

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**CLEBENSON ADRIANO DA ROCHA WELTER
TALITA PARMIGIANI**

MALETA DE ESTUDO DO MICROCONTROLADOR PIC 16F877A

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2016

**CLEBENSON ADRIANO DA ROCHA WELTER
TALITA PARMIGIANI**

MALETA DE ESTUDO DO MICROCONTROLADOR PIC 16F877A

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Diplomação, do curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Medianeira.
Orientador: Prof. Me. Luis Paulo Zanolla Boschetti

MEDIANEIRA

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira

Diretoria de Graduação e Educação Profissional do
Curso Superior de Tecnologia em Manutenção
Industrial



TERMO DE APROVAÇÃO

MALETA DE ESTUDO DO MICROCONTROLADOR PIC 16F877A

Por:

Cleberson Adriano da Rocha Welter
Talita Parmigiani

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 19:00 h do dia 21 de Novembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Medianeira. Os acadêmicos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Luís Paulo Zanolla
Boschetti
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Dr. Amilcar Flamarion Queribuni
Gonçalves
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Ivan Werncke
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Yuri Ferruzzi
UTFPR – *Câmpus* Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do
Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.**

RESUMO

WELTER, Clebenson A. da Rocha; PARMIGIANI, Talita. Maleta de Estudo do Microcontrolador PIC16F877A. 2016. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

Neste trabalho apresenta-se o projeto de um equipamento proposto para estudos relacionados ao uso de microcontroladores em sistemas de automação, tanto no ambiente industrial quanto em campos residenciais ou relacionados, trazendo uma visão geral da estrutura interna deste componente, focalizando especificamente o modelo PIC 16F877A. Discute possibilidades de uso e maneiras de acionar as entradas e saídas bem como a sua pinagem e dispositivos. Apresenta-se o desenvolvimento das placas de circuitos impressos, para controlar a alimentação, o microcontrolador e outros componentes associados. Leva-se em conta a linguagem de programação utilizada na indústria, aplicando-a a programas simples que permitem a aprendizagem de microcontroladores e desenvolvimento de outros projetos, a serem executados através de *software* livre e facilmente acessível. Como resultado, apresenta-se um estudo com equipamento facilitador, que permite ao usuário o conhecimento de uma nova opção de controlador programável a baixo custo de aquisição e ampla aplicação.

Palavras-chave: Microcontrolador. Programação. Projeto eletrônico.

ABSTRACT

WELTER, Clebenson A. da Rocha; PARMIGIANI, Talita. Suitcase Study of Microcontroller PIC16F877A. 2016. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

This project presents a proposed equipment for studies related to use of microcontrollers in automation systems, both in the industrial environment as residential or related fields, bringing an overview of the internal structure of this component, specifically focusing on PIC 16F877A model. Discusses possibilities of use and ways to trigger inputs and outputs, as its pinout and devices. It presents the development of printed circuit boards to control and power the microcontroller and other associated components. It takes into account the programming language commonly used in industry, applying it to simple programs that allow the learning of microcontrollers and development of other projects to be executed through free software and easily accessible. Brings as a result a facilitator equipment studies, which allow the user the knowledge of a new programmable controller option accessible and wide application cost.

Keywords: Microcontroller. Programming. Electronic design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- PIC 16F877A	14
Figura 2 - Botoeira.....	15
Figura 3 - Sinalizador	15
Figura 4 - Sensor óptico emissor e receptor	16
Figura 5 - Chave fim de curso	17
Figura 6- Ponte retificadora de onda completa.....	20
Figura 7 - Regulador de tensão família LM	20
Figura 8 - Regulador ajustável	21
Figura 9- Voltímetro digital	21
Figura 10- Sinal de entrada com optoacoplador.....	23
Figura 11- Função reset.....	24
Figura 12- Saídas de sinal	24
Figura 13- Cristal oscilador.....	25
Figura 14- Adaptação da tabela de configuração do oscilador	25
Figura 15- Adaptação da tabela de reguladores de tensão.....	27
Figura 16- Circuito do regulador LM 317.....	28
Figura 17 - Valores de ajuste do LM 317	28
Figura 18- Circuito de reguladores.....	28
Figura 19- Circuito impresso da placa de comando	29
Figura 20- Circuito impresso da fonte de alimentação	30
Figura 21- Limpeza da placa de fibra	30
Figura 22- Transferência térmica do circuito impresso e limpeza	30
Figura 23- Correção de trilhas.....	31
Figura 24- Perfuração de terminais	31
Figura 25 - Corrosão de placa em Percloroeto de ferro	32
Figura 26- Montagem e soldagem dos componentes eletrônicos na placa.....	32
Figura 27- Teste de funcionamento das placas.....	33
Figura 28 - Layout inferior recortado	34
Figura 29 - Disposição dos componentes	34
Figura 30 - Soldagem dos componentes.....	34
Figura 31 - Funcionamento dos componentes	35

Figura 32 - Montagem final.....	35
---------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Falhas e correções de projeto	39
Tabela 2 - Ficha técnica da maleta de estudo.....	40

LISTA DE SIGLAS

A	Ampère
Bps	Bits por segundo
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CD	Disco Compacto
CI	Circuito Integrado
COM	Comunicação
EEPROM	Electrical Erasable Programming Read Only Memory
Fosci	Frequência do oscilador
GND	Ground
Hz	Hertz
K Ω	Kilo Ohm
Kg	Quilograma
MDF	Medium Density Fiberboard
MHz	Mega Hertz
mils	Milésimo de polegada
mm	Milímetros
ms	Metro por segundo
NA	Normal Aberto
nF	Nano Faraday
NF	Normal Fechado
PIC	Controlador de Interface Programável
RAM	Random Access Memory
uF	Micro Faraday
un.	Unidade
USB	Universal Serial Bus
V	Volt
Vmax	Tensão Máxima
Vonda	Tensão de onda
ZIF	Zero Insertion Force
%	Porcentagem

° Grau
Ω Ohm

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 JUSTIFICATIVA	12
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1 O MICROCONTROLADOR.....	13
3.1.1 PIC 16F877A.....	13
3.1.2 Pinout e diagrama de blocos	14
3.2 DISPOSITIVOS DE ENTRADA E SAÍDA.....	15
3.2.1 Sensor óptico e chave fim de curso.....	16
3.3 PLACA DE COMANDO	17
3.4 FONTE DE ALIMENTAÇÃO RETIFICADA DE ONDA COMPLETA	19
3.4.1 Reguladores de tensão.....	20
3.5 VOLTÍMETRO DIGITAL	21
4 METODOLOGIA	22
4.1 PROJETO ELETRÔNICO DA PLACA DE COMANDO.....	22
4.2 PROJETO ELETRÔNICO DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO.....	25
4.3 PROCESSO DE CONFECÇÃO	28
4.3.1 Fabricação da placa de comando e fonte de alimentação	29
4.3.2 Confecção e montagem da maleta	33
4.4 PROJETO DAS PROGRAMAÇÕES	36
4.4.1 <i>Software</i> de desenvolvimento e compilação LDmicro	36
4.4.2 <i>Software</i> de gravação Microbrn.....	37
4.5 TESTES E ENSAIOS	38
4.6 FICHA TÉCNICA.....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICES	44
ANEXOS	51

1 INTRODUÇÃO

O projeto em questão buscou, com base no estudo de Controladores Lógicos Programáveis, desenvolver uma pesquisa teórica com aplicação prática em automação. Para isso, criou-se um protótipo com foco no microcontrolador Controlador de Interface Programável (PIC), especificamente modelo 16F877A.

O protótipo desenvolvido compõe uma maleta de estudos destinada ao aprendizado do microcontrolador. Também, faz parte do projeto um conjunto de ferramentas, entre elas sensores, botões, sinalizadores, instrumentos de medição e interface de comunicação.

O desenvolvimento da programação é realizada com o auxílio de *software* livre, LDmicro, em linguagem *ladder* que será convertida em hexadecimal e gravada no PIC através do *software* Microbrn.

2 JUSTIFICATIVA

A ideia de desenvolvimento da maleta de estudo se deu com o intuito de incentivar a pesquisa de microcontroladores aplicados a automação, buscando compreender o funcionamento deste dispositivo e suas funções. Sendo também de fácil acesso pelo seu baixo custo de aquisição e aplicação.

O uso da maleta se dá como reforço do aprendizado teórico visto em sala de aula, sendo de grande utilidade em disciplinas como eletrônica e automação. Através da mesma pretendeu-se demonstrar uma nova técnica de programação por meio da linguagem *ladder*, requisito básico para utilizar a maleta, sem a necessidade de possuir conhecimento em linguagem C.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O MICROCONTROLADOR

Conforme Charles Borges de Lima (2010), um microcontrolador é um dispositivo programável que possui um sistema microprocessado composto por várias funcionalidades, dentre elas, conversores analógicos e digitais, temporizadores e contadores, interface de comunicação, circuito de *clock* e memórias internas. Tem como vantagem ser um dispositivo compacto que permite o desenvolvimento de circuitos eletrônicos, bem como um menor número de componentes externos que podem ser empregados em sistemas automatizados.

3.1.1 PIC 16F877A

O microcontrolador da família PIC modelo 16F877A, fabricado pela Microchip, utilizado no projeto (Figura 1) tem a vantagem de possuir um número maior de portas para realização de projetos automatizados. Com capacidade maior de memória interna para gravação, sua velocidade de *clock* pode ser aumentada através da instalação de um cristal oscilador externo, sendo que para programações menores possui um cristal oscilador interno de 4 MHz (LIMA, 2010).

Uma de suas características é a condição de ser gravado em 5V ou 12V. Internamente é constituído por uma unidade de processamento, a memória de programação *flash*, a EEPROM (*Electrical Erasable Programming Read Only Memory*) e a RAM (*Random Access Memory*), as quais armazenam os dados. O microcontrolador em questão pode ser programado na linguagem hexadecimal, *assembly* e linguagem C, possuindo 368 *bytes* de memória RAM, capacidade de 8kWords (8 mil instruções em um único programa) de memória *flash* e 256 *bytes* de memória EEPROM programável via *software* (Datasheet Microchip Technology PIC16F87XA, 2003).

3.1.2 Pinout e diagrama de blocos

O microcontrolador é composto por 40 pinos, dos quais 7 são utilizados para alimentação e os demais são portas de sinais de entrada e de saída. Essas portas estão divididas conforme as letras A, B, C, D e E. Algumas podem ser de entrada ou saída digital e/ou analógica, os pinos 13 e 14 são para referência de *clock*, podendo ser instalado um cristal oscilador de até 20MHz. A representação do diagrama de blocos do microcontrolador encontra-se disponível no ANEXO A.

- Porta A seis canais;
- Porta B oito canais;
- Porta C oito canais;
- Porta D oito canais;
- Porta E três canais.

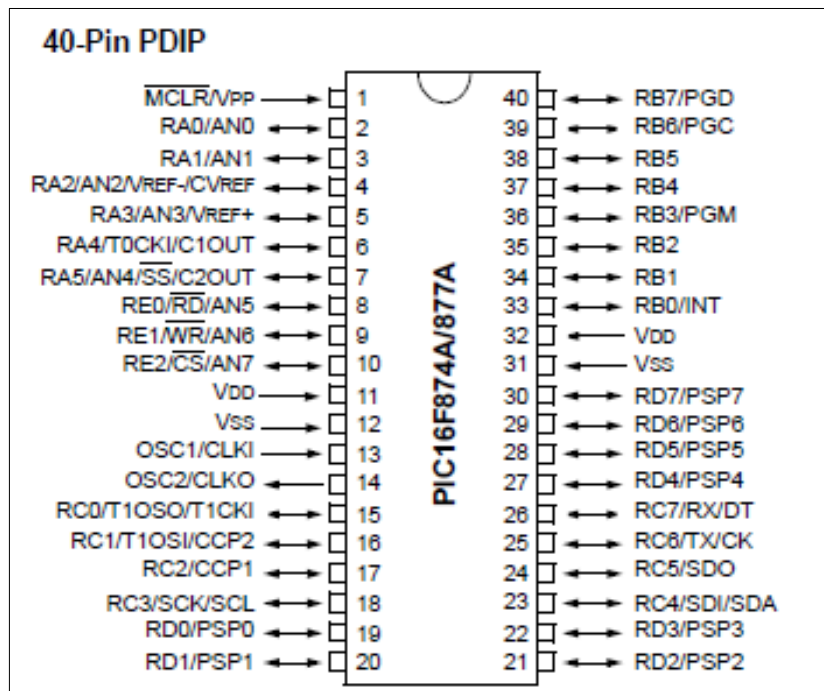


Figura 1- PIC 16F877A

Fonte: Apostila PIC16F87XA Pin Diagrams (2003 p. 03)

3.2 DISPOSITIVOS DE ENTRADA E SAÍDA

Os dispositivos de entrada e saída são geradores de pulsos digitais para o microcontrolador executar funções programadas. Tais dispositivos podem ser botoeiras, sinalizadores e até mesmo sensores. No projeto apresentado, as botoeiras (Figura 2) dispõem de canais que podem ser NA (normal aberto) ou NF (normal fechado), apenas os sinalizadores (Figura 3) não dispõem dessas características, pois os mesmos possuem apenas um canal de ativação determinando se uma saída está ativa ou não.

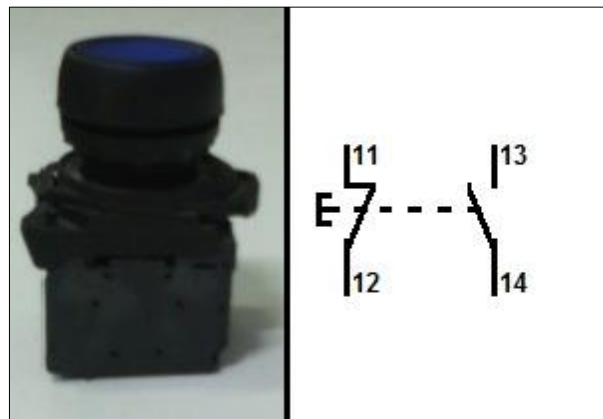


Figura 2 - Botoeira
Fonte: Autoria própria



Figura 3 - Sinalizador
Fonte: Autoria própria

3.2.1 Sensor óptico e chave fim de curso

Segundo Thomazini e Albuquerque (2011), o sensor óptico é o dispositivo responsável por detectar a proximidade de algum objeto que esteja a sua frente, pois internamente é composto por um led emissor de sinal infravermelho e um led receptor (Figura 4), a partir do momento em que este sinal emissor é refletido o receptor compreende como algo sendo detectado. Dessa forma, a saída NA do sensor torna-se ativa, realizando o chaveamento entre a fonte de alimentação e o componente a ser energizado.

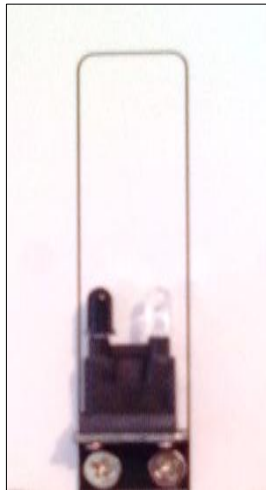


Figura 4 - Sensor óptico emissor e receptor
Fonte: Autoria própria

A chave fim de curso (Figura 5) é composta por três pinos, um comum para entrada de alimentação, uma saída NA e outra NF. Quando sua haste mecânica é pressionada, fazendo com que sua mola interna movimente um contato e este faz com que o estado das saídas seja alterado, ativando ou não a carga conectada a esses terminais.

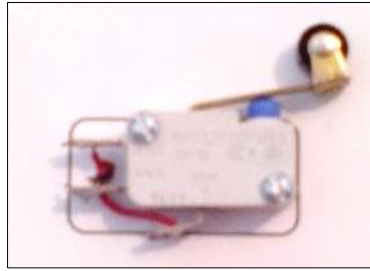


Figura 5 - Chave fim de curso
Fonte: Autoria própria

3.3 PLACA DE COMANDO

A placa de comando tem a finalidade de controlar as saídas conforme os sinais gerados pelos dispositivos de entrada, é composta basicamente por optoacopladores, relés, transistores, cristal oscilador, regulador de tensão, leds indicadores, resistores, capacitores, diodos e um microcontrolador. Cada componente executa uma função específica.

Segundo Albert Paul Malvino (1995), o optoacoplador é responsável por proteger as entradas do microcontrolador. Internamente é composto por um led infravermelho que emite um sinal luminoso para um fotodiodo, o qual faz o chaveamento entre uma tensão aplicada ao terminal emissor liberando-a para o coletor. Conforme Charles Borges de Lima (2010), em aplicações na eletrônica, utiliza-se esse componente para proteção de circuitos contra surtos de tensão em entradas de sinais, isolando o sistema digital de controle do sistema a ser controlado.

O relé possui a função de acionamento de cargas, através de seus terminais de saída. Quando sua bobina é alimentada o estado dos contatos internos do relé são comutados tornando-se NA ou NF. O terminal de base comum é por onde a alimentação da saída dos contatos do relé é conectada.

Conforme Baylestad e Nashelsky (2004), o transistor trata-se de um dispositivo semicondutor, em sua forma construtiva possui três pinos, sendo um como emissor, outro coletor e uma base. Geralmente as cargas a serem alimentadas através deste dispositivo são pequenas, seu acionamento é realizado através de um sinal gerado por um microcontrolador, sinal este com corrente (Ampère) controlada no terminal de base. O terminal emissor é por onde a tensão de alimentação da carga a

ser acionada é conectada, assim que ativado esta é liberada para o terminal coletor que está ligado a carga.

O cristal oscilador é um componente utilizado quando se quer melhorar a frequência de trabalho de um projeto eletrônico qualquer. Internamente é composto por um pequeno cristal de quartzo que quando alimentado passa a vibrar. Esta vibração é responsável por controlar a frequência de sinal de *clock* de um microcontrolador, por exemplo.

O regulador de tensão é um componente eletrônico capaz de limitar os níveis de tensão de entrada em corrente contínua para uma saída estabilizada, conforme a tensão necessária para a carga a ser alimentada. Possui três pinos sendo um para entrada, conexão de GND (*Ground*) e o terceiro como terminal de saída regulada. Baylestad e Nashelsky (2004), destacam o uso dos reguladores de tensão em fontes de alimentação as quais utilizam um transformador conectado à rede para reduzir a tensão ao valor desejado, um circuito retificador e filtro, e finalmente um regulador de tensão que irá operar estabilizando a saída da fonte conforme a tensão desejada.

O led é um componente eletrônico que possui dois pinos denominados ânodo (terminal positivo) e cátodo (terminal negativo), utilizados para alimentação. Este componente emite um sinal luminoso visível quando ativado, o que pode ser utilizado para indicar o funcionamento de uma carga qualquer.

Para Gussow (1997), o resistor trata-se de um dispositivo não polarizado, identificado por cores que em determinada sequência indicam seu valor. Tem a função de limitar a passagem de corrente ou tensão em um circuito eletrônico, no qual esteja empregado. Quando ligado em série, mantém a corrente do circuito limitando a tensão de alimentação a ser utilizada, quando em paralelo passa a controlar a corrente do circuito.

O capacitor é um dispositivo constituído por duas placas condutoras de metal separadas por um material isolante dielétrico, ambas as placas são eletricamente neutras existindo tanto prótons como elétrons em cada placa, quando alimentado os terminais do capacitor os prótons são atraídos pela polaridade negativa e os elétrons para a polaridade positiva, gerando um fluxo de carga até que ambos se estabilizem chegando ao mesmo nível de tensão aplicada ao capacitor. Em uma fonte de alimentação a tensão retificada não é puramente contínua, então emprega-se o capacitor como elemento de filtragem, ou seja, a tensão é armazenada e quando há pequenos ruídos o capacitor estabiliza eliminando possíveis problemas de

alimentação de outros componentes. O capacitor de poliéster pode ser utilizado como um segundo elemento de filtragem, auxiliando na redução dos ruídos gerados. (GUSSOW, 1997).

O diodo semicondutor é um componente constituído por um material do tipo n e outro material do tipo p, utilizado para conduzir ou isolar cargas, dependendo de como a tensão é ligada em seus terminais. Em circuitos de acionamento eletrônico com relés, quando este é desligado, pode-se gerar uma corrente transitória inversa à sua polaridade, emprega-se então o diodo ligado paralelamente às bobinas do relé de forma inversa, com a função de dissipar esta corrente gerada na bobina do próprio relé. (BAYLESTAD E NASHELSKY, 2004).

3.4 FONTE DE ALIMENTAÇÃO RETIFICADA DE ONDA COMPLETA

A utilização de uma fonte em um circuito eletrônico é necessária para distribuir energia a todos os componentes de forma estabilizada, durante o período em que permanecerem ligados. É composta por um transformador de entrada, um esquema em ponte retificadora com diodos a fim de transformar tensão CA em CC, filtro capacitivo para estabilizar a tensão, e torná-la o mais próximo possível em contínua pura e reguladores de tensão com a finalidade de evitar surtos na carga a ser alimentada.

A retificação de onda completa em ponte utiliza quatro diodos semicondutores. A função dos diodos é realizar o chaveamento da tensão de entrada reaproveitando os dois semiciclos da senóide, positivo e negativo, sendo que após a retificação a onda gerada é pulsante no ciclo positivo. Na Figura 6 está demonstrada a forma de ligação da ponte no circuito. A vantagem de se utilizar a retificação em ponte é de que a saída de tensão possui pico igual a tensão de pico do secundário do transformador, o que faz desta uma ótima aplicação em equipamentos eletrônicos que fornecem tensão em corrente contínua adequada a dispositivos semicondutores (MALVINO, 1995).

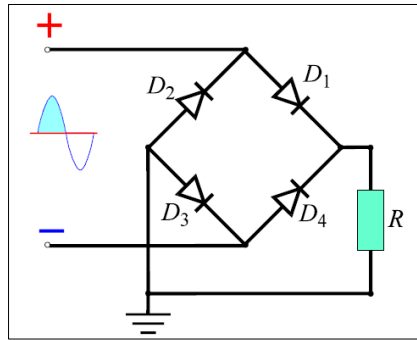


Figura 6- Ponte retificadora de onda completa
Fonte: SENAI.DR.PE. Eletrônica Básica 1 (2005 p.219)

3.4.1 Reguladores de tensão

Boylestad e Nashelsky (2004), abordam que os reguladores de tensão são componentes eletrônicos capazes de transformar uma tensão CC desregulada na entrada em uma tensão estabilizada e contínua em sua saída. Os reguladores necessitam que a tensão de entrada seja maior que a tensão regulada na saída, como no caso do LM7805, que ao receber alimentação em seu pino de entrada de 12V faz com que no seu pino de saída saia regulado 5V. Existem dois tipos de CI's (Circuito Integrado), para a classe de reguladores positivos a família 78XX e para a classe negativa a família 79XX. Geralmente possuem três pinos, um para sinal de entrada, sinal GND e sinal de saída (Figura 7).

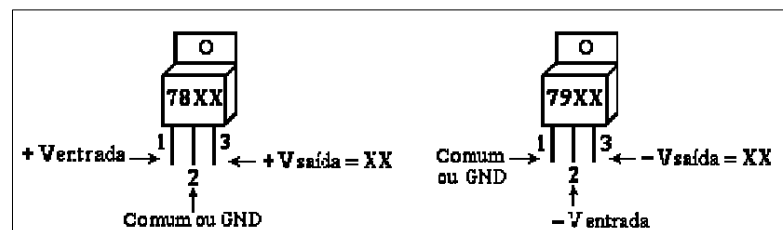


Figura 7 - Regulador de tensão família LM
Fonte: CI Reguladores de tensão UNESP (2009 p. 02)

O LM317 é um regulador de tensão ajustável que suporta corrente de até 1,5A, capaz de variar a tensão de saída conforme a tensão de entrada em uma escala de 1,2V a 37V. Com este regulador pode-se realizar dois tipos de aplicações,

dependendo do circuito projetado o LM317 torna-se um regulador de corrente ou regulador tensão (Figura 8).

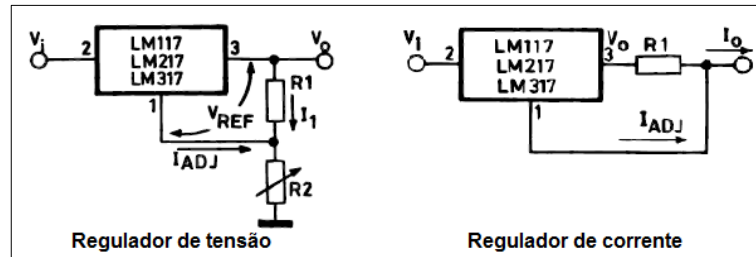


Figura 8 - Regulador ajustável

Fonte: Datasheet STMicroelectronics LM117/217 LM317 (2004 p. 05-06)

3.5 VOLTÍMETRO DIGITAL

O voltímetro digital é um instrumento de medição capaz de medir tensão contínua ou alternada. É utilizado para verificar a alimentação de componentes e se há alguma queda de tensão. Os valores medidos são em tempo real e para que se possa obter algum valor de leitura deve-se ligar suas pontas de prova em paralelo aos terminais de alimentação do ponto que se pretender obter leitura (Figura 9). A leitura digital tem vantagem sobre a leitura analógica por possuir poucas escalas, maior precisão e rapidez (GUSSOW, 1997).



Figura 9- Voltímetro digital

Fonte: Autoria própria

4 METODOLOGIA

A execução do projeto ocorreu por meio de 5 etapas: planejamento, desenvolvimento da placa de comando e fonte de alimentação, adequação e montagem da maleta de estudos, programação do PIC por meio de *softwares* livres e avaliação por meio de testes e ensaios.

Através do planejamento, chegou-se à conclusão da necessidade de uma ferramenta que fosse capaz de auxiliar no aprendizado do microcontrolador e demonstrar suas características de funcionamento. Para isso, optou-se por utilizar o modelo PIC 16F877A para princípio de demonstração, sendo que o estudante poderá removê-lo de forma prática sem danificar o componente quando se pretender gravar outros programas para testes.

A placa de alimentação tem por objetivo fornecer tensão e corrente adequadas a todos os componentes instalados na maleta. A placa de comando apresenta canais de entrada, saída e suporte para o microcontrolador. Para gravação se faz necessário o uso de uma placa adquirida modelo PIC Programmer K150 fabricado por DIY Electronics (HK) Ltd. O *software* Eagle foi escolhido como ferramenta de desenvolvimento das placas de força e comando.

As programações podem ser desenvolvidas através do *software* livre LDmicro em linguagem *ladder* e compiladas para hexadecimal que é aceitável pelo PIC. Para a gravação do microcontrolador, será utilizado o *software* Microbrn, disponibilizado pelo fabricante da placa de gravação, o qual grava o arquivo hexadecimal.

O projeto em questão possui uma série de exemplos de programações, sendo que o usuário pode utilizar os bornes de entrada e saída presentes no protótipo para a execução de outros tipos de projetos.

4.1 PROJETO ELETRÔNICO DA PLACA DE COMANDO

Para o projeto da placa de comando utilizou-se o *software* de simulação e desenvolvimento Eagle, o qual fornece suporte através de sua biblioteca interna para a elaboração do circuito impresso, assim como o dimensionamento de trilhas. A

composição da placa de comando consiste em: geração de sinal de entrada, proteção contra curto circuito ou surtos de corrente, microcontrolador para execução de programas, controle de cargas via transistor e relé.

No desenvolvimento do circuito para geração de sinal de entrada (Figura 10), houve a preocupação de se manter um sinal limpo e sem ruídos, por exemplo, quando um botão de pulso é pressionado, seus contatos dificilmente mantem uma estabilidade, gerando pulsos aleatórios. Isso faz com que o microcontrolador compreenda o pulso de forma incorreta, interferindo no processo a ser controlado. Para solucionar esse problema utilizou-se optoacopladores modelo 4N25, pois os mesmos possuem chaveamento rápido e servem como isoladores de circuito em corrente contínua. No terminal de entrada do optoacoplador há um led indicador de porta acionada, em série a um resistor de $1K\Omega$ e em sua saída há um resistor em paralelo para drenagem de corrente parasita enquanto o sinal digital está em zero.

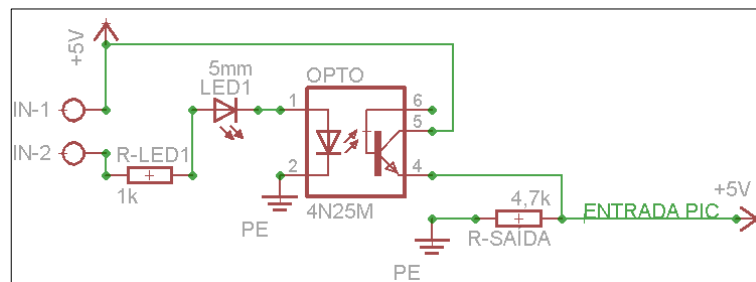


Figura 10- Sinal de entrada com optoacoplador
Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

Para o controle dos processos e recebimento de sinal de entrada optou-se por utilizar o microcontrolador PIC 16F877A. Sua alimentação é feita através do pino 1 em 5V, ligado a esse pino há um botão de pulso e uma resistência de $10K\Omega$ para a execução do *reset*, projetada em *pull-up* (Figura 11). A resistência de $10K\Omega$ está entre a alimentação e o botão de pulso que quando pressionado faz com que um dos terminais do resistor receba o GND, este por sua vez passa a drenar a alimentação do microcontrolador fazendo-o desligar.

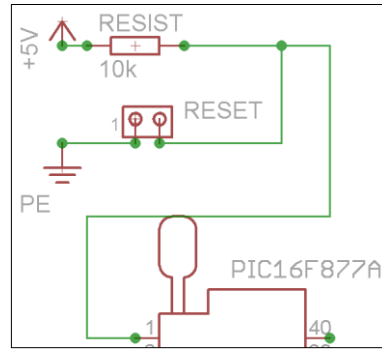


Figura 11- Função reset

Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

Para controle de cargas, o sinal digital de saída gerado pelo microcontrolador é enviado a um transistor BC337 NPN (Figura 12). Esse transistor possui um resistor de $1\text{K}\Omega$ ligado em série à sua base para controle de tensão, quando ativo faz o chaveamento entre o GND e o terminal negativo do relé, que por sua vez ao ser acionado comuta suas saídas, o modelo do relé utilizado de fabricante Finder possui capacidade de carga de 10A. Paralelo à bobina do relé está um diodo semicondutor, ligado inversamente, pois quando o relé é desligado sua bobina gera uma corrente transitória com tensão elevada, podendo ocasionar a queima dos demais componentes eletrônicos. Esse diodo faz com que a corrente retorne e seja dissipada na bobina do relé.

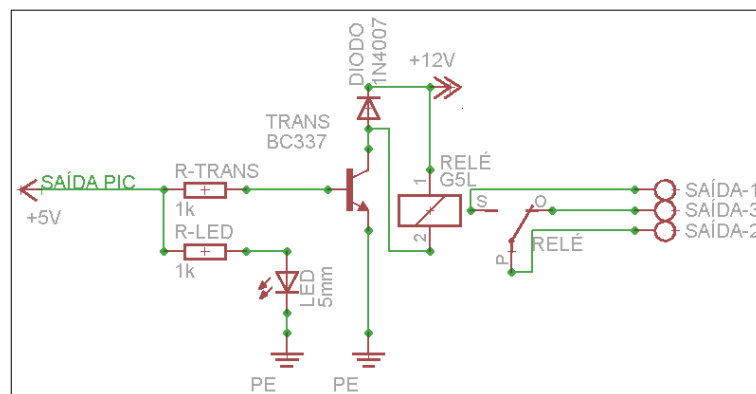


Figura 12- Saídas de sinal

Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

O cristal oscilador de 16MHz, empregado no projeto para otimizar a frequência de trabalho do microcontrolador (Figura 13), deve ser ligado a dois capacitores cerâmicos cujos valores são tabelados de acordo com o cristal utilizado (Figura 14).

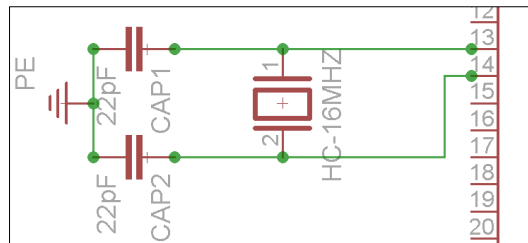


Figura 13- Cristal oscilador

Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

Mode	Freq.	OSC1	OSC2
XT	455 kHz	68-100 pF	68-100 pF
	2.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
	4.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
HS	8.0 MHz	10-68 pF	10-68 pF
	16.0 MHz	10-22 pF	10-22 pF

Figura 14- Adaptação da tabela de configuração do oscilador

Fonte: Datasheet Microchip Technology PIC16F87XA (2003 p. 145. Tabela 14-1)

O dimensionamento das trilhas do circuito, assim como a distância entre as mesmas, se deu conforme a corrente máxima e a tensão consumida por cada parte do circuito. Para as trilhas de comando a largura foi determinada (ANEXO B) em 0,35 mils, que equivalem a 0,88 mm, com suporte para corrente de até 2A e tensão de 0 a 30V. Para as trilhas de força a largura determinada é de 0,7 mils.

O desenho das trilhas foi projetado pensando na disposição simétrica dos componentes tendo em vista que o espaçamento e trajeto das trilhas fossem adequados, seguindo o padrão de angulação de 45° em curvas e mantendo as ligações dos componentes o mais próximo entre si.

4.2 PROJETO ELETRÔNICO DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO

A fonte de alimentação dispõem de valores de tensão que variam de 5 a 24V com corrente máxima de trabalho de 2A no total. Optou-se por utilizar um transformador com entrada de 110V e saída de 24V com capacidade de carga de 2A. As trilhas da placa foram projetadas conforme valores determinados para a placa de comando.

O circuito de conversão de CA para CC trata-se de uma ponte retificadora de onda completa, com banco de capacitores eletrolíticos, associados em paralelo, que juntos somam 4840uF, a fim de filtrar os ruídos gerados no processo de retificação e armazenar uma carga máxima de 24V, estabilizando quedas de tensão que possam ocorrer. Os capacitores de poliéster com valor de 100nF foram utilizados como filtros de alta frequência.

Para o cálculo do banco de capacitores levou-se em consideração os valores de tensão do primário e secundário do transformador (V_1 e V_2), a corrente desejada de 2A, a queda de tensão da ponte retificadora ($V_D = 0,7$), a tensão de onda considerando a ondulação de 10% e frequência de onda de 120Hz. Através dos dados coletados obteve-se os seguintes cálculos:

$$V_1 = 127V$$

$$V_2 = 25,3V$$

$$V_D = 0,7V$$

$$I = 2A$$

Cálculo da tensão de pico no secundário:

$$V_{\text{pico}} = V_2 \times \sqrt{2} = 25,3 \times \sqrt{2} = 35,77V$$

Cálculo da tensão de pico na carga:

$$V_{\text{carga}} = V_{\text{pico}} - 2 \times V_D = 35,77 - 2 \times 0,7 = 34,37V$$

Cálculo da tensão de onda:

$$V_{\text{onda}} = 0,1 \times V_{\text{carga}} = 0,1 \times 34,37 = 3,437V$$

Dimensionamento do capacitor:

$$C = I / (120 \times V_{\text{onda}}) = 2 / (120 \times 3,437) = 4849 \text{ uF}$$

Associação de capacitores em paralelo:

$$C_{\text{eq}} = C1 + C2 + C3 + C4 = 2200 + 2200 + 220 + 220 = 4840\text{uF}$$

Para as saídas de tensão controladas foram utilizados os reguladores de tensão LM7805,7812 e 7824, especificados na Figura 15.

	MIN	MAX	UNIT
7805C	7	25	V
7808C	10.5	25	
7810C	12.5	28	
7812C	14.5	30	
7815C	17.5	30	
7824C	27	38	
		1.5	A
7800C series	0	125	°C

Figura 15- Adaptação da tabela de reguladores de tensão
 Fonte: Datasheet uA7800 series positive voltage regulators (2003 p. 3)

Os reguladores tem a função de estabilizar a alimentação dos componentes internos da maleta e da placa principal, fornecendo a tensão adequada. A capacidade de carga dos reguladores são de até 1,5A. Existe um padrão de ligação para ambos exceto o LM317 (Figura 16), que pode ser ligado como regulador de corrente ou tensão dependendo de como a resistência de ajuste é conectada entre seus terminais, para este projeto o CI funciona como regulador de tensão. Na Figura 17 estão especificados os valores de ajuste desse regulador de tensão.

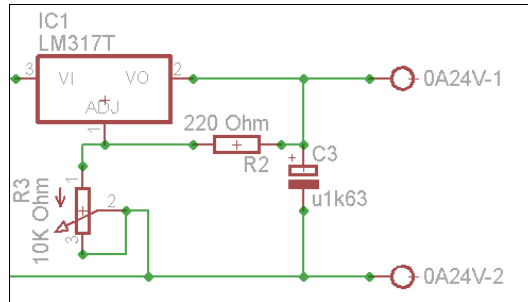


Figura 16- Circuito do regulador LM 317
Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

Output Current In Excess of 1.5A
 Output Adjustable Between 1.2V and 37V

Figura 17 - Valores de ajuste do LM 317
Fonte: Datasheet Fairchild LM 317(2001 p. 1)

Os demais reguladores estão representados na Figura 18, bem como seu esquema de ligação.

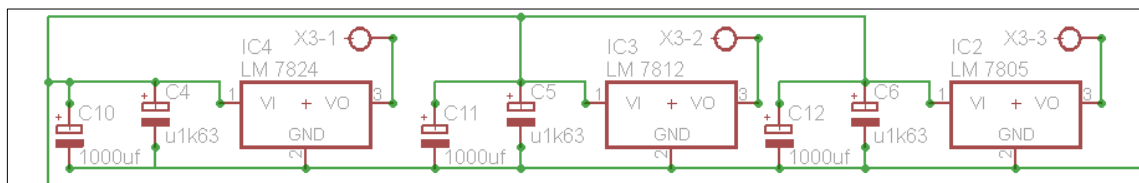


Figura 18- Circuito de reguladores
Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

4.3 PROCESSO DE CONFECÇÃO

O processo de confecção do projeto, tanto das placas de circuito impresso quanto da montagem da maleta, foram executados de forma manual. Para isso utilizou-se furadeira, parafusadeira, retífica manual, serra manual, serra copo e brocas de aço rápido, chapa de MDF 2x2m e 6mm de espessura, lixas e limas para acabamento, tintas e adesivos, Percloroeto de ferro para corrosão das placas de circuito impresso, ferro de solda e estanho, componentes eletrônicos, parafusos, porcas, espaçadores e fios com 1,5mm de diâmetro.

4.3.1 Fabricação da placa de comando e fonte de alimentação

A fabricação das placas de comando e fonte de alimentação possuem basicamente o mesmo procedimento, os quais estão classificados pelas etapas abaixo:

1. Etapa: Impressão dos circuitos desenvolvidos no *software* Eagle (Figura 19 e Figura 20);

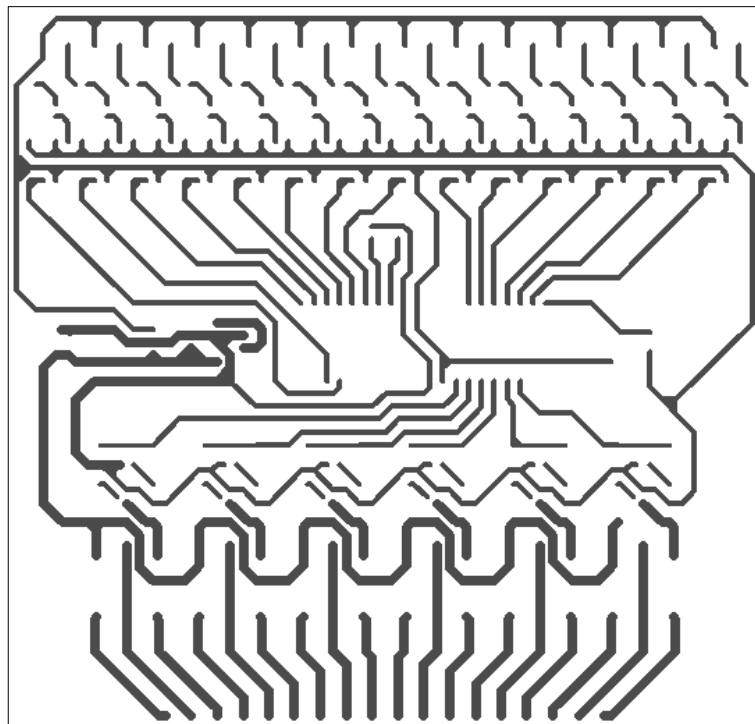


Figura 19- Circuito impresso da placa de comando
Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

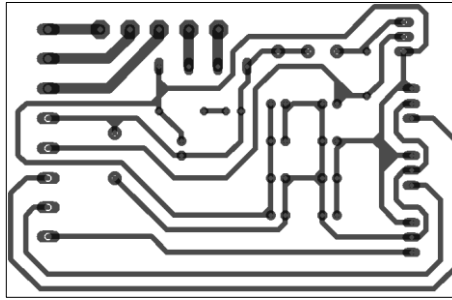


Figura 20- Circuito impresso da fonte de alimentação
Fonte: Projeto desenvolvido no Eagle de autoria própria

2. Etapa: Limpeza da placa de fibra cobreada com esponja de aço (Figura 21);



Figura 21- Limpeza da placa de fibra
Fonte: Autoria própria

3. Etapa: Passagem do circuito impresso para a placa com o uso de ferro elétrico através de transferência térmica e limpeza (Figura 22);

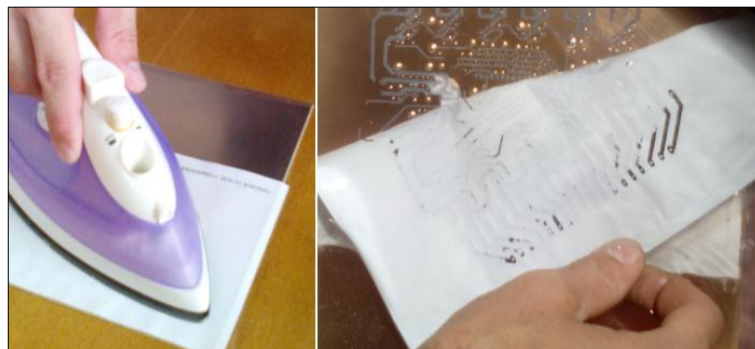


Figura 22- Transferência térmica do circuito impresso e limpeza
Fonte: Autoria própria

4. Etapa: Correção das trilhas danificadas com o uso de caneta permanente (Figura 23);

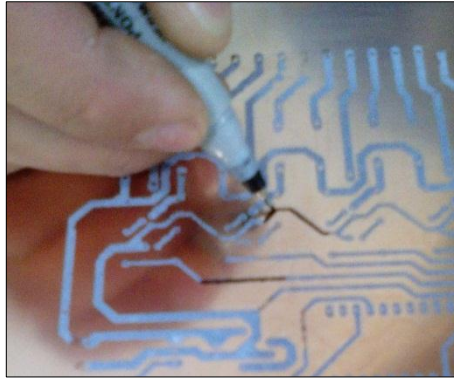


Figura 23- Correção de trilhas
Fonte: Autoria própria

5. Etapa: Perfuração dos terminais onde os componentes serão soldados com o uso de mini retifica e brocas de 0,5 e 1mm (Figura 24);



Figura 24- Perfuração de terminais
Fonte: Autoria própria

6. Etapa: Corrosão da placa utilizando Percloroeto de ferro dissolvido em água e acabamentos das laterais (Figura 25);



Figura 25 - Corrosão de placa em Perclorato de ferro
Fonte: Autoria própria

7. Etapa: Montagem e soldagem dos componentes eletrônicos utilizando estanho de 0,5mm, fluxo de solda e ferro de solda (Figura 26);

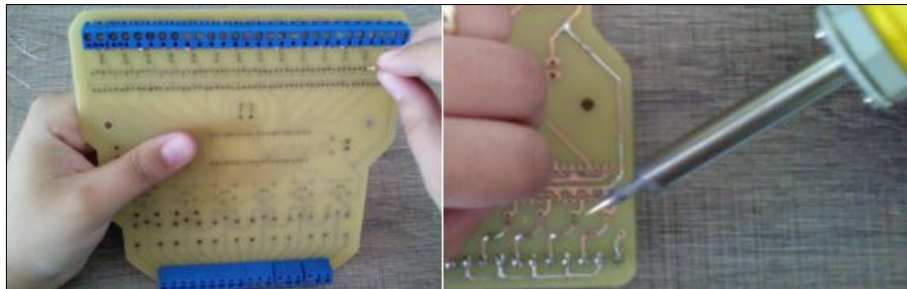


Figura 26- Montagem e soldagem dos componentes eletrônicos na placa
Fonte: Autoria própria

8. Etapa: Testes de funcionamento (Figura 27).

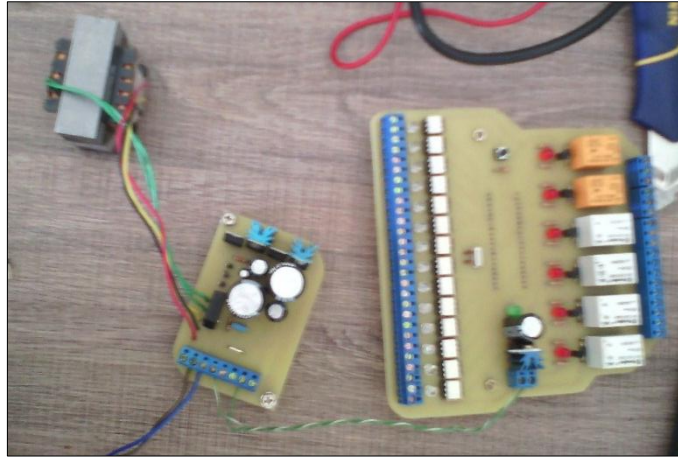


Figura 27- Teste de funcionamento das placas
Fonte: Autoria própria

4.3.2 Confeção e montagem da maleta

Para a confecção do protótipo da maleta de estudo, adquiriu-se uma maleta plástica de polipropileno com diâmetros de 340mm de comprimento, 340mm de largura e 130mm de altura. Conforme as medidas citadas iniciou-se o processo de recorte de uma chapa de MDF para disposição dos componentes e encaixe na maleta. A chapa de MDF utilizada possui 6mm de espessura com as faces em cor branca, o processo de confecção se deu conforme as seguintes etapas:

1. Etapa: Desenvolvimento do *layout* interno da maleta de estudos utilizando o *software* Corel Draw para adesivo e para a chapa de MDF (APÊNDICE A e APÊNDICE B);
2. Etapa: Transposição do *layout* para a chapa e recortes (Figura 28);

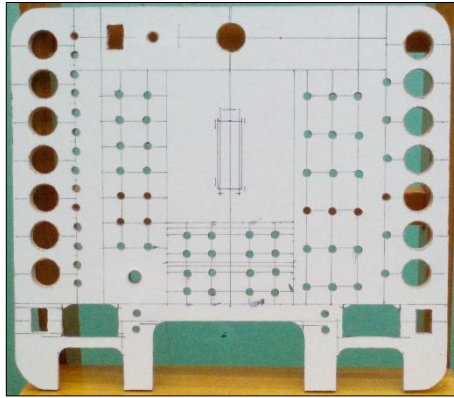


Figura 28 - Layout inferior recortado
Fonte: Autoria própria

3. Etapa: Disposição do adesivo na chapa recortada e adaptação dos componentes (Figura 29);



Figura 29 - Disposição dos componentes
Fonte: Autoria própria

4. Etapa: Execução do projeto elétrico e soldagem dos componentes (Figura 30);

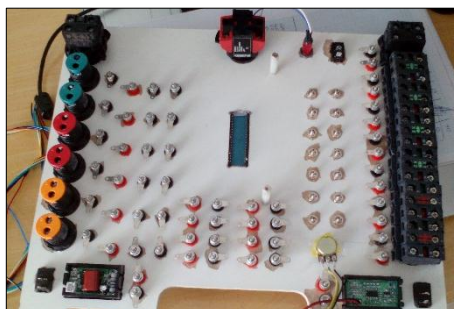


Figura 30 - Soldagem dos componentes
Fonte: Autoria própria

5. Etapa: Teste de alimentação e funcionamento dos componentes (Figura 31);

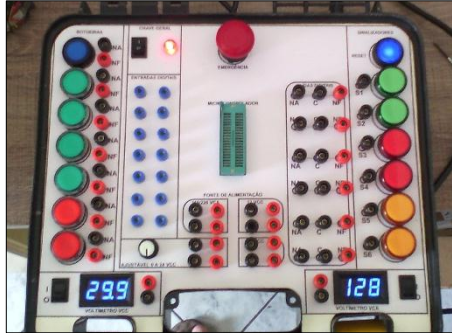


Figura 31 - Funcionamento dos componentes
Fonte: Autoria própria

6. Etapa: Montagem da chapa na maleta e acabamento final (Figura 32).



Figura 32 - Montagem final
Fonte: Autoria própria

4.4 PROJETO DAS PROGRAMAÇÕES

Para programação do microcontrolador optou-se pelos *softwares* LDmicro, utilizado no desenvolvimento e simulação dos programas em linguagem *ladder*, e Microbrn na compilação dos programas para hexadecimal, pois é a partir desta que o microcontrolador compreende as instruções e executa conforme o projeto desenvolvido.

4.4.1 *Software* de desenvolvimento e compilação LDmicro

O LDmicro é uma ferramenta capaz de facilitar a programação de um microcontrolador em linguagem *ladder* a qual é comum em projetos de automação. Possui uma biblioteca de ferramentas para desenvolvimento, porém em número menor de funções. Para dar início a um projeto deve-se seguir os passos descritos abaixo:

1. Abrir o *software* LDmicro/ES;
2. Configurar o microcontrolador a ser utilizado, no caso o modelo PIC 16F877A e modificar os parâmetros de tempo de ciclo para 103ms, frequência de cristal para 16MHz e Bps (Bits por segundo) para 2400;
3. Desenvolver o programa *ladder* utilizando a biblioteca disponível no *software*;
4. Simular o programa verificando possíveis falhas;
5. Compilar selecionando o tipo de arquivo para hexadecimal.

Como proposta de estudo, foram desenvolvidos cinco programas (Ver APÊNDICES C, D, E, F e G) os quais estão detalhados a seguir:

1. Ligar um led com botão de pulso;
2. Led piscando com temporizador;
3. Elevador de dois níveis;

4. Cancela de estacionamento;
5. Semáforo.

4.4.2 *Software* de gravação Microbrn

Para a gravação dos programas desenvolvidos deve-se utilizar o *software* Microbrn que acompanha em CD o *hardware* gravador do PIC adquirido, modelo K150. O microcontrolador deve ser gravado em hexadecimal para isso faz-se necessário abrir o arquivo salvo em *ladder* utilizando o programa descrito. O procedimento de gravação segue as etapas:

1. Conectar o microcontrolador no *socket* ZIF do gravador, estando este desligado;
2. Conectar o gravador a porta USB do computador e configurar:
 - >Painel de controle;
 - >Gerenciador de dispositivos;
 - >Portas COM e LPT;
 - >Prolific USB;
 - >Propriedades;
 - >Configuração de porta: alterar os valores de Bps para 2400, Bits de dados para 8;
 - >Avançado;
 - >Número da porta COM: abrir menu, selecionar COM 9 e desmarcar caixa de *buffers*.
3. Abrir *software* Microbrn;
4. Verificar porta COM correta na barra de *status* do programa e se o programador K150 está conectado;
5. Clicar em *Load* para buscar o arquivo hexadecimal que se pretende gravar, selecionar e abrir;
6. Clicar em *Blank*, selecionar *erase chip*, clicar em *ok*, *yes* e *ok* novamente;
7. Clicar em *Fuses*, manter configurações determinadas e *ok*;

8. Clicar em *Program* e iniciar o procedimento;
9. Ao aparecer a mensagem *Programing complete*, deve-se clicar em *ok*.
No caso de erros repetir os procedimentos a partir do item 5;
10. Desconectar o cabo USB do gravador, remover o PIC e testar na maleta de estudos.

4.5 TESTES E ENSAIOS

Os testes realizados para verificar o correto funcionamento são os seguintes:

- Teste de alimentação: Verificação de fornecimento de tensão e corrente adequadas nas entradas e saídas de cada componente utilizando o multímetro;
- Teste da placa de comando: Avaliação do funcionamento dos componentes eletrônicos da placa de comando, testando alimentação, continuidade e sinais gerados nas entradas e saídas do microcontrolador, testando as 14 portas digitais emitindo sinais nas entradas e verificação dos contatos de saída dos relés;
- Teste de programação: Verificação do funcionamento da programação em *software* de simulação em *ladder* e hexadecimal, e posteriormente gravada no microcontrolador e realização de teste da programação através da sequência de acionamento das portas de entrada e saída do microcontrolador;
- Teste de funcionamento da maleta de estudo: Análise do funcionamento dos componentes conforme as programações propostas ao usuário da maleta.

Durante os testes foram constatadas algumas falhas que posteriormente foram corrigidas conforme descrito na Tabela 1.

Falhas		Correções
1	Problema no acionamento dos optoacopladores devido à queda de tensão	Alteração de tensão de acionamento de 5V para 12V
2	PIC não responde à gravação	Aquisição de novo PIC por motivo de o microcontrolador estar danificado
3	Incompatibilidade na pinagem que liga os terminais do PIC aos da maleta	Readequação dos terminais do PIC
4	Programa não executa as saídas	Alteração do procedimento padrão de gravação
5	Falha no tempo de ciclo configurado no <i>software</i> LDmicro	Alteração de 10ms, configurados inicialmente, para 72ms padrão do datasheet do microcontrolador
6	Atraso no tempo de ciclo configurado	Utilização de uma tabela disponibilizada no datasheet do microcontrolador conforme o cristal oscilador utilizado, substituição do valor para 103ms.
7	Queda de tensão no regulador LM7812 da fonte de alimentação	Instalação de um cooler para arrefecimento dos dissipadores de calor.

Tabela 1 - Falhas e correções de projeto
Fonte: Autoria própria

4.6 FICHA TÉCNICA

Estão detalhadas na ficha técnica as características gerais da maleta de estudos, deve-se realizar a ligação dos componentes conforme sua alimentação detalhada na tabela 2.

FICHA TÉCNICA MALETA DE ESTUDO DO MICROCONTROLADOR PIC16F877A	
ALIMENTAÇÃO	127V
FONTE DE ALIMENTAÇÃO	5, 12 e 24VCC. Capacidade máxima 2A
CABO DE ALIMENTAÇÃO MONOFÁSICO	1 un.
MICROCONTROLADOR PIC 16F877A	1 un.
SENSOR ÓPTICO	1 un. 12VCC
CHAVE FIM DE CURSO	2 un. 12VCC
SINALIZADORES	6 un. 24VCC
LÂMPADAS DE LED	14 un. 12VCC
POTENCIÔMETRO	1 un. Tensão de saída ajustável 0 a 24VCC
CHAVE SELETORA	3 un.
BOTÕES DE PULSO	8 un. 12VCC
BOTÃO DE EMERGÊNCIA	1 un.
VOLTÍMETRO	2 un. Tensão alternada e tensão contínua
ALTURA	130mm
LARGURA	340mm
COMPRIMENTO	340mm
PESO	3,5Kg

Tabela 2 - Ficha técnica da maleta de estudo
Fonte: Autoria própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos mencionados e analisados, conclui-se que por meio da maleta de estudos e do conhecimento adquirido através do uso desta, pôde-se conhecer o microcontrolador PIC 16F877A, utilizando-o como um meio alternativo para desenvolver programas de automação com aplicações diversas e tendo a vantagem de ser programado em linguagem *ladder*, utilizada em Controladores Lógicos Programáveis e ser de baixo custo, tornando-se portanto bastante acessível.

Pode-se notar que o incentivo dado com o projeto da maleta de estudo tem propósito de facilitar no aprendizado de processos automatizados, bem como na pesquisa de microcontroladores que podem ser aplicados à automação.

A pesquisa e desenvolvimento do protótipo, viabiliza o acesso a um conhecimento mais amplo no que se diz respeito a técnicas de programação. Algumas das dificuldades encontradas foram as de ajustar o microcontrolador conforme o *hardware* ao qual o mesmo seria integrado para executar suas funções programadas. As dificuldades e falhas puderam ser sanadas por meio de análises, testes e correções.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois as programações desenvolvidas e testadas puderam atender ao objetivo para qual foram aplicadas, sendo que a maleta de estudo apresenta a praticidade no transporte e uso.

REFERÊNCIAS

WESTHUES, Jonathan. **Lógica Ladder para Microcontroladores PIC and AVR**. LDmicro. Trad. Daniel Corteletti. Versão 1.7. Disponível em: <<http://cq.cx/ladder-pt.html>>. Acesso em: 10/abr/2016.

ICprog Prototype Programmer. **ICprog**. Versão 1.5. Disponível em: <<http://www.icprog.com/index1.htm>>. Acesso em: 12/abr/2016.

Microchip. **PIC16F87XA Data Sheet**: 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers. Disponível em: <<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F877A>>. Acesso em: 12/abr/2016.

Fairchild. **LM317 Data Sheet**. Terminal Positive Adjustable Regulator. Disponível em: <<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/LM317.pdf>>. Acesso em: 15/abr/2016.

Texas Instruments. **Datasheet uA7800 Series Positive Voltage Regulators**. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>>. Acesso em 20/abr/2016.

STMicroelectronics. **Datasheet LM117/217 LM317**. Disponível em: <<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet2/c/0hj5dxz6qa1kdqxjgl5zpk4iky.pdf>>. Acesso em 20/abr/2016.

WENDLING, Marcelo. **CI Reguladores de Tensão**. Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---ci-reguladores-de-tensao---v1.0.pdf>>. Acesso em: 25/abr/2016.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson E. dos Santos. **Automação e Controle Discreto**. 1 ed. São Paulo: Érica, 1999.

SENAI.DR.PE. **Eletrônica Básica II**. Recife: Divisão de Educação e Tecnologia – DET, 2005.

LIMA, Charles Borges de. **Técnicas de Projetos Eletrônicos com os Microcontroladores AVR**. 1 ed. Florianópolis: Ed. do autor, 2010.

MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 1995.

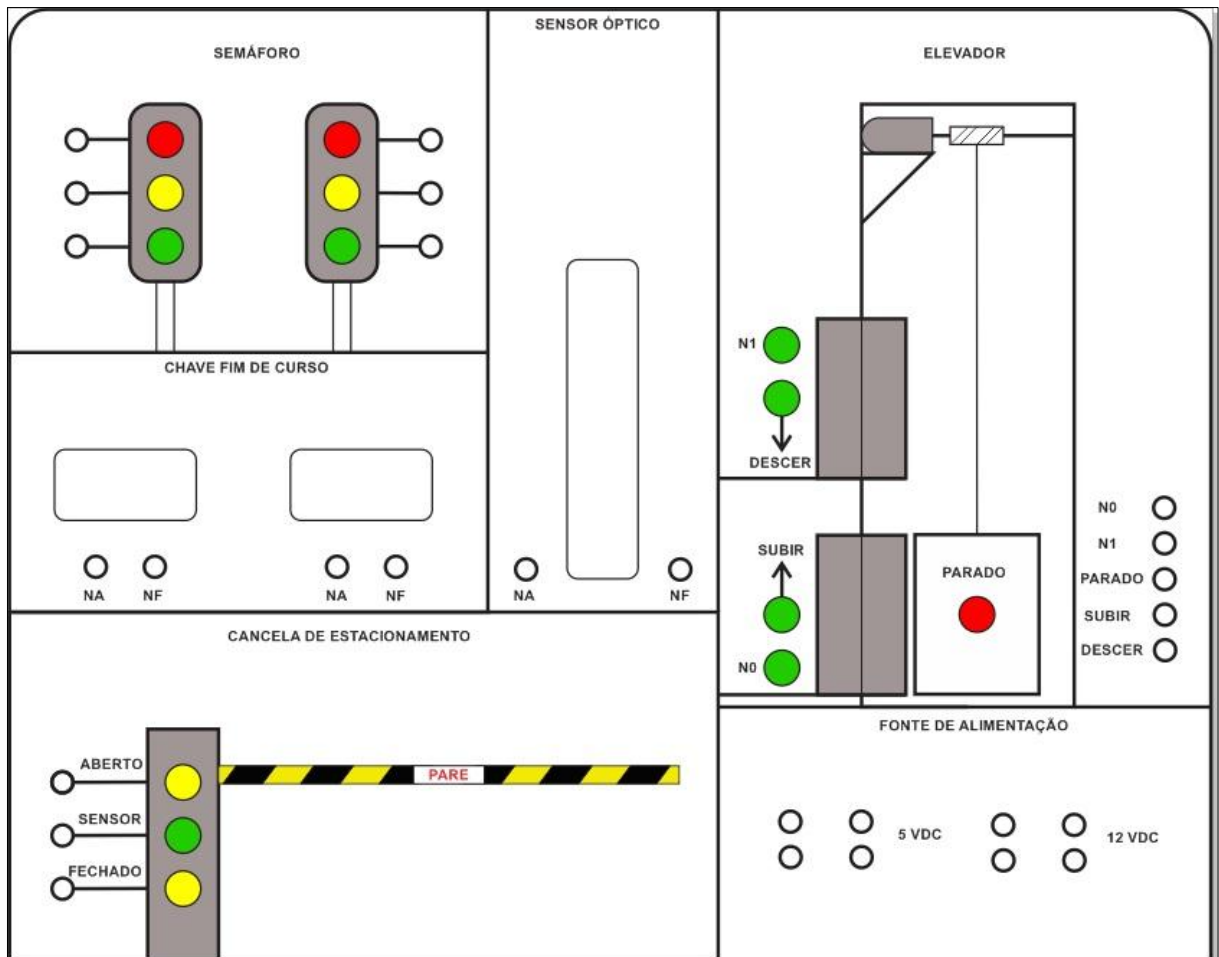
GUSSOW, Milton. **Eletricidade Básica**. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 1997.

BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 8 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

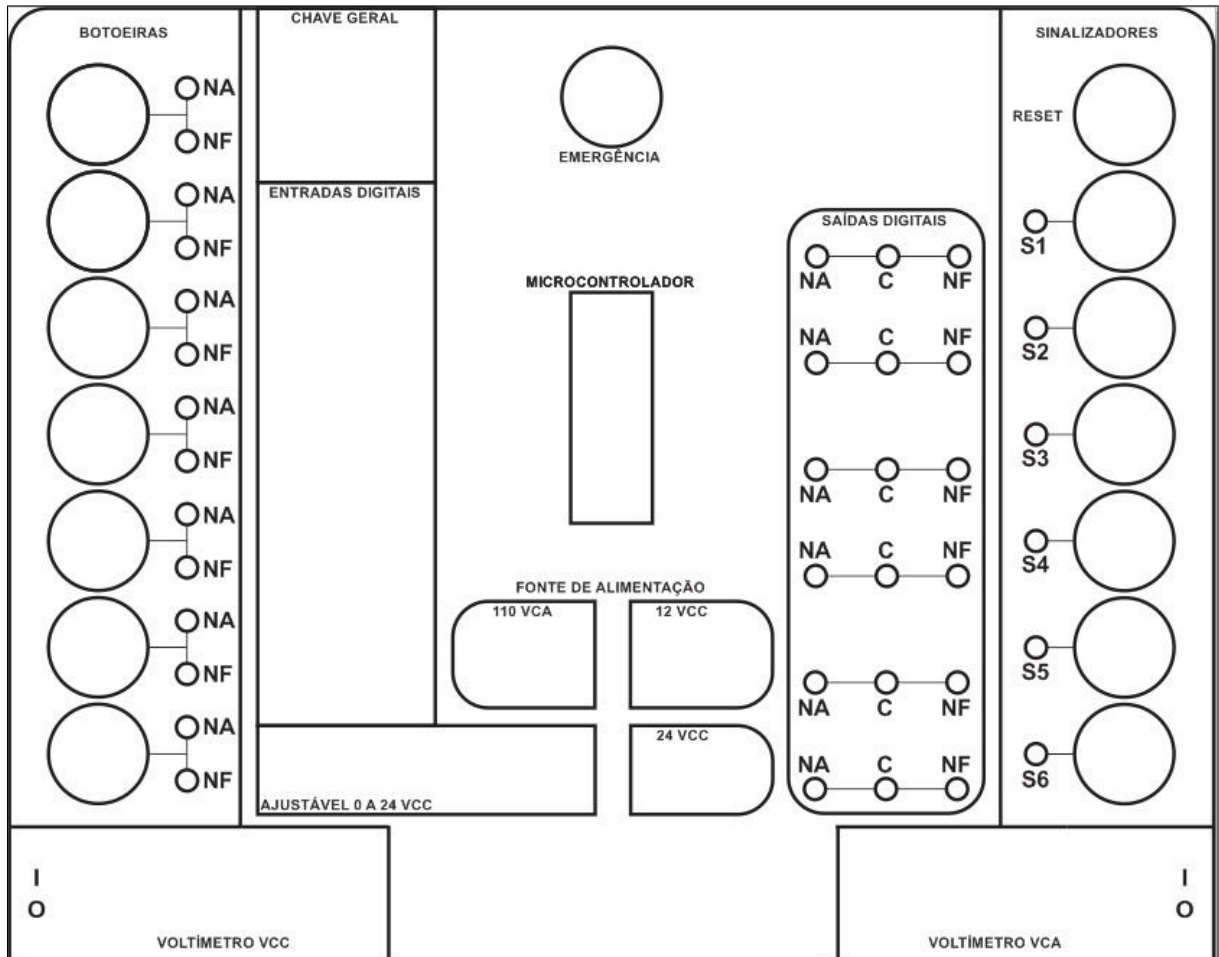
THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro U. Braga de. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Érica, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Layout parte superior da maleta de estudos.



APÊNDICE B – Layout inferior da maleta de estudo.



APÊNDICE C – Programação no LDmicro para ligar led com botão de pulso.

```
LDmicro export text
for 'Microchip PIC16F877 40-PDIP', 16.000000 MHz crystal, 103.0 ms cycle time

LADDER DIAGRAM:

 1  ||-----] [-----( )-----||
    ||-----[END]-----||

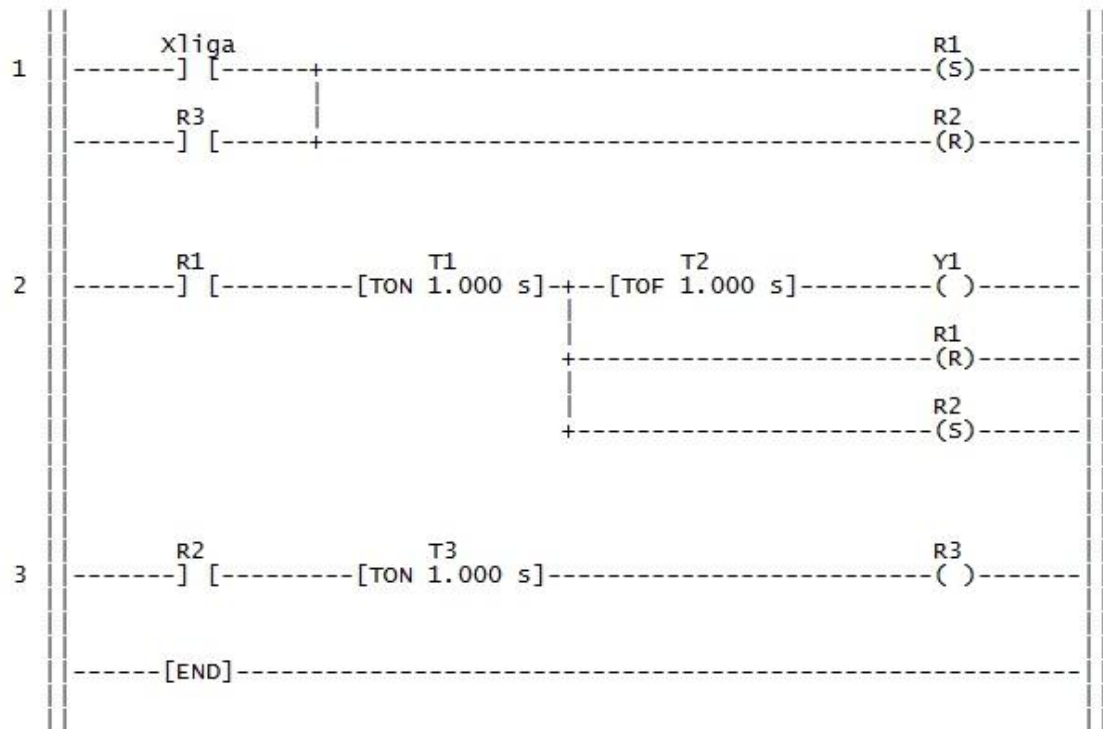
E/S ASIGNACIÓN:

Nombre-----| Tipo-----| Pata-----
XRA0          | entrada digital | 2
YRB0          | salida digital  | 33
```

APÊNDIE D - Programação no LDmicro para led piscando com temporizador.

LDmicro export text
for 'Microchip PIC16F877 40-PDIP', 16.000000 MHz crystal, 103.0 ms cycle time

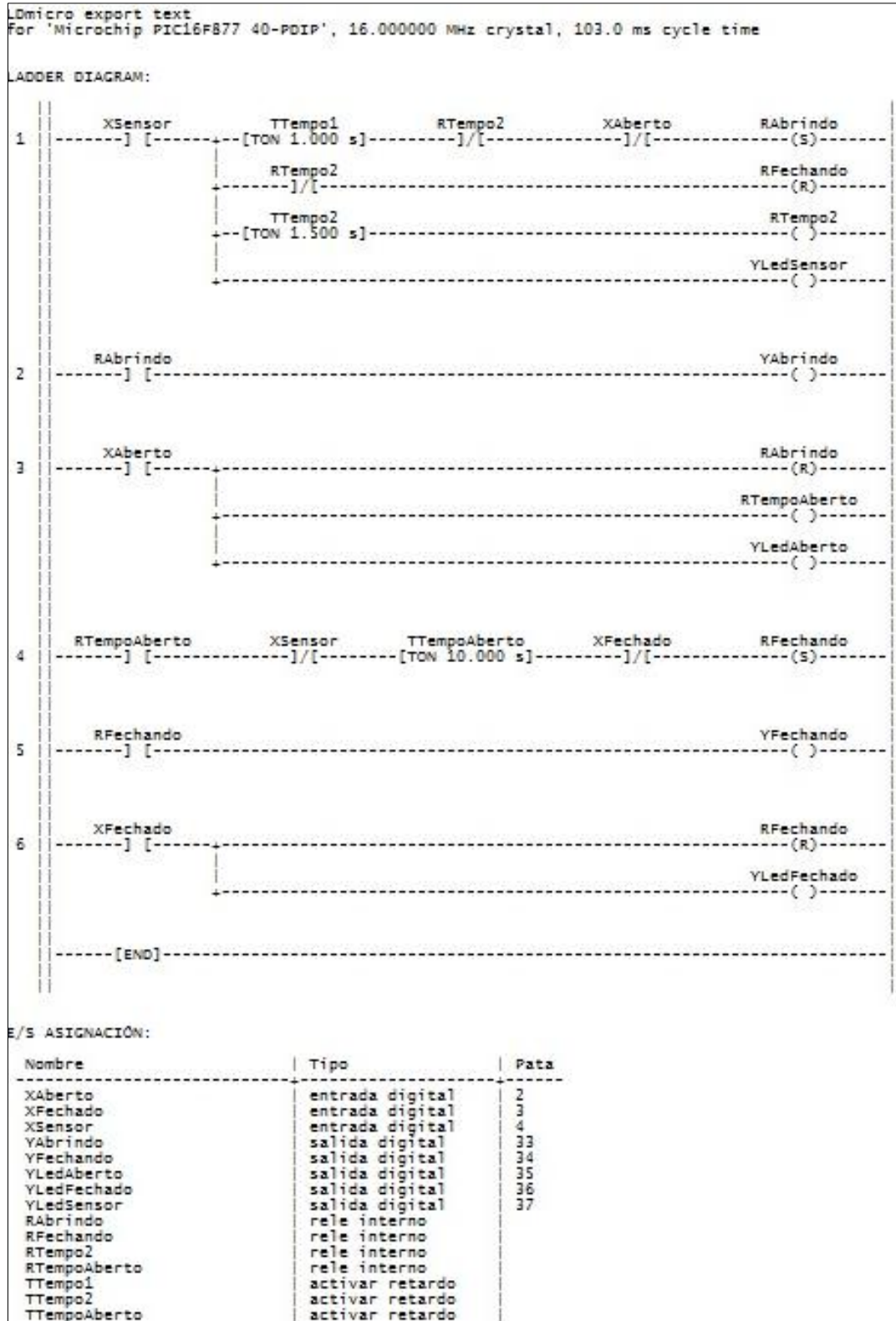
LADDER DIAGRAM:



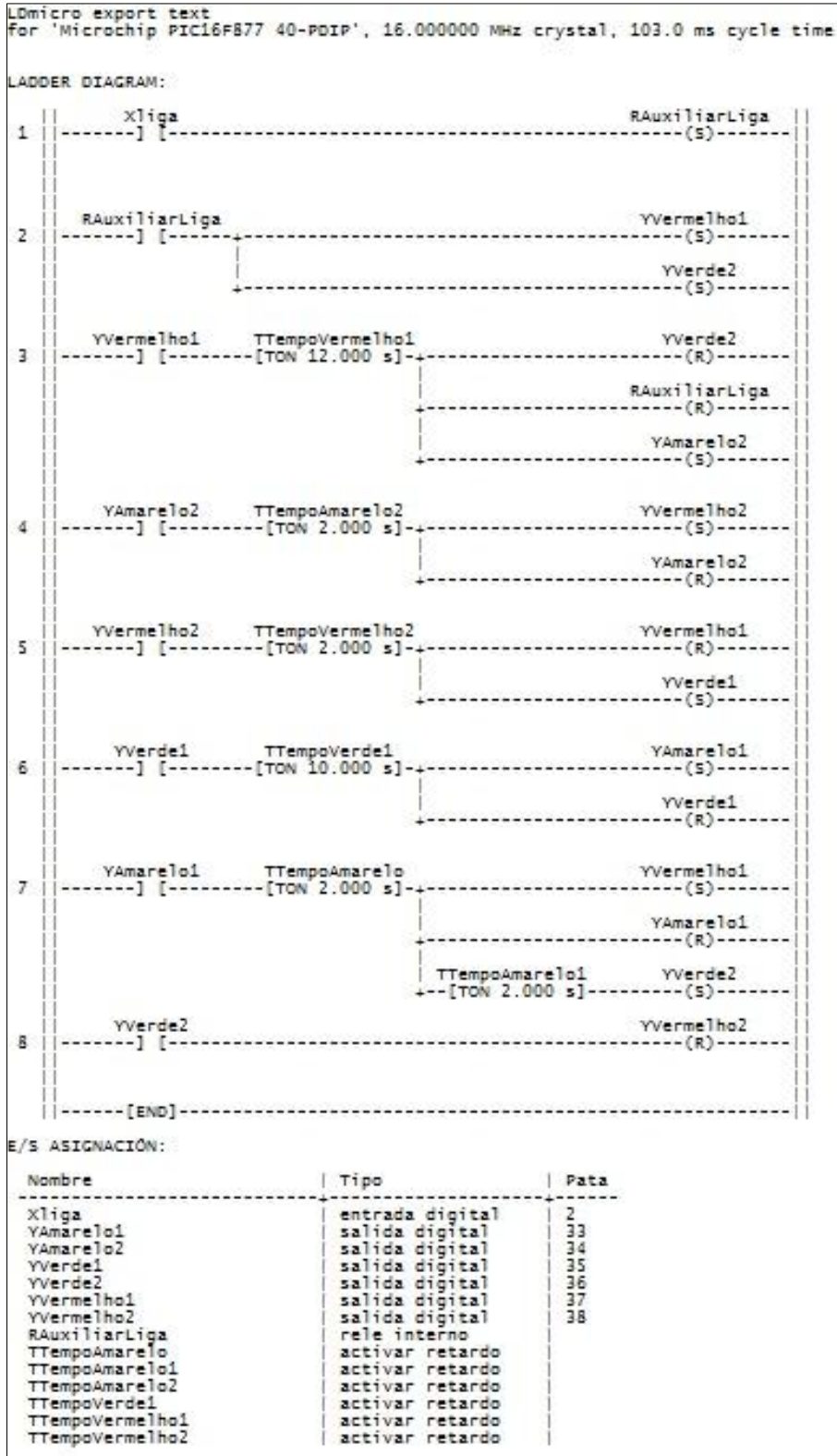
E/S ASIGNACIÓN:

Nombre	Tipo	Pata
Xliga	entrada digital	2
Y1	salida digital	33
R1	rele interno	
R2	rele interno	
R3	rele interno	
T1	activar retardo	
T3	activar retardo	
T2	desactivar retardo	

APÊNDICE F - Programação no LDmicro para cancela de estacionamento.

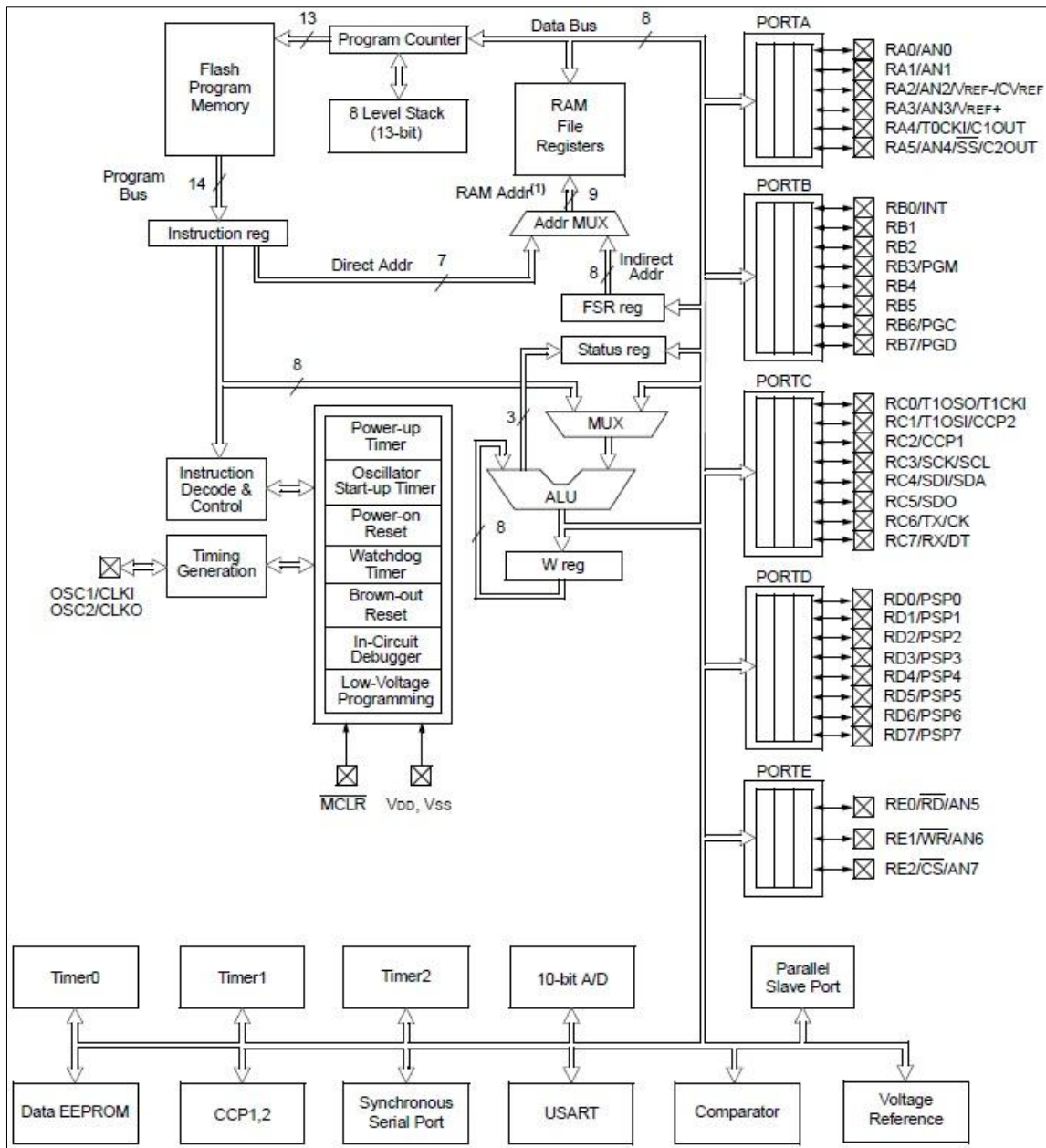


APÊNDICE G - Programação no LDmicro para semáforo.



ANEXOS

ANEXO A – Diagrama de blocos do microcontrolador PIC16F877A.



ANEXO B – Tabelas de dimensionamento, espaçamento e desenho de trilhas para projetos eletrônicos.

Largura da trilha (cobre)	Corrente [A]	
	1 oz	2 oz
5 mils	0,5	0,7
10 mils	0,8	1,4
20 mils	1,4	2,2
30 mils	1,9	3,0
50 mils	2,5	4,0
100 mils	4,0	7,0

Tensão (DC ou AC de pico)	Distância entre trilhas	
	0-30 V	0,1 mm
31-50 V	0,6 mm	25 mils
51-100 V	1,5 mm	60 mils
101-170 V	3,2 mm	150 mils
171-250 V	6,4 mm	300 mils
251-500 V	12,5 mm	500 mils

