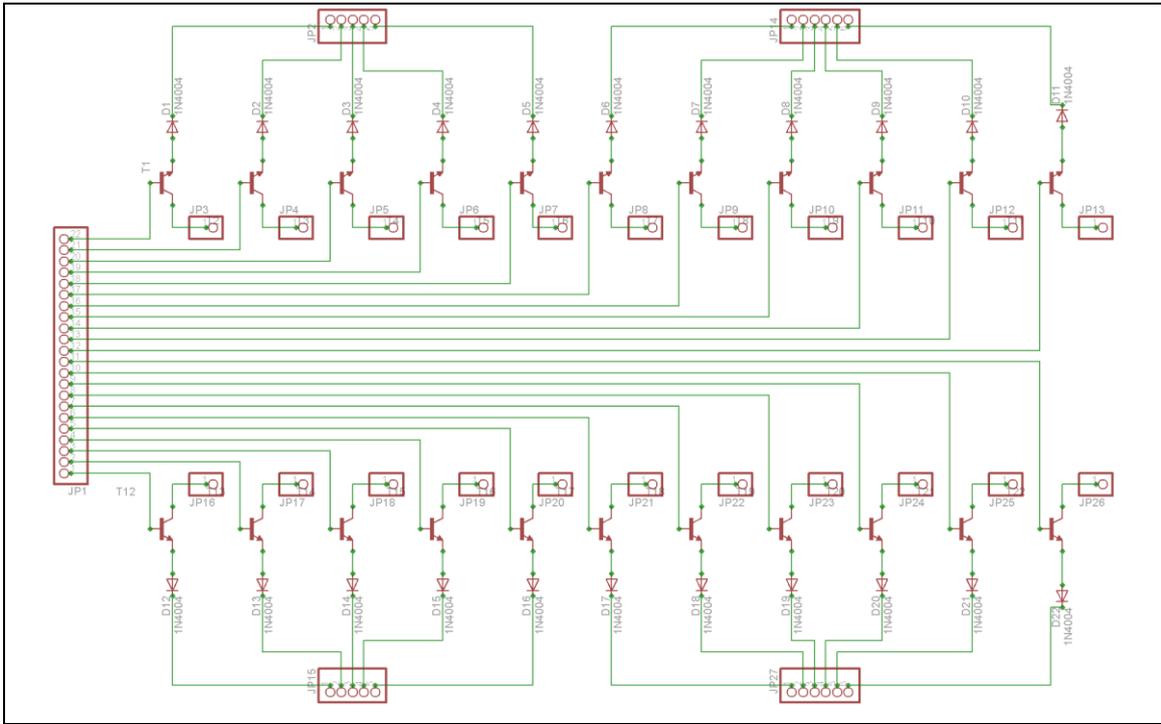


Figura 92 - Esquemática dos circuitos electrónicos na placa

Na Figura 93 encontra-se a esquematização da colocação dos conectores, díodos e transístores numa placa de fibra de vidro.

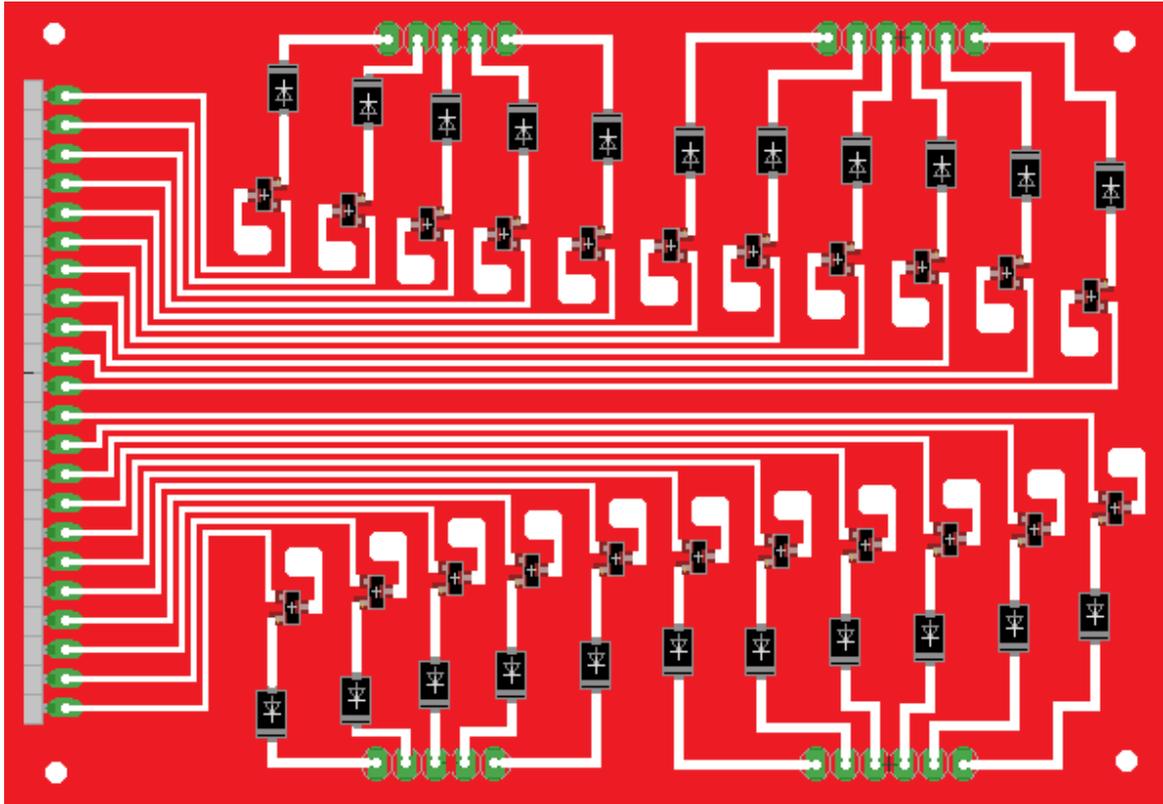


Figura 93 - Esquemática da colocação dos conectores, díodos e transístores

Na Figura 94 encontra-se a imagem do circuito electrónico, em que a preto encontra-se os caminhos em cobre que serão deixados após a prototipagem da placa de fibra de vidro.

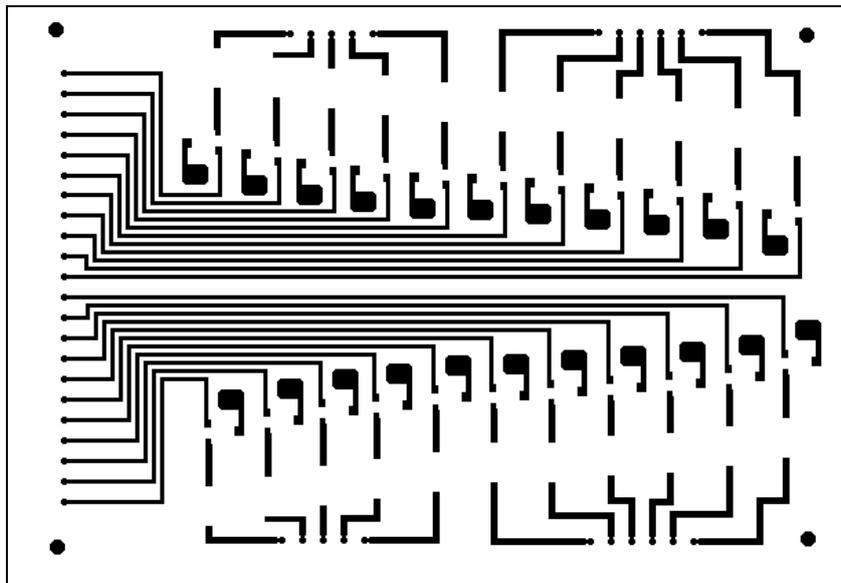


Figura 94 - Imagem do circuito electrónico

4.2.3.2. Motor de passo

A placa de circuitos electrónicos que irá controlar o motor de passo não será desenvolvida, pois estas placas são comercializadas por um preço três vezes inferior do que se a tivesse de a fazer.

4.2.3.3. Rectificação e armazenamento da corrente

Após sair do transformador de tensão, torna-se necessário transformar a corrente alternada em pulsante e para isso usa-se um retificador. Passada a corrente a pulsante a corrente é convertida a corrente continua através de um filtro formado por capacitores. O esquema da colocação dos díodos e dos capacitores, encontra-se apresentado na Figura 95.

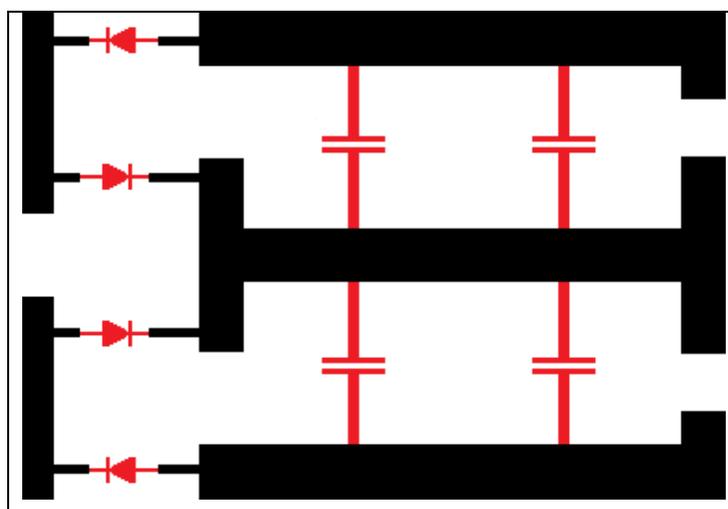


Figura 95 - Esquemática da colocação dos díodos e capacitores

Na Figura 96 encontra-se a imagem, em que a preto estão os circuitos em cobre deixados após a prototipagem.

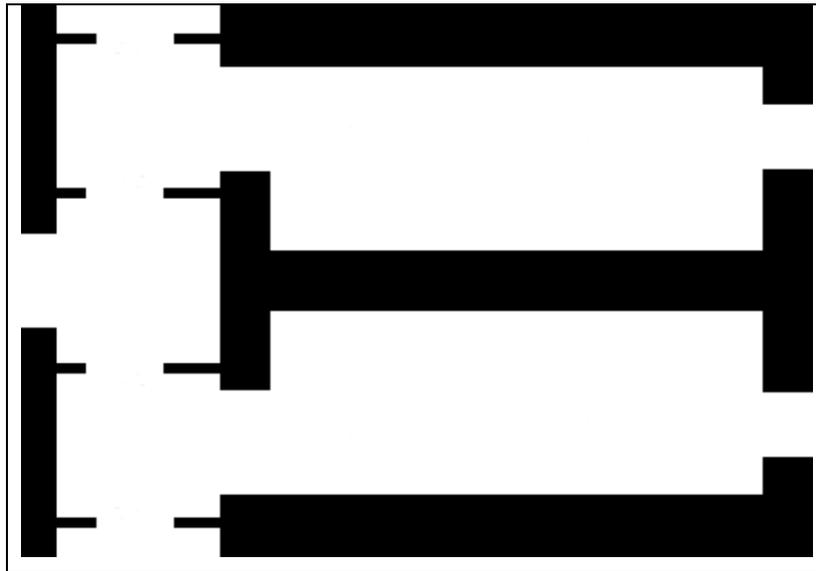


Figura 96 – Imagem do circuito electrónico

4.2.3.4. Variador de frequência

O variador de frequência, vulgarmente chamado de variador de velocidade será constituído por uma placa Infineon, 1 condensador e conetores.

Na placa Infineon encontra-se os díodos e os transístores sendo que a ligação de todos os pins da placa fica a cargo dos conetores e fios utilizados para esse efeito. Os fios da corrente trifásica a 50 Hz são ligados aos pins L1, L2 e L3 e a saída para o motor são os pins U, V e X.

Na Figura 97 visualiza-se os esquemas dos circuitos electrónicos do variador de frequência.

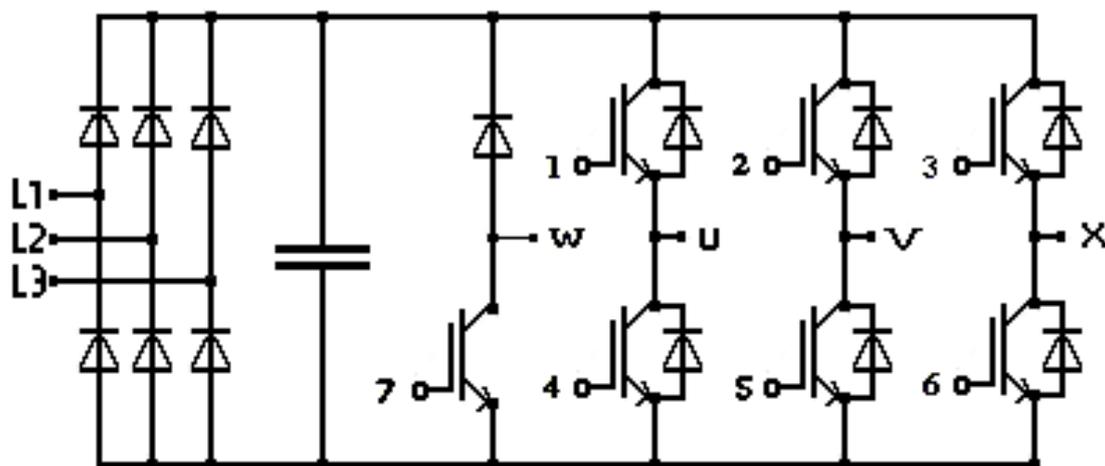


Figura 97 - Esquema electrónico do variador de frequência

4.2.4. Componentes utilizados

De seguida serão quantificados todos os componentes necessários para a realização deste projecto bem como as suas quantidades.

Posteriormente também serão apresentadas as características mais relevantes destes componentes.

Na Tabela 5 é apresentado todos os componentes utilizados para elaborar as placas que iram automatizar as electroválvulas.

Tabela 5 - Componentes necessários para automatizar as electroválvulas

Electroválvulas	
Componentes	Quantidade
Board Arduíno Mega 2560	1
Transístores (1)	66
Díodos (1)	66
Jumpers	120
Conector (1)	3
PCB	3

Na Tabela 6 são demonstrados todos os componentes utilizados para elaborar as placas que iram automatizar o jaquard.

Tabela 6 - Componentes necessários para automatizar o jaquard

Jaquard	
Componentes	Quantidade
Board Arduíno Mega 2560	'A mesma das electroválvulas'
Transístores (1)	16
Díodos (1)	16
Jumpers	16
Conector (1)	2
PCB	1

Na Tabela 7 visualiza-se os componentes necessários para receber e enviar informações pela porta USB.

Tabela 7 - Componentes necessários para receber e enviar informações pela porta USB

Receber e enviar informações USB	
Componentes	Quantidade
Board Arduíno Mega 2560	1

Na Tabela 8 é apresentado todos os componentes necessários para realizar toda a componente de controlo para o motor de passo.

Tabela 8 - Componentes necessários para o motor de passo

Motor de passo	
Componentes	Quantidade
Placa de acondicionamento de sinal para o motor de passo	1
Placa de acondicionamento de corrente	2
Jumpers	10

Na Tabela 9 é demonstrado todos os componentes necessários para o variador de velocidade.

Tabela 9 - Componentes necessários para o variador de velocidade

Variador de velocidade	
Componentes	Quantidade
Board Arduíno Mega 2560	1
Capacitador (2)	1
Placa infineon	1
Jumpers	14
Conector (2)	1
Potenciómetro	1
Dissipador de calor	1
Pasta dissipadora de calor	1
PCB	1

Na Tabela 10 são apresentados todos os componentes necessários para a fonte de alimentação.

Tabela 10 - Componentes necessários para a fonte de alimentação

Fonte de alimentação	
Componentes	Quantidade
Díodos (2)	6
Capacitador (1)	4
PCB	1

Na Tabela 11 é visualizado os outros componentes utilizados para realizar as placas electrónicas que anteriormente foram referidas.

Tabela 11 - Outros componentes

Outros componentes	
Componentes	Quantidade
Jumpers	40
Fio de cobre emborrachado	50 metros (m)
Fio de solda	5 m

Características:

➤ Jumpers

A função destes jumpers, demonstrados na Figura 98 e Figura 99, advém da necessidade de conectar, por uma ligação flexível, as saídas dos microcontroladores e os componentes das placas a automatizar.

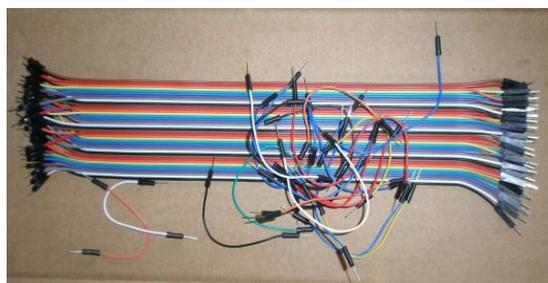


Figura 98 - Jumper com pontas macho-macho



Figura 99 - Jumper com pontas macho-fêmea

➤ Transístores

Os transístores que iram constituir as placas electrónicas para as electroválvulas, o jaquard e o variador de velocidade é o transístor “MMBT2222A” (Figura 100). Estes tipos de transístores são utilizados para amplificar médias potências e são do tipo NPN.

Na Tabela 12 são demonstrados os valores máximos do transístor MMBT2222A.

Tabela 12 - Valores máximos de funcionamento do transístor MMBT2222A [69]

Parâmetro	Valor	Unidades
Tensão colector-Emissor	40	V
Tensão Colector-Base	75	V
Tensão Emissor-Base	6.0	V
Corrente no colector	1.0	A
Limites de Temperatura de operação	-55 ~ 150	°C



Figura 100 - Transístor MMBT2222A [70]

➤ Díodos

🔥 Díodos (1)

Os díodos que constituem as placas electrónicas para as electroválvulas, o jaquard e o variador de velocidade é o díodo “1N4004-SMD” (Figura 101).

Na Tabela 13 são apresentadas as características principais do díodo 1N4004 – SMD.

Tabela 13 - Características principais do díodo 1N4004 – SMD [71]

Parâmetro	1N4004 - SMD	Unidades
Peak repetitive reverse voltage	400	V
Working peak reverse voltage		
DC blocking voltage		
RMS reverse voltage	280	V
Average rectified output current	1.0	A
Non-repetitive peak forward surge current	30	A
Operating and storage temperature range	-65 a 175	°C



Figura 101 - Díodo 1N4004 – SMD [73]

🔥 Díodos (2)

Os díodos que constituem a placa de correção de sinal é o díodo P 1000 M (Figura 102).

Na Tabela 14 são demonstradas as Características principais do díodo P 1000 M.

Tabela 14 - Características principais do díodo P 1000 M [72]

Parâmetro	P 1000 M	Unidades
Peak repetitive reverse voltage	1000	V
Working peak reverse voltage		
DC blocking voltage		
RMS reverse voltage	1000	V
Average rectified output current	10	A
Non-repetitive peak forward surge current	80	A
Operating and storage temperature range	-50 a 175	°C

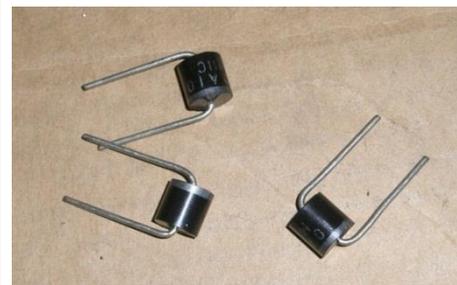


Figura 102 – Díodos P 1000 M

➤ **Placa Infineon FP30R06W1E3**

Esta placa é constituída por transístores IGBT e díodos, tal como se pode verificar pela Figura 103. Com esta placa é possível de uma forma muito compacta, construir-se variadores de velocidade.

Na Tabela 15 são apresentadas as principais características da placa Infineon FP30R06W1E3.

Tabela 15 - Principais características e seus valores máximos da placa Infineon FP30R06W1E3 [74]

Parâmetro	Valor	Unidades
Tensão colector-emissor	$T_{vj} = 25^{\circ}C$	600 V
Corrente contínua no colector	$T_c = 65^{\circ}C$ $T_{vj} = 175^{\circ}C$	30 A
Tensão máxima na base-emissor		+/- 20 V

Na Figura 104 é visualizada a vista superior de uma placa Infineon FP30R06W1E3.

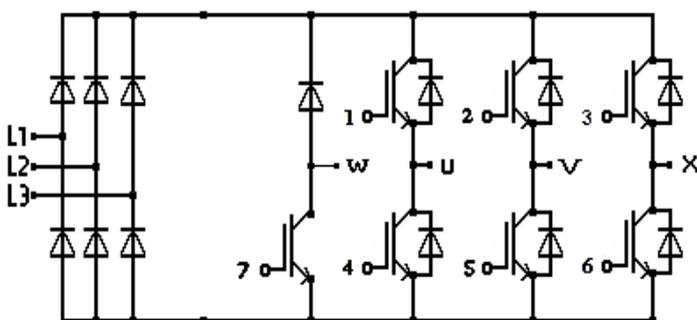


Figura 103 - Esquema da Placa Infineon FP30R06W1E3



Figura 104 - Placa Infineon FP30R06W1E3 [74]

➤ **Capacitor**

🔥 Capacitor (1)

Na Figura 105 é apresentado uma imagem deste condensador.

Características:

- Marca: HGF FA
- Tensão máxima: 450 V
- Capacitância: 2200 μF



Figura 105 - Capacitor para o variador de velocidade

🔥 Capacitor (2)

Na Figura 106 é visualizado este capacitor.

Características:

- Marca: Chexing
- Tensão máxima: 50 V
- Capacitância: 2200 μF



Figura 106- Capacitor para a placa de correção de sinal

➤ Dissipador de calor

De forma a dissipar o calor proveniente do funcionamento da placa da Infineon, foi utilizado este tipo de dissipador de calor (Figura 107). Ao qual, este foi encaixado na parte de trás da placa Infineon.

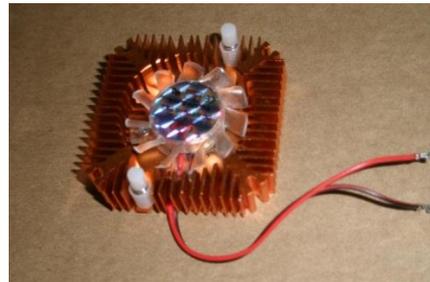


Figura 107 - Dissipador de calor

➤ PCB

Na Figura 108 é apresentado o PCB utilizado.

Características:

- Material: fibra de vidro e cobre
- Dimensões: 7x10 cm



Figura 108 - PCB

➤ Massa dissipadora de calor

Segundo o vendedor, a massa térmica, apresentada na Figura 109, é do tipo silicone fluido e com uma condutividade térmica superior a 1.93 W/m.k .



Figura 109 - Massa dissipadora de calor

➤ **Conectores**

🔥 Conector (1)

Este tipo de conectores, apresentados na Figura 110 e Figura 111, foram escolhidos para realizar a ligação aos racords existentes no tear. Estes conectores possuem um espaçamento entre pins de cerca de 2,54 milímetros.



Figura 110 - Conector Arduino macho



Figura 111 - Conector Arduino fêmea

🔥 Conector (2)

De modo a liga-se todos os componentes anexados à placa Infinion foi utilizado os conectores apresentados na Figura 112.



Figura 112 - Conector (2)

➤ **Placa de acondicionamento de sinal para o motor de passo**

Esta placa é uma L298N e é acionada por um sinal de 5 v e 35 mA que poderá ser amplificado de 5 a 35 V e com uma corrente até 2 A. A potência máxima é de 25 W. Na Figura 113 pode-se visualizar mais pormenores acerca desta placa.



Figura 113 - Placa de acondicionamento de sinal para o motor de passo

➤ **Potenciômetro**

O potenciômetro, demonstrado na Figura 114, é utilizado para regular a velocidade máxima do tear.



Figura 114 - Potenciômetro

➤ Placa de acondicionamento de corrente

Esta placa consegue transformar uma corrente de 12 V em 5 V ou 3.3 V, com uma intensidade de 800 mA e pode ser visualizada na Figura 115.



Figura 115 - Placa de acondicionamento de corrente

4.3. INFORMÁTICA

Uma das partes deste projecto é a programação dos microcontroladores e o desenvolvimento de um programa em C# para controlar estes microcontroladores e a produção do tear.

4.3.1. Programação dos microcontroladores

A programação de todos os microcontroladores será realizada no programa do Arduino destinado para este efeito.

A estrutura de programação dos microcontroladores, é baseada, como mostra a Figura 116, numa programação que é coordenada e controlada por um microcontrolador principal. A este microcontrolador, é-lhe atribuído o comando de dois microcontroladores, o microcontrolador do variador de velocidade e o microcontrolador do motor de passo. Quanto ao microcontrolador de monitorização, este é um elemento dispensável à boa produção do tear, contudo este apenas recebe, por parte do microcontrolador principal, o estado da produção do tear e envia as ordens enviadas pelo software de controlo que, também este foi desenvolvido e que será apresentado de seguida.

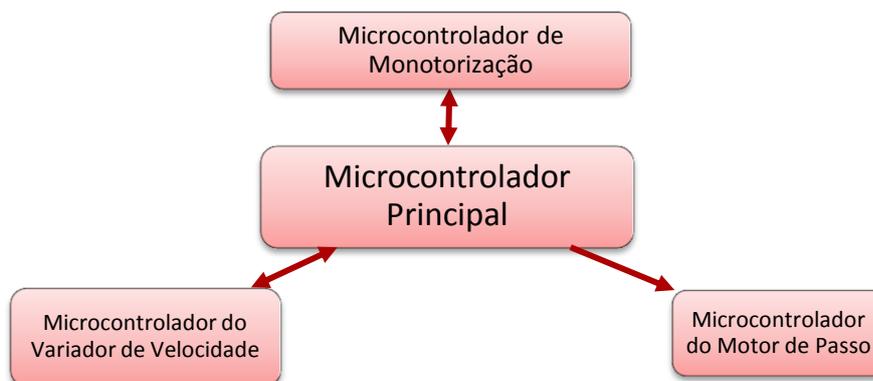


Figura 116 - Estrutura da Programação dos Microcontroladores

4.3.1.1. Microcontrolador de monitorização

A programação deste microcontrolador contempla a ligação do microcontrolador com o programa em C#, bem como botões que estão associados ao corte da peça, à paragem no fim do ciclo, o start e o stop. Este microcontrolador também se encontra a controlar mais dois microcontroladores, o do variador de velocidade e o principal. O algoritmo deste microcontrolador encontra-se no anexo 1 dos anexos.

4.3.1.2. Microcontrolador principal

O programa para o microcontrolador principal encontra-se dividido em várias subrotinas. As quais se encontram descritas abaixo. Todo o algoritmo desenvolvido para este microcontrolador encontra-se no ponto 2, em anexos.

Na Figura 117, são apresentadas todas as subrotinas que constituem o programa principal.

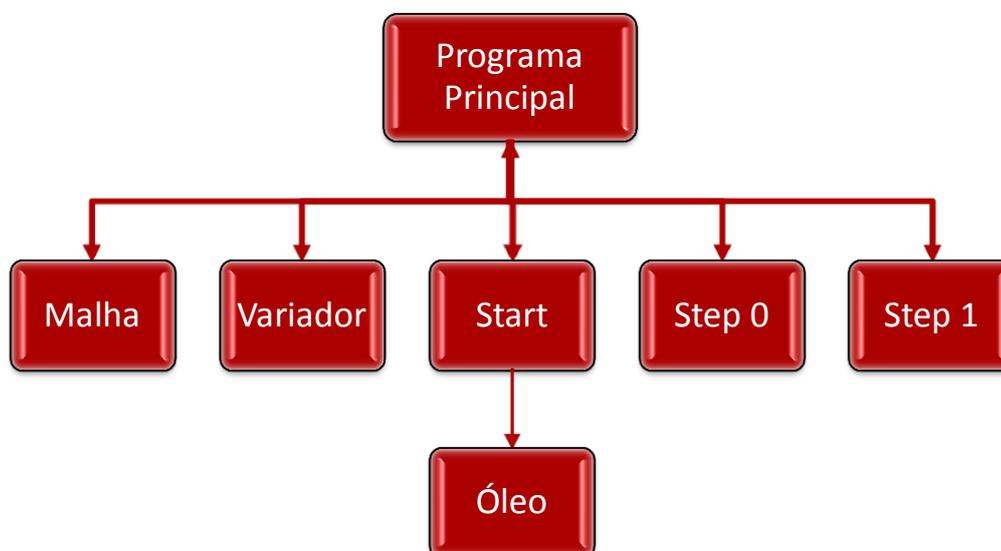


Figura 117 -Estrutura da Programação do Microcontrolador Principal

➤ Programa principal

É neste programa que se indica quais os pins que servem de inputs e outputs e todo o programa principal que faz a conexão de todas as subrotinas principais.

➤ subrotina malha

O envio da informação acerca do valor da malha é enviado por esta subrotina.

➤ subrotina variador

Com esta subrotina pretende-se ligar o variador de velocidade e transmitir-lhe a velocidade desejada.

➤ **Subrotina start**

Para se dar o arranque inicial ao tear foi desenvolvida esta subrotina. Esta liga o variador de velocidade e envia-lhe a que velocidade deve rodar o cilindro e indica ao microcontrolador do motor de passo a posição que se deve colocar inicialmente.

➤ **Subrotina óleo**

Com esta subrotina pretende-se acionar uma electroválvula que através de um mecanismo injecta óleo no cilindro e nas platinas do tear.

➤ **subrotina step 0**

Esta subrotina prepara o tear para iniciar a fabricação. Para além de preparar, esta subrotina serve para verificar se alguma peúga se encontra presa nas agulhas.

➤ **subrotina step 1**

A produção das peúgas em si é feita a partir desta subrotina. Nesta subrotina são emitidas as ordens para acionar todos os actuadores que são característicos desta etapa da fabricação.

É também de salientar que a mesma estrutura do algoritmo se mantém ao longo de todas as subrotinas que se sucedem a esta, daí que para este trabalho não foram contempladas.

4.3.1.3. Microcontrolador do motor de passo

Este microcontrolador é o responsável pelo accionamento do motor de passo. Este recebe informações do microcontrolador principal e compara-a com a posição actual do motor de passo e executa essas mesmas ordens com base na diferença de posições.

No ponto 3 dos anexos encontra-se o algoritmo do microcontrolador do motor de passo.

4.3.1.4. Microcontrolador do variador de velocidade

O microcontrolador do variador de velocidade é responsável pelo desfasamento das fases segundo uma frequência. Este também lê o potenciómetro e compara-o com a informação recebida pelo microcontrolador principal e pelo microcontrolador de monitorização.

As fórmulas que provocam o desfasamento das fases são as seguintes:

$$\alpha = 2\pi ft \quad (7)$$

$$F_1 = \sin(\alpha) \quad (8)$$

$$F_2 = \sin\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (9)$$

$$F_3 = \sin\left(\alpha - \frac{4\pi}{3}\right) \quad (10)$$

O algoritmo deste microcontrolador pode ser visualizado no ponto 4 dos anexos.

4.3.2. Controlo

Graficamente o controlo deste tear será realizado por intermédio de um programa que foi desenvolvido no âmbito deste trabalho e que se encontra constantemente em desenvolvimento, e deste modo possibilita a realização de diversas tarefas complementares, tais como, a gestão da produção e da personalização de produtos, entres outros.

Nas Figura 118 e Figura 119 e algoritmo que se encontra abaixo será expresso apenas uma parte deste programa. Nesta parte encontra-se referenciado o controlo da quantidade de peúgas produzidas pela máquina, a velocidade máxima de funcionamento, o tempo de funcionamento do tear, e neste caso apenas é contabilizado o tempo em que a máquina se encontra a produzir, o estado da produção, consiste numa percentagem que indica apenas o estágio que se encontra o fabrico da peúga no tear, o arranque, o fim de ciclo e o corte da peúga.

Na Figura 118 é também referenciado o fio, porém acerca deste ainda nada foi desenvolvido, uma vez que é necessário analisar a electrónica existente no tear que controla o fio e acondicionar o sinal para as placas Arduino.



Figura 118 - Vista geral do programa controlador

Na Figura 119 é apresentado o menu que irá fazer a ligação USB entre o programa e o microcontrolador.

O algoritmo é apresentado no ponto 5, em anexos.

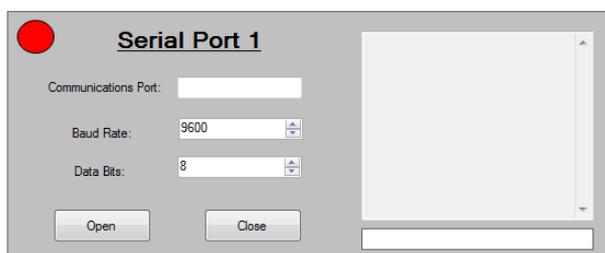


Figura 119 - Interface Programa-Microcontrolador

4.4. CUSTO DO PROJECTO

O custo do projecto incide em todos os componentes que foram comprados, bem como nas quantidades mínimas que cada vendedor me vender. Ou seja, nestes custos serão apresentados os preços para a quantidade mínima de cada tipo de componentes que cada vendedor vendeu. É também de salientar que nenhum destes componentes foi comprado em Portugal e daí haver uma quantidade mínima. Caso fossem comprados em Portugal, o preço destes seria em alguns casos 4 vezes mais e em outros cerca de 20 vezes mais caros do que aquilo que foi pago.

O custo deste projecto encontra-se de uma forma mais detalhada, na Tabela 16.

Tabela 16 - Custo do projecto

Componente	Quantidade	Preço unitário (€)	Preço (€)
Placa Arduino 2560	4	11,00	44,00
Encoder Absoluto	1	25,00	25,00
Transístores	100	0,01	1,00
Potenciómetro	2	0,50	1,00
Díodos (1)	100	0,01	1,00
Díodos (2)	10	0,1	1,00
Condensadores (1)	5	0,25	1,25
Condensadores (2)	2	8,00	10,00
Conectores (1)	10	0,10	1,00
Conectores (2)	100	0,05	5,00
Jumpers	170	0,02	3,90
PCB	10	0,35	3,50
Placa de acondicionamento de sinal para o motor de passo	1	2,00	2,00
Dissipador de calor	1	1,50	1,50
Pasta dissipadora de calor	1	1,00	1,00
Fio de cobre emborrachado	50	0,10	5,00
Placa Infineon	1	50,00	34,00
Placa de acondicionamento de corrente	2	1,15	2,30
Total	-	-	143,45€

4.5. PROJECTO FINAL

Durante a realização do protótipo foi possível constatar que sem recurso a equipamento sofisticado de soldadura, de posicionamento, entre outros. Seria impossível ou muito difícil de elaborar o protótipo. Como tal, todos os componentes electrónicos com dimensões reduzidas (SMD) foram substituídos pelos seus semelhantes. A substituição consistiu em trocar os transístores, os díodos e PCB.

Contudo as características destes componentes trocados não diferem, em nada, dos apresentados anteriormente.

Na Tabela 17 apresenta-se os componentes trocados e a sua designação.

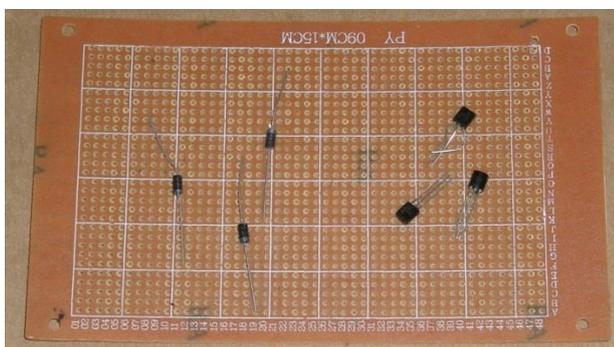


Figura 120 - PCB, díodos e transístores

Tabela 17 - Identificação dos componentes electrónicos substituídos

Componentes	Designação
Transístores	PN2222A
Díodos	1N4004
PCB	PCB perfurado com furos distanciados entre si por 2.54mm

O início da realização do protótipo ficou marcado pelo esvaziamento e limpeza de toda a caixa metálica que continha toda a velha electrónica do tear.

Dentro deste, apenas ficaram todos os componentes que foram aproveitados, tal como se encontra representado na Figura 121, e assim não foram removidos e que de certa foram amorteceram o custo deste projecto.

Saliento também, que devido a esta amortização de custos, todos os racords e ligações ao jaquard e as electroválvulas foram aproveitados.



Figura 121 - Imagem do interior da caixa metálica do tear após a sua limpeza e esvaziamento de todo o material dispensado

Com isto, a concretização deste projecto tornou-se bem mais difícil, pois foi necessário analisar todos os pins dos records e apontar a reação que estes produziam nos componentes a automatizar quando estes eram energizados.

4.5.1. Placa de correção de sinal

A placa de correção de sinal, que é apresentada na Figura 122, serve para rectificar e filtrar a corrente proveniente da fonte de alimentação. Esta é constituída por quatro díodos e oito capacitadores e respectivos conectores.

O sinal de saída desta placa após rectificar e filtrar é de 12 V. É a partir desta saída, que a maioria dos componente a automatizar serão, através das placas de acondicionamento de sinal, ligados.

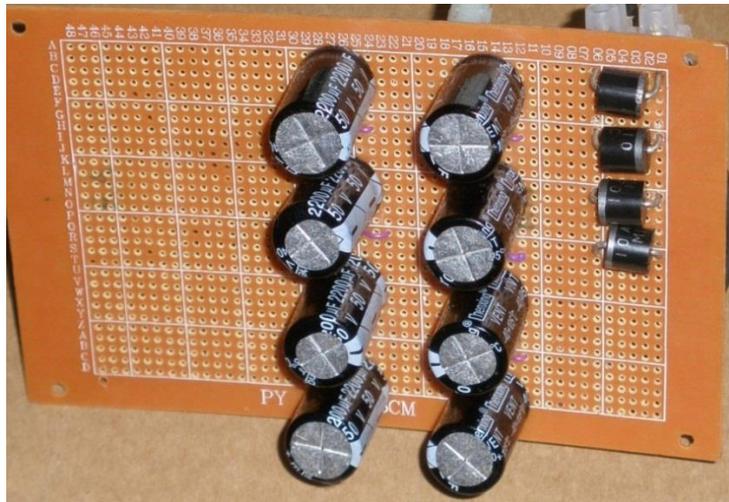


Figura 122 - Placa de correcção de sinal

4.5.2. Placa de acondicionamento de sinal do jaquard e electroválvulas

A placa de acondicionamento de sinal, que é apresentada na Figura 123, serve para amplificar o sinal recebido pelas saídas do microcontrolador. Cada placa destas é constituída por 48 transístores, 48 díodos e por conectores. Os díodos utilizados nestas placas servem para proteger os transístores de uma potencial descarga de energia ocorrida durante alguma anomalia, sem haver a danificação dos componentes electrónicos.

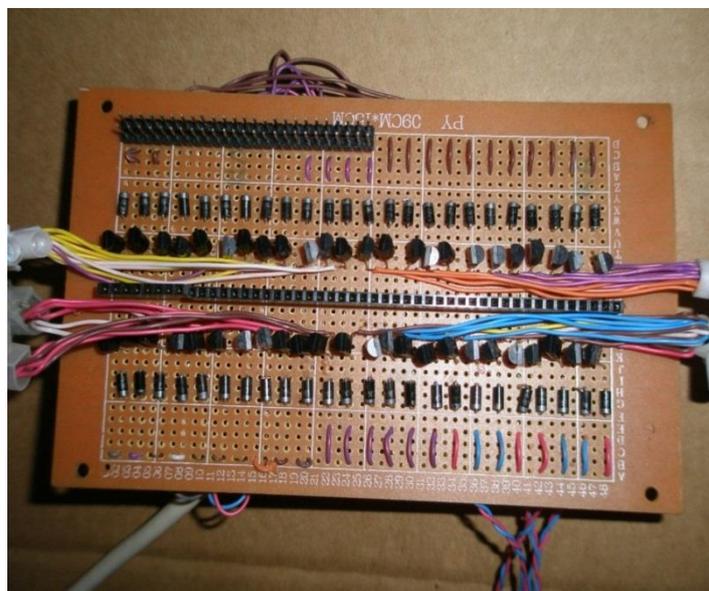


Figura 123 - Vista superior da placa de acondicionamento de sinal

4.5.3. Variador de velocidade

O variador de velocidade desenvolvido consiste num PCB de fibra de vidro, que posteriormente foi perfurado com base nos pins da placa Infineon e esculpidas as pistas. Encaixada a placa Infineon no PCB foi soldado os pins, os jumpers e os fios de cobre ao PCB. Por fim, foi espalhado a massa dissipadora de calor pela parte de trás da placa Infineon e encaixado o dissipador de calor. E desta forma foi elaborado o variador de velocidade, que se encontra demonstrado na Figura 124 e Figura 125.

Após fixado dentro da caixa de metal do tear, os fios e os jumpers deste variador foram conectados. Os jumpers foram ligados à placa de transístores, os fios de cobre, três foram acoplados aos conectores que fazem a ligação ao motor eléctrico e dois deles foram ligados ao capacitador, mais conhecido como condensador.

As características principais deste variador são as seguintes:

- Frequência: 40-65 Hz
- Tensão na base dos transístores: 12 V

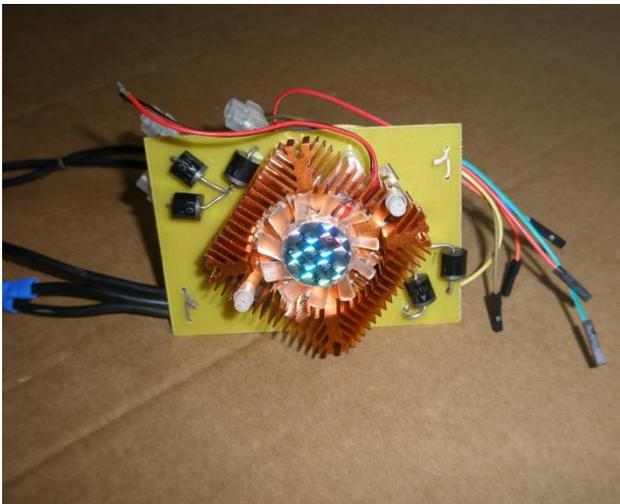


Figura 124 - Vista superior do variador de velocidade

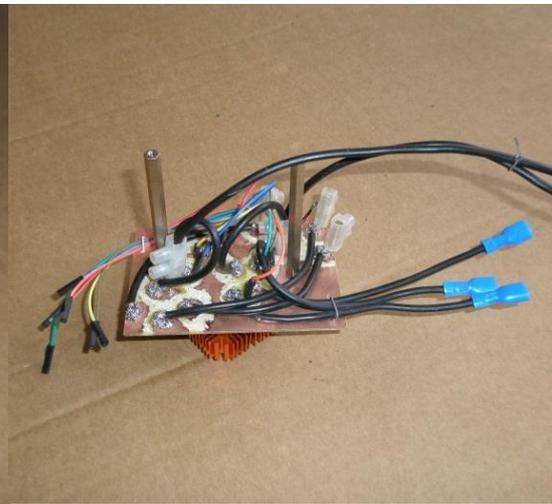


Figura 125 - Vista inferior do variador de velocidade

4.5.4. Protótipo final

Para realizar a montagem e a fixação de todas as placas anteriormente demonstradas, foi necessário realizar novos furos na parte traseira da caixa metálica. A fixação de todas estas placas foi realizada com o recurso a pilares.

Para além de tudo isto, foi necessário substituir alguns fios eléctricos pois a sua conservação estava em muito mau estado. O resultado final pode ser visualizado através da Figura 126.

Quanto à estrutura de funcionamento e posicionamento das placas electrónicas, estas são em muito semelhantes à electrónica de origem do tear.



Figura 126 - Protótipo final

4.5.5. Peúgas produzidas pelo protótipo

Após várias tentativas e sucessivas afinações do tear foi possível produzir estes dois estilos de peúgas.

O primeiro conjunto de tentativas foi realizado para fabricar soquetes lisas. O resultado é demonstrado na Figura 127.

Findo os testes para a fabricação de soquetes lisas, foram trocadas as platinas e foram produzidas soquetes de felpa. O resultado é demonstrado na Figura 128.



Figura 127 - Soquete Lisa



Figura 128 - Soquete de Felpa

4.6. CARACTERÍSTICAS DESTE PROJECTO

A concepção deste projecto permitiu, após a realização dos testes, uma redução significativa do consumo de energia. Este facto deveu-se por 3 razões, sendo elas:

- Variador de velocidade – ao ser substituído o antigo variador do tear, por um novo, este substituto possuem a mais recente tecnologia de transístores e díodos, e desta forma a perda de energia sob a forma de calor é menor do que nos variadores antigos.
- Electrónica geral – deve-se a uma redução significativa da perda de energia sob a forma de calor;
- Electroválvulas – quanto a estas, todas as electroválvulas desnecessárias serão desligadas, e assim o gasto de 2.4W em cada electroválvula será poupado.

Para além desta grande vantagem, este projecto abriu portas à imaginação, daí que, neste momento encontra-se em curso todo um projecto de remodelações de algumas zonas do tear, de modo a que se consiga produzir peúgas com um processo mais eficiente e mais económico e que possam ser rapidamente personalizadas.

Contudo, nem tudo neste projecto é vantajoso, o que leva a que futuramente, se o tenha que desenvolver novamente. Estas desvantagens são relativamente à falta de uma interface óptica na máquina, um monitor e um teclado e uma forma de se conseguir criar uma interface entre o B TSR e um microcontrolador.

5. CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES

Com este trabalho estudou-se um diverso leque de componentes electrónicos e seus controladores e formas de os controlar. Deste modo, foi possível automatizar todo o tear circular, em estudo.

Ao longo de todo este projecto foram descritos todos os componentes electrónicos estudados, bem como todos os componentes mecânicos presentes no tear. Após todo este estudo, apresentou uma solução para automatizar o tear. E daqui, resultou uma série de esquemas electrónicos e um protótipo destes mesmos esquemas.

Inúmeros testes ao funcionamento das placas electrónicas e ao variador de velocidade foram realizados, e destes foi possível constatar que a solução apresentada para automatizar o tear é mais eficiente a nível energético do que a de origem. E a nível de custos de reparação, a solução apresentada é bem mais económica.

Para além de tudo isto, esta solução potenciou o desenvolvimento de novas aplicações mecânicas no tear, que de certa forma melhoram a qualidade das peúgas produzidas ou mesmo a fabricação de peúgas, cujas características não se encontravam presentes no tear originalmente.

5.2. TRABALHOS FUTUROS

Para este projecto foi realizado a automação do tear, contudo não foi contemplado a ligação ao B TSR e a existência de um monitor e de um teclado.

Deste modo, futuramente, as ligações ao B TSR serão analisadas e tentar-se-á ligar o B TSR a um microcontrolador, e assim controlar o fluxo de fio nas agulhas. Também será cortada uma chapa de metal e acoplada na parte superior da caixa metálica após isto, será fixado um monitor e um teclado bem como os respectivos microcontroladores.

Por fim, toda esta electrónica será testada e após todos estes testes serão reproduzidas, por uma empresa especializada no ramo, uma série de placas electrónicas, e neste caso, será com base nos esquemas, anteriormente, apresentados.

E com este último passo, pretende-se criar, da espécie de um PLC, extremamente económico e versátil, cuja sua aplicação possa ser aplicada numa grande variedade de máquinas.

6. Referências

1. Jonas B. Aiken, Treatise on the Art of Knitting, Inventor, 1861
2. João Michel Andrey, *Electrónica Básica: teoria e prática*, 1ª edição, Rideel, 1999
3. Albert Malvino, David J. Bates, *Electrônica*, 7ª edição, Techbooks, 2011
4. Santiram Kal, *Basic Electronics: Devices, circuits and IT Fundamentals*, PHI, 2002
5. Disponível em <<http://eletronicadidatica.com.br/componentes/resistor/resistor.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
6. Disponível em <<http://www.huinfinito.com.br/trimpots/375-trimpot-horizontal-20k-carenagem-plastica.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
7. Disponível em <<http://www.huinfinito.com.br/potenciometros/343-potenciometro-linear-1k-cursor-metal-16mm.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
8. Rakesh Kumar Garg, Ashish Dixit, Pavan Yadav, *Basic Electronics*, Laxmi Publications, 1ª Edition, 2008
9. Disponível em <<http://www.resistorinchina.com.pt/1-1-cemented-wirewound-resistor.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
10. Disponível em <<http://eletronicadiaria.blogspot.pt/p/foto-resistor-ldr.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
11. Disponível em <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-531736408-ldr-10mm-fotoresistor-sensor-de-luz-03-pecas-r800frete-_JM>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
12. Disponível em <<http://nerdeletrico.blogspot.pt/2011/09/teoria-dos-diodos.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
13. Disponível em <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-564275174-imperdivel-diodos-1n5408-pacote-com-50-pcs-_JM>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
14. Disponível em <<http://www.natureduca.com/blog/el-electron-es-divertido-un-componente-insustituible-el-diodo/>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
15. Disponível em <<http://www.shoptronica.com/1222-puente-de-diodos-rectificadores-10-35a.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
16. Disponível em <http://www.burgoseletronica.net/diodos_desinal.html>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
17. Disponível em <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diodo_zener.jpg>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
18. Disponível em <<http://www.directindustry.es/prod/greegoo-electric-co-ltd/diodos-potencia-111909-1044403.html>>. Acesso em 2 de Janeiro de 2014.
19. Disponível em <<http://portuguese.alibaba.com/product-free/schottky-diodes-1n60-bat85-bat42-sd103a-108058158.html>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
20. A. P. Godse, U.A. Bakshi, *Basic Electronics Engineering*, 1ª edition, Technical Publications Pune, 2009
21. Disponível em <<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2012/02/capacitores.jpg>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
22. Disponível em <<http://ozflor.com/electroforum/index.php?topic=6.0>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
23. Alexander L. Schulz, *Capacitors: Theory, Types and Applications*, Nova Science Publishers, Incorporated, 2010
24. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:DSCF0560a.JPG>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
25. Disponível em <<http://www.electronica-pt.com/condensadores-capacitores>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
26. Disponível em <<http://www.reidosom.com.br/capacitoresvariaveis.html>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
27. Disponível em <<http://www.indiastudychannel.com/resources/151829-A-study-about-electronics-components.aspx>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
28. Disponível em <<http://www.eletródex.com.br/capacitor-ceramico-smd-x7r-50v-0805.html>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.

29. Disponível em <<http://pt.sellpcbcomponents.com/china/4664.html>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
30. Disponível em <http://autobotics3d.com.br/index.php?route=product/product&product_id=122>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
31. Disponível em <<http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Controls/Capacitores-e-Correcao-do-Fator-de-Potencia/Capacitores-de-Polipropileno>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
32. Disponível em <http://www.soldafria.com.br/images/CAP_STYROFLEX_272G.jpg>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
33. Disponível em <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/6102-funcoes-de-um-capacitor-de-polimero/>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
34. Disponível em <<http://www.kemper.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2011/07/capacitor-aberto.jpg>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
35. Disponível em <http://img.alibaba.com/photo/217143690/Dipped_Mica_Capacitors.jpg>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
36. Disponível em <<http://www.protostack.com/semiconductors/transistors/tip31-medium-power-linear-switching-npn-transistor>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
37. Disponível em <<https://solarbotics.com/product/tr2907/>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2014.
38. Disponível em <<http://news.thomasnet.com/fullstory/JFET-Power-Transistors-support-650-V-switching-615332>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
39. <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-556384900-transistor-mosfet-f9z34n-pacote-com-20-pecas-JM>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
40. S. K. Bhattacharya, Debashis De, Basic Electrical and Electronics Engineering-I, PEARSON, 2010
41. Earl Gates, Introduction to basic Electricity and Electronics Technology, DELMAR, 2014
42. Disponível em <<http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/274-o-que-e-um-indutor-de-ferrite>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
43. Disponível em <<http://portuguese.alibaba.com/product-free/transformer-coils-inductor-line-filter-11860292.html>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
44. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tiristor>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
45. Disponível em <<http://www.coronabrasil.com.br/produtos-semi-condutores-tristores.html>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
46. Disponível em <http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_magnetismo_3/magnetismo indice.html>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
47. Disponível em <<http://www.capitaleletronica.com.br/reles.html>>. Acesso em 12 de Fevereiro de 2014.
48. Disponível em <http://w3.ualg.pt/~cmsilva/documentos/Transformador_jm.pdf>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.
49. Disponível em <<http://etxebarria-gutierrez.blogspot.pt/>>. Acesso em 28 de Setembro de 2014.
50. David W. Pessen, Industrial Automation: Circuit Design and Components, A Wiley – Interscience publication, 1989
51. Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, Introduction to Autonomous Mobile Robots, 1970
52. Disponível em <<http://www.clemson.edu/ces/crb/ece496/spring2006/groupb/hardware.html>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.
53. Disponível em <<http://ab.rockwellautomation.com/pt/Motion-Control/Single-Turn-Absolute-Encoder-with-Zero-Set-Pin>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.
54. Disponível em <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/5899-motores-de-passo/>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.
55. Disponível em <<https://www.inverterdrive.com/group/AC-Inverter-Drives-400V/ac-Motor-4kw-5HP-2Pole-2-pole-marelli-MAA112M2/>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.
56. Disponível em <<http://html.rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.html>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.

57. Disponível em <<http://www.logismarket.pt/euroclario-automatismos-electricos/variadores-de-velocidade/2236047886-2237178487-p.html>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.
58. Electronic Materials Handbook, ASM INTERNATIONAL, 1ª EDITION, 1989
59. Disponível em <<http://profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/CARVALLOVARGASc.pdf>>. Acesso em 16 de Fevereiro de 2014.
60. John Avison, The world of Physics, Thomas Nelson and Sons Ltd, 2ª edition, 1989
61. Benjamin C. Kuo, Theory and applications of step motors, West Publishing Company, College & School Divison, 1974
62. Disponível em <<http://www.faatesp.edu.br/publicacoes/aula4b.pdf>>. Acesso em 5 de Março de 2014.
63. Disponível em <<http://sites.poli.usp.br/d/pmr2560/Motores%20el%C3%A9tricos.pdf>>. Acesso em 5 de Março de 2014.
64. Disponível em <<http://www.farnell.com/datasheets/20563.pdf>>. Acesso em 5 de Março de 2014.
65. A. P. Godse, D. A. Godse, Microcontrollers, Technical Publications Pune, 1ª edition, 2008
66. Raj Kamal, Microcontrollers: Architecture, Programming, Interfacing and System Design, PEARSON, 2009
67. Disponível em <http://algol.dcc.ufla.br/~monserrat/icc/Introducao_arq_computador.pdf>. Acesso em 5 de Março de 2014.
68. Disponível em <<http://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acesso em 22 de Março de 2014.
69. Disponível em <http://www.nxp.com/documents/data_sheet/MMBT2222A.pdf>. Acesso em 22 de Março de 2014.
70. Disponível em <http://mgseatek.com.au/store/images/source/MMBT2222A-SOT-23_NPN_Transistor_2N2222_SMD.JPG>. Acesso em 22 de Março de 2014.
71. Disponível em <<http://diodes.com/datasheets/ds30041.pdf>>. Acesso em 22 de Março de 2014.
72. Disponível em <<http://diodes.com/datasheets/P1000M.pdf>>. Acesso em 22 de Março de 2014.
73. Disponível em <<http://i01.i.aliimg.com/wsphoto/v0/1523842319/Free-shipping-1000PCS-font-b-SMD-b-font-rectifier-font-b-diode-b-font-1N4004-IN4004.jpg>>. Acesso em 28 de Março de 2014.
74. Disponível em <http://www.infineon.com/dgdl/ds_fp30r06w1e3_2_1_de-en.pdf?folderId=db3a304412b407950112b408e8c90004&fileId=db3a304412b407950112b4331e125a73>. Acesso em 28 de Março de 2014.

Anexos

Anexo 1 – Microcontrolador de monitorização

```
// Comunicação USB
int f3=0;
int z=0;
int start=0;
int velo=0;
int veloc=0;
int quantidade=0;
int lo;
int contador=0;
int id=0;
int id1=0;
int sub=0;
int q1=0;
int q2=0;
int q3=0;

void setup() {
  // start
  pinMode(1, INPUT);
  // stop
  pinMode(2, INPUT);
  // f3
  pinMode(3, INPUT);
  // z
  pinMode(4, INPUT);
  // f3 ligação
  pinMode(5, OUTPUT);
  // z ligação
  pinMode(6, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
```

```

void loop(){
    // status
    // Lê o microcontrolador das electroválvulas e jaquard
    id=analogRead(A2);
    Serial.write(id);
    // Analise quantidade
    if ((id<id1)&&(q2==1)){
        contador=contador+1;
        // envia um comando para fazer o contador do programa somar +1 ao contador
        Serial.write(1007);
    }
    if (contador==sub){
        // Activa o stop da maquina
        digitalWrite(7, LOW);
    }
}

// fim de ciclo
if (digitalRead(3) == HIGH){
    if (q1 == 0){
        digitalWrite(5, HIGH);
        q1=1;
    }
    else
    {
        digitalWrite(5, LOW);
        q1=0;
    }
}

if (lo == 1003){
    digitalWrite(5, HIGH);
    Serial.write(1003);
}

if (lo == 1004){
    digitalWrite(5, LOW);
}

```

```

        Serial.write(1004);
    }

    //corta a peúga
    if (digitalRead(4) == HIGH){
if (q2 == 0){
        digitalWrite(6, HIGH);
        q2=1;
    }
else
    {
        digitalWrite(6, LOW);
        q2=0;
    }
}

    if (lo == 1001){
        digitalWrite(6, HIGH);
        Serial.write(1001);
    }

    if (lo == 1002){
        digitalWrite(6, LOW);
        Serial.write(1002);
    }

    // start
    if (digitalRead(1) == HIGH){
if (q3 == 0){
        digitalWrite(7, HIGH);
        q3=1;
    }
else
    {
        digitalWrite(7, LOW);
        q3=0;
    }
}
}

```

```

if (lo == 1006){
    digitalWrite(7, HIGH);
    Serial.write(1006);
}
if (lo == 1005){
    digitalWrite(7, LOW);
    Serial.write(1005);
}
// stop
if (digitalRead(2) == HIGH){
if (q3 == 1){
    digitalWrite(7, LOW);
    q3=0;
}
}
//velocidade
if ((lo > 7000)&&(lo < 7500)){
    velo=lo-7000;
    // a ligação é feita ao microcontrolador do variador - escreve
    analogWrite(A1,velo);
    // a ligação é feita ao microcontrolador do variador - lê e envia para o programa
    veloc=analogRead(A3);
    Serial.write(7000+veloc);
}
// Quantidade
if (lo > 8000){
    sub=lo-8000;
}
// Recebe USB
if (Serial.available()) {
    int lo = Serial.read();
}
}

```

Anexo 2 – Microcontrolador principal

Programa principal

```
int j=0;
int passo=0;
int butao =0;
int velocidade=0;
int f3;
int z;
int emalha;
int contador=0;
int ki =0;

void setup() {
    // encoder
    pinMode(50, INPUT);
    // ponto zero enconder
    pinMode(51, INPUT);
    //piatto
    pinMode(52, INPUT);
    // cotelo
    pinMode(53, INPUT);
    // start
    pinMode(0, INPUT);
    // START para o variador de velocidades
    pinMode(1, INPUT);
    // bomba de oleo
    pinMode(2, OUTPUT);
    // stecca 3-4 4º
    pinMode(3, OUTPUT);
    // stecca 5-6 4º
    pinMode(4, OUTPUT);
    // stecca 7-8 4º
    pinMode(5, OUTPUT);
```

```
// stecca 1-2 3°
pinMode(6, OUTPUT);
// stecca 3-4 3°
pinMode(7, OUTPUT);
// stecca 5-6 3°
pinMode(8, OUTPUT);
// stecca 7-8 3°
pinMode(9, OUTPUT);
// guidafo 1 1°caduca
pinMode(10, OUTPUT);
// guidafo 2 1°caduca
pinMode(11, OUTPUT);
// guidafo 3 1°caduca
pinMode(12, OUTPUT);
// guidafo 4 1°caduca
pinMode(13, OUTPUT);
// guidafo 5 1°caduca
pinMode(14, OUTPUT);
// guidafo 1 2°caduca
pinMode(15, OUTPUT);
// guidafo 2 2°caduca
pinMode(16, OUTPUT);
// guidafo 3 2°caduca
pinMode(17, OUTPUT);
// guidafo 4 2°caduca
pinMode(18, OUTPUT);
// guidafo 1 3°caduca
pinMode(19, OUTPUT);
// guidafo 2 3°caduca
pinMode(20, OUTPUT);
// guidafo 3 3°caduca
pinMode(21, OUTPUT);
// guidafo 4 3°caduca
pinMode(22, OUTPUT);
```

```
// guida fio 5 3º caduca
pinMode(23, OUTPUT);
// guida fio 1 4º caduca
pinMode(24, OUTPUT);
// guida fio 2 4º caduca
pinMode(25, OUTPUT);
// guida fio 3 4º caduca
pinMode(26, OUTPUT);
// guida fio 4 4º caduca
pinMode(27, OUTPUT);
// guida fio 5 4º caduca
pinMode(28, OUTPUT);
// F3
pinMode(29, INPUT);
// Campanula
pinMode(30, OUTPUT);
// Roda Platina
pinMode(31, OUTPUT);
// Z
pinMode(32, INPUT);
// Abre agulhas
pinMode(33, OUTPUT);
// pinça elastico
pinMode(34, OUTPUT);
// Paletto sparazione 4º caduta
pinMode(35, OUTPUT);
// paletto 4º caduta 1º altura
pinMode(36, OUTPUT);
// paletto 4º caduta 2º altura
pinMode(37, OUTPUT);
// Lamela
pinMode(38, OUTPUT);
// Paletto sparazione 2º caduta 1º posição
pinMode(39, OUTPUT);
```

```

// Paletto sparazione 2º caduta 2º posição
pinMode(40, OUTPUT);

// uncini sai
pinMode(41, OUTPUT);

// uncini entra
pinMode(42, OUTPUT);

// Paletto sparazione 3º caduta
pinMode(43, OUTPUT);

// Paletto sparazione 1º caduta 1º lugar
pinMode(44, OUTPUT);

// Paletto sparazione 1º caduta 2º lugar
pinMode(45, OUTPUT);

// Pneumatico 1 altura (desenho)
pinMode(46, OUTPUT);

// baixa agulhas 2º e 3º caduta
pinMode(47, OUTPUT);

// baixar agulhas 1º caduca
pinMode(48, OUTPUT);

// baixar agulhas 2º e 3º caduca
pinMode(49, OUTPUT);

// pins analogicos
// stecca 1-2 1º
//analogWrite(A0, OUTPUT);
// stecca 3-4 1º
//analogWrite(A1, OUTPUT);
// stecca 5-6 1º
//analogWrite(A2, OUTPUT);
// stecca 7-8 1º
//analogWrite(A3, OUTPUT);
// stecca 1-2 2º
//analogWrite(A4, OUTPUT);
// stecca 3-4 2º
//analogWrite(A5, OUTPUT);
// stecca 5-6 2º

```

```

//analogWrite(A6, OUTPUT);
    // stecca 7-8 2º
//analogWrite(A7, OUTPUT);
    // stecca 1-2 3º
//analogWrite(A8, OUTPUT);
    // stecca 3-4 3º
//analogWrite(A9, OUTPUT);
    // stecca 5-6 3º
//analogWrite(A10, OUTPUT);
    // stecca 7-8 3º
//analogWrite(A11, OUTPUT);
    // informação para variador de velocidade
//analogWrite(A12, OUTPUT);
    // controlo da malha
//analogWrite(A13, OUTPUT);
    // envia estado da produção
//analogWrite(A14, INPUT);
    // START para o variador de velocidades
//analogWrite(A15, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
}

void loop(void) {
    // stecca 1-2 1º
    digitalWrite(2, HIGH);
    // stecca 3-4 1º
    digitalWrite(3, HIGH);
    // stecca 5-6 1º
    digitalWrite(4, HIGH);
    // stecca 7-8 1º
    digitalWrite(5, HIGH);
    // tecca 1-2 3º
    digitalWrite(6, HIGH);
    // stecca 3-4 3º
    digitalWrite(7, HIGH);

```

```
// stecca 5-6 3º
digitalWrite(8, HIGH);
// stecca 7-8 3º
digitalWrite(9, HIGH);
// guida fio 1 1ºcaduca
digitalWrite(10, HIGH);
// guida fio 2 1ºcaduca
digitalWrite(11, HIGH);
// guida fio 3 1ºcaduca
digitalWrite(12, HIGH);
// guida fio 4 1ºcaduca
digitalWrite(13, HIGH);
// guida fio 5 1ºcaduca
digitalWrite(14, HIGH);
// guida fio 1 2ºcaduca
digitalWrite(15, HIGH);
// guida fio 2 2ºcaduca
digitalWrite(16, HIGH);
// guida fio 3 2ºcaduca
digitalWrite(17, HIGH);
// guida fio 4 2ºcaduca
digitalWrite(18, HIGH);
// guida fio 1 3ºcaduca
digitalWrite(19, HIGH);
// guida fio 2 3ºcaduca
digitalWrite(20, HIGH);
// guida fio 3 3ºcaduca
digitalWrite(21, HIGH);
// guida fio 4 3ºcaduca
digitalWrite(22, HIGH);
// guida fio 5 3ºcaduca
digitalWrite(23, HIGH);
// guida fio 1 4ºcaduca
digitalWrite(24, HIGH);
```

```
// guida fio 2 4º caduca
digitalWrite(25, HIGH);
// guida fio 3 4º caduca
digitalWrite(26, HIGH);
// guida fio 4 4º caduca
digitalWrite(27, HIGH);
// guida fio 5 4º caduca
digitalWrite(28, HIGH);
// Paletto sparazione 4º caduta
digitalWrite(35, HIGH);
// paletto 4º caduta 1º altura
digitalWrite(36, HIGH);
// paletto 4º caduta 2º altura
digitalWrite(37, HIGH);
// Lamela
digitalWrite(38, HIGH);
// Paletto sparazione 2º caduta 1º posição
digitalWrite(39, HIGH);
// Paletto sparazione 2º caduta 2º posição
digitalWrite(40, HIGH);
// Paletto sparazione 3º caduta
digitalWrite(43, HIGH);
// Paletto sparazione 1º caduta 1º lugar
digitalWrite(44, HIGH);
// Paletto sparazione 1º caduta 2º lugar
digitalWrite(45, HIGH);
// baixa agulhas 2º e 3º caduta
digitalWrite(47, HIGH);
// baixar agulhas 1º caduca
digitalWrite(48, HIGH);
// baixar agulhas 2º e 3º caduca
digitalWrite(49, HIGH);
// pins analógicos
delay(1000);
```

```

    start();
while (( digitalRead(0) == HIGH)&&(digitalRead(29) == HIGH)) {
    step0();
    step1();
    //...
}
}

```

➤ **subrotina malha**

```

void malha(){
    analogWrite(A13,emalha);
}

```

➤ **subrotina variador**

```

void variador(){
    // pin 10 recebe
    // pin 11 escreve
    int v=0;
    analogWrite(A12,velocidade);
    v=1000+velocidade;
    Serial.write(v);
}

```

➤ **Subrotina start**

```

void start(){
    if (digitalRead(0)== HIGH){
        velocidade=100;
        variador();
        emalha=80;
        malha();
        butao=1;
    }
    else
    {
        butao=0;
    }
}

```

```
}  
}
```

➤ **Subrotina oleo**

```
void oleo(){  
    if (j==1){  
        digitalWrite(1, HIGH);  
    }  
    if (j==120){  
        digitalWrite(1, LOW);  
    }  
}
```

➤ **subrotina step 0**

```
// PREPARA A MAQUINA  
void step0(){  
    if (butao=1) {  
        // Apenas por precaução  
        while (digitalRead(52)==HIGH){  
        }  
        while (digitalRead(52)==LOW){  
if (digitalRead(51)==HIGH){  
        j=j+1;  
        velocidade=100;  
        variador();  
        emalha=80;  
        malha();  
        oleo();  
        // stecca 1-2 1º  
        digitalWrite(2, HIGH);  
        // stecca 3-4 1º  
        digitalWrite(3, HIGH);  
        // stecca 5-6 1º  
        digitalWrite(4, HIGH);  
}}}
```

```
// stecca 7-8 1º
digitalWrite(5, HIGH);
// tecca 1-2 3º
digitalWrite(6, HIGH);
// stecca 3-4 3º
digitalWrite(7, HIGH);
// stecca 5-6 3º
digitalWrite(8, HIGH);
// stecca 7-8 3º
digitalWrite(9, HIGH);
// guidafo 1 1ºcaduca
digitalWrite(10, HIGH);
// guidafo 2 1ºcaduca
digitalWrite(11, HIGH);
// guidafo 3 1ºcaduca
digitalWrite(12, HIGH);
// guidafo 4 1ºcaduca
digitalWrite(13, HIGH);
// guidafo 5 1ºcaduca
digitalWrite(14, HIGH);
// guidafo 1 2ºcaduca
digitalWrite(15, HIGH);
// guidafo 2 2ºcaduca
digitalWrite(16, HIGH);
// guidafo 3 2ºcaduca
digitalWrite(17, HIGH);
// guidafo 4 2ºcaduca
digitalWrite(18, HIGH);
// guidafo 1 3ºcaduca
digitalWrite(19, HIGH);
// guidafo 2 3ºcaduca
digitalWrite(20, HIGH);
// guidafo 3 3ºcaduca
digitalWrite(21, HIGH);
```

```
// guida fio 4 3º caduca
digitalWrite(22, HIGH);
// guida fio 5 3º caduca
digitalWrite(23, HIGH);
// guida fio 1 4º caduca
digitalWrite(24, HIGH);
// guida fio 2 4º caduca
digitalWrite(25, HIGH);
// guida fio 3 4º caduca
digitalWrite(26, HIGH);
// guida fio 4 4º caduca
digitalWrite(27, HIGH);
// guida fio 5 4º caduca
digitalWrite(28, HIGH);
// Paletto sparazione 4º caduta
digitalWrite(35, HIGH);
// paletto 4º caduta 1º altura
digitalWrite(36, HIGH);
// paletto 4º caduta 2º altura
digitalWrite(37, HIGH);
// Lamela
digitalWrite(38, HIGH);
// Paletto sparazione 2º caduta 1º posição
digitalWrite(39, HIGH);
// Paletto sparazione 2º caduta 2º posição
digitalWrite(40, HIGH);
// Paletto sparazione 3º caduta
digitalWrite(43, HIGH);
// Paletto sparazione 1º caduta 1º lugar
digitalWrite(44, HIGH);
// Paletto sparazione 1º caduta 2º lugar
digitalWrite(45, HIGH);
// baixa agulhas 2º e 3º caduta
digitalWrite(47, HIGH);
```

```

        // baixar agulhas 1º caduca
digitalWrite(48, HIGH);
        // baixar agulhas 2º e 3º caduca
digitalWrite(49, HIGH);
        // pins analogicos
        // stecca 1-2 1º
analogWrite(A0, 255);
        // stecca 3-4 1º
analogWrite(A1, 255);
        // stecca 5-6 1º
analogWrite(A2, 255);
        // stecca 7-8 1º
analogWrite(A3, 255);
        // stecca 1-2 2º
analogWrite(A4, 255);
        // stecca 3-4 2º
analogWrite(A5, 255);
        // stecca 5-6 2º
analogWrite(A6, 255);
        // stecca 7-8 2º
analogWrite(A7, 255);
        // stecca 1-2 3º
analogWrite(A8, 255);
        // stecca 3-4 3º
analogWrite(A9, 255);
        // stecca 5-6 3º
analogWrite(A10, 255);
        // stecca 7-8 3º
analogWrite(A11, 255);
    }
}

passo=1;
j=j+1;
analogWrite(A14, j);

```

```
}  
}
```

➤ **subrotina step 1**

```
void step1(){  
    // Step 1 -> Inicio do fabrico  
    if (passo==1){  
        while (digitalRead(52)==HIGH){  
        }  
        // economizador  
        ki=5;  
        // verifica se o z não foi activado  
        if (digitalRead(32)==HIGH){  
            ki=1;  
        }  
        while(contador==ki){  
            while (digitalRead(52)==LOW){  
                if (digitalRead(51)==HIGH){  
                    j=j+1;  
                    //para as electrovalvulas  
                    switch (j) {  
                        case 85: // baixar pinça elastico  
                            digitalWrite(49, LOW);  
                            break;  
                        case 50: // Paletto sparazione 1º caduta 1º lugar  
                            digitalWrite(44, LOW);  
                            break;  
                        case 2: // Colocar uma acao de um actuador  
                            break;  
                        case 3: // Colocar uma acao de um actuador  
                            break;  
                    }  
                    // para o jacard  
                    switch (j){
```

```

        case 55: //
            break;
        }
    }
}

j=j+1;
analogWrite(A14, j);
}
}
passo=2;
}

```

Anexo 3 – Microcontrolador do motor de passo

```

int lastpasso=0;
int emalha=100;
// tempo entre passos do motor (800ms)
int t=800;
// tempo entre pulsos (200ms)
int p=200;
// identificador de passo
int id=1;
void setup (){
    Serial.begin(9600);
    pinMode(1, OUTPUT);
    pinMode(2, OUTPUT);
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(4, OUTPUT);
}
void loop(){
    emalha=analogRead(A0);
    int k;
    int lo;
    // Motor de passo roda num sentido
    if (lastpasso<emalha){

```

```

        lo=emalha-lastpasso;
while (k<=lo && id==1){
    // motor da passo da malha (1)
    if (k<=lo) {
        digitalWrite(2, LOW);
        digitalWrite(4, LOW);
        delay(200);
        digitalWrite(3, HIGH);
        digitalWrite(1, HIGH);
        k=k+1;
        id=id+1;
        delay(t);
    }
    // motor da passo da malha (2)
    if (k<=lo && id==2) {
        digitalWrite(2, LOW);
        digitalWrite(3, LOW);
        delay(200);
        digitalWrite(4, HIGH);
        digitalWrite(1, HIGH);
        k=k+1;
        id=id+1;
        delay(t);
    }
    // motor da passo da malha (3)
    if (k<=lo && id==3) {
        digitalWrite(1, LOW);
        digitalWrite(3, LOW);
        delay(200);
        digitalWrite(2, HIGH);
        digitalWrite(4, HIGH);
        k=k+1;
        id=id+1;
        delay(t);
    }
}

```

```

}
    // motor da passo da malha (4)
    if (k<=lo && id==4){
        digitalWrite(4, LOW);
        digitalWrite(1, LOW);
        delay(200);
        digitalWrite(3, HIGH);
        digitalWrite(2, HIGH);
        k=k+1;
        id=1;
        delay(t);
    }
}
}
// Motor de passo roda no outro sentido
if (lastpasso>emalha){
    lo=lastpasso-emalha;
    while (k<=lo){
        // motor da passo da malha (1)
        if (k<=lo && id==4){
            digitalWrite(4, LOW);
            digitalWrite(1, LOW);
            delay(200);
            digitalWrite(2, HIGH);
            digitalWrite(3, HIGH);
            k=k+1;
            id=1;
            delay(t);
        }
        // motor da passo da malha (2)
        if (k<=lo && id==3){
            digitalWrite(3, LOW);
            digitalWrite(1, LOW);
            delay(200);

```

```

        digitalWrite(4, HIGH);
        digitalWrite(2, HIGH);
        k=k+1;
        id=id+1;
        delay(t);
    }
    // motor da passo da malha (3)
    if (k<=lo && id==2){
        digitalWrite(2, LOW);
        digitalWrite(3, LOW);
        delay(200);
        digitalWrite(4, HIGH);
        digitalWrite(1, HIGH);
        k=k+1;
        id=id+1;
        delay(t);
    }
    // motor da passo da malha (4)
    if (k<=lo && id==1) {
        digitalWrite(2, LOW);
        digitalWrite(4, LOW);
        delay(200);
        digitalWrite(3, HIGH);
        digitalWrite(1, HIGH);
        id=id+1;
        k=k+1;
        delay(t);
    }
}
}
lastpasso=emalha;
k=0;
lo=0;
}

```

Anexo 4 – Microcontrolador do variador de velocidade

```
int velo=0;
int r;
int d=0;
int s=0;
int f1=0;
int f2=0;
int f3=0;
int pi=3.14;
int t=0;
int f=0;
int w=150;
int v=0;
void setup() {
  // start
  pinMode (7,INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop(){
  while (digitalRead(7)==HIGH){
    velo=analogRead(A0);
    r=analogRead(A1);
    v=analogRead(A2);
    if ((v<r)&&(v>49)){
      velo=v;
    }
    // potenciometro correção
    if ((r/3)>50){
      if (velo>(r/3)){
        s=(r/3);
      }
    }
    else
  {
```

```

        s=velo;
    }
}

    // frequencia
    f=s/3;
    // formulas
    f1=sin(2*pi*t*f);
    f2=sin((2*pi*t*f)-((2*pi)/3));
    f3=sin((2*pi*t*f)-((4*pi)/3));
// execução - saída para os transístores
// fase 1
if (f1<-0.05){
    analogWrite (9,w);
    analogWrite (6,0);
}
if ((f1>-0.05)&&(f1<0.05)){
    analogWrite (6,0);
    analogWrite (9,0);
}
if (f1>0.05){
    analogWrite (6,w);
    analogWrite (9,0);
}
// fase 2
if (f2<-0.05){
    analogWrite (10,w);
    analogWrite (7,0);
}
if ((f2>-0.05)&&(f2<0.05)){
    analogWrite (7,0);
    analogWrite (10,0);
}
if (f2>0.05){
    analogWrite (7,w);

```

```

        analogWrite (10,0);
    }
    // fase 3
    if (f3<-0.05){
        analogWrite (11,w);
        analogWrite (8,0);
    }
    if ((f3>-0.05)&&(f3<0.05)){
        analogWrite (8,0);
        analogWrite (11,0);
    }
    if (f3>0.05){
        analogWrite (8,w);
        analogWrite (11,0);
    }
    // Temporizador
    t=t+0.001;
    delay(1);
    // vira a zero o tempo
    if (t==0.999){
        t=0;
    }
}

```

Anexo 5 – Algoritmo do programa em C# de controlo

Algoritmo:

➤ Arranque

```

private void arranque1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (arranque1.Text=="Arranque")
    {
        arranque1.Text = "Parar";
        sinal1.BackColor = Color.Red;
        timer1.Enabled = true;
    }
}

```

```

        serialPort1.Write(1005);
    }

    else
    {
        arranque1.Text = "Arranque";
        sinal1.BackColor = Color.GreenYellow;
        timer1.Enabled=false;
        serialPort1.Write(1006);
    }
}

```

➤ **Fim de ciclo**

```

private void f3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (f3.BackColor = Color.GreenYellow)
    {
        consequencia.Text = "F3 On";
        f3.BackColor = Color.Red;
        serialPort1.Write(1003);
    }

    else
    {
        consequencia.Text = "F3 Off";
        f3.BackColor = Color.Gris;
        serialPort1.Write(1004);
    }
}

```

➤ **Cortar a peúga**

```

private void cortar_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (cortar.BackColor = Color.GreenYellow)
    {
        consequencia.Text = "cortar On";
        cortar.BackColor = Color.Red;
        serialPort1.Write(1001);
    }

    else
    {
        consequencia.Text = "cortar Off";
        cortar.BackColor = Color.Gris;
        serialPort1.Write(1002);
    }
}

```

➤ Velocidade

```
private void velocidade_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (velo.Text == t2.Text)
    {
        velo.Text=" ";
    }
    else
    {
        int veloc;
        veloc = Convert.ToInt32(velo.Text);
        veloc = int.Parse(velo.Text);
        if (veloc>49 && veloc<350)
        {
            t2.Text = velo.Text;
            serialPort1.Write(7000+veloc);
            consequencia.Text = "velocidade";
            consequencia.Text = velo.Text;
        }
    }
}
```

➤ Submeter quantidade

```
private void submeter_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (sub.Text == t1.Text)
    {
        sub.Text=" ";
    }
    else
    {
        int subm;
        subm = Convert.ToInt32(sub.Text);
        subm = int.Parse(sub.Text);
        if (subm >0 && subm <1000000)
        {
            t1.Text = sub.Text;
            serialPort1.Write(8000+subm);
            consequencia.Text = "Quantidade";
            consequencia.Text = sub.Text;
        }
    }
}
```

➤ Status

```
private void progressBar1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    progressBar1.Minimum = 0;
    progressBar1.Maximum = 100;
}
```

➤ Tempo de funcionamento

```
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    int segundos;
    int min;
    int horas;
    string hora;
    string mins;
    string segundo;

    if (h.Text == "00" && m.Text == "00" && s.Text == "00")
    {
        segundos = Convert.ToInt32(s.Text);
        segundos = int.Parse(s.Text);
        segundos = 1;
        segundo = Convert.ToString(segundos);
        s.Text = segundo;
    }
    else
    {
        segundos = Convert.ToInt32(s.Text);
        segundos = int.Parse(s.Text);
        min = Convert.ToInt32(m.Text);
        min = int.Parse(m.Text);
        horas = Convert.ToInt32(h.Text);
        horas = int.Parse(h.Text);
        segundos = segundos + 1;
    }
    // condições
    if (segundos==60)
    {
        segundos = 0;
        min = min + 1;
    }
    if (min==60)
    {
        min = 0;
        horas = horas + 1;
    }
    segundo = Convert.ToString(segundos);
    mins = Convert.ToString(min);
    hora = Convert.ToString(horas);
    s.Text = segundo;
    m.Text = mins;
    h.Text = hora;
    s1.Text = segundo;
    m1.Text = mins;
    h1.Text = hora;
}
}
```

➤ Receber informações

```
private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
{
    serialPort1.PortName = port.Text;
    serialPort1.BaudRate = rate.Text;
}
```

```

        serialPort1.Open();
    if (serialPort1.IsOpen)
    {
        button5.Enabled = false;
        button7.Enabled = true;
        textBox7.ReadOnly = false;
    }
}

private void button7_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (serialPort1.IsOpen)
    {
        serialPort1.Close();
        button5.Enabled = true;
        button7.Enabled = false;
        textBox7.ReadOnly = true;
    }
}

private void textBox7_KeyPress(object sender, KeyPressEventArgs e)
{
    if (!serialPort1.IsOpen) return;
    char[] buff = new char[1];
    buff[0] = e.KeyChar;
    serialPort1.Write(buff, 0, 1);
    e.Handled = true;
}

private void DisplayText1(object sender, EventArgs e)
{
    textBox7.AppendText(RxString);
}

private void serialPort1_DataReceived(object sender, System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
{
    RxString = serialPort1.ReadExisting();
    this.Invoke(new EventHandler(DisplayText1));
    int lp1;
    lp1 = Convert.ToInt32(RxString);
    lp1 = int.Parse(RxString);
    if (lp1 < 1001)
    {
        // z
        consecuencia.Text = " Activado Peúga cortada";
        consecuencia.Text = " cortar On";
        cortar.BackColor = Color.Red;
    }
    if (lp1 < 1002)
    {
        // z
        consecuencia.Text = " Desactivado Peúga cortada";
        consecuencia.Text = " cortar Off";
        cortar.BackColor = Color.Gris;
    }
    if (lp1 < 1003)
    {

```

```

// F3
consequencia.Text = "Activado Fim ciclo";
consequencia.Text = "F3 On";
f3.BackColor = Color.Red;
}
if (lp1 < 1004)
{
// F3
consequencia.Text = "Desactivado Fim ciclo";
consequencia.Text = "F3 Off";
f3.BackColor = Color.Gris;
}

if (lp1 < 1005)
{
// start
consequencia.Text = "Start";
arranque1.Text = "Arranque";
senal1.BackColor = Color.GreenYellow;
timer1.Enabled=false;
}
if (lp1 < 1006)
{
// stop
consequencia.Text = "Stop";
arranque1.Text = "Parar";
senal1.BackColor = Color.Red;
timer1.Enabled = true;
}

if (lp1 < 1007)
{
// contador conta uma peúga
int k;
k = Convert.ToInt32(label4.Text);
k = int.Parse(label4.Text);
int ju;
ju = k + 1;
string ki;
ki = Convert.ToString(ju);
label4.Text = ki;
quantidademaquina1.Text = ki;
}

if (lp1 > 7000 && lp1<7500)
{
// dita velocidade do motor
consequencia.Text = "velocidade do motor";
int po;
po = Convert.ToInt32(label19.Text);
po = int.Parse(label19.Text);
po = 7000 - po;
string tg;
tg = Convert.ToString(po);
label19.Text = tg;
label9.Text = tg;
}

```

```

    }

    if (lp1 < 1000)
    {
        progressBar1.Value = lp1;
        progressBar2.Value = lp1;
    if (lp1 >= (progressBar1.Step))
    {
        progressBar1.Step = lp1;
        progressBar2.Step = lp1;
    }
    }
}
}

```

Anexo 6 – Teste ao encoder

```

void setup() {
    pinMode (2,INPUT);
    pinMode (3,INPUT);
    pinMode (4,INPUT);
    pinMode (5,OUTPUT);
    pinMode (6,OUTPUT);
    pinMode (7,OUTPUT);
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    if (digitalRead(2) == HIGH) {
        // turn LED on:
        digitalWrite(5, HIGH);
        Serial.print("2, high");
    }

    if (digitalRead(3) == HIGH) {
        // turn LED on:
        digitalWrite(6, HIGH);
    }

    if (digitalRead(4) == HIGH) {
        // turn LED on:
        digitalWrite(7, HIGH);
    }

    if (digitalRead(2) == LOW) {

```

```
        // turn LED on:
        digitalWrite(5, LOW);
    }
    if (digitalRead(3) == LOW) {
        // turn LED on:
        digitalWrite(6, LOW);
    }
    if (digitalRead(4) == LOW) {
        // turn LED on:
        digitalWrite(7, LOW);
    }
}
```