



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE ARAXÁ**

GUILHERME DE ARAÚJO CRISTINO

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA MICROPROCESSADO PARA
OTIMIZAÇÃO DE AMBIÊNCIA COM CONTROLE DE PERSIANA**

**ARAXÁ/MG
2016**

GUILHERME DE ARAÚJO CRISTINO

**DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA MICROPROCESSADO PARA
OTIMIZAÇÃO DE AMBIÊNCIA COM CONTROLE DE PERSIANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Automação Industrial, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais-CEFET/MG, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Automação Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Durço.

ARAXÁ/MG

2016

ATA DE APROVAÇÃO

GUILHERME DE ARAÚJO CRISTINO

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA MICROPROCESSADO PARA OTIMIZAÇÃO DE AMBIÊNCIA COM CONTROLE DE PERSIANA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Automação Industrial, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Automação Industrial.

Data de defesa perante a banca examinadora: Araxá, 06 de Dezembro de 2016.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Durço

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG – Unidade Araxá

Membro Titular: Prof. Dr. João Cirilo da Silva Neto

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG – Unidade Araxá

Membro Titular: Prof. Dr. Mario Guimarães Junior

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG – Unidade Araxá

DEDICO ESTE TRABALHO

*A minha família, amigos e aos funcionários do Cefet-MG
Campus IV que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional ao longo
desta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por permitir que tudo acontecesse de acordo com sua vontade.

À minha família que apesar das dificuldades nunca me desamparou e sempre me apoiou a seguir em frente.

Aos funcionários da biblioteca pelo apoio e auxílio.

A instituição Cefet-MG *Campus IV* pela oportunidade de fazer o curso em um ambiente agradável e estimulador.

Aos funcionários e ao corpo docente pelo apoio nestes anos de estudo.

Aos meus pais e amigos pela compreensão e carinho.

Ao meu orientador Marco Antônio Durço pelo suporte dado na elaboração deste trabalho.

Não há nada como o sonho para criar o futuro. Utopia hoje, carne e osso amanhã.

Victor Hugo (Les Misérables, 1995, p. 33)

RESUMO

Nos dias atuais os consumidores estão buscando cada vez mais a sustentabilidade aliada à comodidade, ao conforto e à segurança. A Domótica ou Automação Residencial tem como propósito alinhar estes pilares, adotando sistemas integrados e autônomos para resolver problemas do cotidiano e proporcionar melhor qualidade de vida ao cidadão. A Persiana Automatizada foi escolhida como tema desta monografia por ser uma das vertentes da domótica, tendo como finalidade economia de energia, proteção dos bens móveis, comodidade e privacidade no ambiente. No projeto é desenvolvido um sistema microcontrolado para verificar a luminosidade externa do ambiente, e de forma automática, abrir ou fechar o ângulo das lâminas de uma persiana. Além desta funcionalidade, o projeto disponibiliza a abertura e o fechamento vertical das lâminas por meio de controle remoto, proporcionando em ambas às funções a otimização de luz ambiente no interior do imóvel. Ao término do projeto constata-se que é possível aliar comodidade e sustentabilidade a um preço acessível, com baixo custo de manutenção e possível comercialização no mercado atual.

Palavras-chave: **Domótica. Persiana Automatizada. Microcontroladores.**

ABSTRACT

Nowadays consumers are increasingly seeking to ally sustainability to the convenience, comfort and security. The home automation aims to align these pillars, adopting integrated and standalone systems to solve everyday problems and provide better quality of life to citizens. The Automated Blinds were chosen as the theme of this monograph for having one of the aspects of home automation, with the purpose of energy saving, protection of personal property, convenience and privacy in the environment. In the project a microcontrolled system is developed to verify the external luminosity of the environment, and automatically, open or close the angle of the blades of a blind. In addition to this functionality, the project provides the opening and closing of vertical blades by remote control, providing in both functions to optimize the ambient light inside the property. At the end of the project it is possible to combine convenience and sustainability at an affordable price, with a low maintenance cost and possible commercialization in the current market.

Keywords: Home automation. Automated Blinds. Microcontrollers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Persiana Horizontal de PVC 10X180X160 cm	18
Figura 2 - Tipos de Motores Elétricos	19
Figura 3 - Motores de Corrente Contínua.....	21
Figura 4 - Motor de Passo NEMA16	21
Figura 5 - Servomotor de Corrente Contínua.....	22
Figura 6 - Servomotor Towerpro-mg995	22
Figura 7 - Componentes do Servomotor de Corrente Contínua	23
Figura 8 - Microcontroladores.....	24
Figura 9 - Pinagem	25
Figura 10 - Estrutura Interna do PIC16F877A	26
Figura 11 - Microcontrolador PIC16F877A.....	27
Figura 12 - Programação em Linguagem C.....	28
Figura 13 - Ambiente de Desenvolvimento do MPLAB X IDE v2.10.....	29
Figura 14 - Ambiente Proteus 7.....	30
Figura 15 - Gravador PIC USB K150	31
Figura 16 - Cristal de Quartzo de 4 MHz.....	31
Figura 17 - Circuito Integrado L293D.....	32
Figura 18 - Capacitor de 1000 μ F e 100 μ F	32
Figura 19 - Resistência de 10 Ω	33
Figura 20 - Sensores Analógicos e Digitais.....	34
Figura 21 - Variação da Luminosidade em Sensor Analógico	34
Figura 22 - LDR.....	35
Figura 23 - Transmissor e Receptor	36
Figura 24 - Subconjuntos do Projeto.....	38
Figura 25 - Tensão LDRxConversor A/D.	39
Figura 26 - Estrutura Interna do Conversor	40
Figura 27 - Posicionamento do Servomotor	43
Figura 28 - Protótipo	49
Figura 29 - Ondas Geradas.....	50
Figura 30 - Servomotor instalado na Persiana	50
Figura 31 - Motor de Passo instalado na Persiana.....	51

Figura 32 - Roldana	51
----------------------------------	-----------

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - BitxTensão	41
Quadro 2 - Posição do Servomotor de acordo com PWM	44
Quadro 3 - Pinagem do Receptor.....	45
Quadro 4 - Motor de Passo Nema 16 no sentido horário.....	46
Quadro 5 - Motor de Passo Nema 16 no sentido anti horário	46
Quadro 6 - Sequência para acionar Motor Nema 16 no sentido horário	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Analógico e Digital
Aureside	Associação Brasileira de Automação Industrial
CIs	Circuitos Integrados
CPU	Unidade Central de Processamento
E/S	Entrada e Saída
LCD	<i>Liquid crystal display</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
Msb	Bit mais significativo
PWM	<i>Pulse width Modulate</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
ROM	<i>Read-only Memory</i>
ULA	Unidade Lógica Aritmética

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Automação Residencial	17
2.2 Persiana	18
2.3 Motores.....	19
2.4 Motores de Corrente Contínua	20
2.4.1 Motor de Passo	21
2.4.2 Servomotor de Corrente Contínua	22
2.5 Microcontrolador	24
2.5.1 Microcontrolador PIC16F877A.....	25
2.6 Linguagem de Programação C	28
2.7 MPLAB X IDE v2.10.....	29
2.8 Proteus 7	29
2.9 Gravador PIC USB K150	30
2.10 Cristal.....	31
2.11 Circuito Integrado L293D	32
2.12 Capacitor	32
2.13 Resistor	33
2.14 Sensor.....	33
2.14.1 Sensor Analógico	34
2.14.1.1 LDR	35
2.15 Controle Remoto.....	36
2.16 Conversor A/D.....	37
2.17 PWM.....	37
3 METODOLOGIA	38
3.1 Subconjunto Sensor.....	39
3.2 Subconjunto Servomotor	42

3.3 Subconjunto Controle Remoto.....	44
3.4 Subconjunto Motor de Passo	46
3.5 Integração.....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
5 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS.....	54
ANEXO 1- NOMENCLATURA DOS PINOS DO PIC16F877A.....	57
APÊNDICE 1- ORÇAMENTO DO PROJETO.....	60

1 INTRODUÇÃO

Ao se analisar o mercado de automação residencial se nota claramente o surgimento de novas tecnologias – controle da climatização, persianas inteligentes, segurança por biometria, entre outras – impulsionadas pelas necessidades básicas do cidadão em aumentar a flexibilidade e eficiência na rotina doméstica diária. Segundo a Associação Espanhola de Domótica (CEDOM) (2008), a automação residencial permite maior qualidade de vida, reduz o trabalho doméstico, aumenta o bem-estar e a segurança, racionaliza o consumo de energia e, além disso, sua evolução permite oferecer continuamente novas aplicações.

No ano de 1920, os fabricantes de eletrodoméstico vendiam a ideia de casa do futuro como forma de promover os benefícios que as máquinas trariam ao cidadão. Segundo Bolzani (2007), naquela época começou-se a se utilizar máquinas de lavar com maior frequência, ao invés da limpeza braçal, isto devido ao aprimoramento do núcleo de ferro dos motores que passaram a ser menores, individualizados e com uma melhor eficiência energética. Para Bolzani (2007), os motores daquela época eram robustos e utilizavam polias com correias para movimentar diversos equipamentos ao mesmo tempo, o que dificultava a implantação no mercado residencial. Com a individualização, o custo dos aparelhos eletrodomésticos caiu drasticamente, possibilitando a compra desses produtos por um maior número de pessoas.

Desde então, o consumo da energia elétrica em residências é algo que não se pode extinguir da rotina diária, devido ao ambiente estar repleto de aparelhos eletroeletrônicos que facilitam as tarefas diárias. Ao mesmo tempo em que o avanço tecnológico beneficia os trabalhos domésticos – através, por exemplo, de máquinas de lavar roupa, liquidificador, aspirador de pó etc., o consumo de energia elétrica aumenta a demanda por produção, gerando um impacto substancial na sustentabilidade dos ecossistemas e investimentos bilionários em expansão da transmissão e geração de energia renovável e não renovável.

A produção e o consumo racional de energia limpa, como a solar, são de extrema importância para a preservação ambiental e diminuição no consumo

de energia não renovável. Segundo Lago (2013), em 1972, foi realizado em Estocolmo a primeira conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre a destruição da Natureza, a qual chamou a atenção dos países sobre o quão danosas estavam sendo as ações humanas para o equilíbrio da natureza e a sobrevivência das espécies. Pode-se dizer que, após a conferência, o pensamento das nações sobre o meio ambiente como fonte inesgotável de recurso se modificou. No decorrer de quatro décadas, o amadurecimento sobre políticas verdes convergiram em outras Conferências sobre Desenvolvimento Sustentável-Eco 92, Rio+10 entre outras. De acordo com Lago (2013), o conceito de Desenvolvimento Sustentável se consolidou nessas conferências como a integração dos três pilares do desenvolvimento: a economia, o social e o meio ambiente.

Diante da necessidade de se reduzir o consumo energético e preservar o meio ambiente, influenciando diretamente a economia, aplicou-se nesta monografia a teoria para desenvolver um objeto técnico capaz de reduzir o consumo energético, denominado Sistema Microprocessado para otimização de ambiência com controle de persiana.

A persiana do projeto é um item decorativo utilizado na parte interna da janela para controle dos raios solares, com a funcionalidade de evitar ofuscamento do ambiente e preservar de olhares furtivos e curiosos os ambientes residenciais. Utilizando-se destas características da persiana e de conhecimentos sobre microcontroladores, motores, componentes eletrônicos e sensores, tornou-se possível a elaboração do objeto técnico. O protótipo desenvolvido comporta um sistema microprocessado, que recebe a informação da quantidade de luz ambiente por intermédio de um sensor de luminosidade e controla o servomotor para abertura ou fechamento angular das lâminas da persiana. Além de possuir um controle remoto para abertura e fechamento vertical.

O propósito deste projeto foi criar um mecanismo que se ajuste ao sistema de abertura e fechamento da persiana, além de desenvolver uma programação capaz de controlar o mecanismo de atuação dos motores nos eixos de abertura ou fechamento da mesma - utilizando componentes eletromecânicos de baixo custo. A persiana microprocessada propicia um

menor e mais racional consumo de energia em imóveis, preço acessível e maior conforto ao usuário.

A monografia está estruturada em componentes eletromecânicos e teorias utilizadas para desenvolver o protótipo, métodos empregados para atingir o objetivo, resultados obtidos com o experimento e a conclusão sobre o desenvolvimento de um sistema microprocessado para otimizar a ambiência através de persiana.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serão apresentados em sequência os componentes eletromecânicos e as teorias que fundamentaram e deram consistência ao estudo de um sistema microprocessado para controle de persianas.

2.1 Automação Residencial

A automação residencial, conhecida como Domótica, transforma a expressão conforto do lar em sinônimo de praticidade e comodidade. De acordo com Prudente (2011, p.1), "a domótica pretende identificar todas aquelas tecnologias que permitem tornar automática uma série de operações no interior de um prédio ou habitação". Prudente (2008, p.16) explica que "o termo domótica é utilizado para identificar a automação residencial, que deriva do neologismo francês 'domotique', que significa literalmente 'casa automática'."

A utilização desse sistema simplifica o cotidiano das pessoas, torna o ambiente prático, agradável e seguro. A demanda por sustentabilidade, redução de custos e bem estar, trazem os sistemas automatizados para a sociedade atual.

Os primeiros sistemas automatizados surgem em meados de 1970, batizados de X-10, foram difundidos nos EUA e comandavam interruptores em uma residência através da linha elétrica existente.

Apesar do conceito de automação residencial apresentar-se como ideia futurista nos dias atuais, o mercado de automação residencial cresce vertiginosamente em terras brasileiras e estrangeiras.

Nos Estados Unidos são aproximadamente 5 milhões de residências automatizadas e um mercado de US\$ 1,6 bilhão em 1998 a 3,2 bilhões para o ano de 2002 e previsão de US\$ 10,5 bilhões em 2008. Hoje em dia estima que o mercado europeu de produtos de automação residencial e predial fica em torno de 300 milhões de euros, com grande potencial de crescimento. No Brasil, segundo a Aureside (Associação Brasileira de Automação Residencial), estima-se um potencial de 2 milhões de residências apenas para o Estado de São Paulo e faturamento de US\$ 100 milhões em 2004 (PRUDENTE, 2011, p.4).

Com o advento da automação residencial, surge a necessidade de profissionais capacitados para instalar e prestar manutenção nos sistemas. Conforme diz Prudente (2011, p.4), "este novo perfil de profissional deve ser capaz de escolher os componentes a utilizar e possuir uma base em informática suficiente para a programação desses dispositivos." Este especialista a que chamamos integrador de sistemas residenciais, deve "integrar os recursos eletroeletrônico e informático dos sistemas presentes em uma habitação ou prédio." (PRUDENTE, 2011, p.4).

2.2 Persiana

A persiana possui geralmente um controle manual, baseado em engrenagens para angular as lâminas e cordas para abertura ou fechamento vertical.

Segundo Ferreira (2009, p.1545), "a persiana é um caixilho de tabuinhas móveis, que se coloca por fora das janelas ou das sacadas para resguardar do sol ou impedir que se devasse o interior das casas".

Possui a função de decorar ambientes residenciais, comerciais e industriais, além de estar incumbida de manter o calor, em épocas de tempo mais frio, e bloquear a entrada indesejada de calor, em períodos de temperatura elevada. A persiana é aplicada no projeto para controlar a claridade do ambiente. A figura1 ilustra a persiana utilizada no projeto.



Figura 1: Persiana Horizontal de PVC 10X180X160 cm.

Fonte: Catálogo Euroflex (2015, p.83).

2.3 Motores

Para Mamede Filho (2007), os motores elétricos são equipamentos que transformam a energia elétrica em energia mecânica rotativa. Seu princípio de funcionamento é baseado na interação entre os campos magnéticos de uma parte fixa do sistema, chamada estator, e uma parte móvel, denominada rotor. Os motores elétricos consomem grande parte da energia elétrica nas indústrias de base, intermediárias, bens de consumo e indústrias de ponta.

Avalia-se que de 70% a 80% da energia elétrica consumida pelo conjunto de todas as indústrias seja transformada em energia mecânica por motores elétricos. Isso significa que, admitindo-se um rendimento médio da ordem de 80% do universo de motores em aplicações industriais, cerca de 15% da energia elétrica industrial transforma-se em perdas nos motores (FRANCHI, 2013, p.17).

De acordo com Mamede Filho (2007, p. 264), "os motores elétricos são divididos em dois grandes grupos, tomando o tipo da corrente como base: corrente contínua e alternada." A figura 2 ilustra a divisão dos motores elétricos.

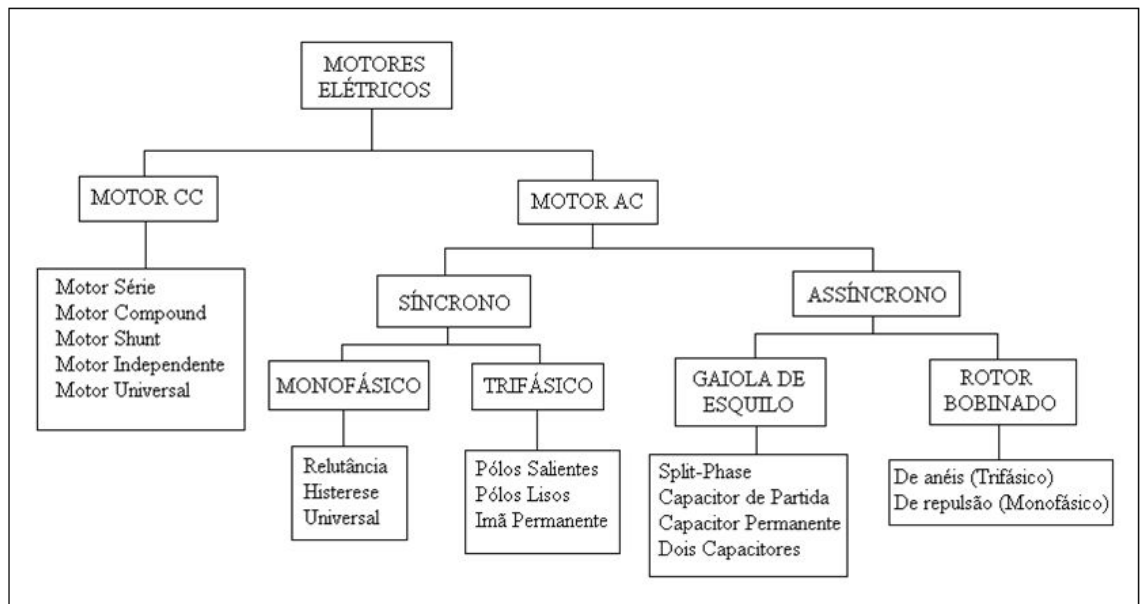


Figura 2: Tipos de Motores Elétricos.

Fonte: Mamede Filho (2007, p.265).

2.4 Motores de Corrente Contínua

Segundo Mamede Filho (2007, p.264), "motores de corrente contínua são aqueles acionados através de uma fonte de corrente contínua." A tensão aplicada no motor energiza os enrolamentos no motor, produzindo polos magnéticos que formam a força eletromotriz. De acordo com Carvalho (2009, p.85), "a maioria dos motores de corrente contínua possui mecanismo interno para alterar em períodos a direção do fluxo de corrente no motor." São muito utilizados nas indústrias quando se faz necessário manter o controle fino da velocidade num processo qualquer de fabricação.

Os motores de corrente contínua são utilizados em vários equipamentos, como elevadores, prensas, veículos elétricos, laminadores etc. Existem três tipos de motores com características diferentes e que trabalham em corrente contínua: os motores em série, em derivação e compostos.

São fabricados em três diferentes características.

a) Motores série: são aqueles em que a corrente de carga é utilizada também como corrente de excitação, isto é, as bobinas de campo são ligadas em série com as bobinas do induzido. Esses motores não podem operar a vazio, pois a sua velocidade tenderia a aumentar indefinidamente, danificando a máquina.

B) Motores em derivação: São aqueles em que o campo está diretamente ligado à fonte de alimentação e em paralelo com o induzido. Sob tensão constante, estes motores desenvolvem uma velocidade constante e um conjugado variável de acordo com a carga.

c) Motores compostos: São aqueles que o campo é constituído de duas bobinas, sendo uma ligada em série e a outra em paralelo com o induzido. Estes motores acumulam as vantagens do motor série e do de derivação, isto é, possuem um elevado conjugado de partida e velocidade aproximadamente constante no acionamento de cargas variáveis (MAMEDE FILHO, 2007, p. 264).

A figura 3 ilustra alguns tipos de Motores de Corrente Contínua.

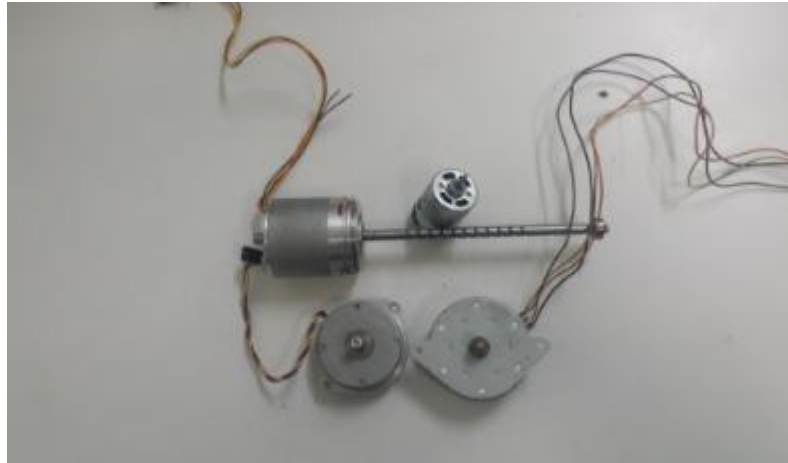


Figura 3: Motores de Corrente Contínua.

2.4.1 Motor de Passo

É um tipo de motor elétrico que converte pulsos elétricos em movimentos mecânicos com posicionamento angular preciso. O rotor do motor de passo rotaciona em incrementos regulares ou "passos", com os pulsos elétricos sendo aplicados em determinada sequência nos terminais do motor.

A principal motivação para a criação do motor de passo provavelmente foi a necessidade de um equipamento para posicionamento angular com melhor precisão do que os sistemas com realimentação e correção de respostas aplicados a posicionadores, utilizando motores de corrente contínua aliados a servomecanismos (CARVALHO, 2009, p.223).

O motor de passo foi aplicado no controle da abertura e fechamento vertical da persiana. A figura 4 ilustra o motor utilizado no projeto.



Figura 4: Motor de Passo NEMA16.

2.4.2 Servomotor de Corrente Contínua

Segundo Penedo (2014, p.23), "o servomotor DC funciona como um motor DC comum, mas dotado de um controlador e de realimentação." A figura 5 ilustra o Servomotor.



Figura 5: Servomotor de Corrente Contínua.

Fonte: Penedo (2014, p.23).

O servomotor é utilizado em aplicações onde se deseja movimentar algo de forma precisa, controlada e sem o uso de força considerada, como no aeromodelismo. No protótipo, o servomotor foi utilizado para posicionar as lâminas da persiana, de acordo com a intensidade da luz captada pelo sensor. A figura 6 ilustra o Servomotor utilizado no protótipo.



Figura 6: Servomotor Towerpro-mg995.

Os componentes do servomotor são:

- Circuito de Controle: tem a função de monitorar e controlar o potenciômetro e acionar o motor para obter a posição pré-determinada;

- Motor: tem a função de movimentar o eixo principal e as engrenagens;
- Engrenagens: têm a função de reduzir a rotação do motor, ou seja, funciona como redutor;
- Potenciômetro: Monitora a posição de saída do eixo do servomotor;
- Caixa do Servo: proteção dos componentes do servo.

A figura 7 ilustra os componentes do Servomotor.

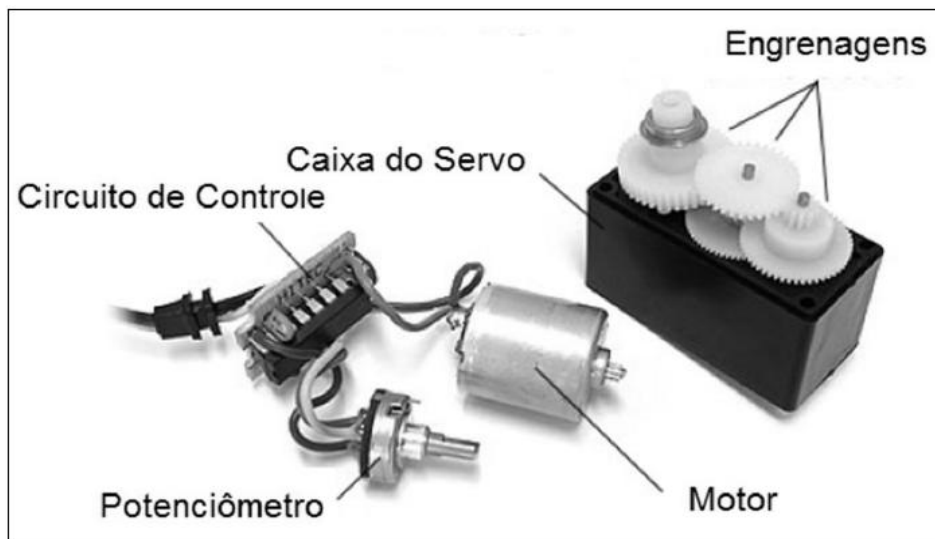


Figura 7: Componentes do Servomotor de Corrente Contínua.

Fonte: Penedo (2014, p.22).

2.5 Microcontrolador

O Microcontrolador é um circuito integrado capaz de executar funções de uma Unidade Central de Processamento (CPU) e, associada à criatividade do projetista, desenvolvem soluções personalizadas e de baixo custo.

O Microcontrolador possui os componentes externos que uma Unidade Central de Processamento (CPU) necessita para operar, como barramentos, memórias e periféricos embutidos.

O microcontrolador é um computador sem um chip. Esses CIs contêm CPU, RAM, ROM e muitos tipos diferentes de dispositivos de E/S no mesmo chip. Eles não têm grandes memórias e não operam nas altas taxas de velocidade dos processadores mais recentes, mas são muito compactos e

podem executar muitas operações que um projetista precisa fazer em um computador (BIGNELL; DONOVAN, 2009, p.588).

O Microcontrolador utiliza à arquitetura *Harvad*, na qual a memória é separada para armazenar dados e instruções. Dessa forma, é possível acessar a memória de dados e programa simultaneamente, pois existem dois barramentos separados. Em "microcontroladores PIC, o barramento de dados é sempre de 8 bits e o de instruções pode ser de 12,14 ou 16 bits, dependendo do microcontrolador."(SOUZA, 2008, p.22). Em geral, a memória de programa onde ficam as instruções é somente para leitura, enquanto a memória de dados permite leitura e escrita, assim, torna-se impossível que o conteúdo de um programa seja modificado pelo programa em si.

Os Microcontroladores, geralmente, não possuem sistema operacional, os programas são executados diretamente no hardware dos equipamentos eletrônicos. O *software* executado é chamado *firmware* ou "*software embarcado*". O programa embarcado é fundamental para iniciar e executar os hardwares e os seus recursos, fornecendo sempre dados idênticos quando energizado; "eles são chamados de sistema embarcados, pois o computador é programado para executar uma única tarefa e não pode ser reprogramado pelo usuário para nenhum outro propósito." (BIGNELL; DONOVAN, 2009, p.588).

Os Microcontroladores atuam nas seguintes áreas: automação residencial e industrial, robótica, mecatrônica, área hospitalar etc.

O Microcontrolador utilizado no protótipo é o PIC 16F877A. Sua função é controlar as variáveis de entrada e saída do sistema. A figura 8 ilustra diversos tipos de Microcontroladores.



Figura 8: Microcontroladores.

2.5.1 Microcontrolador PIC16F877A

O Microcontrolador utilizado no protótipo é o PIC 16F877A. Sua função é controlar as variáveis de entrada e saída do sistema. A figura 9 ilustra a pinagem¹ do PIC 16F877A.

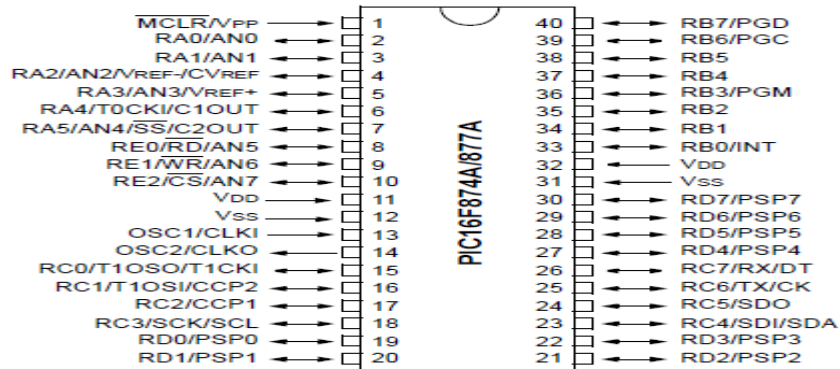


Figura 9: Pinagem.

Fonte: Lavínia e Souza (2006, p. 22).

A figura 10 ilustra a estrutura interna do PIC16F877A em blocos, periféricos e modos de comunicação:

¹ Anexo 1 - Nomenclatura dos pinos do PIC16F877A.

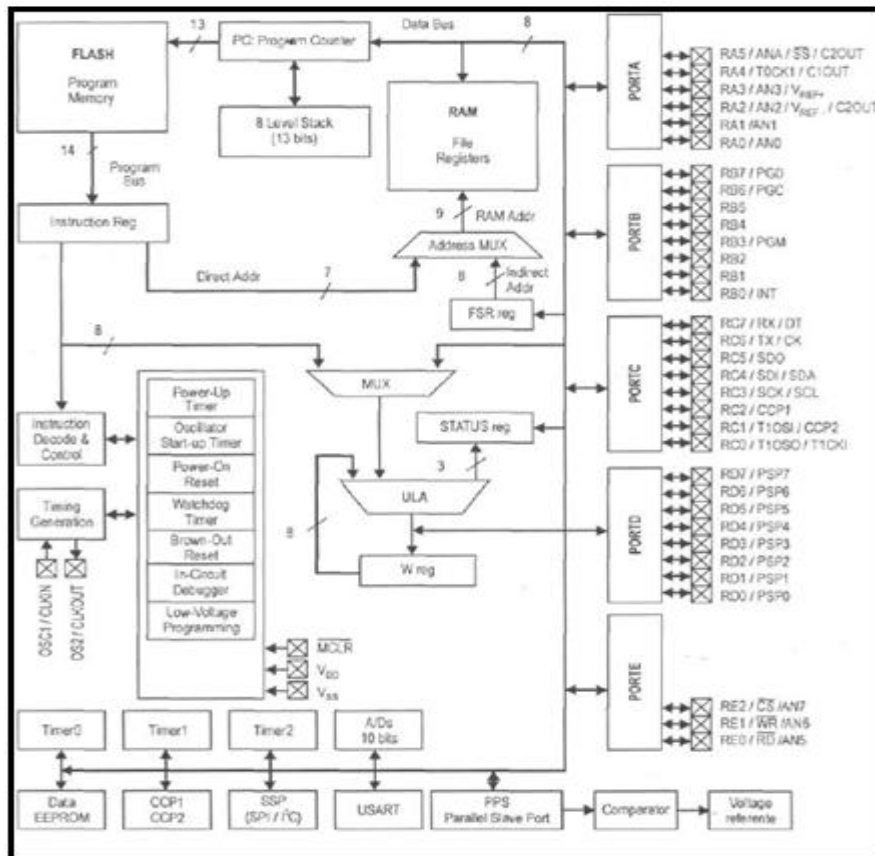


Figura 10: Estrutura Interna do PIC16F877A.

Fonte: Lavínia e Souza (2006, p. 25).

Na parte superior à esquerda da figura 10, tem-se a memória das instruções denominada flash, ao sair deste bloco tem-se um barramento de 14 bits denominado *Program bus*. Segundo Lavínia e Souza (2006), a memória das instruções é responsável por armazenar dados e instruções da programação e se comunica com os periféricos através do *Program bus*.

No canto oposto se encontra a memória de dados com um barramento de 8 bits, interligado aos PORTs de A até E. Conforme Lavínia e Souza (2006), os PORTs são responsáveis pela entrada e saída de informações do microcontrolador- ligação entre mundo exterior e o dispositivo.

Ao lado da RAM, se encontra o contador de linha de instruções denominado *Program Counter* e logo abaixo a pilha de oito níveis denominada *Stack*. Lavínia e Souza (2006) explicam que a função do *Program Counter* é guardar a posição atual do programa, enquanto os *stack* guardam os endereços de retorno para o microcontrolador.

Na parte central encontra-se a unidade de processamento denominada ULA, responsável por realizar cálculos que envolvam registros ou lógica para tomadas de decisão. Já no centro está o registrador de *status* denominado *STATUS reg.* Segundo Lavínia e Souza (2006), neste local as informações importantes sobre as operações aritméticas da ULA ficam guardadas.

Na parte inferior se encontra os *timers* de 0 a 2, as portas do conversor analógico/digital de 10bits, as comunicações seriais SPI, I²C e USART, os modos de captura, comparação e PWM (*Pulse Width Modulation*), a tensão de referência e a memória de dados não-volátil denominada E²PROM.

Timer: Permite ao microcontrolador calcular através de base de tempo confiável.

Conversor A/D: são portas para conversão analógico/digital do sinal de entrada.

Comunicações seriais SPI, I²C e USART: interligam periféricos externos para realizações de tarefas específicas.

E²PROM: responsável pelo armazenamento permanente de dados do microcontrolador.

USART: portas para comunicação serial RS232/RS485. (PEREIRA, 2010, p.53).

Os diagramas de blocos ainda possuem localizados acima dos *timers*, circuitos internos de POR, BOR, *reset*, WTD (*Watchdog Timer*), osciladores, e sistema de programação. Segundo Lavínia e Souza (2006), o WTD reseta o microcontrolador em caso de travamento, enquanto os osciladores facilitam a realização do *clock*.

A figura 11 ilustra o microcontrolador utilizado no projeto.



Figura 11: Microcontrolador PIC16F877A.

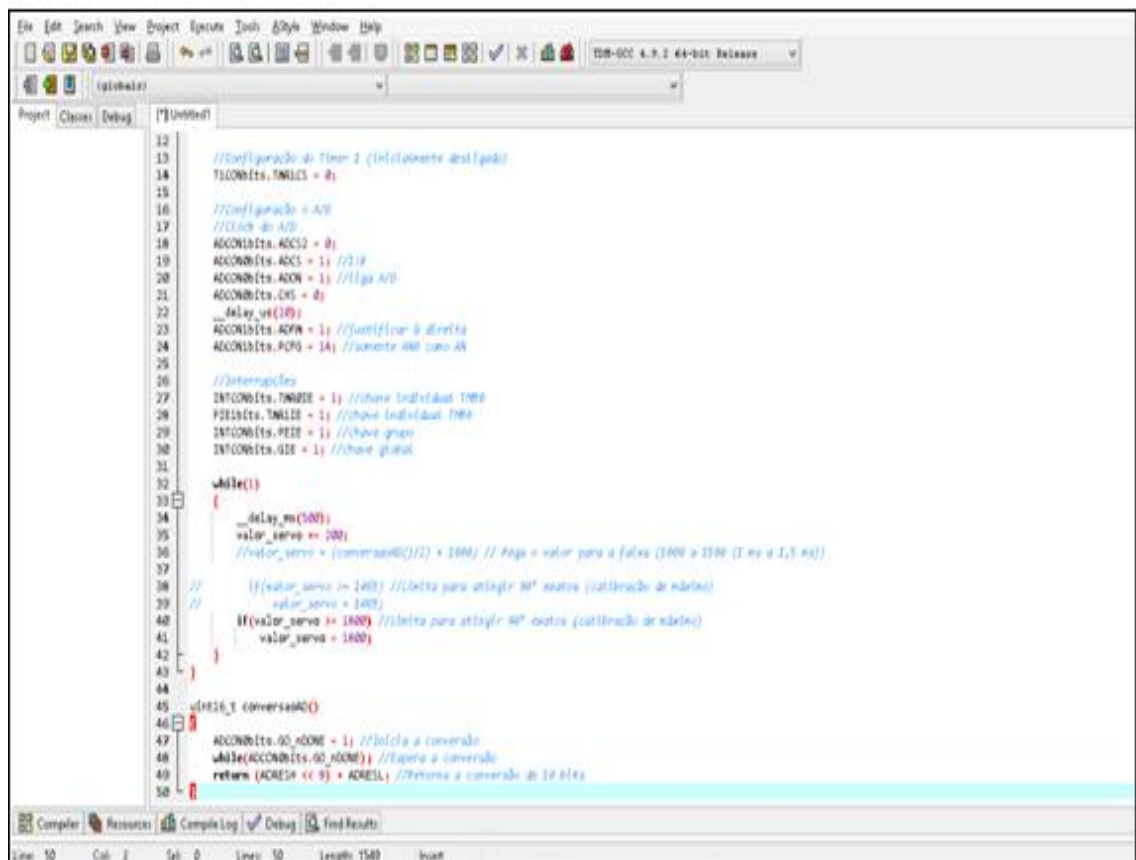
2.6 Linguagem de Programação C

É um tipo de linguagem computacional em alto nível, devido a pouca interação do projetista com o hardware, no que se refere à sequência de inicialização.

Para Pereira (2005), o uso da linguagem C permite ao programador desenvolver programas e aplicações muito mais complexas e viáveis do que outras linguagens.

No mercado atual, as grandes parcelas dos microcontroladores utilizam compiladores em linguagem C para o desenvolvimento de instruções em software.

A linguagem C foi aplicada no software MPLAB X IDE v2. 10 para desenvolver as aplicações da persiana. A figura 12 ilustra parte da linguagem de programação em C utilizada no projeto.



```
12
13 //Configuração do Timer 2 (Inicialmente desligado)
14 T2CONbits.TMR2CS = 0;
15
16 //Configuração de A/D
17 //T2CON bits A/D
18 ADCONbits.ADCS12 = 0;
19 ADCONbits.ADCS1 = 1; //12.5
20 ADCONbits.ADON = 1; //liga A/D
21 ADCONbits.CHS = 0;
22 __delay_ms(100);
23 ADCONbits.ADFR = 1; //justificar à direita
24 ADCONbits.FORM = 14; //amostra 4M como AV
25
26 //Interações
27 INTCONbits.TMR2IE = 1; //have individual TMR2
28 INTCONbits.TMR2IF = 1; //have individual TMR2
29 INTCONbits.PEIE = 1; //have global
30 INTCONbits.GIE = 1; //have global
31
32 while(1)
33 {
34     __delay_ms(1000);
35     valor_servo += 200;
36     //valor_servo = (conversaoM()/2) + 1000; // Paga o valor para a falha (1000 a 2000 (1 ms a 1,1 ms))
37
38     // if(valor_servo >= 1800) //libta para atagir 90° motor (calibração de motor)
39     //     valor_servo = 1800;
40     // if(valor_servo <= 1400) //libta para atagir 90° motor (calibração de motor)
41     //     valor_servo = 1400;
42 }
43
44
45 u1616_t conversaoM()
46 {
47     ADCONbits.GO_NDONE = 1; //inicia a conversão
48     while(ADCONbits.GO_NDONE); //Espera a conversão
49     return (ADRESL << 9) + ADRESL; //Retorna a conversão de 10 bits
50 }
```

Figura 12: Programação em Linguagem C.

2.7 MPLAB X IDE v2.10

O compilador MPLAB X IDE v2.10 é um ambiente de programação desenvolvida pela Microchip especificamente para arquiteturas de microcontroladores, seguindo o padrão ANSI 89 da linguagem C.

O software de acordo com Pereira (2010, p.79), "integra um conjunto completo de aplicativos necessários à programação dos microcontroladores PIC: editor de texto, montador *assembly*, compilador, *linker*, simulador, depurador."

O MPLAB X IDE v2.10 foi utilizado para o desenvolvimento do sistema aplicado no microcontrolador PIC16F877A. A figura 13 mostra o ambiente de desenvolvimento do projeto.

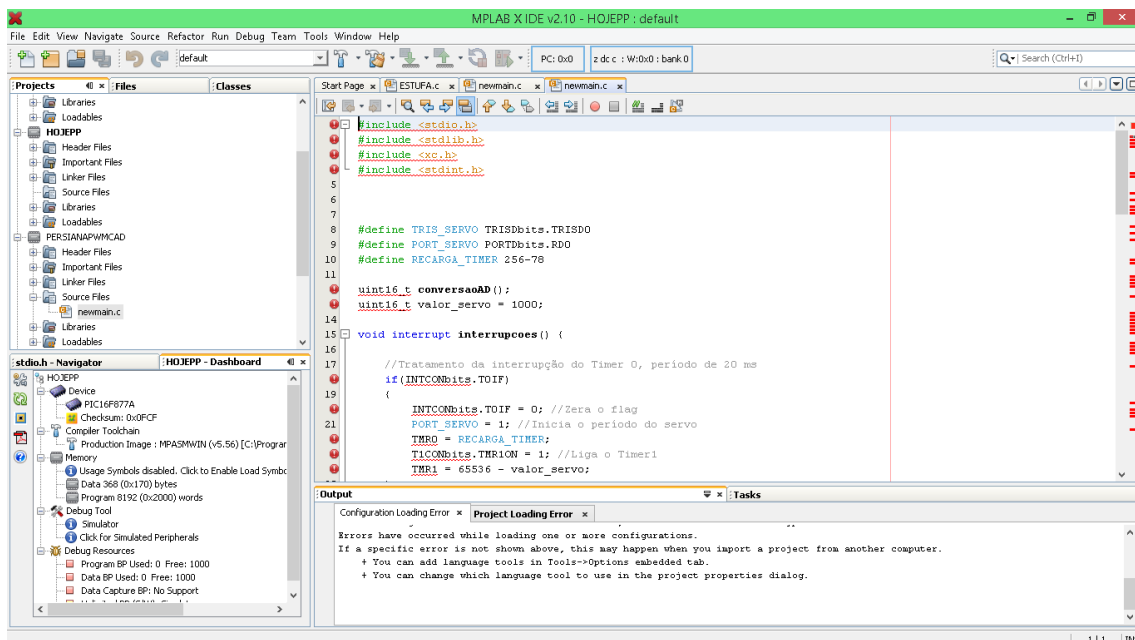


Figura 13: Ambiente de Desenvolvimento do MPLAB X IDE v2.10.

2.8 Proteus 7

Segundo Pereira (2010, p.98), "o Proteus consiste num software simulador de circuitos eletrônicos que simula a operação de um circuito eletrônico contendo componentes analógicos, digitais (inclusive com microcontroladores) ou uma mistura de ambos."

O programa Proteus ISIS versão 7 foi utilizado neste trabalho para simular os subconjuntos do projeto antes da montagem física. Foi possível

simular e testar a melhor disposição dos componentes eletrônicos, permitindo checar o funcionamento de cada subconjunto para verificar possíveis falhas na programação e componentes. Pereira (2010, p.99) explica que "a vantagem de utilizar um simulador como o Proteus reside na facilidade de testar um circuito eletrônico sem a necessidade de construir nenhum circuito físico, gerando grande economia e aceleração no processo de teste e desenvolvimento de um projeto ou produto."

A figura 14 ilustra o programa Proteus 7 utilizado no projeto.

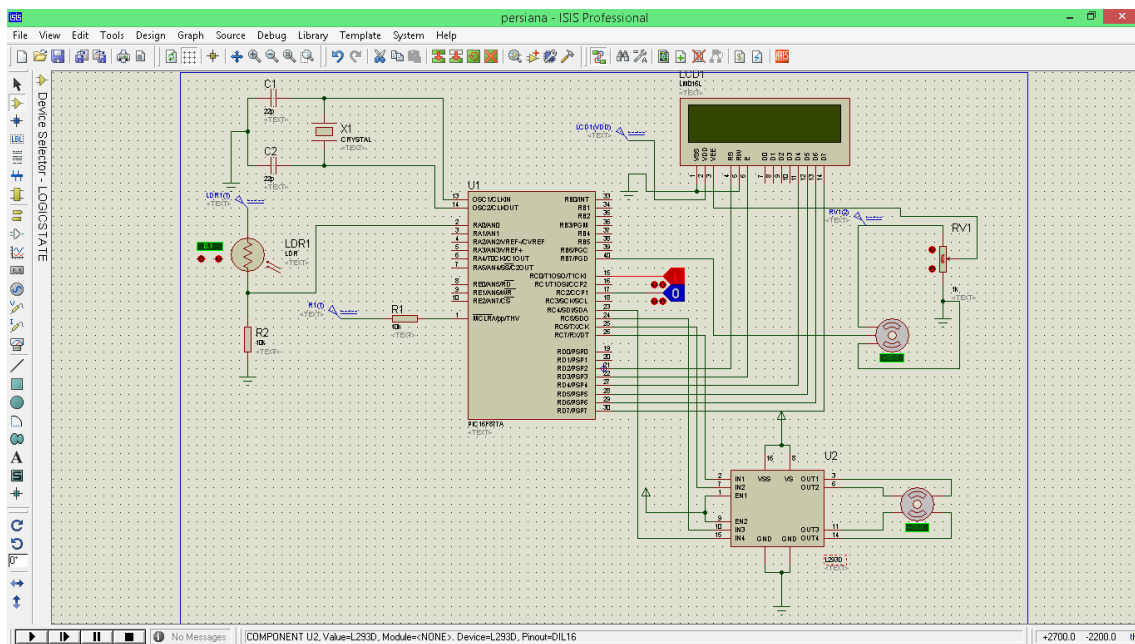


Figura 14: Ambiente Proteus 7.

2.9 Gravador PIC USB K150

O gravador PIC USB K150 utiliza o programa DIY K149 para atualizar e gravar qualquer linguagem de programação. O programa é uma ferramenta de desenvolvimento de baixo custo, com uma interface fácil de usar para programação e depuração em famílias do PIC 10,12F, 16C, 16F e 18F. O gravador possui um soquete tipo ZIF (zero força de inserção) de 40 pinos para encaixe do microcontrolador- soquete e alavanca para retirar o circuito integrado. Além de possuir um microcontrolador PIC16F628A, com a função de controlar toda a lógica do circuito. Este gravador foi utilizado para embarcar o programa no PIC16F877A. A figura 15 ilustra o gravador aplicado no projeto.

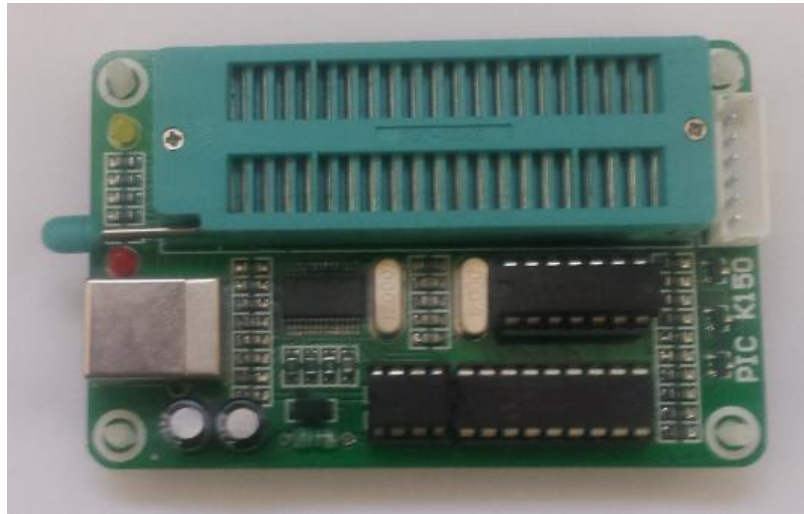


Figura 15: Gravador PIC USB K150.

2.10 Cristal

Os microcontroladores necessitam de um relógio interno para um funcionamento preciso de suas instruções. Segundo Pereira (2010, p.163), os cristais atuam como elementos ressoantes no *clock* dos microcontroladores.

No projeto, o cristal de quartzo de 4 MHz tem a função de determinar a velocidade de operação do microcontrolador PIC 16F877A. A figura 16 ilustra o cristal utilizado no projeto.



Figura 16: Cristal de Quartzo de 4 MHz.

2.11 Circuito Integrado L293D

O L293D é um dispositivo monolítico integrado de alta tensão e corrente, que atua como *driver* de quatro canais para aceitar cargas indutivas (como relés, solenoides) e comutação de transistores de potência. Esse dispositivo é adequado para uso em aplicações de comutação em frequências de até 5 kHz.

O circuito integrado L293D se comporta como uma ponte H, controlando motores DC de 4.5 a 36 volts, em corrente regular de 600 mA e uma corrente de pico de 1,2 A. Este dispositivo foi aplicado no protótipo para controlar o motor de passo. A figura 17 ilustra o CI L293D utilizado no projeto.



Figura 17: Dispositivo L293D.

2.12 Capacitor

Segundo Walker (2007, p.106), "o dispositivo capacitor é usado para armazenar energia elétrica." A função do capacitor é suprir a potência reativa do sistema, ou parte dele que está conectado.

O capacitor do tipo eletrolítico foi utilizado no circuito de alimentação do protótipo para torna a fonte estável e filtrar possíveis ruídos. A figura 18 ilustra os capacitores utilizados no protótipo.



Figura 18: Capacitor de 1000 μ F e 100 μ F, ambos de 25volts.

2.13 Resistor

O Resistor é um dispositivo elétrico utilizado em circuitos elétricos e eletrônicos para limitar a corrente elétrica.

Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um condutor metálico, um número muito elevado de elétrons livres passa a se deslocar nesse condutor. Nesse movimento, os elétrons colidem entre si e também contra os átomos que constituem a rede cristalina do metal. Portanto, os elétrons encontram uma certa dificuldade para se deslocar, isto é, existe uma resistência à passagem da corrente no condutor (ALVARENGA; MÁXIMO, 2007, p.426).

No projeto o resistor foi utilizado para evitar correntes superiores a 25 mA em algumas portas do microcontrolador. A figura 19 ilustra a resistência aplicada no protótipo.



Figura 19: Resistência de 10Ω.

2.14 Sensor

Termo empregado aos "elementos provedores de informações para os sistemas de automação industrial." (ROSÁRIO, 2005, p.54). São utilizados "no controle de processos discretos, com a medição das variáveis lógicas ou booleanas, e no controle de processos contínuos, em que normalmente se medem grandezas analógicas." (ROSÁRIO, 2005, p.54). Esses dispositivos são aplicados em diversas áreas como automação residencial, industrial, veicular etc.

De acordo com o tipo de sinal, eles se dividem em dois grupos: sensor analógico e sensor digital. A figura 20 ilustra alguns tipos de sensores.



Figura 20: Sensores Analógicos e Digitais.

2.14.1 Sensor Analógico

Este elemento pode "assumir qualquer valor no seu sinal de saída ao longo do tempo, desde que esteja dentro da sua faixa de operação." (ALBUQUERQUE; THOMAZINI, 2007, p.18). De acordo com Albuquerque e Thomazini (2007), os sensores são utilizados para medir grandezas físicas que podem assumir qualquer valor ao longo do tempo, como luminosidade, vazão, força etc. A figura 21 ilustra a variação da luminosidade de forma analógica.

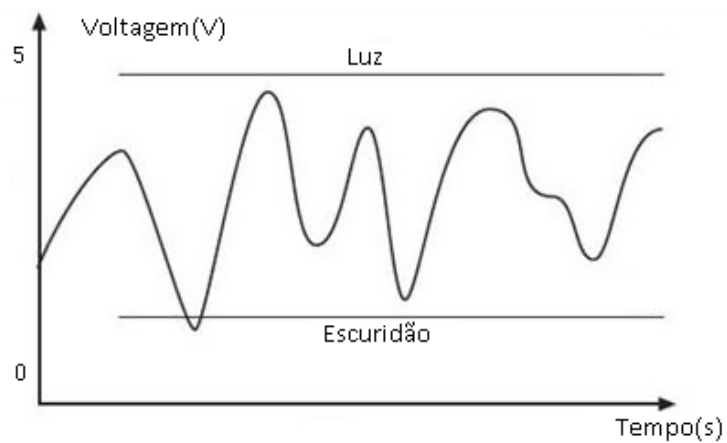


Figura 21: Variação da Luminosidade em Sensor Analógico.

2.14.1.1 LDR

O dispositivo *Light Dependent Resistor* (LDR) "é um componente construído de material semicondutor (sulfeto de cádmio) cuja resistência elétrica diminui quando aumenta incidência de radiação luminosa." (ALBUQUERQUE; SEABRA, 2013, p.163).

Trata-se de componente não polarizado, a corrente trafega nos dois sentidos. Existem diversos tipos de LDR, variando a potência de acordo com o tamanho, os mais comuns são os de 1 cm e de 2,5 cm. A resposta do LDR depende da intensidade de iluminação, temperatura ambiente e da resistência da carga.

O LDR é um dispositivo lento. Enquanto outros tipos de sensores como os fotodiodos e fototransistores podem perceber variações muito rápidas de luz, em frequências que chegam a dezenas ou mesmo centenas de megahertz, o LDR tem um "tempo de recuperação" muito longo. Estando totalmente iluminado e sendo a luz cortada, ocorre um determinado intervalo de tempo para que a resistência, inicialmente no valor mínimo, volte ao valor máximo (ALBUQUERQUE; THOMAZINI, 2007, p.64-65).

Estes componentes ópticos são amplamente utilizados em alarmes, brinquedos, sensores de luz ambiente e detectores de níveis de iluminação. A figura 22 ilustra o LDR utilizado no projeto para capturar a luminosidade do ambiente.



Figura 22: LDR.

2.15 Controle Remoto

O controle remoto utiliza o sistema via rádio para comunicar transmissor e receptor. De acordo com Lugli e Santos (2014), o sistema de controle remoto caracteriza-se por não utilizar um meio guiado para transmissão de dados, realizando, assim, a transmissão por sinais eletromagnéticos que se propagam e transpõem diversos meios, como ar e água, e obstáculos, como paredes e aço.

Os sistemas de comunicação via rádio utilizam ondas eletromagnéticas como elemento de ligação entre transmissor e receptor. Como essas ondas possuem a propriedade de irradiarem-se pelo espaço, dispensado a existência de quaisquer meios físicos para sua transmissão, a implantação de sistemas de comunicação via rádio é muito facilitada (NASCIMENTO, 2000, p.3).

O controle remoto é utilizado comumente em portões eletrônicos e dispositivos residenciais. No projeto, o conjunto transmissor e receptor foi aplicado para acionar o sentido horário e anti-horário do motor de passo NEMA16. A figura 23 ilustra o transmissor e receptor.



Figura 23: Transmissor e Receptor.

2.16 Conversor A/D

O conversor A/D é utilizado no microcontrolador para medir grandezas analógicas e converter em digitais. Segundo Miyadaria (2010, p.266), "o conversor analógico/digital converte uma grandeza analógica (temperatura, luminosidade, umidade, etc.) em um valor digital (representação binária) proporcional a ela."

O valor depende diretamente da resolução e da tensão de referência utilizada na conversão, como o registrador do microcontrolador PIC16F877A possui 10 bits, a variação fica entre 0 e 1023, pois a resolução máxima é dada pela equação seguinte:

$$\text{Resolução Máxima} = (2^n - 1)$$

Onde n é igual ao número de bits do registrador.

O conversor A/D é utilizado no projeto para converter a variável analógica incidente no sensor LDR (Iluminação) em digital.

2.17 PWM

O *Pulse Width Modulation* (PWM) controla a potência de uma carga através da variação do pulso, a sigla em português significa variação por largura de pulso.

Segundo Miyadaria (2010, p.244), "a modulação por largura de pulso (PWM) consiste em controlar o tempo em que o sinal permanecerá em nível alto (*dutycycle*), ou em outra palavra controlar a largura de pulso, dentro de um período de tempo prefixado."

O que caracteriza este periférico é principalmente o fato de ele manter uma frequência constante na saída, enquanto o *dutycycle* do sinal é alterado, permitindo, desta forma, controlar a posição do eixo de servomotores. O PWM foi utilizado no projeto para controlar a rotação do eixo do servomotor acoplado a persiana.

3 METODOLOGIA

O projeto acadêmico apresenta dois eixos metodológicos, a bibliográfica e o experimental.

De acordo com Cervo, Bervian e Silva (2007, p.60), "a metodologia bibliográfica se realiza a partir da coleta de dados primários e secundários."

Os dados para elaborar o projeto foram coletados por meio de pesquisa em livros e artigos científicos, a partir dos quais foram buscadas informações sobre o funcionamento e mecanismo de controle para servomotor, motor de passo, sensor LDR, microcontrolador PIC16F877A e componentes básicos de circuitos eletrônicos.

A segunda parte do desenvolvimento consistiu na metodologia experimental, que segundo Cervo, Bervian e Silva (2007, p.60) "é realizado normalmente em laboratórios, empregando técnicas e métodos adequados ao tratamento do experimento."

O projeto foi desenvolvido em subconjuntos, cada subdivisão se responsabiliza por uma parte do processo de controle da persiana, que integrados formam o sistema microprocessado para otimização de ambiência com controle de persiana. A figura 24 ilustra as subdivisões.

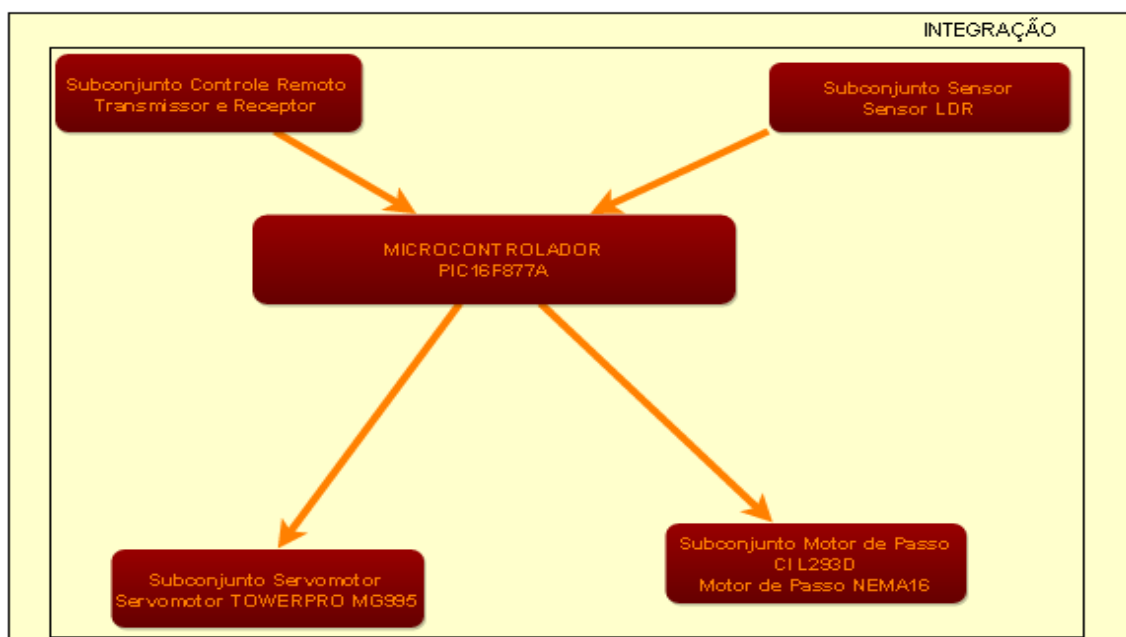


Figura 24: Subconjuntos do Projeto.

3.1 Subconjunto Sensor

O subconjunto sensor é responsável por capturar a intensidade luminosa no ambiente através do sensor LDR. Este, colocado em divisor de tensão, varia sua resistência conforme a intensidade luminosa de 0 a 5 volts. Após a captura da variável, é executada a conversão A/D, pois os valores obtidos são analógicos, e o microcontrolador processa apenas sinais digitais. Conforme explicação de Souza e Lavinia (2006), os sensores ópticos normalmente fornecem informação analógica de tensão proporcional à iluminância do ambiente, portanto, para que esta possa ser analisada pelo microcontrolador, necessitamos de um conversor analógico para digital. A figura 25 ilustra o valor do conversor A/D conforme variação de luz no LDR.

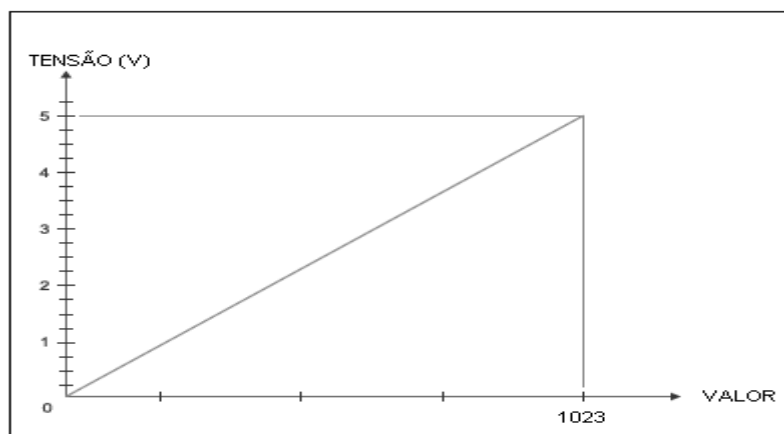


Figura 25: Tensão LDRxConversor A/D.

Segundo Pereira (2010), a resolução do conversor A/D é proporcional ao número de bits do registrador e expresso pela equação abaixo:

$$RES = \frac{V_{REF}}{2^N - 1}$$

Onde:

V_{REF} = Valor de tensão analógica de entrada.

N = Número de bits.

RES = Resolução.

O microcontrolador PIC16F877A apresenta 10 bits, e a tensão de saída do sensor LDR possui valor máximo de 5 volts. A conversão resultará em uma resolução aproximada de 0,005. A equação abaixo ilustra a resolução do conversor A/D aplicado no projeto:

$$RES = \frac{5}{1023} = 0,00488$$

Segundo Pereira (2010), quanto maior o número de bits, maior a precisão e resolução.

Para Lavínia e Souza (2006), cada um dos 10 bits que compõe a informação digital representa uma parcela do valor da tensão analógica a ser convertida, de forma que a soma de todas as contribuições de cada um dos 10 bits forma a tensão de entrada de 5 volts no conversor A/D.

A conversão no PIC16F877A é realizada do bit mais significativo para o menos significativo.

O bit mais significativo (Msb) representa metade da tensão de referência, conhecer o estado deste bit (0 ou 1) já significa saber se a tensão de entrada é maior ou menor que a metade da referência. Conhecendo o bit mais significativo, passa-se o próximo bit, que representa a metade da metade da tensão de referência, ou seja, 1/4 da tensão de referência. A conversão segue assim até o bit menos significativo (LAVÍNIA; SOUZA, 2006, p.115).

A conversão A/D ocorre conforme a figura 26 abaixo.

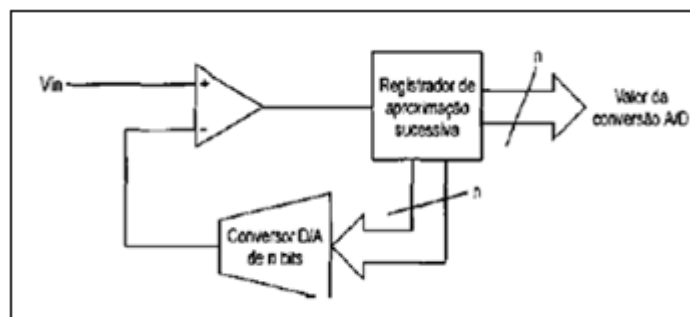


Figura 26: Estrutura Interna do Conversor.

Fonte: Lavínia e Souza (2006, p. 117).

Segundo Malvino (1985), considerando-se uma entrada analógica V_{IN} positiva, o registrador de deslocamento liga o bit mais significativo. Se o comparador detecta que a saída D/A é menor que a entrada, este bit é deslocado, caso contrário, é desligado. Assim, sucessivamente, bit a bit é ligado, a tensão é comparada, sendo mantida ou modificada de acordo com o resultado da comparação.

O LDR disponibiliza uma tensão de 5 volts ao conversor A/D do PIC16F877A. O quadro 1 mostra a tensão do bit mais significativo(10) até o bit menos significativo(1) .

BIT	TENSÃO
10	2,5
9	1,25
8	0,625
7	0,3125
6	0,15625
5	0,078125
4	0,039063
3	0,019531
2	0,009766
1	0,005

Quadro1: BitXTensão

Ao fornecer a entrada positiva de 5 volts, o registrador liga o bit mais significativo. Testa-se o bit à tensão de entrada, como 5 volts é maior que 2,5 volts, o bit assume valor 1, sucessivamente, o próximo bit é ligado até que se chegue ao bit menos significativo.

Com as informações sobre o funcionamento do conversor A/D e sensor LDR, desenvolveu-se a programação no compilador MPLAB para leitura do sensor LDR. Em seguida, foi feita uma simulação da programação no software Proteus, a fim de se verificar falhas. Após o teste, o programa foi embarcado no microcontrolador PIC16F877A, utilizando-se o gravador PIC USB K150.

Após a gravação, foi realizada a montagem do circuito em laboratório, utilizando-se: uma fonte de 5 volts para alimentação do circuito; protoboard; fios condutores; cristal de 4MHz; capacitores; PIC16F877A; *display* de cristal líquido(LCD); resistências e sensor LDR.

Foi utilizado um multímetro para medição dos valores de tensão no sensor LDR, variando a iluminação incidida na superfície do sensor. Estas

medições tinham o objetivo de verificar se o valor escrito no LCD (conectado as portas de saída do microcontrolador PIC16F877A) correspondia ao valor programado no software MPLAB.

3.2 Subconjunto Servomotor

O subconjunto servomotor controla o ângulo de abertura ou fechamento da persiana através de modulação por largura de pulso (PWM). Zanco (2010) descreve a largura de pulso como variável, enquanto a frequência e período são constantes.

Lavínia e Souza (2006, p.156) explicam que "a razão entre a largura de pulso e o período da forma de onda recebe o nome de *dutycycle*, ou em Português, ciclo ativo". A largura de pulso, é a parte do sinal na qual ele se mantém em nível lógico 1.

O efeito da modulação PWM equivale à utilização de um interruptor que controla a potência enviada a uma carga. O controle do ciclo ativo desse interruptor, ou seja, os intervalos de tempo em que o mesmo permanece aberto ou fechado é o fator que determina a potência entregue à carga. Diz-se, pois, que estamos modulando a largura do pulso para controle da potência entregue a uma carga (PENEDO, 2014, p.45).

Segundo Zanco (2010), "o ciclo ativo e o período do sinal PWM são diretamente proporcionais ao nível DC do sinal." A equação abaixo ilustra a fórmula do ciclo ativo (possui valor adimensional variando entre 0 e 1).

$$CA = \frac{PWM_{(ciclo\ ativo)}}{T_{(PWM)}}$$

Onde:

CA=Ciclo ativo.

PWM_(ciclo ativo) = Tempo do ciclo ativo.

T_{PWM}= Período do sinal PWM.

O valor médio da tensão varia de acordo com o ciclo ativo, mas o pulso da onda PWM se mantém fixo. A equação abaixo demonstra como se calcula a tensão média.

$$V_{dc} = \frac{T_{(CICLO\ ATIVO)}}{T_{(PWM)}} \times V$$

$T_{(CICLO\ ATIVO)}$ = Tempo do ciclo ativo

$T_{(PWM)}$ = Período do sinal PWM.

V_{DC} = tensão média.

V = valor em nível lógico 1.

O subconjunto servomotor monitora o sinal em intervalos de 20ms. Se ocorrer, neste intervalo, alguma variação na largura do pulso, o controle detecta e altera a posição do eixo para a localização do sinal recebido pelo sensor LDR. A figura 27 e o quadro 2 ilustram o posicionamento do servo, de acordo com a largura de pulso.

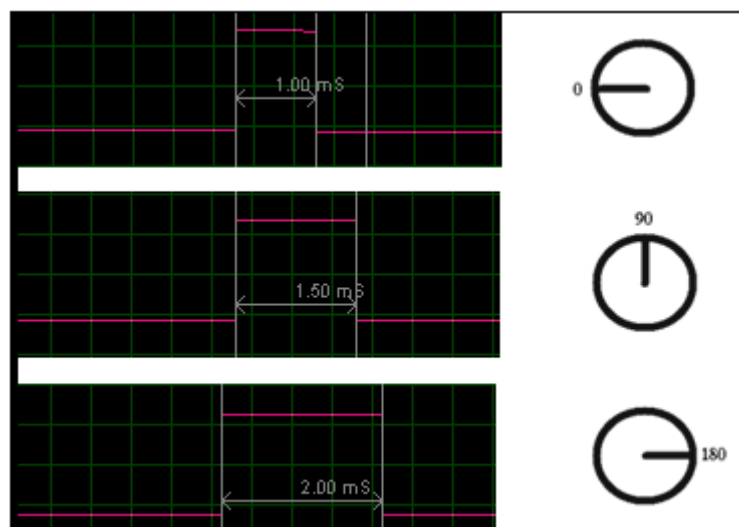


Figura 27: Posicionamento do Servomotor.

SERVOMOTOR	
POSIÇÃO(GRAUS)	LARGURA DE PULSO(ms)
0	1
90	1,5
180	2

Quadro 2- Posição do Servomotor de acordo com o PWM.

Com os dados acerca do funcionamento do servomotor, foi criada uma programação no compilador MPLAB, para que a posição do eixo do motor varie conforme a iluminância do ambiente, com valores entre 0 e 180°. Posteriormente à criação do programa, ocorreu a simulação no software Proteus, cujo propósito era verificar o funcionamento correto no posicionamento do eixo. Após o teste, o programa foi embarcado no microcontrolador PIC16F877A, utilizando-se o gravador PIC USB K150.

Em seguida, foi realizada a montagem do subconjunto em laboratório, utilizando-se: fonte de 5 volts para alimentação dos circuitos, fios condutores, protoboard, microcontrolador PIC16F877A, sensor LDR, servomotor Towerpro-mg995, cristal de 4MHz, capacitores e resistências.

Foi utilizado o osciloscópio para medir as frequências de ondas geradas na porta RB7 do microcontrolador PIC16F877A, em decorrência da variação na iluminação do sensor LDR. O objetivo era verificar se os períodos das ondas correspondiam aos valores entre 0 e 180°.

3.3 Subconjunto Controle Remoto

O subconjunto controle remoto é responsável pela propagação das instruções do usuário para a abertura ou fechamento vertical da persiana, via transmissor e receptor.

Young (2006) explica que o transmissor gera oscilações elétricas com uma frequência de rádio, utilizando um gerador de oscilações para converter as variações elétricas em oscilações de uma determinada frequência de rádio. Já o receptor segundo Young (2006) tem a função de capturar o sinal de rádio em frequência baixa, filtrar este sinal e detectar a informação existente.

No projeto, as saídas de dados do receptor D0 e D1 são conectadas às portas de entrada RD4 e RD5 do microcontrolador PIC16F877A, já o

transmissor permanece autônomo ao sistema. O quadro 3 ilustra a pinagem do receptor.

Pinagem	Descrição Funcional
VT	Indicação de comutação
D3	Saída de dados
D2	Saída de dados
D1	Saída de dados
D0	Saída de dados
5V	Alimentação
GND	Terra
ANT	Lado da antena

Quadro 3: Pinagem do Receptor

Para a comunicação entre receptor e transmissor, foi utilizada uma frequência de regime de 433MHZ.

Utilizando das informações sobre o funcionamento do subconjunto controle remoto, foi elaborada uma programação no compilador MPLAB para a comunicação entre receptor/transmissor e microcontrolador PIC16F877A. Após a programação, o subconjunto controle remoto foi testado no software Proteus, a fim de verificar possíveis falhas na comunicação entre microcontrolador PIC16F877A e o conjunto receptor/transmissor. Após o teste, o programa foi embarcado no microcontrolador PIC16F877A, utilizando-se o gravador PIC USB K150.

Depois da gravação, ocorreu a montagem do subconjunto em laboratório, utilizando-se: fonte de 5 volts para alimentação dos circuitos, fios condutores, protoboard, microcontrolador PIC16F877A, receptor/transmissor, cristal de 4MHz, capacitores e resistências.

Foi utilizado um multímetro para verificar o nível de tensão que as portas do microcontrolador PIC16F877A e receptor apresentavam ao receber um sinal do transmissor. O objetivo era verificar se após o sinal do transmissor, o receptor e microcontrolador PIC16F877A energizavam as portas D0/D1 e RD4/RD5.

3.4 Subconjunto Motor de Passo

O subconjunto motor de passo é responsável por controlar a abertura ou fechamento vertical da persiana. O motor de passo, segundo Carvalho (2009), converte a energia elétrica em movimento controlado por pulsos que possibilitam uma movimentação angular precisa. Neste projeto, foi utilizado o motor de passo bipolar Nema16; para Carvalho (2009) os motores bipolares são constituídos por bobinas sem derivação central, que são energizadas de tal forma que a corrente elétrica flua na direção inversa a cada dois passos para permitir o movimento contínuo do rotor.

O rotor do motor de passo rotaciona-se em incrementos regulares ou "passos" com pulsos elétricos sendo aplicados em determinada sequência nos terminais do motor. A sequência de pulsos elétricos aplicados em seus polos é diretamente relacionada à direção de rotação do eixo.

A sequência de pulsos elétricos para ligação do motor NEMA 16 segue a ordem dos quadros 4 e 5.

SENTIDO HORÁRIO	
FASES	SEQUÊNCIA
PRETO	1
VERMELHO	4
AZUL	3
BRANCO	2

Quadro 4: Motor de Passo NEMA 16 no sentido horário.

SENTIDO ANTI-HORÁRIO	
FASES	SEQUÊNCIA
PRETO	4
VERMELHO	1
AZUL	2
BRANCO	3

Quadro 5: Motor de Passo NEMA 16 no sentido anti-horário.

A cada pulso, uma fase é energizada com 5 volts, no caso do motor girar no sentido horário, deve-se energizar a fase preta com 5 volts; depois,

branco, azul, e vermelho. O quadro 6 ilustra o método de energização para o sentido horário.

PRETO	VERMELHO	AZUL	BRANCO
5V			
			5V
		5V	
	5V		

Quadro 6: Sequência para acionar o Motor no sentido horário.

Para girar o eixo no sentido anti-horário, basta inverter a ordem de energização. O valor de passo depende da sua aplicação e construção. O motor NEMA16 aplicado no projeto deve percorrer 200 passos para dar uma volta completa.

Através dos princípios sobre o funcionamento do subconjunto motor de passo, foi criada uma programação no compilador MPLAB para o controle do sentido no eixo do motor NEMA16. Após a elaboração das instruções, o subconjunto motor de passo foi testado no software Proteus para verificar defeitos no sentido de rotação. Após o teste, o programa foi embarcado no microcontrolador PIC16F877A, utilizando-se o gravador PIC USB K150.

Logo após a gravação, ocorreu a montagem do subconjunto em laboratório, utilizando-se: fonte de 5 volts para alimentação dos circuitos, protoboard, fios, microcontrolador PIC16F877A, receptor/transmissor, circuito integrado L293D, cristal de 4MHz, motor de passo NEMA16, capacitores e resistências.

Na fase de montagem, foi conectado o circuito integrado L293D, ao motor NEMA16 e microcontrolador PIC16F877A. Este circuito integrado possui 2 pontes H para controlar as correntes de até 600mA em cada fase.

Empregou-se o multímetro para verificar a energização das portas do microcontrolador PIC16F877A, e circuito integrado L293D, quando o botão do transmissor era acionado. A finalidade de tal procedimento era verificar se o motor movia no sentido horário apertando à tecla A no transmissor, e pressionando B, girava no sentido anti-horário.

3.5 Integração

Na última etapa do projeto foi desenvolvida a programação para integrar os subconjuntos do projeto. Utilizando-se do compilador MPLAB, elaborou-se a integração entre as variáveis manipuladas e valores de saída de todos os subconjuntos. O microcontrolador PIC16F877A recebe as instruções dos sistemas controlados, compara com o programa embarcado e coordena a abertura ou fechamento da persiana. Seguinte à programação, ocorreu à simulação no software Proteus para verificar possíveis erros no funcionamento do conjunto.

Logo após a finalização da simulação, o programa foi embarcado no microcontrolador PIC16F877A através do gravador PIC USB K150.

Posterior à gravação, ocorreu à montagem de todos componentes dos subconjuntos: fonte de 5 volts para alimentação dos circuitos, protoboard, microcontrolador PIC16F877A; sensor LDR; servomotor Towerpro-mg995; receptor/transmissor; circuito integrado L293D; cristal de 4MHz; motor de passo NEMA16; capacitores; resistências; e fios.

Após a montagem, os testes realizados nos subconjuntos foram repetidos. O objetivo era verificar se o conjunto apresentava as mesmas características dos subconjuntos quando integrado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema microprocessado desenvolvido e implementado na persiana se mostrou adequado quanto à característica proposta - regular a claridade do ambiente interno de forma autônoma e através de comandos pelo usuário. A figura 28 ilustra o projeto final.



Figura 28: Protótipo.

Os subconjuntos funcionaram de maneira adequada, apresentando as características e aplicações esperadas na fase de desenvolvimento.

O subconjunto sensor apresentou um funcionamento satisfatório, os valores captados pelo sensor LDR e convertidos no conversor A/D do microcontrolador PIC16F877A correspondiam aos valores programados para um conversor de 10 bits e resolução de 0,005.

O subconjunto servomotor funcionou de forma adequada, quanto ao posicionamento do eixo do servomotor de acordo com a claridade do ambiente. Houve alteração, via MPLAB, do ângulo de posicionamento no eixo do servomotor, para ficar de acordo com a abertura máxima e mínima da persiana. As figuras 29 e 30 mostram as ondas geradas após a modificação e montagem do servomotor na persiana.

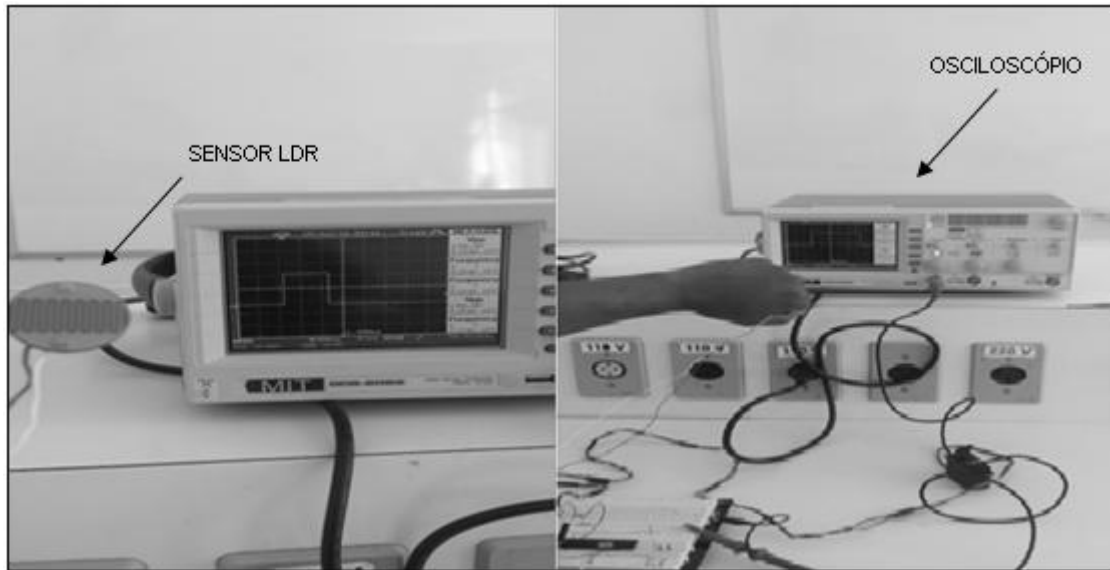


Figura 29: Ondas Geradas.

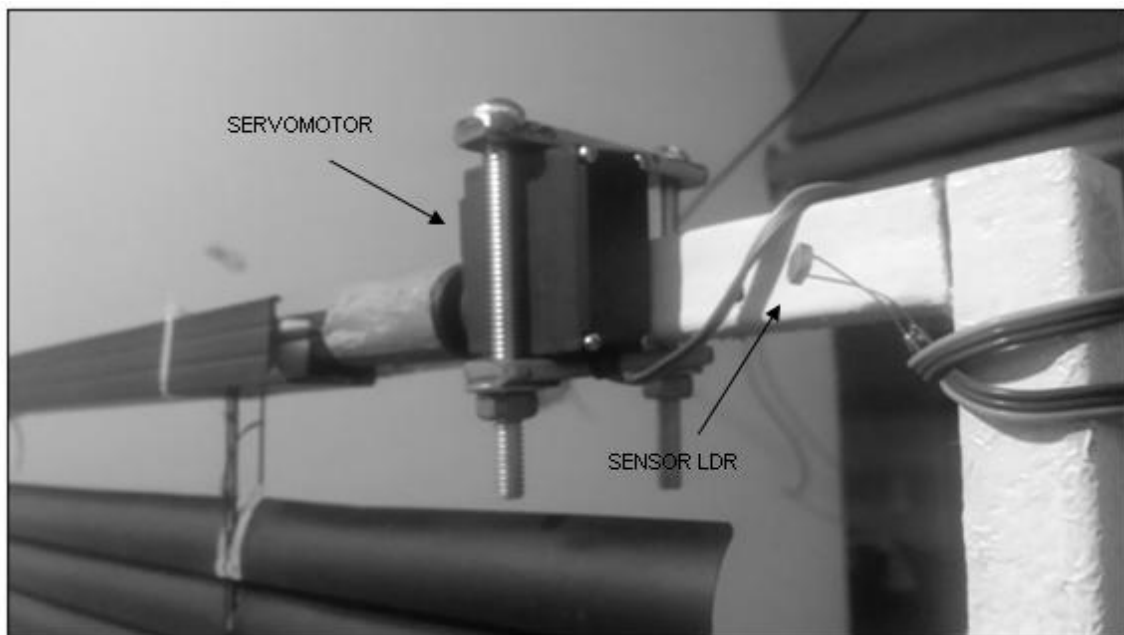


Figura 30: Servomotor instalado na Persiana.

O subconjunto controle remoto e motor de passo funcionaram de maneira harmoniosa, possibilitando a abertura e o fechamento total da persiana. Foi modificado o mecanismo de abertura/fechamento inserindo uma roldana para guiar e possibilitar a movimentação vertical. As figuras 31 e 32 ilustram o motor de passo instalado no suporte e a roldana.

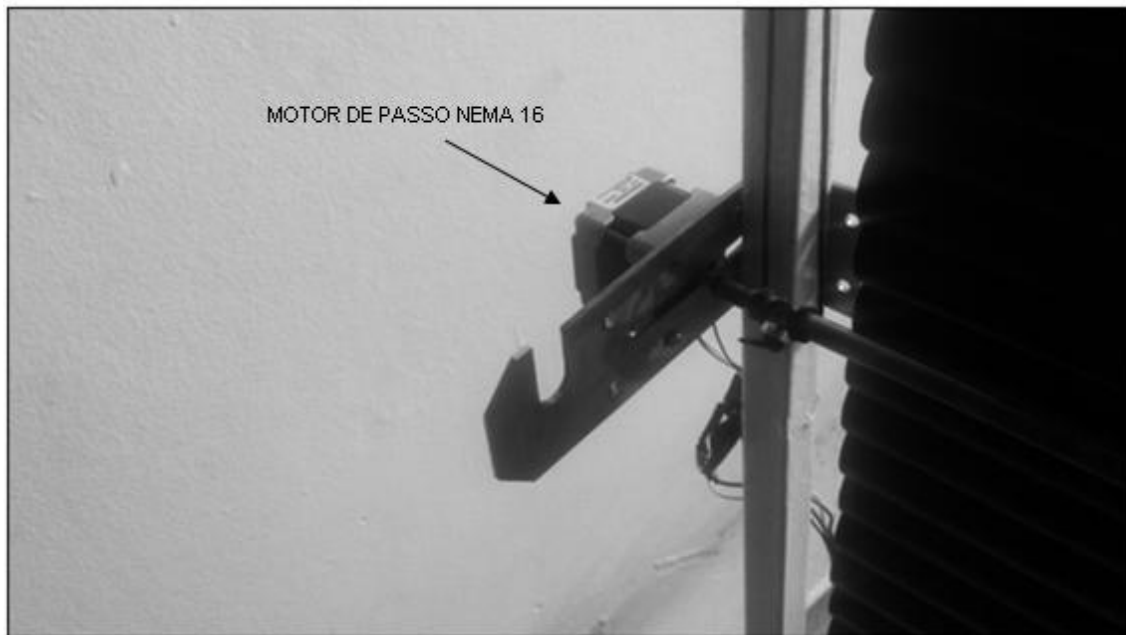


Figura 31: Motor de Passo instalado na Persiana.

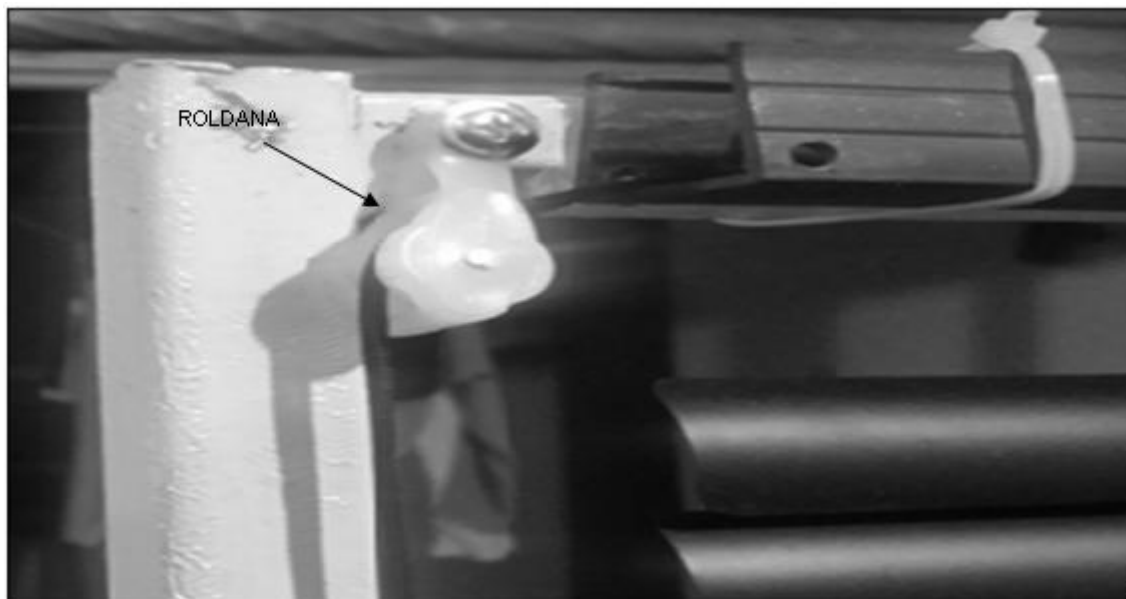


Figura 32: Roldana.

O programa desenvolvido e implementado não apresentou falhas durante o funcionamento e os subconjuntos funcionaram de maneira adequada e coordenada.

5 CONCLUSÕES

Este projeto foi desenvolvido com a perspectiva de apresentar uma possível e viável solução na redução do consumo de energia elétrica em ambientes residenciais e comerciais, aplicando-se, para tal, sistema microprocessado - software e hardware, para otimização da luz ambiente.

O sistema microprocessado em conjunto com a persiana fornece ao ambiente de qualquer imóvel um nível de claridade adequado, segurança para o usuário e uma possível redução nos gastos com lâmpadas acesas durante períodos que se possa utilizar a luz ambiente. Isso devido ao satisfatório controle das lâminas pelo conjunto sensor, microcontrolador e servomotor.

Além de melhoria na mobilidade e possível redução do consumo energético, o projeto proporciona ao usuário maior comodidade, pois, não se tem a necessidade de abrir/fechar a persiana manualmente.

O protótipo desenvolvido eliminou as dificuldades que os usuários tinham em manusear os sistemas de abertura e fechamento das persianas tradicionais, dificuldades como cordas enroladas e altura do bastão de abertura/fechamento. Um simples toque no controle do sistema microprocessado gera a abertura ou fechamento vertical da persiana.

As persianas automatizadas encontradas no mercado atual apresentam a função de abrir/fechar por controle remoto e custo de aproximadamente R\$ 1.200,00; já o protótipo construído ficou orçado em R\$ 298,03², com funções de adequar a luz ambiente conforme intensidade solar e abrir/fechar por controle remoto.

O protótipo, que tinha fins educacionais, se tornou um produto empreendedor devido às características que lhe foram conferidas, como versatilidade e preço abaixo das tecnologias existentes no mercado atual.

No entanto, apesar de ter uma proposta de valor bem definida e as características mínimas delimitadas, o projeto necessita de uma determinação de custos finais, considerando os custos de desenvolvimento e o mercado em potencial.

² Apêndice 1 - Orçamento do Projeto.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. U. B.; SEABRA, A. C. **Utilizando Eletrônica**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013. 204 p.

ALBUQUERQUE, P. U. B.; THOMAZINI, D. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2007. 222 p.

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Física**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2006. 670p.

BIGNELL, J. W.; DONOVAN, R. **Eletrônica Digital**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 648p.

BOLZANI, C. A. M. **Desmistificando a Domótica**. Revista Sinergia, São Paulo, v.8, n.1, p.17-20, jan.2007.

CARVALHO, G. **Maquinas Elétrica: Teorias e Ensaio**s. 2. ed. São Paulo: Érica, 2009. 260 p.

CEDOM. **Instalacione Domótica**. 2. ed. Barcelona: Aenor, 2008. 24 p.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. D. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2007. 162 p.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 4. ed. Curitiba: Positiva, 2009. 1545p.

FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos**. 5. ed. São Paulo: Érica, 2014. 256p.

LAGO, A. A. C. **Conferências de Desenvolvimento Sustentável**. 1. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2013. 200p.

LAVÍNIA, N. C.; SOUZA, D. J. **Conectando o PIC16F877A: Recursos Avançados**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2003. 380 p.

LUGLI, A. B.; SANTOS, M. D. **Redes sem Fio para Automação Industrial** 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 117 p.

MALVINO, A. P. **Microcomputadores e microprocessadores**. 1. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985. 578 p.

MAMEDE, J. F. **Instalações Elétricas Industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 914 p.

MIYADARIA, A. N. **Microcontroladores PIC18: Aprenda e Programe com Linguagem C**. 1. ed. São Paulo: Erica, 2010. 400 p.

NASCIMENTO, J. **Telecomunicações**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000. 341 p.

PENEDO, S. R. M. **Servoacionamento: Arquitetura e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 120 p.

PEREIRA, F. **Microcontrolador PIC18 Detalhado: Hardware e Software**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010. 304 p.

PRUDENTE, F. **Automação Predial e Residencial: Uma Introdução**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 211 p.

ROSÁRIO, J. M. **Princípios de Mecatrônica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 356 p.

SILVA, A. R. **Programando Microcontroladores PIC: Linguagem C**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2006. 162p.

SOUZA, D. J. **Desbravando o PIC: Ampliado e Atualizado para PIC16F628A**. 12. ed. São Paulo: Érica, 2008. 268p.

WALKER, H. R. **Fundamentos de Física 3: Eletromagnetismo**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 379 p.

YOUNG, P. H. **Técnicas de Comunicação eletrônica**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 687 p.

ZANCO, W. S. **Microcontroladores PIC18 com linguagem C: Uma abordagem prática e objetiva**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2010. 446 p.

ANEXO 1 - Nomenclatura dos pinos do PIC16F877A.

Nome do Pino	Nº Pino	I/O/P	Tipo	Descrição
OSC1/CLKIN	13	I	ST/CMSO	Entrada para cristal. Entrada para osciladores externos (híbridos ou RC).
OSC2/CLKOUT	14	O	-	Saída para cristal. Os cristais ou ressonadores devem ser ligados aos pinos OSC1 e OSC2. Saída com onda quadrada em 1/4da freqüência imposta em OSC1 quando em modo RC. Essa freqüência equivale aos ciclos de máquinas internos.
MCLR/Vpp	1	I/P	ST	Master clear (reset) externo. O microcontrolador só funciona quando este pino encontra-se em nível alto. Entrada para tensão de programação (12V)
V_{SS}	12/31	P	-	GND.
V_{DD}	11/32	P	-	Alimentação positiva
RA0/AN0 RA1/AN1 RA2/AN2/ V_{REF-}/CV_{REF+} RA3/AN3/ V_{REF+}	2 3 4 5	I/O I/O I/O I/O	TTL TTL TTL TTL	PORTA (I/Os digitais bidirecionais e sistema analógico) RA0: I/O digital ou entrada analógica AN0. RA1: I/O digital ou entrada analógica AN1. RA2: I/O digital ou entrada analógica AN2 ou tensão negativa de referência analógica. RA3: I/O digital ou entrada analógica AN3 ou tensão negativa de referência analógica.
RA4/T0CKI/C1OUT	6	I/O	ST	RA4: I/O digital (quando saída é open drayn, isto é, não consegue impor nível alto)ou entrada externa do contador TMR0 ou saída do comparador1.
RA5/SS/AN4/C2OUT	7	I/O	TTL	RA5: I/O digital ou entrada analógica AN4 ou habilitação externa (slaveslect) para comunicação SPI ou saída do comparador 2.
RB0/INT RB1 RB2 RB3/PGM RB4	33 34 35 36 37	I/O I/O I/O I/O I/O	TTL/ $ST^{(1)}$ TTL TTL TTL TTL	PORTB (I/O digitais bidirecionais). Todos os pinos deste PORT possuem pull-up interno que podem ser ligados/desligados pelo software: RB0: I/O digital com interrupção externa. RB1: I/O digital. RB2: I/O digital. RB3: I/O digital ou entrada para programação em baixa tensão (5v). RB4: I/O digital com interrupção por mudança de estado.

RB5	38		TTL	RB5: I/O digital com interrupção por mudança de estado.
RB6/PGC	39		TTL/ <i>ST</i> ⁽²⁾	RB6: I/O digital com interrupção por mudança de estado ou clock da programação serial ou pino de in-circuit de bugger.
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽²⁾	RB7: I/O digital com interrupção por mudança de estado ou data da programação serial ou pino de in-circuit de bugger.
RC0/T1OSO/T1CKI	15	I/O	ST	<p>PORTC (I/O digitais bidirecionais):</p> <p>RC0: I/O digital ou saída do oscilador externo para TMR1 ou entrada de incremento para TMR1.</p> <p>RC1: I/O digital ou entrada do oscilador externo para TMR1 ou entrada do Capture2 ou saídas para Compare2/PWM2.</p> <p>RC2: I/O digital ou entrada do Capture1 ou saídas para Compare1/PWM1.</p> <p>RC3: I/O digital ou entrada/saída de clock para comunicação serial SPI/I² C.</p> <p>RC4: I/O digital ou entrada de dados para SPI ou via de dados (entrada/saída) para I²C.</p> <p>RC5: I/O digital ou saída de dados para SPI.</p> <p>RC6: I/O digital ou TX(transmissão) para comunicação USART assíncrona ou clock para comunicação síncrona.</p> <p>RC7: I/O digital ou RX (recepção) para comunicação USART assíncrona ou data para comunicação síncrona.</p>
RC1/T1OSI/CCP2	16	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	I/O	ST	
	18	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	23	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	24	I/O	ST	
RC5/SDO	25	I/O	ST	
RC6/TX/CK				
RC7/RX/DT	26	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	<p>PORTD (I/Os digitais bidirecionais)ou porta de comunicação paralela:</p> <p>RD0: I/O digital ou dado 0 (comunicação paralela).</p> <p>RD1: I/O digital ou dado 1 (comunicação paralela).</p> <p>RD2: I/O digital ou dado 2 (comunicação paralela).</p> <p>RD3: I/O digital ou dado 3 (comunicação paralela).</p> <p>RD4: I/O digital ou dado 4 (comunicação paralela).</p>
RD1/PSP1	20	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	
RD2/PSP2	21	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	I/O	TTL/ <i>ST</i> ⁽³⁾	

				RD5: I/O digital ou dado 5 (comunicação paralela). RD6: I/O digital ou dado 6 (comunicação paralela). RD7: I/O digital ou dado 7 (comunicação paralela).
RE0/RD/AN5	8	I/O	TTL/ST ⁽³⁾	PORTE (I/Os digitais bidirecionais e sistema analógico): RE0: I/O digital ou controle de leitura da porta paralela ou entrada analógica AN5. RE1: I/O digital ou controle de leitura da porta paralela ou entrada analógica AN6. RE2: I/O digital ou controle de leitura da porta paralela ou entrada analógica AN7.
RE1/WR/AN6	9	I/O	TTL/ST ⁽³⁾	
RE2/CS/AN7	10	I/O	TTL/ST ⁽³⁾	

Fonte: Lavínia e Souza (2006, p. 22-23-24).

Legenda = Input (entrada).

O= Saída

I/O = Entrada ou saída.

P= Alimentação.

- = Não utilizado

TTL =Entrada tipo TTL

ST= Entrada tipo *schmitt trigger*

Notas:

(1)=Esta entrada é do tipo ST,somente quando configurado como interrupção externa.

(2)=Esta entrada é do tipo ST,somente durante o modo de programação serial.

(3)=Esta entrada é do tipo ST,quando configurado como I/O de uso geral TTL quando usado em modo de porta paralela.

(4)=Esta entrada é ST quando em modo RC e CMOS nos demais casos.

APÊNDICE 1- Orçamento do Projeto.

COMPONENTE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	VALOR (R\$)
Cabo Flexível 0,50mm (metro)	24	0.83	19,92
Circuito Integrado LM7805	2	1.83	3.66
Estanho para Solda Tubo 25gr Fio de 1mm Marca Best Liga: 63/37	1	7,79	7.79
Capacitor Eletrolítico 100uF x 35V	2	0.51	1.02
Chave Tactil 6x6x4, 3 mm 2 Terminais	2	0.26	0.52
Capacitor Disco Cerâmico 22pF x 50V NPO	4	0.09	0.36
Resistor de 1K	4	0.09	0.36
LDR 7 mm	1	1.36	1.36
Resistor de 10K	2	0.08	0.16
Resistor de 22K	2	0.12	0.24
Cristal 4 MHz Meia Caneca - HC49S	1	0.88	0.88
Led Amarelo Difuso 5 mm	2	0.14	0.28
Capacitor Eletrolítico 1000uF x 25V	2	0.77	1.44
Diodo 1N4007	2	0.11	0.22
Microcontrolador PIC16F877A	1	25.68	25.68
Transistor BC337	4	0.26	1.04
Servo Padrão Tower Pro MG995 15Kg-cm	1	46.50	46.50
Capacitor Disco Cerâmico 100nF x 50V	2	0.11	0.22

Protoboard sem Base BB-01 (840 Pontos)	1	26,69	26,69
Barra de Pinos 1x40 vias 11,2mm 180 graus	1	0,79	0,79
Persiana Horizontal PVC 25 mm Cortina 90 X 120 Cm	1	114,99	114,99
MOTOR DE PASSO	1	74,21	74,21
Ferro de Solda AFR Max 25 w	1	32,51	32,51
CI L293D	1	10,00	10,00
TOTAL			298,03

