



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UNICEUB
FATECS – FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

MARIA LUIZA OLIVEIRA BRAGA

**JANELA AUTOMATIZADA PARA SMART HOUSES COM SENSOR DE CHUVA E
AVISO POR SMS**

Orientadora: Professora MS Maria Marony Sousa Farias

Brasília

Dezembro, 2010

MARIA LUIZA OLIVEIRA BRAGA

**JANELA AUTOMATIZADA PARA SMART HOUSES COM SENSOR DE CHUVA E
AVISO POR SMS**

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília como pré-
requisito para a obtenção de
Certificado de Conclusão do Curso
de Engenharia de Computação.

Orientadora: Professora MS Maria
Marony Sousa Farias

Brasília

Dezembro, 2010

MARIA LUIZA OLIVEIRA BRAGA**JANELA AUTOMATIZADA PARA SMART HOUSES COM SENSOR DE CHUVA E AVISO POR SMS**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão do Curso de Engenharia de Computação.

Orientadora: Professora MS Maria Marony Sousa Farias

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de Computação, e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS.

Prof. Abiezer Amarilia Fernandez
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof^a. Maria Marony Sousa Farias, mestre em Engenharia Elétrica – UFPB – PB.
Orientadora

Prof. Flávio Antonio Klein, mestre em Estatística e Métodos Quantitativos – UNB – DF
UniCEUB

Prof. Edison Ishikawa, doutor em Engenharia de Sistemas e Computação – UFRJ – RJ
UniCEUB

Dedico este trabalho aos meus pais, alicerces na estruturação da minha personalidade, exemplos de conduta, dignidade e honradez para mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Um especial agradecimento à minha mãe Helenice Oliveira, pela sua total dedicação, apoio e esforço incondicional.

Ao meu pai Islande Braga, pela sua boa vontade e conselhos diários, também por ter me proporcionado a oportunidade de estudar.

À minha irmã Maria Helena pelos seus conselhos e amizade.

Agradeço a ajuda dos meus amigos: Luciana Melo, Mariana Patrícia Souza, Felipe Souto, Thiago Rider, José Carlos Cruz, Paulo Ueiner e Márcio Mello.

Ao meu querido Luiz Felipe Lamb, ao estimado Dielson Araújo e ao ilustríssimo Antonio Itamar.

À professora e orientadora Maria Marony Farias pelo seu ensinamento.

E àqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Conta certa lenda, que estavam duas crianças
patinando num lago congelado.*

*Era uma tarde nublada e fria, e as crianças brincavam
despreocupadas.*

*De repente, o gelo quebrou e uma delas caiu, ficando
presa na fenda que se formou.*

*A outra, vendo seu amiguinho preso, e se congelando,
tirou um dos patins e começou a golpear o gelo com
todas as suas forças, conseguindo por fim, quebrá-lo e
libertar o amigo.*

*Quando os bombeiros chegaram e viram o que havia
acontecido, perguntaram ao menino:*

*- Como você conseguiu fazer isso? É impossível que
tenha conseguido quebrar o gelo, sendo tão pequeno e
com mãos tão frágeis!*

*Nesse instante, um ancião que passava pelo local,
comentou:*

- Eu sei como ele conseguiu.

Todos perguntaram:

- Pode nos dizer como?

- É simples: - respondeu o velho.

*- Não havia ninguém ao seu redor para lhe dizer que
não seria capaz.”*

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE QUADROS	XV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XVI
RESUMO.....	XIX
ABSTRACT	XX
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	21
1.1– Motivação e Posicionamento	21
1.2 – Visão Geral do Projeto.....	22
1.3 – Objetivos	24
1.4 – Definição do Problema	25
1.5 – Restrições.....	25
1.6 – Diagrama de Blocos.....	26
1.7 – Metodologias.....	27
1.8 – Estrutura da Monografia	28
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	29
2.1 –Teoria da Automatização	29
2.1.1 – Automação Residencial.....	29
2.1.2 – Smart Houses	30
2.1.3 – Smart Buildings.....	30
2.2 – Janelas automatizadas existentes no mercado.....	31
2.3 – Características da janela construída	34
2.4 – Telefonia Celular	35
2.4.1 – Rede GSM.....	36
2.4.2 – SMS.....	37
2.4.3 – SIM Card	38
2.5 – Chaves.....	39
2.5.1 – Chave <i>push-button</i>	39
2.5.2 – Chave gangorra	40
2.5.3 – Chave fim de curso.....	41
2.6 – PIC	42
2.6.1 – Microchip®	42

2.6.2 – Características gerais.....	43
2.6.3 – Programação de PICs em C.....	43
2.7 – Motores elétricos.....	44
2.7.1 – Motor DC de corrente contínua (CC).....	44
2.7.2 – Motor DC de ímã permanente.....	46
2.7.3 – Ponte H.....	49
2.8 – Sensor de Chuva	51
CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DE HARDWARE	53
3.1 – Comunicação Serial RS232	53
3.1.1 – PL-2303 Prolific USB® to Serial Bridge Controller	54
3.1.2 – Conversor de Nível TTL para RS232	55
3.1.3 – MAX232	55
3.1.4 – Pinagem do MAX232	56
3.2 – Fonte de Alimentação	57
3.3 – PIC 16F628A	59
3.3.1 – Especificações	59
3.3.2 – Pinagem do PIC 16F628A	61
3.3.3 – MPLab IDE®	64
3.3.3.1 – Configuração do PIC no MPLab IDE®	65
3.3.4 – PIC C Compiler®.....	65
3.3.5 – Kit de Gravação PICkit2®	67
3.3.5.1 – Configuração do PIC no PICkit2®	68
3.4 – Chaves.....	69
3.4.1 – Chave de Fim de Curso	69
3.4.1.1 – Detalhamento da Chave de Fim de Curso.....	70
3.4.2 – Chave <i>Push-Button</i>	71
3.4.2.1 – Detalhamento da Chave <i>Push-Button</i>	71
3.4.3 – Chave Gangorra	72
3.4.3.1 – Detalhamento da Chave Gangorra	72
3.4 – Sensor de Chuva	73
3.4.1 – Detalhamento da Construção do Sensor de Chuva	74
3.4.2 – Funcionamento do Sensor de Chuva.....	76
3.5 – Motor DC.....	77

3.5.1 – Detalhamento do Motor DC.....	77
3.6 – Modem G24 GSM.....	78
3.6.1 – Detalhamento do Modem G24 GSM	78
3.6.2 – Comandos AT	79
3.6.3 – Tera Term®.....	80
3.6.4 – Configuração do Modem G24 no Tera Term®.....	81
CAPÍTULO 4 – IMPLEMENTAÇÃO.....	84
4.1 – Descrição da implementação	84
4.2 – Apresentação geral do projeto	84
4.3 – Topologia	87
4.4 – Apresentação geral dos circuitos	88
4.4.1 – Proteus®.....	89
4.4.2 – Circuito completo no Proteus®.....	89
4.4.3 – Circuito do Sensor de Chuva.....	90
4.4.3.1 – Primeiro Circuito de Calibração do Sensor de Chuva	90
4.4.3.2 – Circuito Final de Calibração do Sensor de Chuva	91
4.4.4 – Circuito do motor DC.....	92
4.4.4.1 – Primeiro Circuito de Ponte H de Controle do Motor DC.....	92
4.4.4.2 – Circuito Final de Ponte H para Controle de Motor DC.....	93
4.4.4.3 – Funcionamento do Circuito do Motor DC	94
4.4.4.4 – Circuito de Ponte H.....	94
4.4.5 – Circuito da Chaves	95
4.4.5.1 – Circuito da Chave Fim de Curso com as Chaves <i>Push-Button</i>	95
4.4.5.2 – Circuito da Chave Gangorra no Modo Manual/Automático.....	96
4.4.5.3 – Circuito dos LED indicativos manual e automático	97
4.4.6 – Circuito do MAX232	97
4.5 – Detalhamento do código fonte	98
4.5.1 – Código fonte com as diretivas de pré-compilação	98
4.5.2 – Código fonte dos protótipos das funções	99
4.5.3 – Código fonte do programa principal	99
4.5.4 – Código fonte para o botão verde e vermelho no Modo Manual.....	100
4.5.5 – Código fonte para a chave no Modo Automático	101
4.5.6 – Código fonte para o envio de mensagem de Janela Aberta	103

4.5.7 – Código fonte para enviar mensagem da Janela Fechada.....	103
4.5.8 – Código fonte para controle dos LEDs.....	104
4.5.9 – Código fonte para controle dos LED vermelho do modo manual	105
CAPÍTULO 5 – TESTES E RESULTADOS.....	106
5.1 – Descrição da Área de Aplicação do Projeto	106
5.2 – Descrição das Etapas do Projeto	106
5.3 – Testes	107
5.3.1 – Testes com o motor DC.....	107
5.3.2 – Testes com o sensor de chuva	110
5.3.3 – Testes com as chaves fim de curso	112
5.3.4 – Testes com o modem GSM	113
5.3.5 – Testes com o PIC	114
5.4 – Resultados.....	115
5.4.1 – Circuito Final na Placa.....	116
5.4.2 – Protótipo Final.....	117
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO	121
6.1 – Sugestões de Trabalhos Futuros.....	122
6.2 – Avaliação Global do Projeto.....	123
6.3 – Dificuldades Encontradas	124
6.3.1 – Sensor de Chuva.....	124
6.3.2 – Circuito de ponte H para controle de motores DC.....	125
6.3.3 – Codificação do Modem	125
6.3.4 – Sensor de fim de curso	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
APÊNDICES	133
A – Código fonte do Projeto inserido no PIC16F628A.....	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Dispositivos eletrônicos utilizados no projeto	23
Figura 1.2 – Diagrama de blocos do projeto.....	27
Figura 2.1 – Janela da Cristal Line automatizada.....	32
Figura 2.2 – Janelas e persianas automatizadas.....	32
Figura 2.3 – Sensor de chuva automatizado.	33
Figura 2.4 – Janela com sensor de chuva e de vento automatizados.....	33
Figura 2.5 – Janela residencial automatizada do aluno Bruno Matos	34
Figura 2.6 – Janela deslizante construída para o projeto	34
Figura 2.7 – Trilho da gaveta da leitora de CD utilizado na janela deslizante.....	35
Figura 2.8 – SIM Cards utilizados para testes de envio de SMS no projeto	39
Figura 2.9 – Funcionamento da chave <i>push-button</i>	40
Figura 2.10 – Funcionamento da chave com trava	40
Figura 2.11 – Contatos NA e NF com retenção.....	41
Figura 2.12 – Conceito de uma chave de fim de curso.....	42
Figura 2.13 – Logo da marca Microchip Technology®	42
Figura 2.14 – Princípio de funcionamento do motor de corrente contínua	46
Figura 2.15 – Estrutura interna de um motor DC de ímã permanente.....	47
Figura 2.16 – Motor DC de ímã permanente desmontado.....	48
Figura 2.17 – Motor de ímã permanente com núcleo de ferro	48
Figura 2.18 – Ligação do motor de ímã permanente	49
Figura 2.19 – Exemplificação do circuito eletrônico de Ponte H.....	50
Figura 2.20 – Sensor de chuva criado artesanalmente.....	51
Figura 3.1 – Conector DB9 com sua pinagem enumerada	53
Figura 3.2 – Os três pinos utilizados nos conectores DB9	54
Figura 3.3 – Logo do programa PL-2303 Prolific USB®	55
Figura 3.4 – MAX232 utilizado no projeto	56
Figura 3.5 – Pinagem do MAX232.....	56
Figura 3.6 – Circuito da pinagem do MAX232.....	57
Figura 3.7 – Circuitos das fontes de alimentação 12V e 16,5V	58
Figura 3.8 – Regulador de tensão 7805 utilizado no projeto.....	58
Figura 3.9 – Os dois circuitos da fonte de alimentação.....	59

Figura 3.10 – PIC 16F628A utilizado no projeto.....	59
Figura 3.11 – Diagrama em blocos da arquitetura interna do PIC	61
Figura 3.12 – Pinagem do PIC 16F628A com encapsulamento PDIP	62
Figura 3.13 – Circuito da pinagem do PIC 16F628A.....	64
Figura 3.14 – Logo do programa MPLab IDE®	64
Figura 3.15 – Tela de programação do PIC no programa MPLab IDE®.....	65
Figura 3.16 – Logo do programa PIC C Compiler®	65
Figura 3.17 – Tela do PIC C Compiler®.....	66
Figura 3.18 – Logo do programa PICKit2®	67
Figura 3.19 – Conector ICSP do PICKit2®	67
Figura 3.20 – Gravadora PICKit2®	67
Figura 3.21 – Kit do Gravador PICKit2®	68
Figura 3.22 – Tela de gravação do programa PICKit2®.....	69
Figura 3.23 – Chave de fim de curso <i>reed-switch</i>	70
Figura 3.24 – Magnetização da chave de fim de curso.....	70
Figura 3.25 – Medidas em milímetros do <i>reed-switch</i>	71
Figura 3.26 – Medidas em milímetros da chave <i>push-button</i>	72
Figura 3.27 – Chaves <i>push-button</i> sem trava.....	72
Figura 3.28 – Medida em milímetros da chave gangorra	73
Figura 3.29 – Chave gangorra redonda azul	73
Figura 3.30 – Placa de fibra de vidro e cobre encapada com papel filme transparente.....	74
Figura 3.31 – Desenho das trilhas de cobre utilizando caneta permanente.....	74
Figura 3.32 – Partes expostas corroídas pelo percloroeto de ferro.....	75
Figura 3.33 – Retirada da caneta utilizando a palha de aço.....	75
Figura 3.34 – Placa terminada com a aplicação do verniz verde.....	76
Figura 3.35 – Sensor de chuva com a presença de gotas de água	76
Figura 3.36 - DC Mabuchi Motor® utilizado.....	77
Figura 3.37 – Medidas em milímetros do motor DC.....	77
Figura 3.38 - G24 Modem da Motorola®.	78
Figura 3.39 – Kit do Modem G24 GMS da iTech®.....	79
Figura 3.40 – Logo do programa Tera Term®	80
Figura 3.41 – Setup da porta serial no Tera Term®	81
Figura 3.42 – Linhas de comando AT e o recebimento da mensagem no celular	82

Figura 4.1 – Apresentação geral do projeto.....	85
Figura 4.2 – Os dois tipos de mensagem SMS que podem ser enviadas.....	86
Figura 4.3 – Topologia do projeto.	87
Figura 4.4 – Logo do programa Proteus ISIS Professional®.	89
Figura 4.5 – Circuito completo do projeto desenhado no Proteus®.....	90
Figura 4.6 – Primeiro circuito construído para o sensor de chuva.	91
Figura 4.7 – Circuito do sensor de chuva final.....	92
Figura 4.8 – Primeiro circuito de Ponte H para o motor DC.....	93
Figura 4.9 – Circuito final de Ponte H para o motor DC.....	94
Figura 4.10 – Circuito de Ponte H para o motor DC.....	95
Figura 4.11 – Ligações das chaves fim de curso e <i>push-button</i>	96
Figura 4.12 – Ligação da chave manual/automático	96
Figura 4.13 – Indicação ótica dos modos manual/automático.....	97
Figura 4.14 – Ligação do MAX232 com o modem GSM e o PIC	98
Figura 4.15 – Código fonte com as diretivas de pré-compilação	99
Figura 4.16 – Código fonte dos protótipos das funções.	99
Figura 4.17 – Código fonte do programa principal	100
Figura 4.18 – Código fonte para os botões abre e fecha no modo manual.....	101
Figura 4.19 – Código fonte para a chave no modo automático.....	102
Figura 4.20 – Código fonte para o envio de SMS de janela aberta	103
Figura 4.21 – Código fonte para o envio de SMS de janela fechada.....	104
Figura 4.22 – Código fonte para controle dos LEDs.....	104
Figura 4.23 – Código fonte para controle do LED vermelho do modo manual.	105
Figura 5.1 – Testes do motor DC fixado na janela	108
Figura 5.2 – Primeira versão do circuito construído para o motor DC.....	108
Figura 5.3 – Versão final do circuito do motor DC.....	109
Figura 5.4 – Chaves <i>push-button</i> ligadas ao PIC.....	109
Figura 5.5 – Chaves <i>microswitch</i> fixadas nas canaletas	109
Figura 5.6 – Primeira versão do circuito construído para o sensor de chuva	110
Figura 5.7 – Versão final do circuito de controle do sensor de chuva	111
Figura 5.8 – Comparação do primeiro com o segundo sensor	112
Figura 5.9 – Chaves <i>Magnetic Reed-Switch</i> coladas na janela.....	112
Figura 5.10 – Teste de envio de SMS pelo terminal Tera Term®.	113

Figura 5.11 – Conector serial DB9 com os pinos soldados.....	114
Figura 5.12 – Placa conversora com PIC, MAX232 e DB9.....	115
Figura 5.13 – Placa com o circuito final completo.....	116
Figura 5.14 – Sete pares de pinos do circuito de controle do PIC	117
Figura 5.15 – Protótipo final com o sensor de chuva antigo.....	118
Figura 5.16 – Protótipo final com o sensor de chuva definitivo.....	118
Figura 5.17 – Protótipo com o circuito final, botões e sensor de chuva antigo.....	119
Figura 5.18 – Protótipo mostrando parte de trás da janela.	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Conexões móveis mundiais da rede GSM e 3GSM.....	36
Quadro 2.2 – Média mensal de ligações feitas e mensagens enviadas nos EUA.....	37
Quadro 2.3 – Contato normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF).....	40
Quadro 2.4 – Posicionamento das chaves da Ponte H e seus resultados.....	50
Quadro 3.1 – Conector DB9 com designação de pinos.....	54
Quadro 3.2 – Significado das nomenclaturas dos pinos do PIC 16F628A.....	62
Quadro 3.3 – Especificações do motor DC	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3G – 3rd Generation, Terceira Geração

A – Ampère, unidade de medida de intensidade de corrente elétrica

AC – Alternating Current

ASCII – American Standard Code for Information Interchange, ou Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação

AT – Hayes AT Commands

Aureside – Associação Brasileira de Automação Residencial

BDC – Brushed Direct Current

bps – Bit per second, unidade de transmissão de dados de bits por segundo.

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CD – Compact Disc

CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano

CD-ROM – Compact Disc Read-Only Memory

CO₂ – Gás carbônico

CPU – Central Processing Unit

CSC – Custom Computer Service®

CTIA – International Association for the Wireless Telecommunications Industry

DB9 – Data Bus 9

DC – Direct Current

DCE – Data Circuit-terminating Equipment

DTE – Data Terminal Equipment

EDGE – Enhanced Data Rates for GSM Evolution

EEPROM – Erasable Electronically Programmable Read Only Memory

EUA – Estados Unidos da América

F – Farad, unidade de capacitância

g – Grama, unidade de medida de massa

GHz – Giga hertz 10^9

GND – Ground, terra, aterramento

GPRS – General Packet Radio Services

GSM – Global System for Mobile Communications

H₂CO₃ – Ácido carbônico

H₂O – Água

HEX – Hexadecimal

I/O – Input/Output

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBI – Intelligent Buildings Institute

ICSP – In-Circuit Serial Programming

IDE – Integrated Development Environment

ITech® – Informat Technology®

KB – Kilobyte

kbit/s – Kilobit por segundo, unidade de transmissão de dados de 1000 bits por segundo.

kbps – Kilobit por segundo, unidade de transmissão de dados de 1000 bits por segundo.

kHz – Kiloherz, unidade de frequência

LED – Light Emitting Diode

MAC OS – Macintosh Computer Operating System

MCU – Microcontrolador

MHz – Mega ou 10^6 hertz, unidade de frequência

mm – Milímetro, unidade de medida

mN.m – Milinewton metro ($1\text{mN} = 0,001$), Newton metro (N.m) unidade para torque

NA – Normal Aberto

NAHB – National Association of Home Builders

nF – Nano Farads, unidade de capacitância

NF – Normal Fechado

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development

ONU – Organização das Nações Unidas

PDIP – Plastic Dual In-line Package

pH – Potential of Hydrogen

PIN – Personal Identification Number

PMDC – Permanent Magnet Direct Current

PWM – Pulse Width Modulation

RAM – Random Access Memory

RISC – Reduced Instruction Set Computer

RoHS – Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances

ROM – Read-Only Memory

rpm – Rotações por minuto, é uma unidade de velocidade angular

RS232 – Recommended Standard 232

SIM – Subscriber Identification Module

SMS – Short Message Service

TCP/IP – Transmission Control Protocol/Internet Protocol

TTL – Transistor-Transistor Logic

UART – Universal Asynchronous Receiver Transmitter

UCP – Unidade Central de Processamento

UIT – União Internacional de Telecomunicações

USART – Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

USB – Universal Serial Bus

V – Volt, unidade de tensão elétrica

VAC – Volt Alternating Current

VDC – Voltage Direct Current

W – Watt, unidade de potência

μ – Micro, um fator de 10^{-6} , unidade de milionésimo

Ω – Ohm, unidade de resistência

RESUMO

Neste trabalho é apresentado um protótipo de automação de uma janela, controlada pelo clima através de um sensor de chuva e envio de SMS via módulo GSM. No projeto apresentado, o controle da janela permite que o manuseio seja manual ou automático. O proprietário da janela tem a possibilidade de controlar o sistema no modo manual com autonomia para abrir ou fechar a janela. No modo automático o sistema tem como prioridade o sensor de chuva e o envio de mensagem SMS. O sensor, quando molhado, comanda o fechamento da janela. Quando o sensor está seco ocorre o inverso, ou seja, a janela é aberta, e assim imediatamente é enviada uma mensagem SMS para o celular do proprietário. A mensagem consta o seguinte texto “NOTIFICAÇÃO: A janela foi fechada.” ou “NOTIFICAÇÃO: A janela foi aberta.” Por fim, para a movimentação da janela é necessário utilizar um motor DC controlado por um microcontrolador PIC.

Palavras Chave: PIC 16F628A, motor DC, sensor de chuva, mensagem SMS, módulo GSM, automação residencial.

ABSTRACT

This project presents a system designed to close a window equipped with a rain sensor which will then send a SMS through a GSM module. The window's control unit allows it to be handled manually or automatically. The owner of the window has the option to control the system manually which gives him the autonomy to close or open the window at will. In the automatic mode the system prioritizes the rain sensor state in order to send the SMS. As the sensor gets wet, commands the closing of the window. However, when the sensor is dry the opposite occurs, the window will open and a notification message will be immediately sent to the owner's phone. The notification message may contain the respective messages "NOTICE: The window has been closed" or "NOTICE: The window has been opened." All in all, a DC motor controlled by a PIC microcontroller was utilized to move the window.

Keywords: PIC 16F628A, DC motor, rain sensor, SMS message, GSM module, home automation.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil as variações climáticas são diversificadas. As estações não são bem definidas. Em suas dimensões continentais, nosso país possui regiões com climas diferenciados. Perante esta situação, o tema a ser estudado trata do desenvolvimento de uma janela automática controlada pela chuva.

Como este projeto depende das condições climáticas, é importante afirmar que Brasília é um lugar que possui características atmosféricas ideais para o projeto proposto, devido à mudança brusca de temperatura que ocorre durante o dia.

Na sociedade competitiva e de consumo em que vivemos nos tempos atuais, com seus perigos, agressões ao meio ambiente, instabilidade de ordem política, social e econômica, manifesta-se como escopo primordial a idéia de possuir um sistema automatizado de integração de energia, comunicação, conforto, segurança pessoal e patrimonial. Para tanto estão em desenvolvimento múltiplas tecnologias digitais capazes de proporcionar incontáveis resultados práticos eficientes, garantidos e invioláveis. Alguns pensamentos arrojados do passado, inviáveis com o conhecimento existente à época, tornaram-se concretos no século XXI em curso. Ao cidadão comum são apresentadas novas tecnologias, e hoje a casa digital já não é um sonho. A janela deslizante constitui-se em um dos componentes vinculados à casa digital moderna.

1.1– Motivação e Posicionamento

Conforto e segurança são objetivos perseguidos pelo homem moderno. Novas tecnologias disponíveis no mercado permitem que a qualidade de vida atinja altos níveis de satisfação, a um preço satisfatório e comedido.

A motivação que leva à busca de novas experiências e bem-estar material fundamenta-se no desejo de tornar a vida mais próxima do ideal de prazer, contentamento e plenitude sócio-econômica.

A construção de uma janela deslizante contribui para a concretização de um projeto que tem em sua essência o objetivo de gerar conforto para os moradores de uma residência.

A motivação para a realização deste projeto surgiu a partir da observação do grande número de chuvas inesperadas que ocorrem em todo território brasileiro. O morador ao deixar as janelas da residência abertas correrá o risco de encontrar os quartos molhados e ainda terá de lidar com situações desagradáveis.

Com o intuito de amenizar este problema e aumentar a segurança, este projeto propõe, por intermédio de um protótipo, a construção de uma janela automatizada. Nesta janela, a chuva é identificada pelo sensor de chuva e, então, a janela se fecha. Assim que o sensor não detectar mais água, a janela se abre, voltando ao seu estado anterior. Além disso, o morador receberá uma mensagem de texto em seu celular para confirmar que sua janela fechou e abriu após o término da chuva.

O projeto se restringe a demonstrar essa solução em forma de protótipo. No entanto, pode ser adequado à realidade com o planejamento prévio em construções que queiram usufruir de janelas automatizadas.

Possivelmente em um futuro próximo, os sistemas automatizados estarão presentes em várias residências, trazendo economia, conforto e segurança para as pessoas.

Para este protótipo, são utilizados materiais de escala reduzida, como por exemplo, um motor DC para simular o fechamento e a abertura da janela. Em projetos residenciais reais as várias janelas utilizariam motores mais potentes.

1.2 – Visão Geral do Projeto

O projeto simula o controle de uma janela deslizante. Este protótipo estabelece que a janela esteja sujeita a fechar e abrir de acordo com a presença/ausência de chuva no ambiente, e que logo em seguida o seu proprietário receba uma mensagem SMS confirmando que a sua janela foi fechada e aberta.

O projeto conta também, com controles para abrir e fechar a janela de acordo com a ação do usuário. Esses botões possibilitam uma maior interação e comodidade do usuário com o sistema, a fim de ter um controle de abertura e fechamento da janela enquanto não estiver chovendo.

Foi necessário utilizar um microcontrolador, que aciona o motor DC, fazendo com que a janela abra ou feche de acordo com a água atuante em um sensor de chuva.

Para interpretar os comandos de abertura e fechamento das janelas e transformá-los em informações capazes de movimentar o motor DC, foi utilizado um microcontrolador PIC 16F628A. Este microcontrolador também é responsável por mandar um sinal para o modem GSM permitindo o envio da mensagem SMS.

A Figura 1.1 ilustra a enumeração dos dispositivos eletrônicos utilizados na montagem do protótipo do projeto.



Figura 1.1 – Dispositivos eletrônicos utilizados no projeto.

Na Figura 1.1 pode-se observar:

- 1 – Janela;
- 2 – Celular;
- 3 – Botão verde (abre) e botão vermelho (fecha);
- 4 – Chave gangorra (automático/manual);
- 5 – PIC 16F628A;
- 6 – Motor DC.
- 7 – MAX232;
- 8 – Chave fim de curso;
- 9 – Modem GSM;
- 10 – Sensor de chuva.

1.3 – Objetivos

Este projeto tem a finalidade de automatizar uma janela residencial utilizando recursos de baixo custo em sua criação. Assim, a construção de uma janela automatizada da forma relatada nesse projeto proporciona um custo benefício melhor do que um sistema já pronto vendido no mercado atualmente. Dessa forma, sempre objetos automatizados são implementados com o intuito de aumentar a comodidade e garantir a segurança do ser humano.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar um protótipo de uma janela automatizada utilizando o motor DC. Esta janela abre e fecha com a simulação de chuva sentida no sensor de chuva. Além disso, com o uso do modem GSM, uma mensagem SMS é enviada toda vez que a janela fechar devido à presença de chuva, ou abrir devido à falta dela. A parte lógica do projeto foi de responsabilidade PIC, tendo toda a programação do funcionamento gravada em sua memória interna.

Para o funcionamento do projeto, algumas tarefas precisam ser executadas, tais como:

- Construir um protótipo simulando uma janela;
- Criar um programa em C para controlar todo o sistema da janela;
- Utilizar um PIC 16F628A para gerenciar a parte lógica do projeto;
- Utilizar um motor DC para abrir e fechar a janela;
- Construir um circuito de ponte H para facilitar o funcionamento do motor DC;
- Utilizar um modem GSM para enviar mensagem SMS;
- Utilizar um MAX232 para possibilitar a comunicação do PIC com o modem;
- Utilizar chaves *push-button* para abrir e fechar a janela no modo manual;
- Utilizar uma chave gangorra para controlar a definição do *status* da janela, ou no modo manual ou no modo automático;
- Utilizar sensores de fim de curso para informar a atual posição da janela, aberta ou fechada;
- Utilizar LEDs para a indicação do *status* da janela, na cor vermelha no modo manual e na cor azul no modo automático;
- Construir um sensor de chuva para a captação da precipitação pluvial;
- Elaborar um circuito de calibração que controla a sensibilidade do sensor de chuva;

1.4 – Definição do Problema

O problema estudado e solucionado nesse projeto de pesquisa teve como objetivo a solução dos transtornos causados por chuvas inesperadas em residências. Em Brasília o clima é inconstante e as mudanças de tempo são imprevisíveis. Assim, o uso de uma janela automatizada em um ambiente residencial acoplada de um sensor de chuva com envio de SMS, facilitaria o trabalho doméstico dos moradores e pouparia possíveis preocupações.

Dentre os diversos tipos de janelas, a janela automatizada que manda mensagem SMS assim que se detecta chuva, usando um motor DC como facilitador do movimento de abrir e fechar a janela, foi a proposta para a resolução do problema relatado neste estudo. A intenção foi explorar um determinado ambiente, que após a simulação da ocorrência de chuva, esta é sempre percebida através do sensor de chuva.

1.5 – Restrições

O escopo do projeto não contempla a abertura e fechamento da janela por meio do envio de mensagem SMS para o modem, somente o recebimento de mensagem de *status* da mesma. Dessa forma, o protótipo não permite a programação e a configuração de forma remota pelo celular.

Para a implementação do sistema desenvolvido tem-se a necessidade de conectá-lo a uma fonte de energia, no entanto este projeto não contempla outros recursos que possibilitem mantê-lo conectado após uma falta de energia, como *no-break*, bateria, geradores ou outras fontes de alimentação.

A principal vantagem deste experimento é evitar a entrada de chuvas indesejadas dentro de residências. Porém este protótipo da janela abordado neste trabalho se limita a isto, não considerando assim outros aspectos de segurança que podem vir a ser questionados.

Uma questão de segurança não aplicada ao projeto seria a possibilidade de obstáculos exteriores interferirem no deslizamento da janela. Como exemplo podemos citar o caso de um gato doméstico permanecer no vão da janela. Assim sendo, se a janela for acionada, o motor tentará fechá-la sem parar até que o processo seja bem sucedido. Nesse momento o PIC identificará que as chaves fim de curso foram acionadas.

Outra questão de segurança não abordada é a possibilidade de intrusão de pessoa desconhecida não autorizada, no caso de o usuário deixar a janela no modo automático e essa permanecer aberta toda a noite, por não haver precipitação de chuva. Assim, se o sensor de chuva ficar seco, a janela permanece aberta. Nesse caso, outros itens de segurança devem ser acoplados na janela, como grades de ferro para proteção ou alarmes contra estranhos. Porém, se esse sistema de janela automatizada for implantado em prédios altos, ficam dispensados tais elementos de segurança.

O protótipo desenvolvido para a janela não possui trava de segurança, portanto, a janela não contém tranca. Sendo assim, a janela não pode ser travada ou fechada com chave, caso haja alguma necessidade particular do proprietário.

O problema de comunicação das operadoras também não foi abordado neste projeto. Destaca-se na proposta do sistema o envio da SMS alertando o usuário que sua janela foi fechada ou aberta. Com isso, a entrega correta da SMS encontra-se em destaque nos objetivos do projeto. Dessa forma, o atraso na chegada de mensagens ao celular do proprietário, e até em raros casos a não chegada delas, não é tema do escopo desse projeto.

1.6 – Diagrama de Blocos

A Figura 1.2 ilustra o diagrama de blocos deste projeto onde se pode observar que os componentes eletrônicos principais estão ligados ao PIC.

O quadro representa o controle de uma janela deslizante com sensor de chuva que envia mensagens SMS. O programa desenvolvido neste sistema foi gravado no PIC, desta forma, este controla toda a lógica de funcionamento do projeto.

O diagrama de blocos representa de forma objetiva a composição geral do projeto. Em destaque encontra-se o quadrado pontilhado que realça a parte desenvolvida e implementada pela autora. Esta parte enfatizada pelo diagrama será explicada e detalhada ao longo desta monografia.

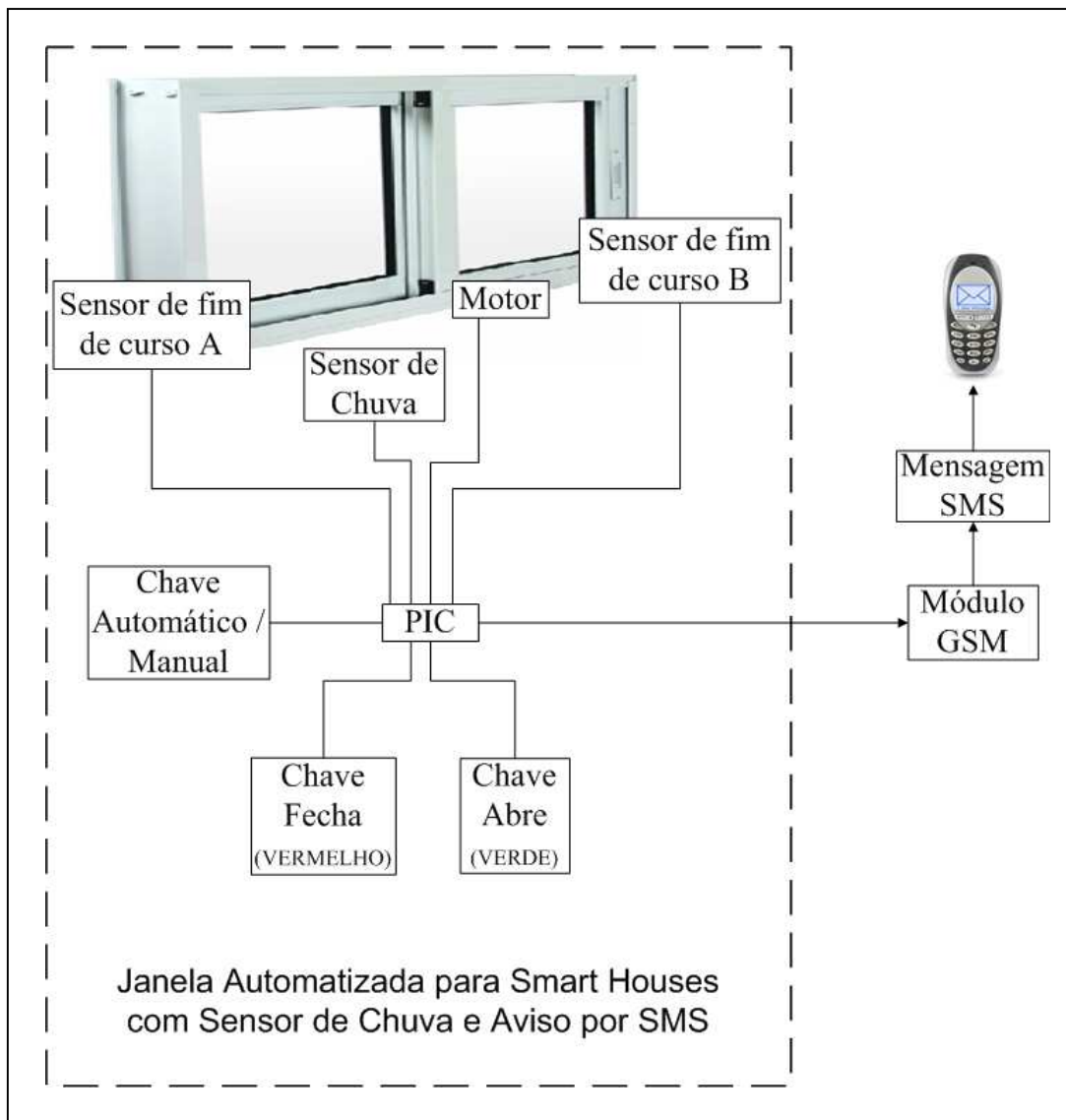


Figura 1.2 – Diagrama de blocos do projeto.

1.7 – Metodologias

Para a realização da montagem do protótipo, foram utilizadas diversas fontes bibliográficas sendo as principais: livros, revistas, sites de internet, monografias e artigos científicos. Foram feitos também vários estudos e testes em cima de componentes eletrônicos, linguagens de programação e softwares para a análise dos melhores componentes digitais e dispositivos utilizados na implementação.

Para atingir os objetivos propostos, utilizaram-se vários componentes mecânicos e eletrônicos. O principal componente para garantir o correto funcionamento do sistema foi o PIC 16F628A.

Outro dispositivo de extrema importância foi o sensor de chuva, que capta a presença de água instantaneamente e informa imediatamente para o microcontrolador.

1.8 – Estrutura da Monografia

Esta monografia é composta de 8 capítulos, iniciando com a INTRODUÇÃO, que apresenta a motivação do projeto, suas restrições, os principais objetivos, a metodologia de pesquisa, o diagrama de blocos e também toda estrutura desse trabalho.

No capítulo 2 são apresentados os FUNDAMENTOS TEÓRICOS, com descrição dos principais assuntos abordados fazendo menção aos conceitos de domótica, *Smart Houses*, *Smart Buildings*, janelas automatizadas, rede GSM, mensagens SMS, *SIM Card*, chaves eletromecânicas, motor elétrico e PIC 16F628A, abordando esses assuntos de maneira que se adéquem ao objetivo final proposto por esse trabalho de pesquisa.

No capítulo 3 encontra-se a DESCRIÇÃO DO HARDWARE utilizado em todo o projeto. É detalhada a especificação dos componentes do kit de controle de comunicação serial, configuração do PIC, detalhamento das chaves, do sensor de chuva e do motor DC, bem como a configuração do modem GSM utilizado no projeto.

No capítulo 4 é apresentado o detalhamento da IMPLEMENTAÇÃO da proposta de resolução. É explicada a topologia, os circuitos construídos e o código fonte desenvolvido para a solução do problema.

No capítulo 5 são apresentados os TESTES E RESULTADOS da solução proposta para o problema. É mostrada a descrição da área de aplicação do projeto, a apresentação do circuito completo na placa final e o protótipo concluído.

O capítulo 6 apresenta a CONCLUSÃO. Este capítulo marca o encerramento da monografia, com a avaliação global do projeto e as dificuldades encontradas. Dessa forma, foram apresentadas propostas para trabalhos futuros, bem como recomendações e sugestões para o prosseguimento de trabalhos realizados neste segmento.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para o correto entendimento do projeto e seu desenvolvimento, são necessários alguns conhecimentos a respeito da teoria. Neste capítulo são apresentados ao leitor os fundamentos teóricos para o correto entendimento do projeto como: conceitos de automação, janelas automatizadas no mercado atual, a rede GSM, mensagens SMS, SIM Card, chaves eletromecânicas, motor elétrico, o PIC 16F628A e o sensor de chuva. A compreensão desses tópicos introdutórios e a percepção do seu relacionamento com o projeto é fundamental para o entendimento do todo.

2.1 – Teoria da Automatização

O trabalho traz um estudo sobre a domótica e suas principais funções. Com o propósito de melhorar a qualidade de vida, reduzir o trabalho doméstico, aumentar o bem-estar e a segurança.

2.1.1 – Automação Residencial

Automação residencial, também conhecida como domótica, transforma a expressão conforto do lar em sinônimo de praticidade e de comodidade *higt-tech* e conquista cada vez mais usuários (FIGUEROLA, 2006, p. 84).

Alievi (2008, p. 16) explica que “o termo domótica resulta da junção da palavra *domus* (casa) com robótica (controle automatizado de algo)”. A utilização desse sistema simplifica a vida diária das pessoas, satisfaz as necessidades de comunicação, de conforto e segurança.

Foi criada a Domótica, que é responsável pela automação predial e possibilita um gerenciamento de equipamentos. A demanda por segurança, gestão e controle, redução de custos e bem-estar traz os sistemas domóticos para mais perto da sociedade.

De acordo com Sena (2005, p. 15) a década de 70 é considerada um marco importante na história da automação, quando são lançados nos EUA os primeiros módulos inteligentes de automação, os chamados X-10. O protocolo X-10 é uma linguagem de comunicação que permite que produtos compatíveis se comuniquem entre si através da linha elétrica existente.

O mercado de automação residencial cresce rapidamente no Brasil e a tendência, segundo os especialistas, é que o conceito atinja parcelas cada vez maiores da população.

Conforme Figuerola (2006) a automação residencial já não é mais um privilégio exclusivo da classe A. Mas ainda está longe de ser popularizada, apesar de já ter sido empregada em um conjunto habitacional da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano), do Estado de São Paulo.

De acordo com Figuerola (2006) na automação residencial, o conceito de integração entre diferentes sistemas permite maior conforto, comodidade e segurança nos lares. Os sistemas mais usados, segundo os especialistas, são os de segurança, iluminação, áudio e vídeo.

Além do conforto e comodidade, a automação residencial aumenta a vida útil de produtos como lâmpadas e gera economia na conta de energia elétrica. Porém, segundo Canato (2007), “o diferencial é oferecer aos clientes uma infra-estrutura de automação de modo a permitir que o morador possa adequar o conforto e a segurança às suas necessidades e ao seu orçamento”.

“A casa digital não é a casa do futuro, mas do presente. Nela já utilizamos todos os recursos possíveis da eletrônica, da computação, das telecomunicações, da internet, dos sensores e das redes com fio e sem fio.” (SIQUEIRA, 2008, p. 159).

2.1.2 – Smart Houses

O Sistema *Smart House*, também conhecido como Casa Inteligente, foi criado nos Estados Unidos, na segunda metade dos anos oitenta, pela *Smart House Limited Partnership*, para *National Association of Home Builders* (NAHB) conforme (Sena, 2005, p. 30).

De acordo com (NUNES, 2006) o conceito de Casa Inteligente apareceu na década de 80, associado sobretudo ao setor dos serviços. A principal motivação era obter economia na gestão da energia e fornecer novas facilidades aos seus utilizadores, principalmente nas áreas do conforto, da segurança e das comunicações.

2.1.3 – Smart Buildings

O conceito de *Smart Building* ou “Edifício Inteligente” apareceu nos EUA por volta da década de 80. De acordo com Camargo & Neves (2002, p. 2), “um Edifício Inteligente é “aquele que utiliza a tecnologia para diminuir os custos operacionais, eliminar os desperdícios e criar uma infra-estrutura adequada para aumentar a produtividade dos usuários”.

Nos Estados Unidos a Intelligent Buildings Institute (IBI) define *Smart Building* como: “aquele que oferece um ambiente produtivo e econômico através da otimização de quatro elementos básicos: estrutura, sistemas, serviços e gerenciamento; bem como das inter-relações entre eles”. Dessa forma, um Edifício Inteligente promove a transferência de dados de um sistema para outro.

De acordo com Camargo & Neves (2002, p. 3), o conceito de Edifício Inteligente começa a ser utilizado no Brasil a partir de 1986 com a inauguração do Edifício Citicorp/Citibank, localizado em São Paulo. Tratava-se do primeiro grande edifício de escritórios com destacado nível de monitoramento e controle energético.

2.2 – Janelas automatizadas existentes no mercado

Existem várias empresas no mercado que disponibilizam a venda de automações em janelas. A maioria dessas empresas utiliza motores como o meio para a automatização de abrir e fechar as janelas.

Algumas empresas disponibilizam a venda das janelas com controle remoto ou com chaves para abrir ou fechar a janela, outras também oferecem sensor de luz, sensor de vento e sensor de chuva, visando acabar com o problema decorrente de chuvas em residências e também em automóveis.

Segundo Matos (2009, p. 6), algumas empresas como a Euro Centro Abitare with Stile (página na web: <http://www.eurocentro.com.br>) oferecem serviços de janela automatizada, porém os preços não são acessíveis. Conforme o site desta empresa, o valor da venda de uma janela com motor e com dimensões de 55 cm por 98 cm seria maior que quatro mil reais.

A empresa Cristal Line (página na web: <http://www.cristallinevidros.com.br>), localizada na cidade de Santo André em São Paulo, disponibiliza no mercado desde 2008 janelas e portas automatizadas com motor Bosch para abertura e fechamento, e com sensores de chuva e iluminação.

A janela da Cristal Line, mostrada na Figura 2.1, foi desenvolvida através de programação computacional, com sistema PIC, suas funções são armazenadas em microprocessadores onde todas as informações são direcionadas ao sistema eletrônico. Fecha automaticamente quando o sensor de chuva entra em contato com água e abrindo quando o

sensor secar. E também fecha automaticamente quando o sensor de luminosidade não captar luz abrindo quando o dia clarear.

O controle para abertura e fechamento da janela da Cristal Line pode ser feito através das setas no teclado embaixo do visor em cristal líquido e através de controle remoto. Possui sistema automático e manual, timer, e *No Break*.



Figura 2.1 – Janela da Cristal Line automatizada.

(FONTE: Cristal Line, 2008)

A empresa Weiku (página na web: <http://www.weiku.com.br>) possui janelas e persianas automatizadas para a venda onde são acionadas por motores, com o uso de controle remoto ou chave, como pode ser observado na Figura 2.2.



Figura 2.2 – Janelas e persianas automatizadas.

(FONTE: Weiku, 2010, p. 24)

A empresa DryLanai (página na web: <http://www.drylanai.com>) disponibiliza a venda de sensores de chuva automatizados para residências, segundo é constatado na Figura 2.3. O sistema da DryLanai é wireless, este detecta a chuva e fecha automaticamente janelas e

persianas. Assim que a primeira gota de chuva é detectada, um sinal sem fio é enviado à central Wall Controller, que permite o fechamento da janela. O sensor possui dimensões de 6,5 cm de altura e 4,5 cm de diâmetro na base, e vem com uma bateria que dura até cinco anos. A empresa afirma que o sensor é inteligente, e que somente gotas de chuva real podem ativar o sensor.



Figura 2.3 – Sensor de chuva automatizado.

(FONTE: DryLanai, 2010)

São fabricados na China vários produtos eletrônicos que estão à venda no *site Alibata.com*. A vendedora Anggie Li, da empresa Guangdong Galuminium Group, colocou à venda, no *site*, um *kit* com sensor de chuva e com sensor de vento, ajustáveis a janelas de várias posições e alturas. Estes sensores podem ser vistos na Figura 2.4, porém o sensor de chuva pode ser observado com maior clareza.



Figura 2.4 – Janela com sensor de chuva e de vento automatizados.

(FONTE: Alibaba, 2010)

A janela construída no projeto do aluno Bruno Moreira Matos no ano de 2009 da Engenharia da Computação do UniCEUB, cujo título é Janela Residencial Automatizada, também deve ser citada neste trabalho. Esta janela pode ser observada na Figura 2.5.

A janela abordada abre e fecha com o uso de um motor de passo, possuem no modo manual botões para o seu acionamento, e no modo automático seu funcionamento é comandado pelo sensor de chuva confeccionado pelo próprio autor.



Figura 2.5 – Janela residencial automatizada do aluno Bruno Matos.

(FONTE: Matos, 2009, p. 66 e 68)

2.3 – Características da janela construída

A janela construída no projeto possui dimensões que simulam a realidade de uma janela de 32 cm de altura, 49 cm de comprimento e 5,5 cm de largura. O material usado para a confecção da janela foi a madeira mogno, de acordo com a Figura 2.6.



Figura 2.6 – Janela deslizante construída para o projeto.

Elaborada em madeira de lei, a janela tem dimensões reduzidas, porém com proporções harmônicas. Simula, nessas medidas, como funcionaria uma janela de tamanho real. Sua cor é marrom acastanhado. Possui uma plataforma retangular também em mogno, que serve de sustentação para a estrutura principal. A plataforma está apoiada em quatro suportes de plástico aderentes com cerca de 1 cm de altura, permitindo a passagem dos fios do sensor de fim de curso entre o piso e a base.

A janela tem duas portas uma fixa e uma deslizante que se movimenta sobre um trilho de plástico. O trilho utilizado para a movimentação do motor foi tirado da gaveta de uma leitora de CD-ROM da CPU de um computador, como é constatado na Figura 2.7.

A porta móvel possui um orifício localizado em sua área central permitindo sua movimentação manualmente pelo proprietário, quando ocorrer uma pane na rede elétrica.



Figura 2.7 – Trilho da gaveta da leitora de CD utilizado na janela deslizante.

2.4 – Telefonia Celular

Para a finalidade do trabalho proposto foi necessário relacionar o funcionamento da janela com a necessidade do uso da telefonia celular para o recebimento das mensagens SMS.

Conforme divulgação feita em setembro de 2010 pela doutora Susan Teltscher na União Internacional de Telecomunicações (UIT), há muitos países nos quais a penetração do celular alcança 200% da população, ou seja, há dois aparelhos por pessoa. Ela relatou ainda que a penetração dos celulares nos países em desenvolvimento chegará a 68% da população até o fim deste ano.

Eduardo Tude, presidente da consultoria Teleco - Inteligência em Telecomunicações, prevê para o fim do ano que o número de acessos de telefonia móvel no Brasil ultrapasse o total de pessoas. O Brasil deve fechar o ano com cerca de 200 milhões de celulares, para uma

população de 193,2 milhões. Porém isso não quer dizer que todas as pessoas terão telefones. O que acontece é que cada vez mais consumidores têm dois ou mais *chips*, principalmente pré-pagos, interessados em aproveitar a melhor promoção em vigência. Entretanto ele afirma através da (Revista Veja, 2010) que será cada vez mais difícil para as operadoras ganharem receita com o crescimento dos acessos, pois a receita de voz está caindo, e outras utilidades do celular como o SMS estão em ascensão.

De acordo com a UIT, estima-se que no final deste ano haverá 5,3 bilhões de assinaturas de telefones celulares no mundo, sendo que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) estima que existam quase 8 bilhões de pessoas no mundo. Hoje, o acesso às redes de celular está disponível para nove em cada dez habitantes do mundo e para oito em cada dez pessoas nas zonas rurais.

2.4.1 – Rede GSM

Segundo o *site* (GSM World, 2010) a rede GSM (Global System for Mobile Communications) é: “uma tecnologia digital para celular usada para transmissão de voz e serviços móveis de dados. Suporta chamadas de voz e dados como, por exemplo, o SMS em velocidades de transferência de até 9.6 *kbps*.”

Sabendo que a rede GSM tem uma expansão dominante na maior parte do globo, a capacidade do sinal internacional do GSM em mais de 218 países permite aos usuários manter os mesmos serviços em casa ou no exterior.

As redes terrestres GSM agora abrangem mais de 80% da população do mundo. O Quadro 2.1 mostra o número de conexões móveis mundiais das redes GSM e 3GSM. O sinal GSM via satélite também ampliou o acesso de serviços em áreas onde a cobertura terrestre não era disponível conforme o site (GSM World, 2010).

Conexões Globais GSM e Conexões Móveis 3GSM
4.710.604.239
Numeração apenas indicativa, dados coletados pela empresa Wireless Intelligence. Não é um dado preciso, não é aceito para uso de propostas legais. Dado atualizado em 22 de novembro de 2010.

Quadro 2.1 – Conexões móveis mundiais da rede GSM e 3GSM,
(FONTE: GSM World, 2010)

2.4.2 – SMS

Conforme constatação de pesquisa (Portio Research Ltd., 2009, p. 22), a popularidade dos SMS (Short Message Service) é indiscutível no mercado de comunicações móveis de todo o mundo. O SMS é barato, fácil de usar, não requer aparelhos caros para usá-lo, não precisa de serviço especial nas operadoras, e é uma forma discreta para se comunicar. Depois da voz, SMS é o serviço mais difundido no mercado móvel mundial.

De acordo com Asay (2008), “o SMS não tem o bombardeio de mensagens igual o *Twitter*, nem o comprimento extenso de um e-mail”. Dessa forma, possui um tamanho adequado de apenas 160 caracteres por texto, ideal para uma comunicação rápida. A mensagem de texto é pessoal, direta e é praticamente garantida a sua chegada ao destinatário. O SMS é eficaz, porque a maioria das pessoas carrega seus celulares consigo para todos os lugares.

Segundo a pesquisa da Nielsen Wire (2008), os usuários de telefonia celular americana enviaram mais mensagens de texto do que fizeram chamadas telefônicas. A pesquisa de 2008 mostrou que cada americano, em média, enviou e recebeu 357 mensagens de texto por mês, e fez ou recebeu 204 telefonemas por mês. A estatística é uma clara indicação de que os americanos aderiram em massa à mensagem de texto SMS.

Em média, conforme a Quadro 2.2 os adolescentes americanos obtiveram a maior discrepância nas quantidades de SMS e ligações. Os jovens estadunidenses entre 13 e 17 anos enviaram em média 1.742 mensagens de texto por mês cada um e fizeram apenas 231 ligações mensais.

Idade	Média do número de ligações feitas mensalmente	Média do número de SMS enviadas mensalmente
Até 12 anos	137	428
13 – 17 anos	231	1742
18 – 24 anos	265	790
25 – 34 anos	239	331
35 – 44 anos	223	236
45 – 54 anos	193	128
55 – 64 anos	145	38
Maior de 65 anos	99	14
Pesquisa: <i>The Nielsen Company</i> (de 01/01/2006 até 30/06/2008)		
Observação: Os dados incluem apenas os assinantes dos E.U.A		

Quadro 2.2 – Média mensal de ligações feitas e mensagens enviadas nos EUA.

(FONTE: Nielsen Wire, 2008)

De acordo com a pesquisa da Portio Research Ltd (2009, p. 24), observou-se a explosão das mensagens de texto SMS. No ano de 2008, os SMS geraram 89 bilhões de dólares em receitas em todo o mundo, e esse número promete passar a marca de 100 bilhões de dólares em 2010.

Conforme foi informado em setembro de 2010 na União Internacional de Telecomunicações (UIT), ligada à Organização das Nações Unidas (ONU), quase 200 mil mensagens de celular são enviadas a cada segundo no mundo todo. O número de mensagens SMS enviadas triplicou entre 2007 e 2010, ultrapassando os 1,8 trilhão registrados há três anos e atingindo os 6,1 trilhões no início deste ano de 2010.

Para a operadora com mais clientes do mundo, a China Mobile, as mensagens de texto representaram 12% da receita total em 2009. De acordo com a UIT, o custo médio por mensagem de texto no mundo é de 0,07 dólar, o envio de SMS produz por minuto, cerca de 812 mil dólares para as empresas do setor.

2.4.3 – SIM Card

A denominação SIM é uma sigla inglesa que significa *Subscriber Identity Module*, ou seja, módulo de identificação do assinante. Conforme Higashi (2010), o cartão SIM é “fisicamente feito de plástico, ou seja, é um pequeno cartão magnético portátil”.

O cartão SIM também conhecido popularmente como *chip* é um circuito impresso do tipo *smart card*. É utilizado para identificar, controlar e armazenar dados de telefones celulares de tecnologia GSM. Foi apresentado ao mundo na década de 80, mas foi com a contribuição do GSM que foi possível a difusão do sucesso do *SIM Card*, pois colaborou para tornar este mais eficiente, barato e menor (HIGASHI, 2010).

O cartão SIM mais popular atualmente possui 128 KB de memória e 25 mm x 15 mm de tamanho, de acordo com Figura 2.8. Sua finalidade básica, como seu próprio nome diz, é identificar e diferenciar assinantes do sistema global móvel de telefonia celular. Além de identificar unicamente cada assinante, os *SIM Cards* protegem as ligações telefônicas através da criptografia e autenticação ativa, conseqüentemente reduzindo as fraudes (LORENZONI, 2006, p. 60).



Figura 2.8 – SIM Cards utilizados para testes de envio de SMS no projeto.

Segundo Lorenzoni (2006, p. 60), a memória do cartão SIM é do tipo EEPROM e nela ficam armazenados não só o número de telefone ID único e universal, mas todas as configurações de dados, como informações do assinante, agenda de contatos, preferências, configurações, serviços contratados, SMS e outras informações. Além disso, a troca da linha telefônica para um novo aparelho hoje é simples, basta colocar o *SIM Card* em uso no novo celular comprado.

2.5 – Chaves

As chaves, segundo Ribeiro (2001, p. 20), “são componentes eletromecânicos utilizados para ligar, desligar ou direcionar a corrente elétrica, por meio de um acionamento mecânico, manual ou automático”. Dessa forma, tem como características ideais uma alta velocidade, alta confiabilidade, pouco consumo de energia elétrica e um baixo custo. No mercado existem vários fabricantes e modelos de chaves que podem ser utilizadas em sistemas automatizados.

2.5.1 – Chave *push-button*

Conhecida também como chave tipo botoeira ou chave sem retenção. Funciona por impulso. A chave é ativada quando o botão é pressionado e é desativada quando se solta o botão. Segundo Alievi (2008, p. 36), “a desativação ocorre por ação de uma mola interna”, que é usada para fazer o botão voltar à sua condição inicial.

O dispositivo só permanece acionado mediante aplicação de uma força externa. Cessado o pressionamento na chave, o contato do dispositivo volta à situação anterior.

O Quadro 2.3 mostra que as chaves *push-button* podem ter contato normalmente aberto (NA), ou normalmente fechado (NF) (ALIEVI, 2008, p. 36).

Chave de Impulso	Desativado	Ativado
NA		
NF		

Quadro 2.3 – Contato normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF).

(FONTE: Franchi & Camargo, 2008)

“Quando se aperta o botão de acionamento, o elemento de comando atua contra a força da mola, interligando eletricamente a conexão normalmente aberta (NA) e desconectando a normalmente fechada (NF)”. (Rosário, 2005, p. 59). Na Figura 2.9 mostra o funcionamento da chave *push-button*.

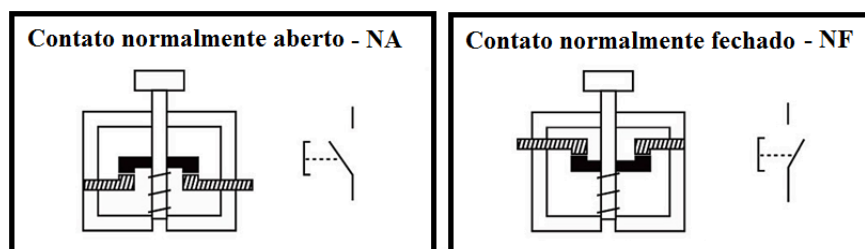


Figura 2.9 – Funcionamento da chave *push-button*.

(FONTE: Rosário, 2005, p. 60)

2.5.2 – Chave gangorra

Conhecida também como *toggle*, chave liga-desliga, chave com retenção ou chave com trava. É um dispositivo que uma vez acionado, seu retorno à situação anterior acontece somente por meio de um novo acionamento, como pode ser observado na Figura 2.10.

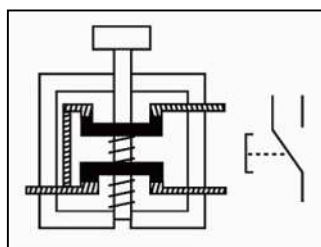


Figura 2.10 – Funcionamento da chave com trava.

(FONTE: Rosário, 2005, p. 60)

Segundo Alievi (2008, p. 36), o botão com trava é ativado quando o mesmo é pressionado, permanecendo assim, mesmo após cessar a pressão inicial. Quando for novamente pressionado, o botão então retornará ao estado inicial de repouso. A trava memoriza a sua condição, ou seja, apenas se pressionada a chave mudará de condição de aberto para fechado, ou vice-versa. A chave pode ter contatos normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF), como ilustrado na Figura 2.11.

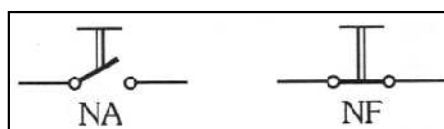


Figura 2.11 – Contatos NA e NF com retenção.

(FONTE: Franchi & Camargo, 2008)

2.5.3 – Chave fim de curso

As chaves de fim de curso são chamadas também de *switches* e geralmente são auxiliares de comando e de acionamento.

O interruptor de lâminas também conhecido como *reed-switch*, compõe-se de duas lâminas pequenas de ferro próximas, contidas em um pequeno invólucro de vidro. Ao se aproximar de um ímã, as duas lâminas se encostam, deslocando apenas alguns milímetros para fechar o contato. Esse dispositivo é usado como alarme de portas e janelas, e como chaves de fim de curso (ROSÁRIO, 2005, p. 61).

Os sensores magnéticos são compostos por um contato feito de material ferromagnético que é acionado ou fechado na presença de um campo magnético, ou seja, quando um ímã passa por perto. O princípio de funcionamento é simples: quando um ímã se aproxima do sensor, o campo magnético atrai as chapas de metal, fazendo com que o contato elétrico se feche. Esses sensores, muito utilizados para detectar o fim de curso em sistemas automatizados (AQUAHUB, 2010).

As chaves de fim de curso conforme Rosário (2005, p. 63), são aplicadas para detectar o fim do movimento de um objeto. Seu princípio de funcionamento é muito simples: trata-se de uma chave eletromecânica convencional que opera somente em on/off e que apresenta duas formas gerais de operação, normalmente aberta (NA) e normalmente fechada (NF). Na Figura 2.12 mostra um desenho conceitual de uma chave de fim de curso.

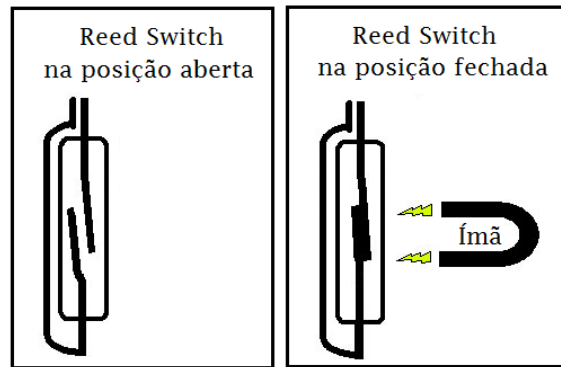


Figura 2.12 – Conceito de uma chave de fim de curso.

(FONTE: AquaHub, 2010)

As chaves fim de curso geralmente servem de controle, sendo utilizadas para determinar a posição de objetos. Elas sinalizam o início ou fim de um determinado movimento e quando acionadas fecham contato liberando o fluxo de energia.

De acordo com Pazos (2002, p. 150), este tipo de *switches* tem a grande vantagem de, além de serem mecanicamente muito simples, são pequenos e não precisam fazer contato físico com a peça a monitorar. A desvantagem é, obviamente, que essa peça deve ser um ímã ou pelo menos deve ter um ímã inserido nela para ativar o *reed-switch*.

2.6 – PIC

O PIC é um circuito integrado que em um único dispositivo contém todos os circuitos necessários para realizar um completo sistema digital programável. Um microcontrolador (MCU) é um componente que possui microprocessador, memória e periféricos no mesmo encapsulamento (ZANCO, 2005, p. 33).

2.6.1 – Microchip®

Os microcontroladores da família PIC® são fabricados pela empresa Microchip Technology Inc® conforme Figura 2.13.



Figura 2.13 – Logo da marca Microchip Technology®.

De acordo com Zanco (2005, p. 11), “a Microchip® é uma empresa americana com uma filosofia interessante: seu objetivo é vender *chips*.” Assim, fornece a suíte de desenvolvimento MPLab IDE® gratuitamente, e também, notas de aplicação com exemplos e códigos funcionais.

No site do fabricante (<http://www.microchip.com>) encontra-se todos os *datasheets* dos microcontroladores fabricados pela Microchip®, juntamente com suas características principais, como frequência máxima do clock, quantidade de memória RAM, EEPROM, Flash, número de pinos, e outros (ZANCO, 2005, p. 33).

2.6.2 – Características gerais

Os PICs são versáteis, compactos, rápidos, poderosos e de fácil aprendizagem (ZANCO, 2005, p. 36).

De acordo com Pereira (2004, p. 99), as principais características são: baixo custo, facilidade de programação, grande diversidade de periféricos internos e excelente velocidade de execução.

O microcontrolador é definido em Souza (2005, p. 21) como “um pequeno componente eletrônico, dotado de uma inteligência programável, utilizado no controle de processos lógicos.”

Segundo Zanco (2005, p. 30), o microcontrolador é uma CPU de pequeno porte, capaz de executar um conjunto de tarefas denominadas instruções.

Souza (2005, p. 22) assevera que “em uma única pastilha de silício encapsulada, existem todos os componentes necessários ao controle de um processo”. Dessa forma, o microcontrolador está provido internamente de memória de programa, memória de dados, portas de entrada, saída paralela, *timers*, contadores, comunicação serial, PWMs, conversores analógico-digitais entre outros.

2.6.3 – Programação de PICs em C

Para Pereira (2005, p. 18), “o uso da linguagem C permite a construção de programas e aplicações muito mais complexas do que seria viável utilizando apenas o *Assembly*.” Além disso, permite uma grande velocidade na criação de novos projetos, devido às facilidades de programação e à sua portabilidade.

Conforme Pereira (2005, p. 18), a linguagem C “é considerada uma linguagem de alto nível eficiente, pois permite que o programador preocupe-se mais com a programação da aplicação.” Outro aspecto favorável da utilização da linguagem C é a sua eficiência, pois permite adaptar programas de um sistema para outro.

Atualmente a maioria dos microcontroladores disponíveis no mercado conta com compiladores de linguagem C para o desenvolvimento de software. Portanto o compilador assume as tarefas de controle e localização das variáveis, operações matemáticas e lógicas, verificação de bancos de memória, entre outras (PEREIRA, 2005, p. 18).

2.7 – Motores elétricos

Conforme Braga (2009), os motores elétricos fazem parte de uma grande quantidade de equipamentos que encontramos no dia-a-dia. “Nos últimos tempos, com a união crescente de eletrônica à mecânica na criação de dispositivos mecatrônicos, os motores aparecem cada vez mais em maior quantidade e com uma variedade de tipos até então nunca vista.”

Os motores elétricos, segundo Braga (2009), são “transdutores que convertem energia elétrica em energia mecânica”. De acordo com Pazos (2002, p. 184), essa “energia mecânica é desenvolvida através da rotação de um eixo que gira com uma determinada velocidade e torque.”

Pazos (2002, p. 185) ainda afirma que existem diferentes tipos de motores elétricos de acordo com o tipo de energia elétrica utilizada. Entre os principais: motores AC, que operam com corrente alternada e motores DC, que operam com corrente contínua.

2.7.1 – Motor DC de corrente contínua (CC)

De acordo com Francisco (2009, p. 3), “o motor DC convencional é uma máquina que tem como principal característica o controle preciso da velocidade.” Porém suas desvantagens são o seu custo, mais elevado que um motor AC para a mesma potência, uma maior manutenção e o fato de os seus enrolamentos não poderem ser alimentados diretamente da rede elétrica.

A corrente contínua encontra aplicação em vários setores industriais, como por exemplo: instalações de eletroquímica, carregamento de baterias de acumuladores, tração

elétrica, eletromagnetos industriais, satélites artificiais e foguetes espaciais (MARTIGNONI, 1987, p. 1).

De acordo com Fitzgerald, Kingsley & Umans (2008, p. 343), as máquinas CC “caracterizam-se por sua versatilidade e pela relativa simplicidade dos seus sistemas de acionamento.”

Segundo Toro (1994, p. 325), “o motor DC oferece uma vasta gama de controle de velocidade e torque, assim como excelente aceleração e desaceleração.” Portanto é freqüentemente solicitado na indústria por causa de seu elevado grau de flexibilidade e facilidade de controle.

“Há três tipos de motores DC correspondente aos três tipos de geradores: motor em derivação (*shunt*) ou paralelo, motor em série, e motor composto aditivo (*compound*)” (MAGALDI, 1969, p. 343).

Os motores de corrente contínua estão compostos por duas partes básicas: uma fixa e outra rotatória.

A primeira é fixa, sem movimento, chamada de estator. Está destinada a produzir um campo magnético constante, seja com um eletroímã ou com um ímã permanente.

A segunda é rotatória, chamada de rotor, e tem um bobinado através do qual circula a corrente elétrica contínua.

O estator produz um campo eletromagnético constante. Assim, quando uma corrente circula através da bobina do rotor, se produz uma força que tende a movimentar os condutores da bobina do rotor. Já o comutador é que troca o eletroímã, o campo de posição, para o motor funcionar (PAZOS, 2002, p. 191).

De acordo com Pazos (2002, p. 185), os motores de corrente contínua têm um par de terminais que devem ser ligados em uma fonte de alimentação. A polaridade da fonte é que determina o sentido de rotação do eixo do motor, e seu movimento é suave e contínuo.

O motor DC gira continuamente quando é aplicada uma tensão contínua e gira ao contrário quando muda a polaridade. Dependendo da tensão se consegue mais velocidade.

Na Figura 2.14 ilustra-se o princípio de funcionamento da rotação dos motores DC de corrente contínua. O rotor tem comutador, escovas e ranhuras para os enrolamentos.

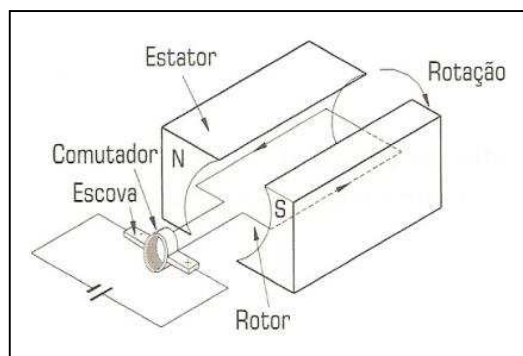


Figura 2.14 – Princípio de funcionamento do motor de corrente contínua.

(FONTE: Pazos, 2002, p. 192)

2.7.2 – Motor DC de ímã permanente

Os motores de ímã permanente também são conhecidos como *Permanet Magnet Direct Current Motor* (PMDC) ou *Brushed Direct Current Motor* (BDC).

Francisco (2009, p. 18) relata que os motores DC de ímãs permanentes são utilizados em uma ampla variedade de aplicações de baixa potência, como por exemplo: pequenos eletrodomésticos, carros elétricos, comboios elétricos e em uma infinidade de outros brinquedos e equipamentos.

Conforme Braga (2008), a tecnologia de motores de ímãs permanentes está disponível no mercado desde os anos 90. No entanto, tais motores quando lançados, enfrentaram o problema do elevado custo dos ímãs permanentes usados nos seus rotores. Desde então, o surgimento de novas tecnologias levaram a criação de ímãs mais potentes e mais baratos.

De acordo com Pazos (2002, p. 198), a vantagem desse tipo de motor é o fato de garantir um campo magnético constante, além de ter um volume reduzido.

Outra vantagem deste tipo de motor é que eles têm alta indutância, alta inércia e baixo custo (PAZOS, 2002, p. 198).

A Figura 2.15 mostra a estrutura interna de um motor DC de ímã permanente com indicação das suas principais partes e seus respectivos nomes.

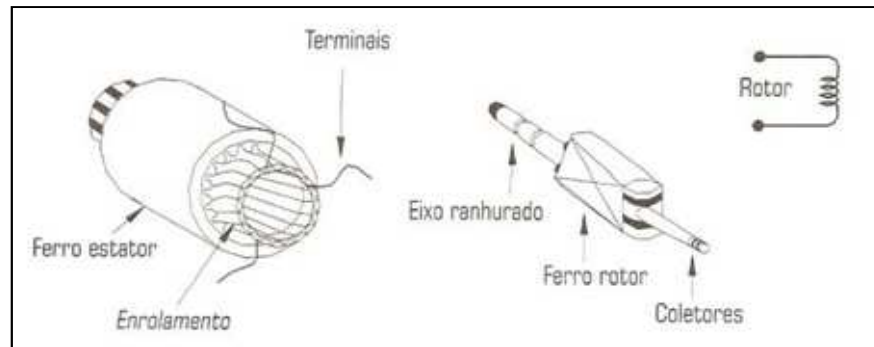


Figura 2.15 – Estrutura interna de um motor DC de ímã permanente.

(FONTE: Pazos, 2002, p. 169)

De acordo com Francisco (2009, p. 17), o rotor de motores de ímã permanente possui uma constituição idêntica ao rotor do motor DC convencional. Porém, seu estator é diferente, porque este não possui enrolamento, já que o campo magnético indutor é gerado por ímãs permanentes.

O motor abordado tem uma fonte fixa de fluxo, fornecido por um ímã permanente, que substitui o enrolamento do campo. Assim, não há enrolamento de campo. O uso desses ímãs no lugar de enrolamentos de campo oferece vantagens de custo reduzido e construção mais simples. Também apresenta maior rendimento devido à ausência de perdas no cobre do enrolamento de campo (TORO, 1994, p. 322).

Segundo Francisco (2009, p. 17), o indutor é constituído por dois ou mais ímãs permanentes. O induzido é constituído por um núcleo ferromagnético, uma estrutura de estator lisa consistindo em uma carcaça cilíndrica externa de material magnético permanente.

A carcaça do motor completa o circuito magnético e tem um duplo propósito. É feita de material magnético servindo de caminho de retorno para o fluxo magnético e serve de suporte para os ímãs, ilustrado na Figura 2.16 (FITZGERALD, KINGSLEY & UMANS, 2008, p. 369).

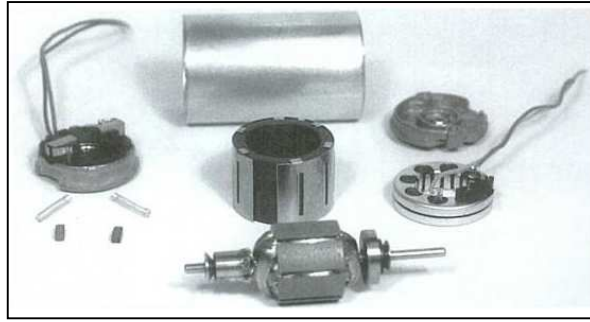


Figura 2.16 – Motor DC de ímã permanente desmontado.

(FONTE: Fitzgerald, Kingsley & Umans, 2008, p. 370)

Baseado em Francisco (2009, p. 18), quando o motor é alimentado, ele roda em um determinado sentido, e invertendo a polaridade da tensão de alimentação, ele roda em sentido contrário. As setas indicam o sentido de magnetização dos ímãs permanentes de acordo com a Figura 2.17. Aumentando ou diminuindo a tensão de alimentação, a velocidade do motor aumenta ou diminui, respectivamente.

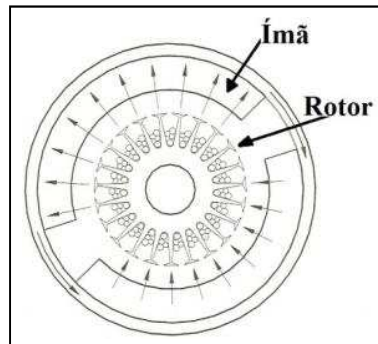


Figura 2.17 – Motor de ímã permanente com núcleo de ferro.

(FONTE: Pazos, 2002, p. 198)

Segundo Francisco (2009, p. 18), a diferença do funcionamento do motor de ímã permanente ao do motor DC convencional está na forma de se gerar o campo magnético do indutor. Em vez de ser gerado pela corrente elétrica, como é o caso dos motores DC convencionais, é gerado por ímãs permanentes. Para seu funcionamento, basta ligar os dois condutores que ligam os enrolamentos do induzido, através do conjunto escovas e coletor, demonstrado na Figura 2.18.

Assim, de acordo com Fitzgerald, Kingsley & Umans (2008, p. 369), os ímãs permanentes não necessitam de excitação externa e não dissipam a potência para criar campos magnéticos.

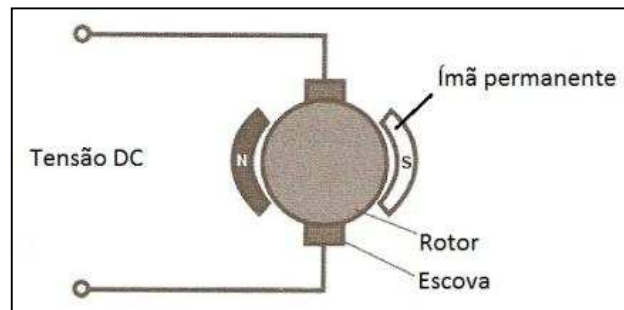


Figura 2.18 – Ligação do motor de ímã permanente.

(FONTE: Francisco, 2009, p. 18)

Para Braga (2008), o controle de motores de ímãs permanentes exige uma tecnologia especial que, graças ao uso de microcontroladores, está disponível de forma eficiente e barata em nossos dias, facilitando bastante a vidas dos projetistas que pretendem trabalhar com esses dispositivos.

2.7.3 – Ponte H

Existem algumas soluções que podem ser implementadas eletronicamente para utilização de motores DC, juntamente com o controle do seu sentido de giro. Sendo que a mais popular, utilizada e conhecida é a Ponte H. A origem desse nome veio devido à topologia do circuito, que lembra um H quando montado, como pode ser visto na Figura 2.19. Este circuito está disponível no mercado ou pode ser construído por componentes.

A Ponte H foi utilizada nesse projeto com o intuito de gerar a potência necessária para o motor funcionar. O PIC não consegue fornecer a corrente de 1,34A que o motor precisa para girar, porque uma porta do PIC com 8 pinos consegue abastecer, com todos pinos juntos, apenas 200mA. Assim, a ponte H possibilita essa amperagem indispensável para o acionamento do motor. Outra razão para o uso da ponte H é que ela permite a polarização do motor, ou seja, o giro para os dois lados, tanto para o esquerdo (anti-horário) como para o direito (horário).

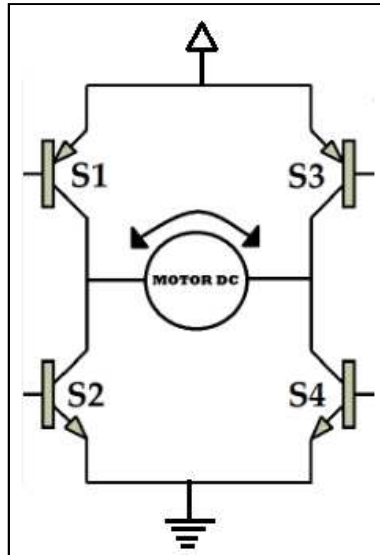


Figura 2.19 – Exemplificação do circuito eletrônico de Ponte H.

A Ponte H, de acordo com Brites & Santos (2008, p. 8), é um circuito eletrônico que permite comutar o sentido de rotação dos motores, ou seja, fazendo que um motor rode tanto para um sentido quanto para o outro.

De acordo com Brites & Santos (2008, p. 8), o circuito de Ponte H é construído com quatro "chaves" denominadas S1, S2, S3 e S4. Essas são acionadas de forma alternada S1 e S4 ou S2 e S3 conforme a exemplificação do Quadro 2.4.

O circuito de Ponte H permite que para cada configuração das chaves o motor rode em um sentido. Se as chaves S1 e S4 estiverem fechadas o motor irá girar no sentido anti-horário, para direita. Quando se desliga as chaves S1 e S4 e ligam às chaves S2 e S3 o motor gira no sentido inverso, no sentido horário, para esquerda, de acordo com o Quadro 2.4. As chaves S1 e S2 assim como as chaves S3 e S4, par de chaves que se encontram do mesmo lado da ponte, nunca poderão ser ligadas ao mesmo tempo, caso sejam, o sistema entrará um curto circuito.

S1	S2	S3	S4	Resultado
1	0	0	1	Motor move para a direita (sentido anti-horário).
0	1	1	0	Motor move para a esquerda (sentido horário).
0	0	0	0	Motor sem energia.
1	1	0	0	Situação não permitida (curto circuito).
0	0	1	1	Situação não permitida (curto circuito).

Quadro 2.4 – Posicionamento das chaves da Ponte H e seus resultados.

2.8 – Sensor de Chuva

De acordo com Young (2004, p. 105), uma das variações de modelos de sensor de chuva tem um funcionamento similar a de um capacitor. No caso deste trabalho, o sensor de chuva projetado artesanalmente, como ilustrado na Figura 2.20, se mostrou compatível com essa especificação. Dessa forma, pode ser comparado a um sensor capacitivo, que tem como definição ser um sistema constituído por dois condutores separados por um isolante.

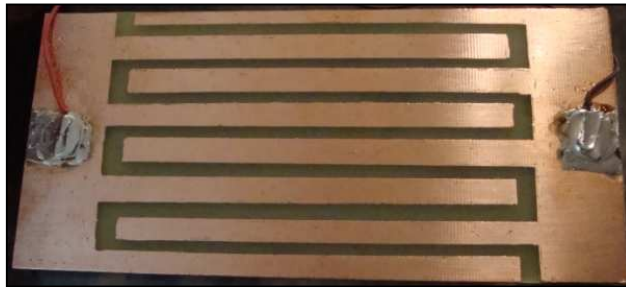


Figura 2.20 – Sensor de chuva criado artesanalmente.

No caso do sensor de chuva desenvolvido, os dois condutores são os feixes das placas de cobre e o isolante é o ar. Todo material não condutor como o ar é chamado de isolante ou dielétrico. Assim, o capacitor é carregado pela transferência de carga de um condutor para o outro, com cargas iguais e contrárias (TIPLER, 2000, p. 90).

O material entre as placas condutoras é a água quando o sensor de chuva estiver molhado, e quando o sensor estiver seco, o material entre as placas é o ar, sendo assim só há condução de energia se a tensão aplicada da água for capaz de superar a resistência dielétrica do ar.

Segundo Pádua (2004), a água da chuva sempre contém íons por conta do fenômeno chamado acidificação. A chuva é um pouco ácida, devido à presença do gás carbônico (CO_2), que quando se dissolve na umidade atmosférica (H_2O) gera o ácido carbônico (H_2CO_3). Portanto, a água da chuva sempre possui um pH ligeiramente ácido.

A presença dos íons em solução com a água permite a passagem de corrente elétrica entre as placas de cobre. Sendo assim, somente há condução de energia se a tensão aplicada for capaz de superar a resistência dielétrica.

Pode ser feita uma associação entre o sensor de chuva construído no projeto e o sensor capacitivo. Conforme Rosário (2005, p. 71), “o sensor capacitivo apresenta o princípio de funcionamento semelhante ao de um capacitor, que vem a ser um componente eletrônico capaz de armazenar cargas elétricas.”

No sensor capacitivo, o material dielétrico é o ar, cuja constante dielétrica é igual a 1, portanto, o valor da capacitância é muito baixo. Quando um material, no caso a água, que possui constante dielétrica maior que 1 é aproximado do sensor capacitivo, o campo magnético gerado pela atração entre as cargas passa pela água, e a capacitância aumenta. O circuito de controle, então, detecta essa variação e processa a presença da água (ROSÁRIO, 2005, p. 71).

Sendo assim, de acordo com o disposto acima, pode-se deduzir que quanto maior for a constante dielétrica do material inserido entre as placas condutoras do capacitor, no caso o sensor de chuva, maior será a capacitância do componente (TIPLER, 2000, p. 101).

Segundo Tipler (2000, p. 101), esse aumento da capacitância se dá porque o campo elétrico entre as placas de um capacitor é enfraquecido pela água, sendo assim, “para uma dada carga no capacitor, a diferença de potencial se reduz e a capacitância aumenta.”

A água aplicada no sensor de chuva aumenta a capacitância entre as trilhas de cobre e reduz a diferença de potencial entre elas. A razão deste aumento da capacitância está na diminuição do campo elétrico provocado pela água.

CAPÍTULO 3 – DESCRIÇÃO DE HARDWARE

Este capítulo é vinculado às especificações dos dispositivos utilizados e são explicados os circuitos necessários para a montagem do protótipo desse projeto.

O hardware utilizado para a construção do presente projeto é composto por: MAX232, fonte de alimentação, PIC 16F628A, chaves eletromecânicas, sensor de chuva, motor DC e modem GSM.

3.1 – Comunicação Serial RS232

A transmissão bit-serial é normalmente chamada de transmissão serial, e continua sendo um método de comunicação ainda existente em periféricos de computadores. O dispositivo periférico utilizado neste projeto foi a porta serial DB9, ou seja, o padrão RS232, conforme Figura 3.1.

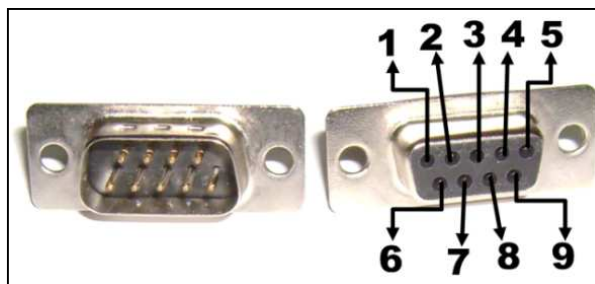


Figura 3.1 – Conector DB9 com sua pinagem enumerada.

A porta serial permite a comunicação entre o PIC e o modem GSM. Estes estão ligados ao MAX232 para que possam se comunicar, já que eles se comunicam no nível TTL. Para as ligações de recepção e transmissão entre eles é necessário saber o nome e designação de cada pino. Segundo o padrão RS232, cada pino de um conector serial tem uma função específica de acordo com o Quadro 3.1, que deve ser seguido para a correta montagem de um cabo de comunicação.

Número	Nome	Designação
1	CD – Carrier Detect	Detecção de portador
2	RXD – Receive Data	Recepção de dados
3	TXD – Transmit Data	Transmissão de dados
4	DTR – Data Terminal Ready	Terminal pronto
5	GND – Signal Ground	Massa lógica
6	DSR – Data Set Ready	Dados prontos
7	RTS – Request to send	Pedido de emissão
8	CTS – Clear to send	Empréstimo a emitir
9	RI – Ring Indicator	Indicador de campainha elétrica

Quadro 3.1 – Conector DB9 com designação de pinos.

(FONTE: System, 2007)

Para a comunicação do PIC com o modem foi utilizado o CI MAX232. O seu uso foi necessário, pois é um conversor de nível TTL para RS232. Dessa forma, para a comunicação do modem GSM com o MAX232 foram usados apenas três pinos dos conectores DB9: o pino 2 (RXD) que recebe os dados do modem, o pino 3 (TXD) que transmite os dados do MAX232 para o modem e o pino 5 (GND) que é o terra.

Como ilustrado na Figura 3.2, o pino do cabo serial que é o terra, é ligado com o outro pino terra 5-5. Já os pinos 2 e 3, são cruzados 2-3 e 3-2, porque o pino que transmite dados tem que estar ligado no pino que recebe dados do outro lado, e vice-versa. Então o pino RX é ligado no TX e o pino TX é ligado no RX.

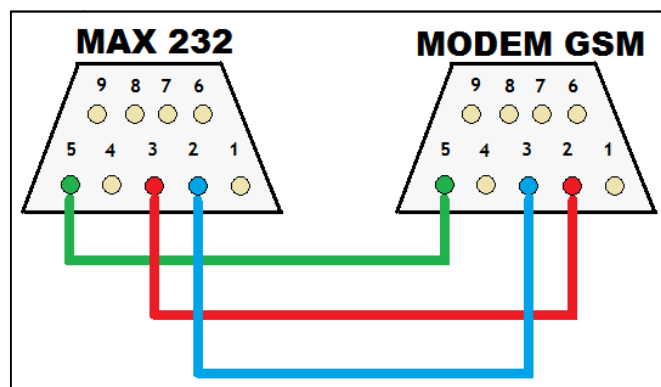


Figura 3.2 – Os três pinos utilizados nos conectores DB9.

3.1.1 – PL-2303 Prolific USB® to Serial Bridge Controller

O programa PL-2303 Prolific USB® v.130, conforme Figura 3.3, é um controlador de alto desempenho que fornece uma ponte de conectividade entre o USB e uma interface de

porta serial. Com as facilidades proporcionadas pela porta USB, o usuário tem a capacidade de utilizar o periférico com a interface de porta serial em um ambiente fácil de usar. O driver do cabo serial suporta mais de *1mbps* de transferência de dados.

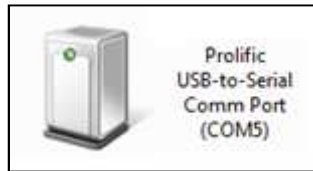


Figura 3.3 – Logo do programa PL-2303 Prolific USB®.

3.1.2 – Conversor de Nível TTL para RS232

Para que o modem GSM possa se comunicar com o microcontrolador (MCU) é necessário saber como essa comunicação acontece. O MCU se comunica usando os níveis *Transistor-Transistor Logic* (TTL), e a entrada serial para o PIC utilizado nesse projeto tem o nível RS232. Para a comunicação do PIC com o modem é necessário que seja feita uma conversão entre esses níveis de tensão utilizando o MAX232, que transforma o nível TTL em nível serial RS232.

Os níveis RS232 e TTL não são compatíveis, de forma que para se trabalhar com o protocolo RS232 e microcontroladores que utilizam níveis TTL, é necessária uma conversão de nível. Neste projeto foi utilizado o CI MAX232, este conversor provê saídas com níveis de tensões RS232 a partir de uma fonte simples de 5V.

Assim, não é possível uma comunicação direta do microcontrolador PIC com o protocolo RS232 do modem GSM. O PIC utiliza a lógica TTL, que suporta níveis de voltagens positivas de 0V a +5V, enquanto o protocolo RS232 tem sua faixa de tensão variando entre -13V a +13V.

3.1.3 – MAX232

Devido à diferença entre os níveis de tensão usados na comunicação entre o modem e o microcontrolador PIC 16F628A, através da porta RS232, é necessário o uso do MAX232, ilustrado na Figura 3.4.

O CI MAX232 é um circuito integrado que converte os sinais de uma porta serial RS232 para sinais adequados para uso em TTL compatível com circuitos lógicos digitais. Portanto, converte os níveis de tensão do RS232 para TTL e vice versa.



Figura 3.4 – MAX232 utilizado no projeto.
(FONTE: Circuit Shop, 2010)

3.1.4 – Pinagem do MAX232

O MAX232 utilizado no projeto possui 16 pinos conforme a Figura 3.5.

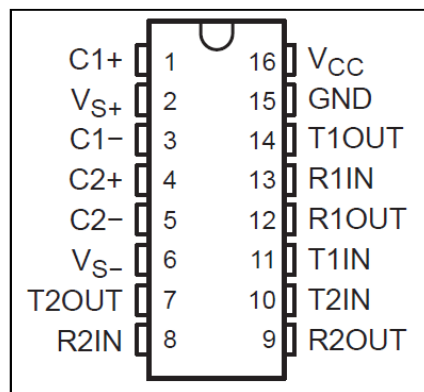


Figura 3.5 – Pinagem do MAX232.
(FONTE: Texas Instruments, 2004, p. 1)

A pinagem escolhida para a configuração do MAX232, como mostrado na Figura 3.6 foi:

- 1- Pino 1 e 3: capacitor de 1 μ F.
- 2- Pino 2 e 16: capacitor de 1 μ F.
- 3- Pino 3 e 1: capacitor de 1 μ F.
- 4- Pino 4 e 5: capacitor de 1 μ F.
- 5- Pino 5 e 4: capacitor de 1 μ F.
- 6- Capacitor 1 μ F aterrado.
- 7- Não utilizado.

- 8- Não utilizado.
- 9- Não utilizado.
- 10- Não utilizado.
- 11- Ligação com PIC 16F628A no pino 8 (TX).
- 12- Ligação com PIC 16F628A no pino 7 (RX).
- 13- Ligação com a porta serial no pino 3 (TXD).
- 14- Ligação com a porta serial no pino 2 (RXD).
- 15- Terra.
- 16- Fonte de alimentação de 5V e Capacitor de 10 μF aterrado.

Para a aplicação do CI MAX232 é necessário o uso de cinco capacitores, de acordo com o seu *datasheet* compactando o máximo a implementação, como instruído na Figura 3.6.

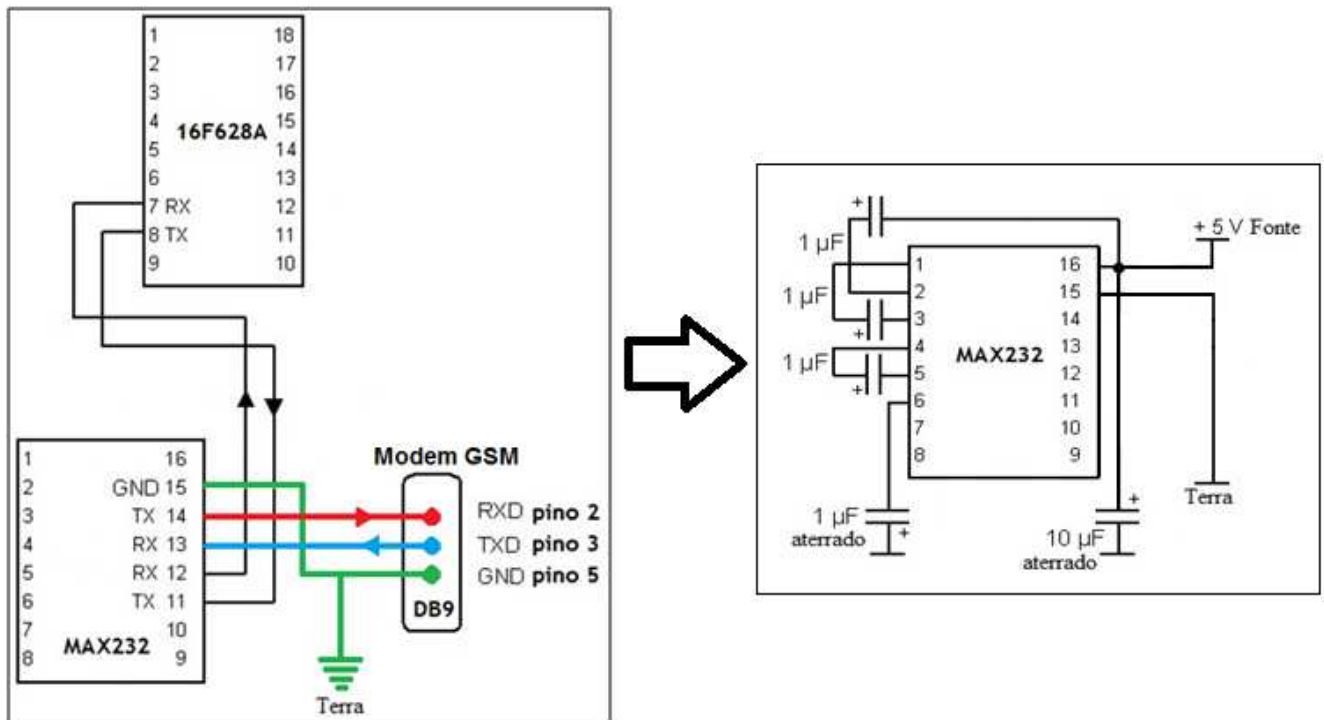


Figura 3.6 – Circuito da pinagem do MAX232.

(FONTE: Petersen, 2002)

3.2 – Fonte de Alimentação

O circuito está alimentado com duas fonte de 5V. Porém, as fontes de tensão compradas para o projeto foram de 16,5V e de 12V. Para isso foi necessário um ajuste da

tensão de entrada das duas fontes para 5V. A Figura 3.7 mostra o circuito regulador de tensão, que é usado duas vezes neste projeto.

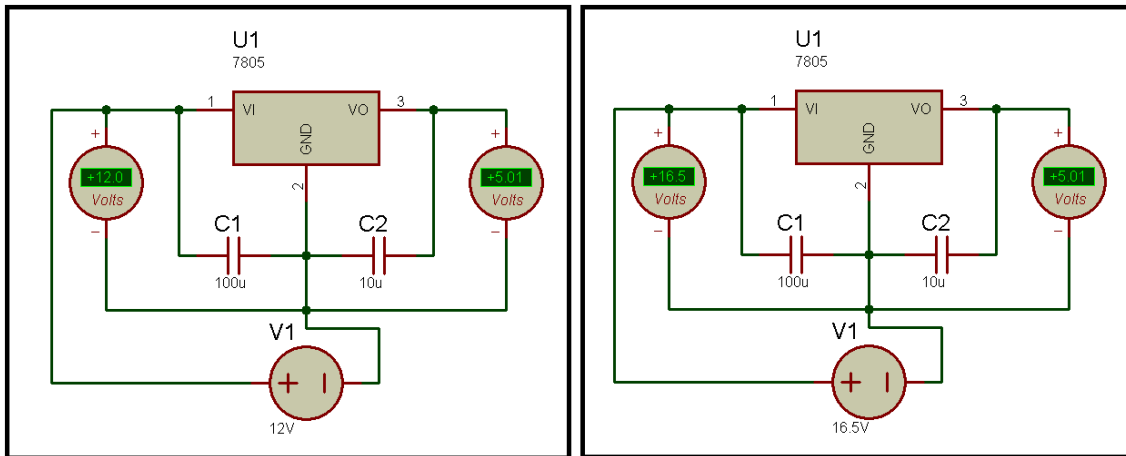


Figura 3.7 – Circuitos das fontes de alimentação 12V e 16,5V.

Foi utilizado o regulador de tensão 7805 como constatado na Figura 3.8. Este regulador possui 3 pinos. O pino 1 é a entrada que recebe a tensão original, o pino 2 é o terra, e o pino 3 é a saída que alimenta o restante do circuito com 5 volts.

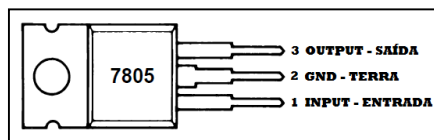


Figura 3.8 – Regulador de tensão 7805 utilizado no projeto.

(FONTE: National Semiconductor Corporation, 2000, p. 1)

Os reguladores utilizados mostrados na Figura 3.9, possuem as referências LM7805CV neles escritas. Além disso, para filtrar ruídos foram usados os capacitores 100 μ F/25V e 10 μ F/25V de acordo com o *datasheet* do fabricante.

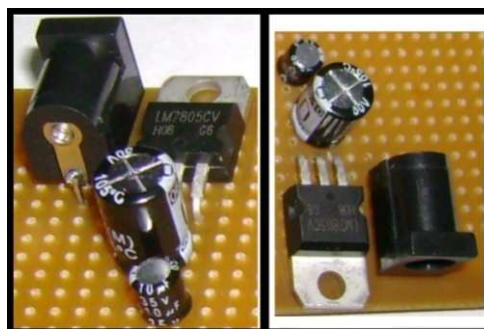


Figura 3.9 – Os dois circuitos da fonte de alimentação.

3.3 – PIC 16F628A

O PIC está disponível em uma ampla gama de modelos para melhor adaptar-se às exigências de projetos específicos. Conforme José (2009), o PIC inicia-se com o modelo pequeno dotado de 8 pinos, até chegar a modelos maiores dotados de 40 pinos. A Figura 3.10 ilustra o PIC 16F628A utilizado neste projeto.

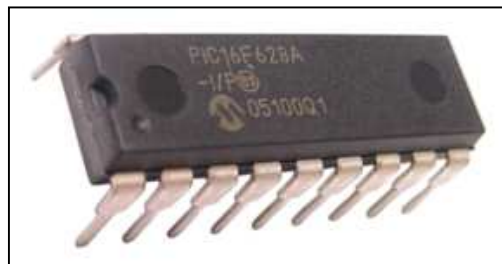


Figura 3.10 – PIC 16F628A utilizado no projeto.

(FONTE: Robótica Simples, 2010)

3.3.1 – Especificações

Para poder trabalhar com o microcontrolador PIC 16F628A é necessário conhecer suas especificações, pois essas possibilitam e facilitam o manuseio adequado da peça:

- Estrutura de máquina interna é do tipo arquitetura de Harvard. Nessa arquitetura a Unidade Central de Processamento (UCP) é interligada à memória de dados e à memória de programa por barramento específico;
- 18 pinos no total e 16 pinos I/O configuráveis;
- Frequência de até 20MHz;
- Alimentação entre 2V até 5V.
- 2 osciladores internos (4MHz e 37kHz);
- Tamanho do *bus* de programa de 14 *bits*;
- Tamanho do *bus* de dados de 8 *bits*;
- 35 instruções;
- 10 interrupções disponíveis, entre elas estão: *timers*, externa, mudança de estado, EEPROM, USART, CCP e comparador;

- Memória de programação FLASH com 2.048 palavras;
- Permite a gravação do programa diversas vezes no mesmo *chip*;
- Memória EEPROM, não-volátil, interna com 128 *bytes*;
- Recursos adicionais avançados: comparador interno e USART;
- Módulo CCP, modos *Capture*, *Compare* e PWM;
- Um canal de comunicação serial USART;
- 224 posições de memória de dados com capacidade de armazenamento de 8 *bits* em cada posição;
- Tecnologia RISC.

De acordo com Zanco (2005, p. 34), a Figura 3.11 “mostra o diagrama em blocos da arquitetura interna do PIC 16F628A em que se destacam as memórias de programa, RAM e EEPROM, a ULA, contador de programa e os periféricos presentes no MCU.”

Além disso, os pinos do PIC 16F628A estão separados em dois grupos denominados portas. Desta forma, temos a Porta A e a Porta B. A Porta A possui oito pinos que podem ser configurados como entrada ou saída, e seus nomes são definidos como RA0, RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6 e RA7. A Porta B possui oito pinos que podem ser configurados como entrada ou saída, e seus nomes são RB0, RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB6 e RB7 (ZANCO, 2005, p. 62).

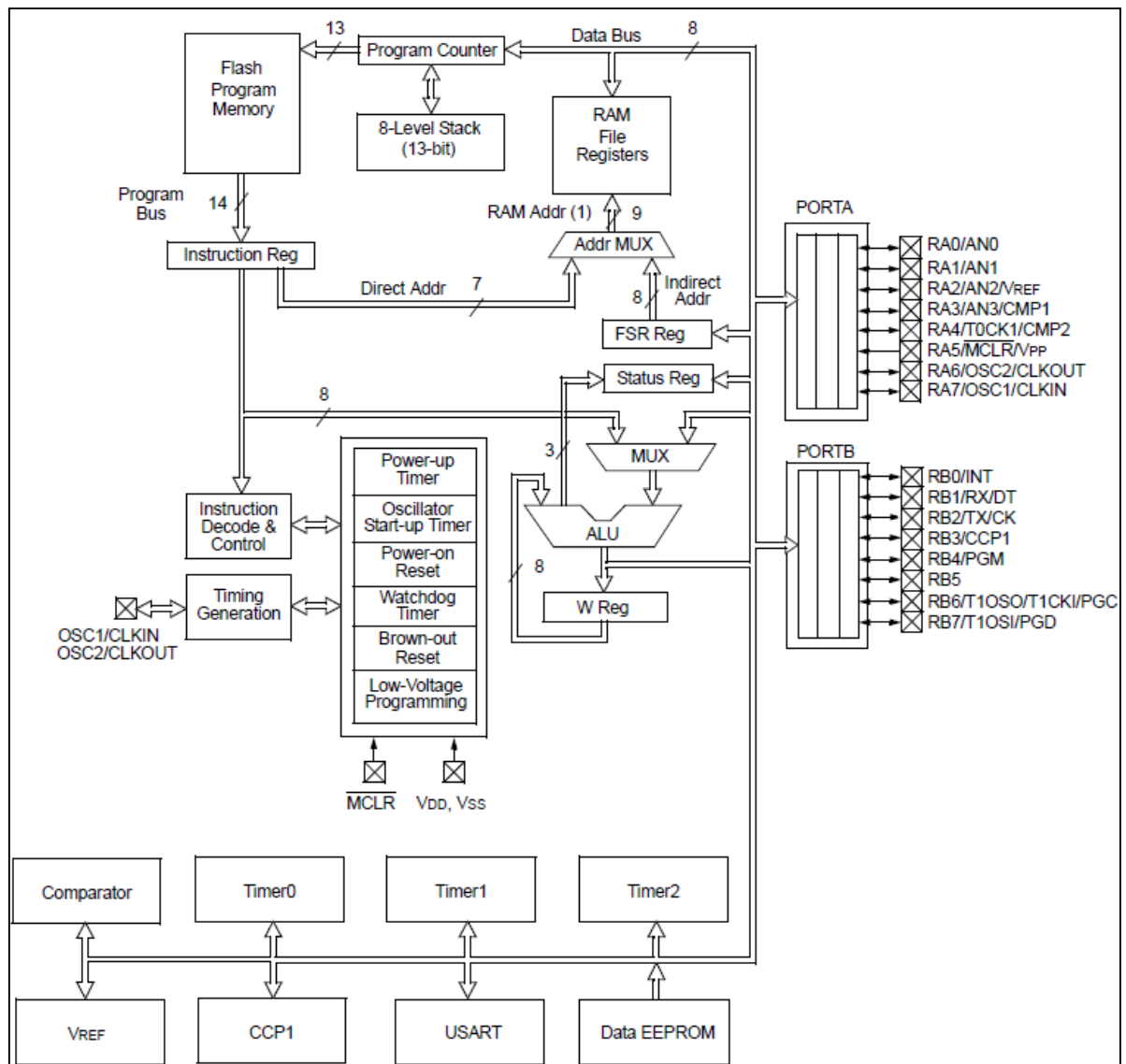


Figura 3.11 – Diagrama em blocos da arquitetura interna do PIC.

(FONTE: Zanco, 2005, p. 35)

3.3.2 – Pinagem do PIC 16F628A

A Figura 3.12 mostra a pinagem do PIC e o Quadro 3.2 o significado das nomenclaturas utilizadas na identificação desses pinos.

Segundo Zanco (2005, p. 62), os pinos RB1 e RB2 também são utilizados para a comunicação serial (USART). O pino RB3 é utilizado no módulo de CCP, para a saída do PWM. O oscilador externo deve ser ligado aos pinos RA7/OSC1 e RA6/OSC2. O pino V_{SS} é também chamado de GND, ou de terra. O pino V_{DD} , funciona como receptor da alimentação de 5V utilizado no projeto.

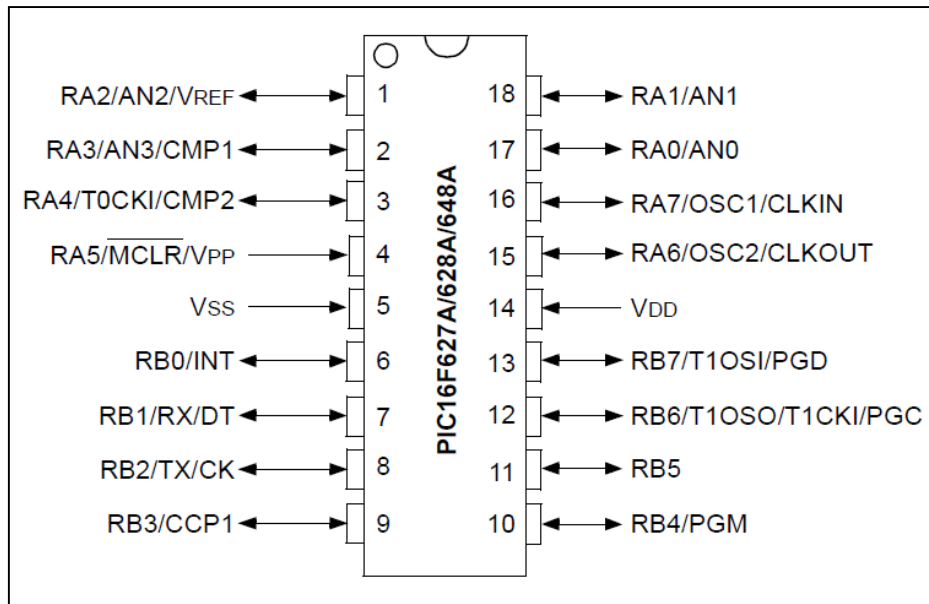


Figura 3.12 – Pinagem do PIC 16F628A com encapsulamento PDIP.

(FONTE: Microchip Technology®, 2007, p. 4)

Pino	Função	Tipo	Descrição
1	RA2/AN2/Vref	Entrada/saída	PORTA bit 2 / Entrada do comparador analógico / Saída da tensão de referência
2	RA3/AN3/CMP1	Entrada/saída	PORTA bit 3 / Entrada do comparador analógico / Saída comparador 1
3	RA4/T0CKI/CMP2	Entrada/saída	PORTA bit 4 / Entrada de clock externo do timer 0 / Saída comparador 2. *Esse pino possui saída com dreno aberto *
4	RA5/MCLR/VPP	Entrada	PORTA bit 5 / Reset CPU / Tensão de programação
5	VSS	Alimentação	Terra
6	RB0/INT	Entrada/saída	PORTB bit 0/ Entrada de interrupção externa
7	RB1/RX/DT	Entrada/saída	PORTB bit 1/ Recepção USART (modo assíncrono) / Dados (modo síncrono)
8	RB2/TX/CK	Entrada/saída	PORTB bit 2/ Transmissão USART (modo assíncrono) / Clock (modo síncrono)
9	RB3/CCP1	Entrada/saída	PORTB bit 3 / Entrada ou saída do módulo CCP
10	RB4/PGM	Entrada/saída	PORTB bit 4 / Entrada de programação LVP *
11	RB5	Entrada/saída	PORTB bit 5
12	RB6/T1OSO/T1CKI/ PGC	Entrada/saída	PORTB bit 6 / Entrada do oscilador do TMR1 / Entrada de clock do TMR1 / Clock na programação ICSP *
13	RB7/T1OSI/ PGD	Entrada/saída	PORTB bit 7 / Entrada do oscilador do TMR1 / Dados na programação ICSP
14	VDD	Alimentação	Alimentação positiva (3V a 5V)
15	RA6/OSC2/CLKOUT	Entrada/saída	PORTA bit 6 / Entrada para cristal oscilador / Saída de clock
16	RA7/OSC1/CLKIN	Entrada/saída	PORTA bit 7 / Entrada para cristal oscilador / Entrada de clock externo
17	RA0/AN0	Entrada/saída	PORTA bit 0/ Entrada do comparador analógico
18	RA1/AN1	Entrada/saída	PORTA bit 1/ Entrada do comparador analógico
*LVP - Baixa voltagem de programação.			*Dreno aberto - Uma fonte de alimentação externa deve ser aplicada ao pino.
*ICSP - Programação in-circuit			

Quadro 3.2 – Significado das nomenclaturas dos pinos do PIC 16F628A.

(FONTE: Zanco, 2005, p. 37)

Observa-se a pinagem escolhida segundo a Figura 3.13. Nela atenta-se a configuração de cada componente no PIC 16F628A:

- 1- Chave *push-button* vermelha para fechar a janela no modo manual.
- 2- Chave fim de curso *reed-switch*.
- 3- Chave gangorra que controla o modo automático e manual.
- 4- Não utilizado.
- 5- Terra.
- 6- Circuito do Sensor de Chuva.
- 7- MAX232 no pino 12 (R1 out).
- 8- MAX232 no pino 11 (T1).
- 9- Circuito do motor que move para esquerda.
- 10- Circuito do motor que move para direita.
- 11- LED indicativo na cor vermelha para o modo manual.
- 12- LED indicativo na cor azul para o modo automático.
- 13- Não utilizado.
- 14- Fonte de Alimentação de 5V.
- 15- Não utilizado.
- 16- Não utilizado.
- 17- Chave *push-button* verde para abrir a janela no modo manual.
- 18- Chave fim de curso *reed-switch*.

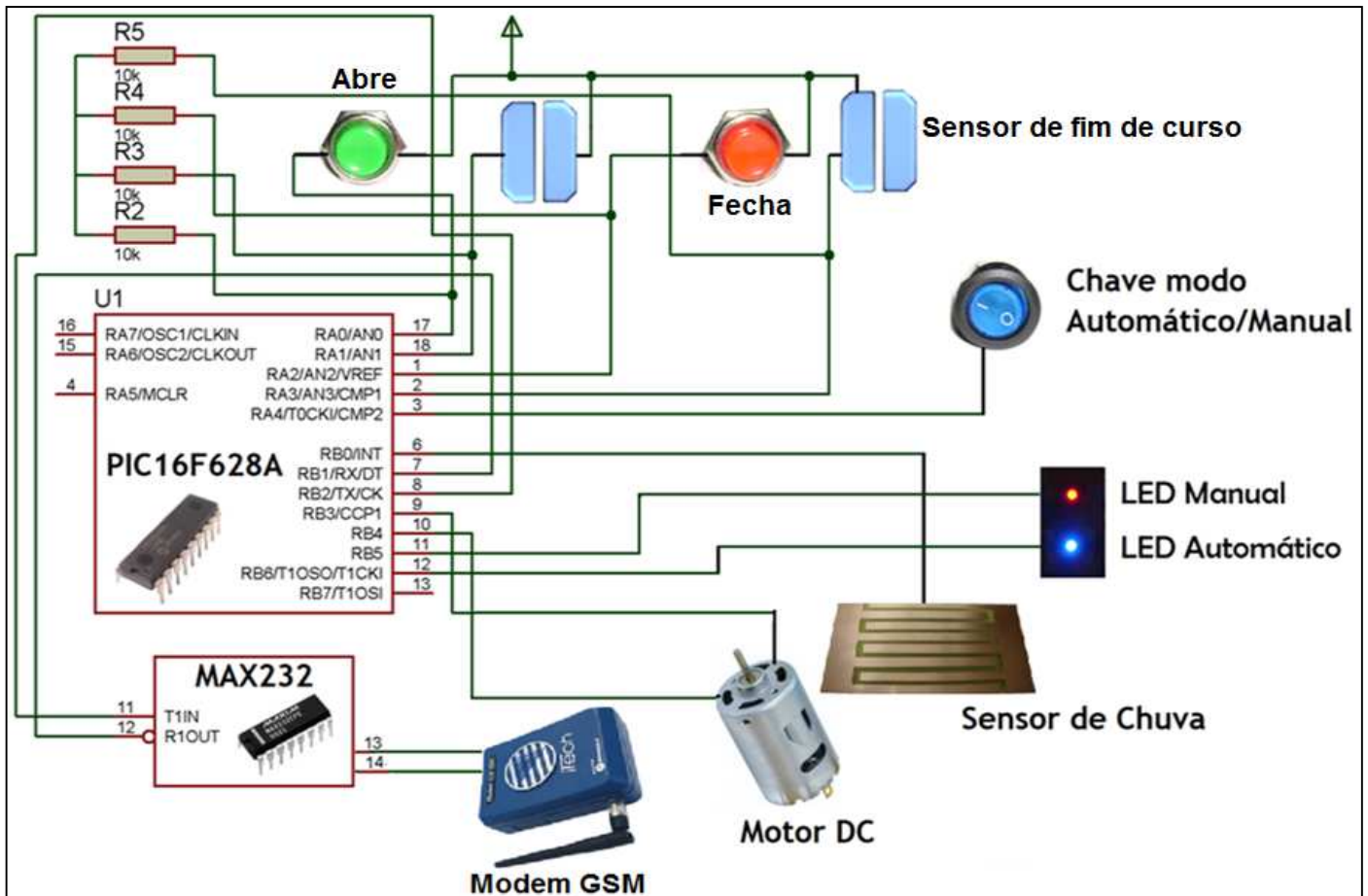


Figura 3.13 – Circuito da pinagem do PIC 16F628A.

3.3.3 – MPLab IDE®

O programa MPLab Integrated Development Environment® versão 8.10, conforme Figura 3.14, é um *software* gratuito para o desenvolvimento de sistemas utilizando PICs da Microchip®. Tem a função de ser um ambiente de desenvolvimento para uma linguagem de programação que no caso deste projeto foi a linguagem C. O programa é executado como um aplicativo de 32 bits no Microsoft Windows®.



Figura 3.14 – Logo do programa MPLab IDE®.

3.3.3.1 – Configuração do PIC no MPLab IDE®

O desenvolvimento do código fonte foi elaborado no programa MPLab IDE®, ilustrado na Figura 3.15. Neste software foi possível desenvolver todo o código em linguagem C, simular e depurar o código encontrando e reduzindo os erros do programa.

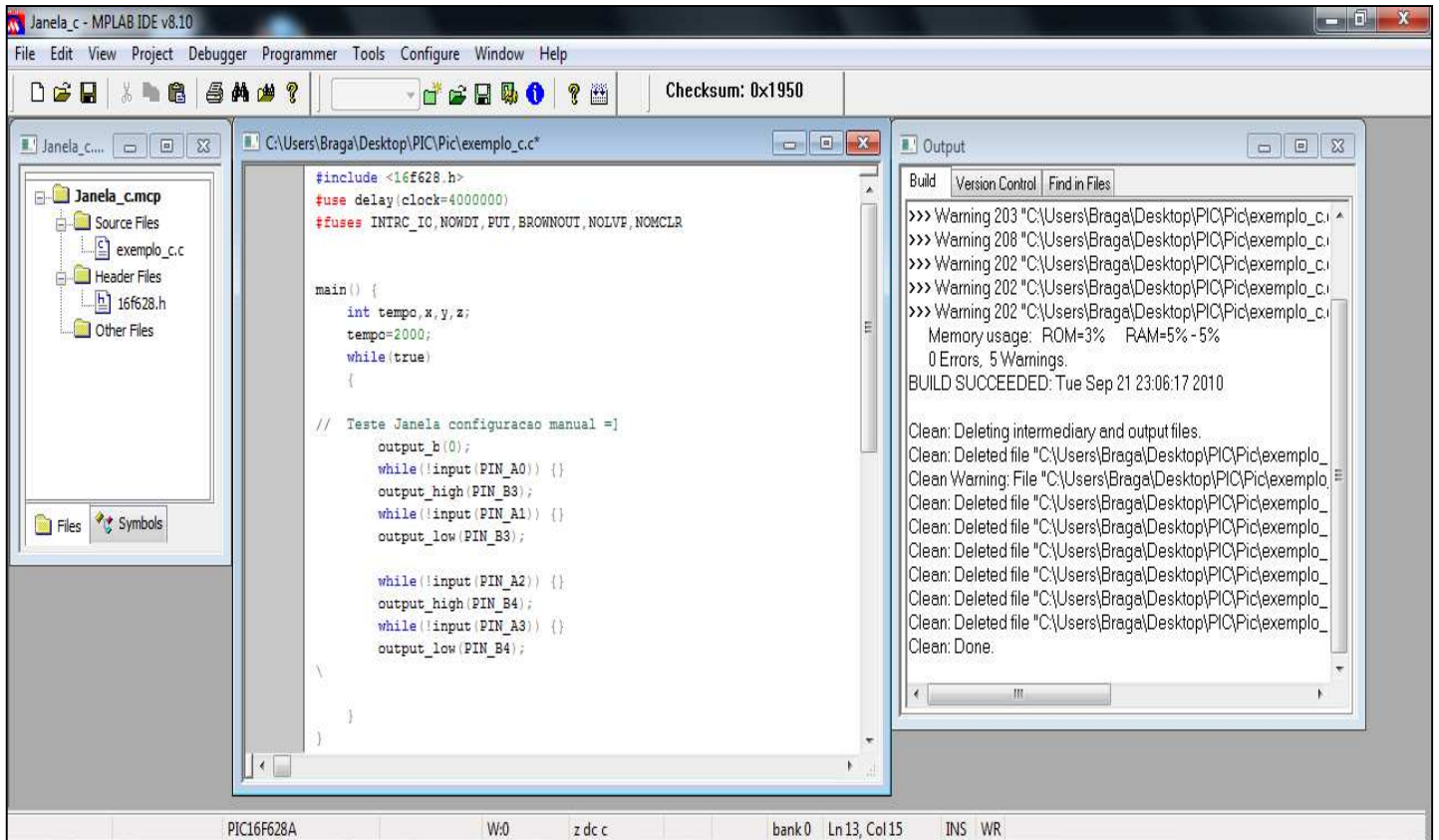


Figura 3.15 – Tela de programação do PIC no programa MPLab IDE®.

3.3.4 – PIC C Compiler®

O programa PIC C Compiler® conforme Figura 3.16, é desenvolvido pela empresa Custom Computer Service® (CSC). A importância do compilador C foi a sua funcionalidade no desenvolvimento de um projeto.

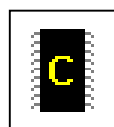


Figura 3.16 – Logo do programa PIC C Compiler®.

Este programa oferece uma suíte de ferramentas para desenvolvimento e depuração de aplicativos embutidos em execução nos PICs. Assim, este programa foi usado para a compilação do código desenvolvido em C durante a sua implementação.

Esse programa além de compilar, mostra os avisos e erros, além do uso de memória RAM e ROM do programa, como mostrado na figura 3.17.

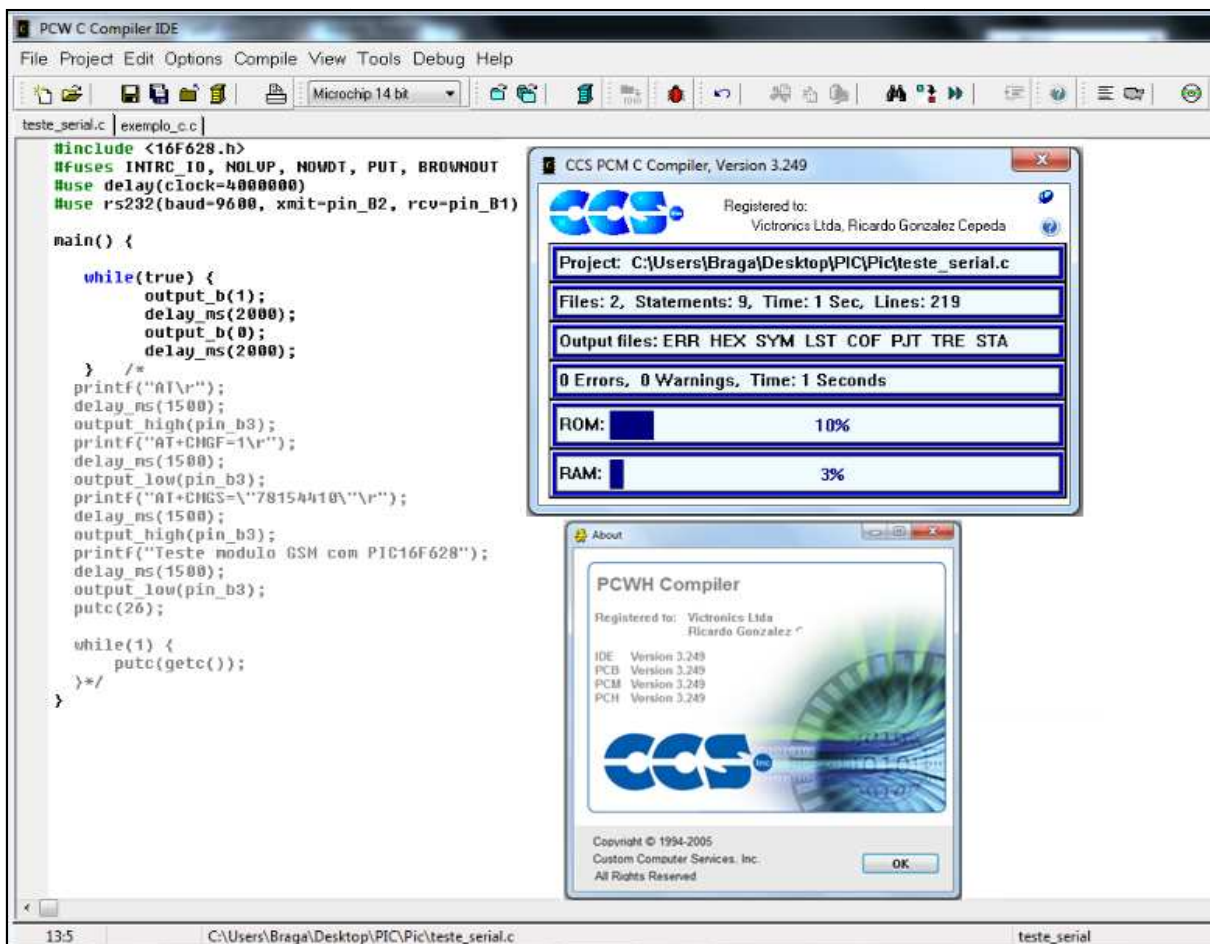


Figura 3.17 – Tela do PIC C Compiler®.

O PIC C Compiler® compila códigos gravados com a extensão ‘.c’. Para a compilação é necessário o pressionamento da tecla F9. Em seguida, oito arquivos com o mesmo nome são gerados no mesmo local, porém com extensões diferentes, como: ‘.cof’, ‘.err’, ‘.hex’, ‘.lst’, ‘.PJT’, ‘.sta’, ‘.sym’ e ‘.tre’.

3.3.5 – Kit de Gravação PICKit2®

O programa PICKit2® da Microchip® na versão 2.61 conforme Figura 3.18, atualiza e grava qualquer linguagem de programação. Além de contar com analisador lógico de três canais e conversor. Possui TTL sobre USB que permite comunicar o computador diretamente com PIC.



Figura 3.18 – Logo do programa PICKit2®.

O programa é uma ferramenta de desenvolvimento de baixo custo, com uma interface fácil de usar para programação e depuração em famílias do PIC. O soquete azul de gravação ou conector ICSP, mostrado na Figura 3.19, suporta PICs de 8, 14, 18, 20, 28 e 40 pinos. O conector ICSP (In-Circuit Serial Programming) permite gravar do PIC diretamente à placa.

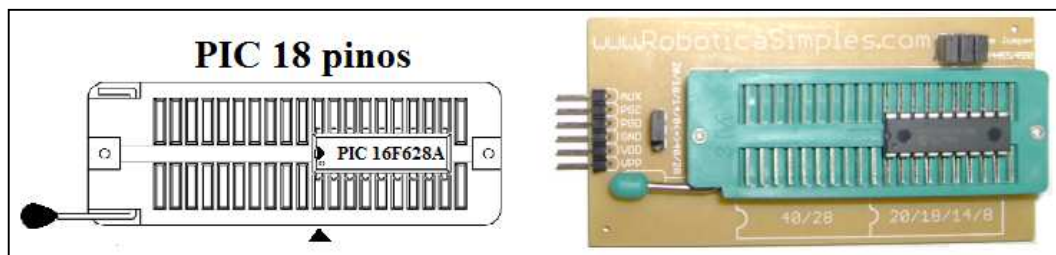


Figura 3.19 – Conector ICSP do PICKit2®.

A Figura 3.20 mostra a gravadora e depuradora do PICKit2®. Esta foi montada e distribuída pela empresa Robótica Simples®. O kit foi adquirido pelo site dessa empresa (<http://roboticasimples.com>) pelo valor de 128,20 reais.



Figura 3.20 – Gravadora PICKit2®.

O *software* possui o objetivo de identificar o microcontrolador a ser gravado. Funciona em qualquer computador com uma porta USB disponível de 1.1 ou 2.0.

O kit adquirido, constatado na Figura 3.21, além de possuir o Gravador PICkit2®, contém um cabo USB, um conector ICSP, e um CD com os softwares para Windows®, Linux® e MAC OS®, além das principais linguagens de programação e seus manuais.



Figura 3.21 – Kit do Gravador PICkit2®.

3.3.5.1 – Configuração do PIC no PICkit2®

Para a gravação no PIC, foi usado o programa PICkit2®. O programa foi gravado utilizando o cabo azul fornecido pelo kit, este possui porta USB para o computador e uma saída para a placa da gravadora.

Depois de gerado o código hexadecimal (.hex) pelo programa PIC C Compiler®, o próximo passo foi abri-lo e gravá-lo no PIC 16F628A com o pressionamento do botão 'Write'. Assim que a gravação é completada o texto 'Programming Successful' é mostrado na tela do programa indicando que a gravação foi realizada com sucesso, conforme ilustrado na Figura 3.22.

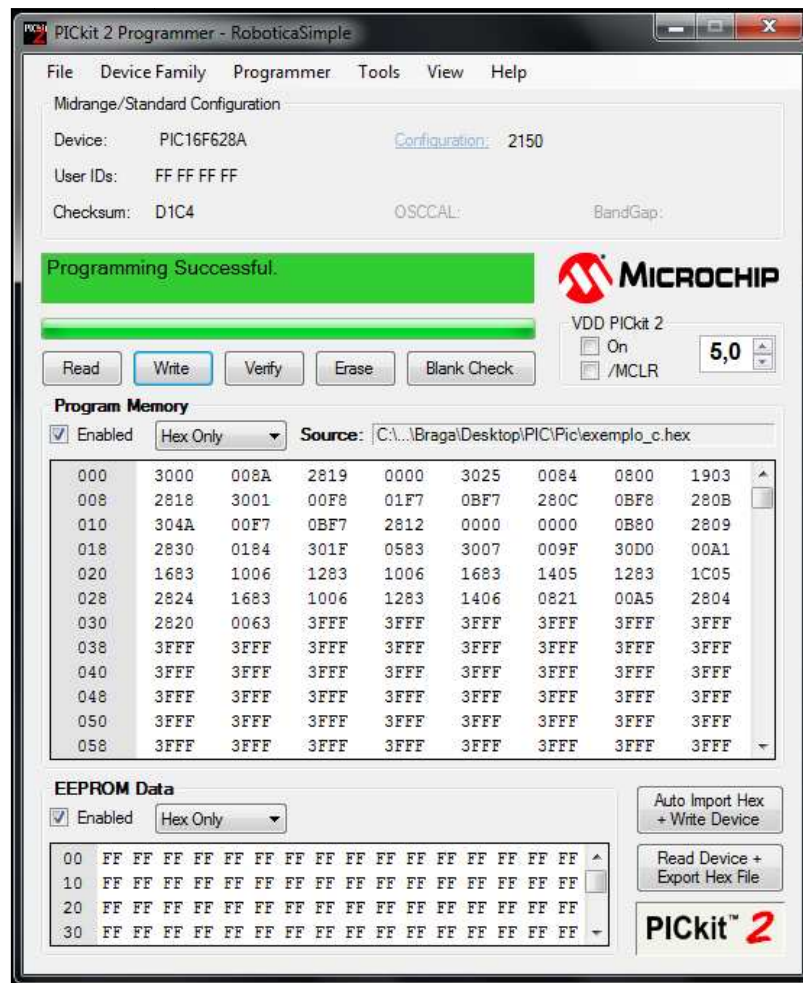


Figura 3.22 – Tela de gravação do programa PICkit2®.

O programa PICkit2® carrega o código fonte já compilado e faz a gravação no PIC. Além disso, foi a interface entre o computador e o microcontrolador. Essa interface entre o PIC e o computador é capaz de ler e gravar dados no PIC, verificar a integridade do código e apagar a memória do PIC.

3.4 – Chaves

Paralelamente ao sensor de chuva na detecção da água para o fechamento da janela estão os botões verde e vermelho. Esses têm a função de abrir e fechar a janela, quando o sistema estiver no modo manual.

3.4.1 – Chave de Fim de Curso

A chave de fim de curso foi responsável pela monitorização da porta da janela. Esta foi de fácil instalação e foi fixada com cola quente na madeira.

3.4.1.1 – Detalhamento da Chave de Fim de Curso

As chaves fim de curso utilizadas no projeto são do tipo *Magnetic Reed-Switch* e são vendidas em pares. Possuem o contato interno normalmente aberto (NA) e têm a cor do encapsulamento branca e de plástico. Na Figura 3.23 estão apresentadas as chaves de fim de curso utilizadas no projeto.

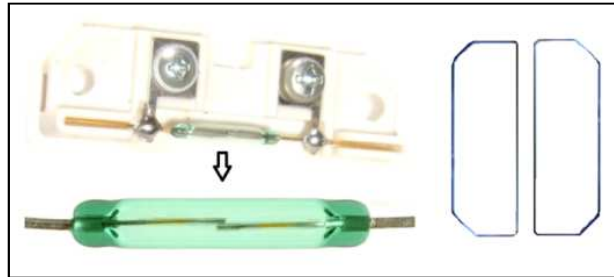


Figura 3.23 – Chave de fim de curso *reed-switch*.

O circuito acontece devido o *reed-switch* utilizar uma chave magnética de palheta, que consiste de dois contatos selados em uma atmosfera de gás inerte seco dentro de uma cápsula de vidro, protegendo o contato da contaminação. As palhetas seladas na cápsula possuem suas extremidades livres e se sobrepõem, mas são separadas por uma pequena abertura de ar (REED-SWITCH INFO, 2010).

Quando um ímã é aproximado dos dois contatos que estão dentro do vidro, esses tornam-se atraídos um pelo outro e se tocam, permitindo a passagem de corrente. Quando o ímã se afasta, os contatos se desmagnetizam e se separam, interrompendo assim o circuito. Portanto, quando uma força magnética é colocada paralela ao interruptor de lâminas, as palhetas se tornam portadoras de fluxo no circuito magnético (AQUAHUB, 2010).

A partir da Figura 3.24, é possível perceber que as extremidades das palhetas sobrepostas tornam-se pólos magnéticos opostos, que se atraem.

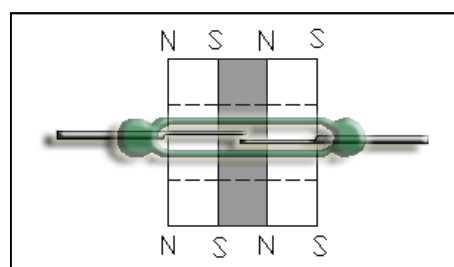


Figura 3.24 – Magnetização da chave de fim de curso.

(FONTE: Reed Relays and Electronics, 2009)

A chave interna possui dimensões de 4,5cm por 0,9 mm, conforme Figura 3.25. Já externamente sua cápsula branca possui 5 cm por 1,5 cm. Sua potência de operação é de 20W, sua amperagem é de 2A. As chaves pertencem à empresa Comus Group® e seu número de fabricação é GC3336.

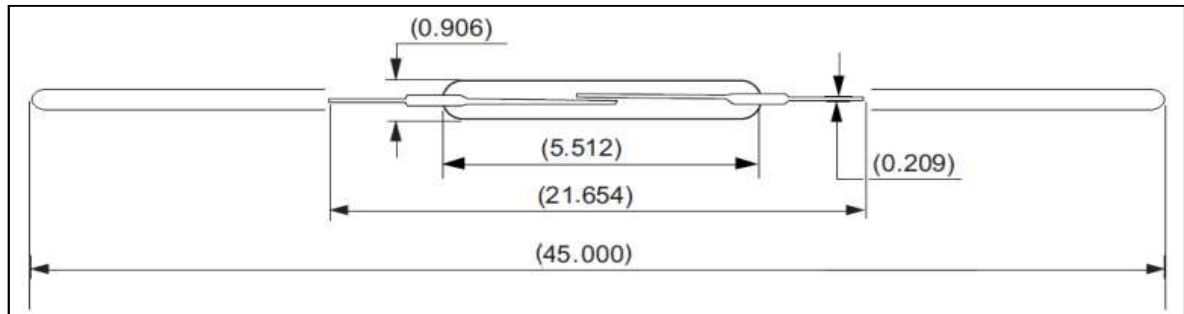


Figura 3.25 – Medidas em milímetros do *reed-switch*.
(FONTE: Comus Group, 2006)

3.4.2 – Chave *Push-Button*

As chaves *push-button* foram utilizadas com o objetivo de abrir e fechar a janela por ordem do proprietário. Assim, o usuário tem a autonomia de decidir de que modo quer que a janela fique posicionada, mas somente se o sistema estiver em modo manual.

3.4.2.1 – Detalhamento da Chave *Push-Button*

A chave *push-button* verde R13-507 foi usada para a abertura da janela quando a mesma estiver no modo manual, ou seja, sem o comando anterior do sensor de chuva. Já a chave *push-button* vermelha foi usada para o fechamento da janela sem o consentimento do sensor de chuva.

A chave possui dimensões de 24.8mm por 13mm de diâmetro, conforme Figura 3.26. Sua tensão de operação é de 125V, sua amperagem é de 3A e tem a referência Bosh escrita nelas. Possui dois terminais e é somente aperta liga, ilustrado na Figura 3.27.

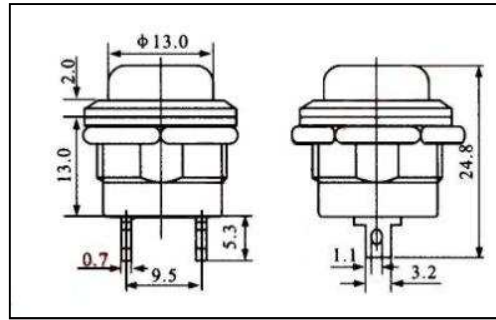


Figura 3.26 – Medidas em milímetros da chave *push-button*.

(FONTE: Shin Chin Industrial, 2010)



Figura 3.27 – Chaves *push-button* sem trava.

3.4.3 – Chave Gangorra

A chave gangorra possibilitou a escolha do *status* da janela, pela vontade do proprietário, podendo escolher deixar o sistema no modo automático ou modo manual.

3.4.3.1 – Detalhamento da Chave Gangorra

A chave gangorra (*on/off*) redonda azul KCD1-106N com lâmpada neon interna foi usada para controlar a janela no automático (*on*) ou no manual em (*off*). Ela tem a função de determinar se a janela poderá ser fechada ou aberta manualmente sem a condição do sensor de chuva. Caso a chave estiver em *off*, ela estará na opção manual. Já quando a chave estiver na posição *on*, ela estará no automático, ou seja, a janela apenas fechará quando o sensor de chuva detectar água em seu dispositivo.

A chave possui dimensões de 25.7mm por 23mm de diâmetro, conforme Figura 3.28. Possui três terminais e é liga/desliga. Sua tensão de operação é de 250V, sua amperagem é de 10(6)A. Possui as referências KCD1-106 e CQC V000706 escritas nela, de acordo com a imagem da Figura 3.29.

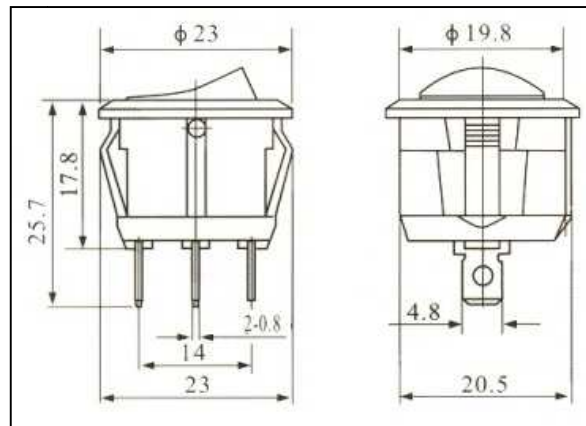


Figura 3.28 – Medida em milímetros da chave gangorra.
(FONTE: Weite Electronic, 2007)



Figura 3.29 – Chave gangorra redonda azul.

3.4 – Sensor de Chuva

A compra de um sensor de umidade foi descartada devido à falta de variedade de sensores que atendessem as necessidades do projeto. Outro fator foi a dificuldade de compra desse tipo de material no mercado nacional. Além disso, o fator econômico se destacou pelo fato dos sensores existentes terem o custo superior a 300 reais. Desta forma, a melhor opção foi o desenvolvimento de um sensor próprio.

Para este propósito uma placa de fibra de vidro e cobre foi utilizada, com o intuito de fornecer um componente normalmente aberto que permita que uma gota de água feche os contatos do circuito. Como apoio a esse sensor, foi construído um circuito para prover uma maior precisão no resultado. A placa do sensor de chuva construído possui dimensões de 15 cm de largura por 7 cm de altura, devendo ser mantida na posição horizontal para que as gotas da chuva consigam permanecer em cima do sensor e assim serem percebidas pelo PIC.

Assim, para o desenvolvimento do sensor foram utilizados alguns princípios físicos descritos em seguida.

3.4.1 – Detalhamento da Construção do Sensor de Chuva

Por meio da Figura 3.30, comprova-se que para a confecção do sensor de chuva foi utilizada uma placa de fibra de vidro e cobre virgem.



Figura 3.30 – Placa de fibra de vidro e cobre encapada com papel filme transparente.

Uma caneta para retroprojektor foi usada para desenhar a forma que se deseja que fiquem os traços na placa, de acordo com a Figura 3.31. A caneta permanente possui tinta resistente a abrasão proporcionada pelo percloro de ferro, substância ácida utilizada no processo de fabricação de placas de circuito impresso. Porém também é possível a utilização da caneta para retroprojektor.

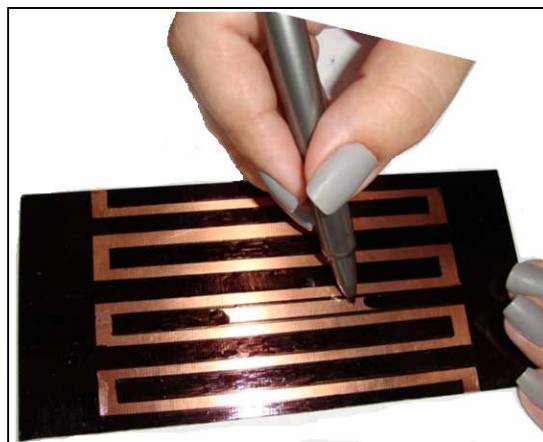


Figura 3.31 – Desenho das trilhas de cobre utilizando caneta permanente.

Logo, os locais onde não se depositou tinta da caneta ficaram expostos, permitindo a reação da solução de percloro diretamente com o cobre. Essas partes sem proteção da caneta foram corroídas, permanecendo na placa apenas as trilhas de cobre, conforme Figura 3.32.

Para a preparação da solução de corrosão utiliza-se um pequeno volume de percloro de ferro em pó. Em um vasilhame com um pouco de água, a mistura deve ser feita com uma colher de plástico, depositando primeiro o percloro em pó na água e não o contrário.

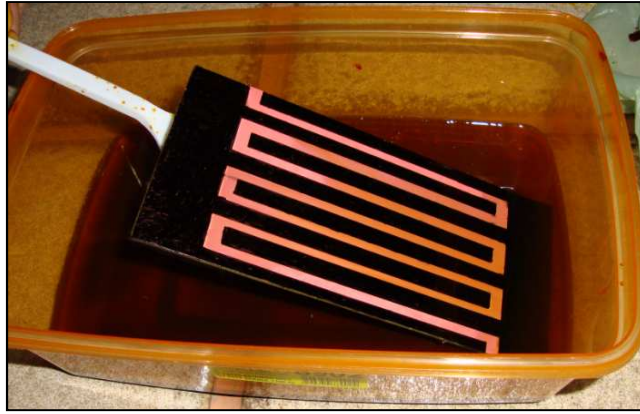


Figura 3.32 – Partes expostas corroídas pelo percloroeto de ferro.

Desta forma, corre-se o risco de se obter uma concentração ácida muito forte e há a possibilidade de ocorrer acidentes. Depois que a placa foi retirada do ácido é necessário lavá-la em seguida. Todo o manuseio deve ser feito em local aberto e ventilado, e fazendo o uso de equipamentos como luvas e ferramentas não-metálicas. O percloroeto é uma substância tóxica e como tal exige cuidados em seu manuseio. Em seguida, é necessário passar palha de aço nas trilhas de cobre para retirar a proteção da caneta permanente, como ilustrado na Figura 3.33.

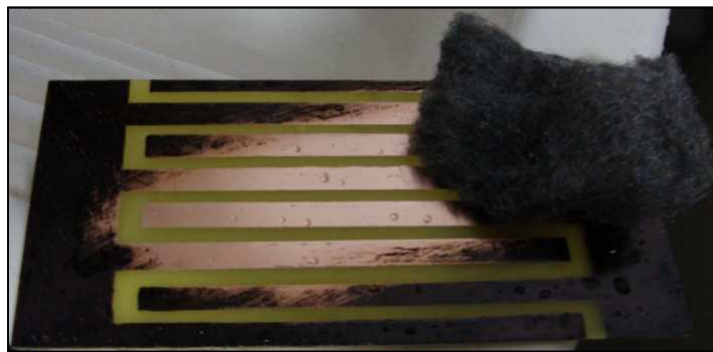


Figura 3.33 – Retirada da caneta utilizando a palha de aço.

Os fios foram soldados em cima da placa. Nesta placa foi aplicada uma camada de verniz na cor verde, ilustrado na Figura 3.34, para proteger a parte com solda de possíveis danos.



Figura 3.34 – Placa terminada com a aplicação do verniz verde.

A aplicação deste verniz foi feita nas laterais da parte frontal do sensor de chuva, cobrindo os pontos de inserção e solda dos fios. Apenas o meio da placa fica sem verniz. Este verniz é indicado para proteção e acabamento de circuitos impressos em montagens eletrônicas. O produto a base de resina monocomponente permite solda. O verniz foi aplicado na forma de aerossol e sua secagem ao ar leva em torno de 15 minutos.

3.4.2 – Funcionamento do Sensor de Chuva

O sensor de chuva confeccionado funciona de uma forma simples, quando houver a presença de chuva o sensor fecha o curto e aciona a lógica do PIC para que a janela seja fechada. Porém, assim que o sensor secar, ou seja, não houver mais a presença de chuva, o microcontrolador aciona o motor DC para que a janela se abra. A Figura 3.35 demonstra o sensor de chuva molhado. A simulação da chuva é feita por um borrifador de água, onde as gotas jorradas apresentam boa sensibilidade de captação pelo PIC.

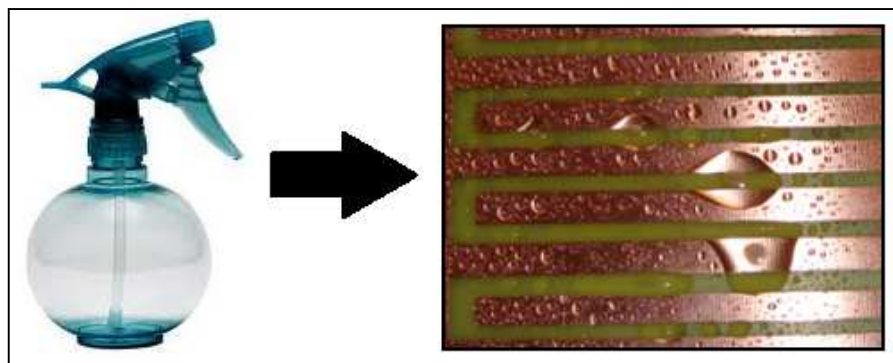


Figura 3.35 – Sensor de chuva com a presença de gotas de água.

3.5 – Motor DC

O motor DC Mabuchi Motor Company®, mostrado na Figura 3.36, foi usado para fazer a força mecânica de abrir e fechar a janela do protótipo. Esse motor foi utilizado por se adequar as características de potência e conexões necessárias para o funcionamento do projeto.



Figura 3.36 - DC Mabuchi Motor® utilizado.

3.5.1 – Detalhamento do Motor DC

O seu modelo é do tipo *precious metal carbon brush motor*, sua estrutura é *Permanent Magnet Direct Current (PMDC)*, seu número de registro é RS-545SH-2860 e possui certificação RoHS. Suas dimensões são: 35,8mm de diâmetro e 50mm de comprimento, conforme Figura 3.37.

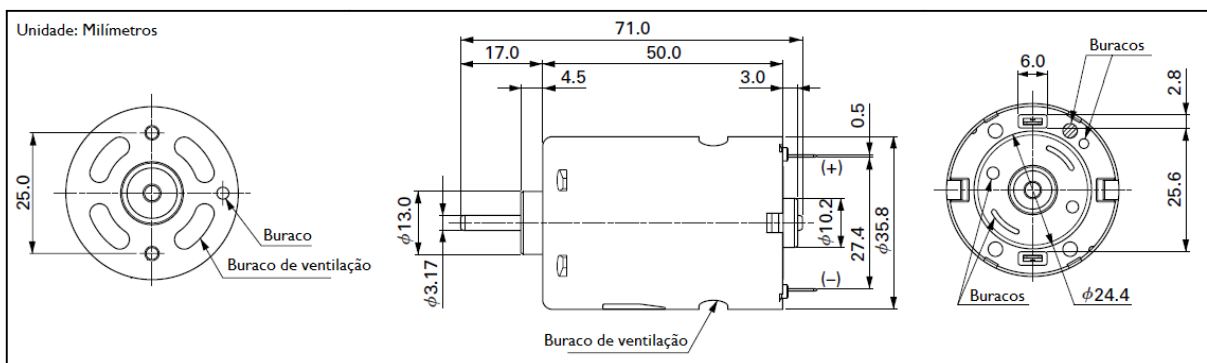


Figura 3.37 – Medidas em milímetros do motor DC.

(FONTE: Mabuchi Motor, 2010)

É amplamente usado em brinquedos de crianças dentre outras coisas. Foi fabricado na Guangdong na China pela empresa Mabuchi Motor® e pesa aproximadamente 156g. Quando está na sua eficiência máxima possui torque de 17.3mN.m, velocidade de 5730rpm e potência

de 10.4W, de acordo com o Quadro 3.3. Sua tensão de operação é de 12V para corrente contínua (CC) ou *direct current* (DC) e sua amperagem é de 1.34A.

Eficiência Máxima			
Velocidade	Amperagem	Torque	Potência
5730 rpm	1.34 A	17.3 mN.m	10.4 W
Voltagem			
Intervalo de Operação		Nominal	
6 ~ 24 V		12 V constante	

Quadro 3.3 – Especificações do motor DC.

(FONTE: Mabuchi Motor, 2010)

3.6 – Modem G24 GSM

O Modem GSM tem extrema importância na funcionalidade do protótipo, que se resume na execução do envio de mensagens SMS para dispositivos previamente cadastrados no sistema. Sendo possível assim cumprir com as necessidades exigidas pelo projeto.

3.6.1 – Detalhamento do Modem G24 GSM

O G24 Serial Data Modem GSM/GPRS-EDGE Quadri Band da Motorola®, ilustrado na Figura 3.38, é montado e distribuído pela empresa Informat Technology® (iTech) pelo preço máximo de 418,45 reais. Seu controle é feito através de comandos AT, e sua taxa de transferência da porta serial deve ser configurada com o valor padrão de 9600 *bps* de velocidade. Na parte de baixo do modem existe uma tampa removível para a inserção do SIM *Card* no suporte laranja.



Figura 3.38 - G24 Modem da Motorola®.

De acordo com o Manual G24 Serial Data Modem (2010, p. 3), o modem pesa 200g, suas dimensões são: 102mm de comprimento, 72mm de largura e 34mm de altura. Possui pilha TCP/IP interna, conector mini-USB, memória livre para rodar aplicações, interface DB9 do conector, portas adicionais de I/O, A/D, UART, SPI e I2P, Quadri Band de 900/1800/850/1900 MHz permitindo *performance* global (MANUAL G24 SERIAL DATA MODEM, 2010, p. 17).

Sua tensão varia de 5 a 35V para corrente contínua, com corrente mínima de 500mA de operação. É certificado pela Anatel com número de certificação: 0737-07-2917. Para fonte de alimentação sua tensão de entrada é de 90 a 260VAC, sua tensão de saída é de 12VDC e corrente de 1A, deve ser conectada em uma tomada de 127V ou 220V (MANUAL G24 SERIAL DATA MODEM, 2010, p. 5).

O Kit é composto pelo modem, pela antena, por um compartimento para inserção de *SIM Card*, por uma fonte de alimentação e por uma interface para comunicação serial/USB comprada separadamente. A Figura 3.39 ilustra o kit abordado.



Figura 3.39 – Kit do Modem G24 GMS da iTech®.

3.6.2 – Comandos AT

Os comandos AT, em inglês chamados de *Hayes AT Commands*, são usados para configurar e solicitar alguns serviços nos modems, como: fazer discagem de chamadas de voz, enviar e receber SMS através de redes celulares de tecnologia GSM, prover auto-resposta e verificar a qualidade do sinal GSM.

Neste projeto foi usado um computador com o programa Tera Term®, onde foi possível digitar as configurações para enviar comandos AT para o Modem. Para a comunicação do PIC com o modem G24 foi usada uma conexão serial. Porém pode-se usar

conexão RS232 ou conexão USB, mas não ambas simultaneamente. Assim, o usuário possui dois tipos de conexões para estabelecer uma sessão de *AT Commands* com o modem.

Um sistema básico de configuração contém um modem e um terminal. O modem é denominado DCE (*Data Communication Equipment*), ou equipamento de comunicação de dados. E o terminal Tera Term® pode ser referido como o DTE (*Data Terminal Equipment*), ou equipamento terminal de dado. O padrão estabelece um conjunto de normas físicas de conexão e ainda, níveis lógicos, cabeamento e operações (MANUAL G24 SERIAL DATA MODEM, 2010, p. 5).

Segundo a InfoRede (2010), os comandos AT são o conjunto de linhas de comandos que são utilizadas para comunicação e configuração de modems. São constituídos por conjuntos de caracteres ASCII no qual são inicializadas pelo prefixo AT. O prefixo AT deriva da palavra *Attention*, no qual é solicitada ao modem uma atenção aos comandos.

Os comandos AT constituem o método padrão de configuração e comunicação com modems. É um conjunto composto por uma série de comandos curtos de texto que combinam para realizar as operações. Se alguma resposta dos comandos AT for *ERROR*, é porque possivelmente o comando foi digitado incorretamente e a função não foi reconhecida pelo modem (INFOREDE, 2010).

3.6.3 – Tera Term®

O programa Tera Term Pro Web®, conhecido apenas como Tera Term® é um software livre, ou seja, gratuito. Foi utilizado na versão 3.1.3, conforme a Figura 3.40. Tem a função de ser um emulador de terminal compatível com a Microsoft Windows®. É um aplicativo usado para conectar o computador a outros sistemas remotos.



Figura 3.40 – Logo do programa Tera Term®.

O programa suporta vários tipos de emulação como: VT100, TEK4010, Kermit, XMODEM, e outros. Suporta conexão Telnet, conexão porta serial e vários protocolos de transferência como o SSH2 e o UTF-8. Também acompanha uma linguagem de *script* e pode

ser usado em redes TCP/IP ou através de conexões *dial-up*. Para conectar usando TCP/IP é necessário digitar o endereço do host e número da porta (TERA TERM MANUAL, 2010).

Para verificar se as configurações do modem estão corretas ou se ele está conectado corretamente, é necessário enviar um conjunto de comandos AT através do Tera Term® e verificar os resultados devolvidos.

3.6.4 – Configuração do Modem G24 no Tera Term®

No programa Tera Term® é feita a configuração entre a porta serial do módulo GSM e a entrada USB do computador conforme Figura 3.41.

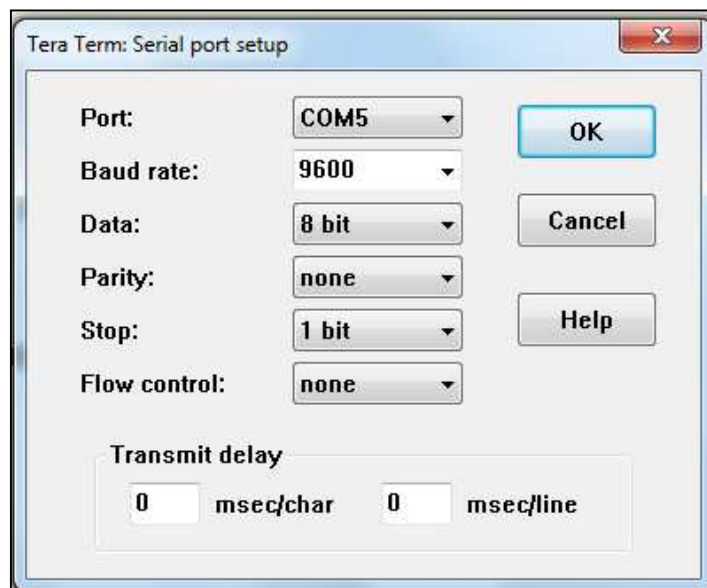


Figura 3.41 – Setup da porta serial no Tera Term®.

Para o funcionamento do envio da mensagem é necessário digitar os comandos AT no programa. As linhas do comando AT que levaram ao recebimento correto da mensagem conforme Figura 3.42 foram:

Linha1: AT <ENTER>

Linha2: AT + CPIN = "2727" <ENTER>

Linha3: AT + CMGF = 1 <ENTER>

Linha4: AT + CSCS = "ASCII" <ENTER>

Linha5: AT + CMGS = "78154410" <ENTER>

Linha6: PROJETO FINAL MARIA LUIZA RA: 20516450 <CTRL-Z>

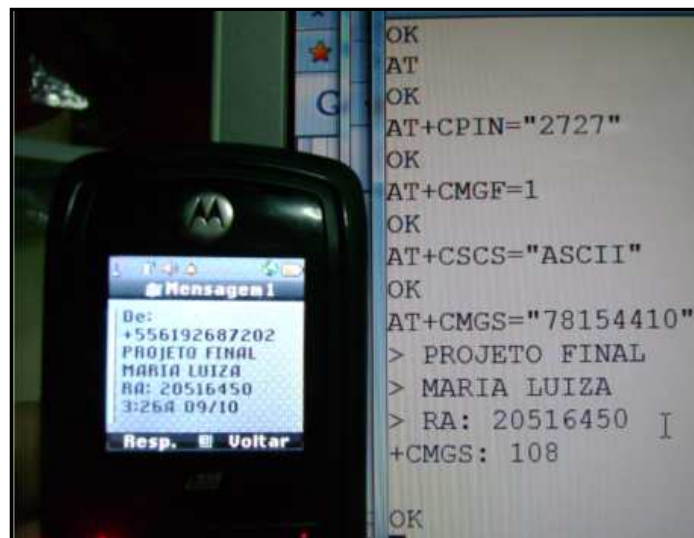


Figura 3.42 – Linhas de comando AT e o recebimento da mensagem no celular.

Na Linha1 é o primeiro comando inicial e sempre necessário para verificar se o modem está conectado corretamente. Receberá a resposta OK na tela na linha de baixo próxima.

Na Linha2 é o comando onde se digita o código do número PIN do *chip* utilizado no módulo, somente se o *chip* em uso possua esse código de segurança ativado. A resposta OK confirma que o PIN foi inserido corretamente. O número “2727” deverá ser substituído pelo PIN referente a cada *SIM Card* diferente que venha ser utilizado.

Na Linha3 por este comando se estabelece a condição de que é possível enviar mensagens de texto simples. Não contemplado outros tipos de mensagens como de dados. A resposta do modem deverá ser OK para dizer que este modo é suportado.

Na Linha4 neste comando é possível configurar o modem para usar na mensagem de texto apenas caracteres da tabela ASCII, sigla para *American Standard Code for Information Interchange*, que em português significa Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação. É uma codificação de caracteres de oito bits baseada no alfabeto inglês que inclui caracteres acentuados. Outras *codepages* suportadas pelo modem são: “GSM”, “PCCP437”, “CUSTOM” e “HEX”.

Na Linha5 este comando serve para digitar o número do telefone celular em que se deseja enviar a mensagem. O número “78154410” deverá ser substituído pelo número do celular que deverá receber a mensagem de texto.

Na Linha6 deve-se digitar o texto da mensagem que se deseja enviar e em seguida digitar o comando CTRL-Z para finalizar e concluir o envio da mensagem.

CAPÍTULO 4 – IMPLEMENTAÇÃO

Para o correto entendimento da implementação do trabalho, é necessário entender o protótipo do projeto juntamente com seus circuitos e o seu código fonte. Neste capítulo são apresentados ao leitor esses tópicos fundamentais para a compreensão geral da implementação do projeto.

4.1 – Descrição da implementação

Definidos os conceitos, teorias e apresentadas às técnicas e dispositivos, é iniciada a implementação. A fase de implementação consiste em, de forma organizada, executar as tarefas previstas em planejamento e chegar ao produto final.

Antes de iniciar a implementação do projeto é necessário o cadastramento prévio do número do aparelho celular do proprietário da janela. O interessado recebe a comunicação que sua janela foi fechada de forma automática, no momento em que o evento da chuva começa a ocorrer em sua residência.

Para a implementação do sistema desenvolvido é necessário aferir o consumo de energia elétrica no local onde a janela está instalada. Assim, a fonte de alimentação é primordial para que o sistema funcione. Sem energia, não há corrente para a alimentação do circuito, impedindo o funcionamento do protótipo, que assim permanece desativado.

O sistema de automatização é capaz de perceber o início da precipitação de chuva e, imediatamente, providenciar o envio de uma SMS ao celular do destinatário que foi previamente cadastrado.

Se na residência tem mais de um morador, eles devem ser cadastrados para que possam receber as mensagens em seus telefones celulares. Não é necessário conectar o modem ao terminal de um computador para realizar mudanças nas configurações. Dessa forma, o acréscimo de mais de um número deve ser feito apenas no código do programa. Depois é obrigatório gravar o novo código atualizado no PIC. Para isso, é necessário retirar o PIC da placa e utilizar a gravadora adquirida para regravar em cima do microcontrolador o novo programa criado.

4.2 – Apresentação geral do projeto

Foi desenvolvido um programa em C, que é gravado no PIC 16F628A que controla todo o sistema da janela automatizada. Nessa programação cada parte isolada é analisada pelo PIC, conforme ilustrado na Figura 4.1.

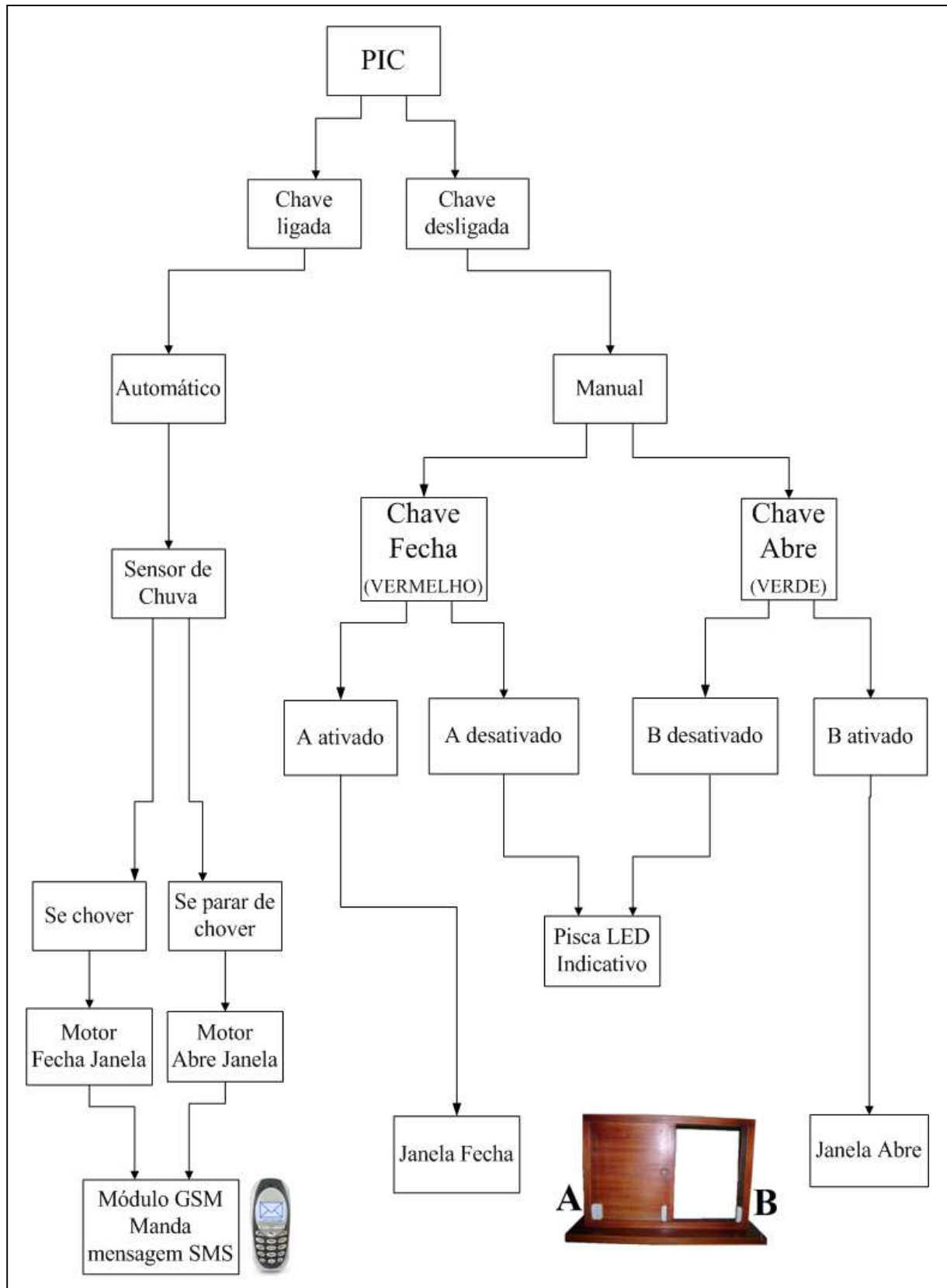


Figura 4.1 – Apresentação geral do projeto.

Pode-se observar que o PIC é a lógica central desse sistema, é ele que controla todo o projeto da janela automatizada. Primeiro, de acordo com o programa, o PIC analisa se a chave gangorra está ligada ou desligada. Se a chave estiver acionada isto significa que a chave está no modo automático. Caso esteja desligada isso indica que ela está no manual.

O segundo passo acontece depois que foi descoberta a posição da chave. No modo automático o sensor de chuva é a prioridade do sistema. Logo o PIC analisa se o sensor está seco ou está molhado. Caso esteja seco, a janela é aberta, e uma mensagem com o texto “NOTIFICAÇÃO: A janela foi aberta.” é enviada ao proprietário da janela. No entanto, se o sensor for notificado como molhado, a janela é fechada e uma mensagem com o texto “NOTIFICAÇÃO: A janela foi fechada.” é enviada ao usuário da janela, como ilustrado na Figura 4.2.



Figura 4.2 – Os dois tipos de mensagem SMS que podem ser enviadas.

Portanto, se o PIC detectar que a chave gangorra foi desativada, a programação analisa em seguida os dois botões *push-button* verde e vermelho, juntamente com a posição dos sensores fim de curso na janela. Quando o sensor de fim de curso A está acionado e a chave vermelha é pressionada, o PIC avisa ao motor para que a seja fechada. Porém, quando o sensor de fim de curso A está desativado e a chave vermelha é pressionada, nenhuma movimentação ocorre na janela, pois a janela já se encontra fechada, mas o LED vermelho indicativo pisca três vezes mostrando que a janela já está na posição desejada.

A outra forma de análise do PIC se dá quando a chave de fim de curso B está acionada e a chave *push-button* verde é pressionada pelo proprietário da janela. Após essa etapa, o PIC

percebe que a janela encontra-se fechada e que o comando para abri-la está sendo requerido. Assim, imediatamente a janela é aberta conforme solicitação do usuário. Porém, quando a chave de fim de curso B está desativada e a chave verde é pressionada, o PIC percebe que a janela já está aberta. Logo, nota-se que o LED vermelho indicativo pisca três vezes mostrando que a solicitação já estava efetuada.

4.3 – Topologia

Para alcançar os objetivos propostos, uma topologia foi ilustrada a fim de facilitar o entendimento do envio do sinal entre os dispositivos eletrônicos, conforme a Figura 4.3.

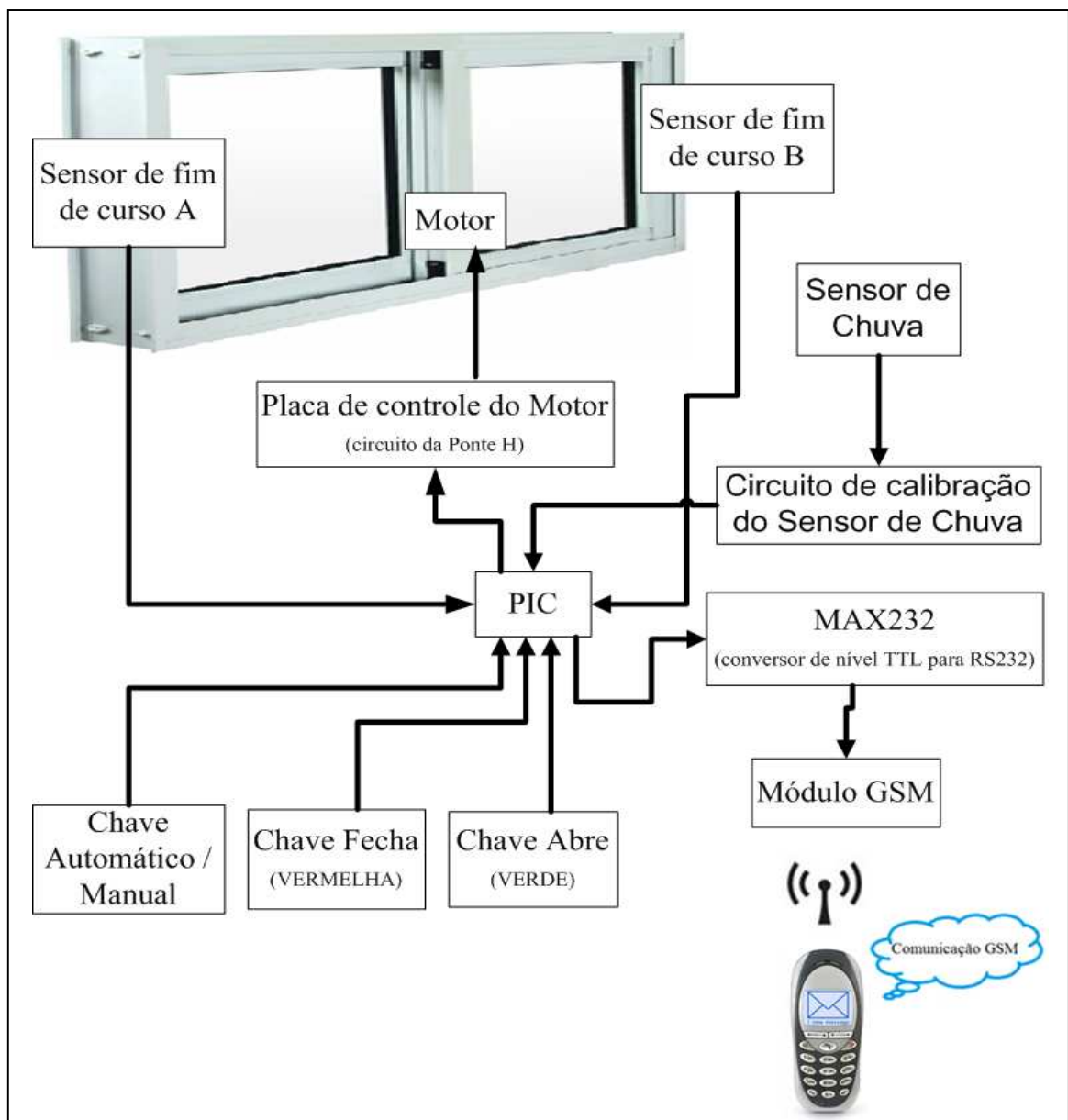


Figura 4.3 – Topologia do projeto.

Pode-se observar que o microcontrolador PIC se comunica com o modem através da comunicação serial. O MAX232 possibilita essa comunicação, pois é um conversor de nível TTL para RS232. Dessa forma, não é possível uma comunicação direta do PIC com o modem GSM. Do mesmo modo, o PIC também não controla o motor DC sem a utilização de uma placa de controle com o circuito de Ponte H. Portanto, este circuito, na condição de intermediário, permite a comunicação do PIC com o motor. Sendo assim, o sinal de comando do PIC é mandado primeiro à placa do circuito para depois ser enviado e interpretado pelo motor.

O PIC recebe o sinal dos dois pares de chaves de fim de curso, A e B. Esse envio é essencial para o PIC poder controlar a comunicação com os outros dispositivos do projeto, particularmente o controle das chaves abre e fecha. Elas dependem da valorização do estado das chaves de fim de curso dado pelo PIC, que podem estar ativadas ou desativadas. Assim, dependendo da condição de *status* das chaves de fim de curso A e B, é possível a utilização efetiva das chaves verde e vermelha.

O programa estabelece que o PIC receba um sinal de todos os dispositivos do projeto, e que apenas devolva comandos para o MAX232 e para a placa de controle do motor DC, permitindo assim que esses dois efetuem suas ações pré-definidas. No caso do motor seria a movimentação da janela, e no caso de MAX232 proporcionaria a comunicação com o modem para envios de SMS. Isso garantiria a comunicação GSM proposta no escopo deste projeto.

Destaca-se a importância da chave automático/manual que envia ao PIC o *status* da sua posição. Dependendo então do seu posicionamento, consegue-se definir o modo em automático ou manual, e conseqüentemente todo o desfecho do controle da janela. Dessa forma, caso o sistema esteja em modo automático o sensor de chuva se comunica com o PIC através do circuito de calibração do sensor. Portanto, o sensor de chuva não se comunica diretamente com um pino do PIC, e sim o circuito de controle de sensibilidade do sensor. Este circuito age como intermédio, permitindo a comunicação entre os dois dispositivos, PIC e sensor de chuva.

4.4 – Apresentação geral dos circuitos

Nesse tópico são abordados todos os circuitos construídos durante a construção do projeto. Estes circuitos foram simulados pelo programa Proteus®, visando poupar maiores erros e proporcionar o funcionamento correto do protótipo abordado durante este trabalho.

4.4.1 – Proteus®

O programa Proteus ISIS Schematic Capture® da Labcenter Electronics® na versão 7.6, conforme ilustrado na Figura 4.4, foi utilizado neste trabalho para permitir a simulação do circuito do projeto antes da montagem na placa. Após várias simulações e testes neste software é possível então partir para a construção dos circuitos na prática. Com isso, ele possibilita menos erros na configuração, montagem das peças eletrônicas e mais segurança na criação do projeto.

A simulação ocorre quase em tempo real. Isso é possível devido à interação com o desenho usado na tela com indicadores, LEDs, atuadores, interruptores, botões, vários tipos de motores, componentes eletrônicos do mais variados tipos, medidores de velocidade e de voltagem. Permite um misto de simulação de circuitos, componentes animados e modelos de microprocessadores (GONÇALVES, 2010). Dessa forma, facilita a co-simulação em completos projetos baseados em programação de microcontroladores e em programas para desenho de circuito impresso.



Figura 4.4 – Logo do programa Proteus ISIS Professional®.

4.4.2 – Circuito completo no Proteus®

Para a implementação do circuito do projeto foi utilizado o programa Proteus®, onde foi possível simular e testar a melhor disposição dos componentes eletrônicos. Sendo assim, permitiu-se checar se o funcionamento dos circuitos que estavam em perfeita harmonia. De acordo com essas simulações disponíveis através do programa Proteus®, foi possível minimizar a maioria dos erros de montagem e assim economizar tempo para a realização de testes.

Na Figura 4.5, notam-se todos os circuitos juntos do projeto implementados da forma correta. Nesta imagem todos os circuitos encontram-se conectados com algum pino do PIC, mostrando a sua extrema importância no funcionamento do protótipo. Cada circuito isolado será explicado neste capítulo em seguida.

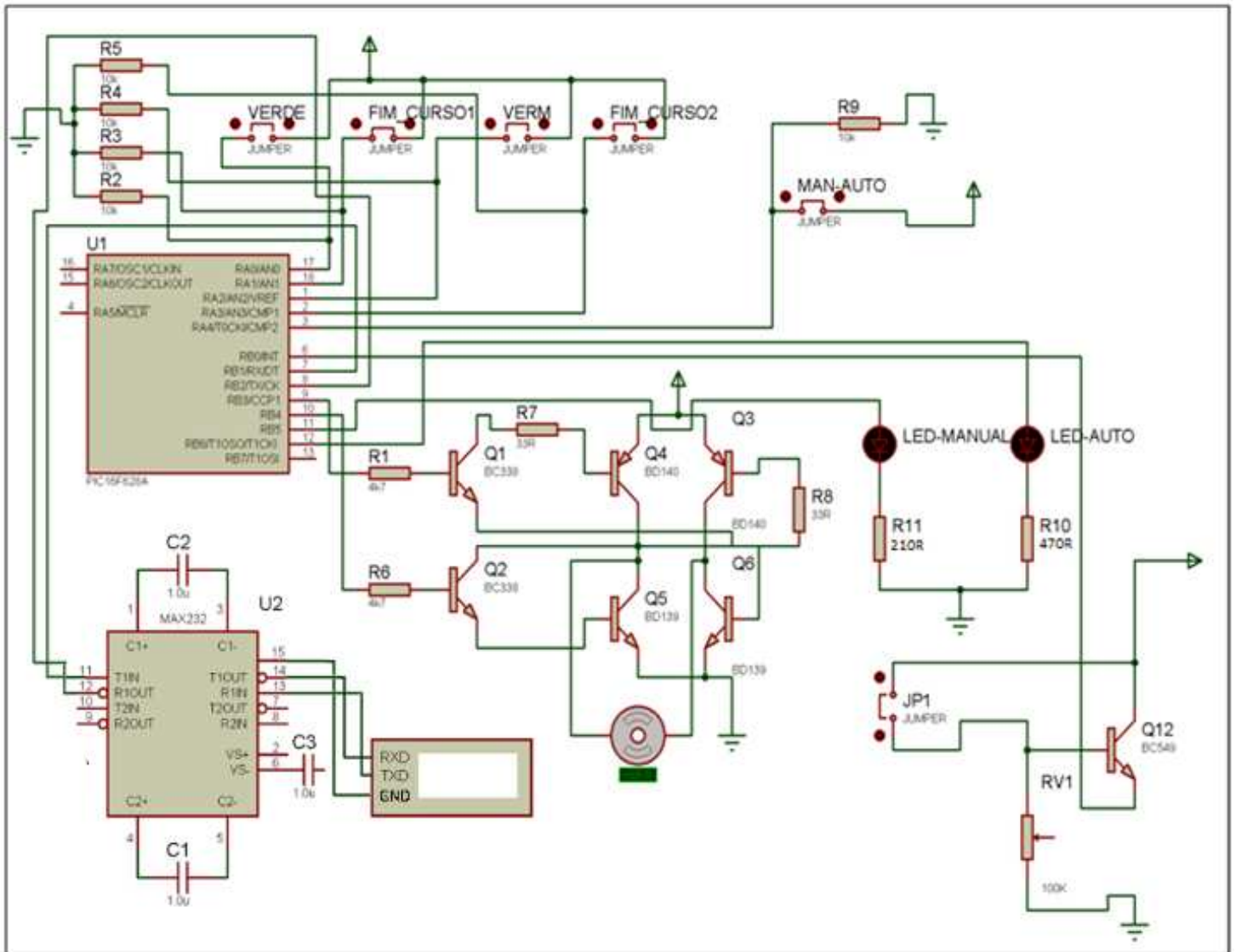


Figura 4.5 – Circuito completo do projeto desenhado no Proteus®.

4.4.3 – Circuito do Sensor de Chuva

Para a implementação do circuito do sensor de chuva vários testes foram realizados. Algumas abordagens foram discutidas até se chegar ao circuito ideal, com este então concluído foi possível a soldagem na placa do protótipo final.

4.4.3.1 – Primeiro Circuito de Calibração do Sensor de Chuva

Este circuito funcionava, porém, a corrente que o sensor de chuva transmitia era fraca, por isso foi incapaz de acionar a porta do PIC. Para construção do circuito ilustrado na Figura 4.6, foram utilizados os seguintes materiais:

- Q12: transistor BC549;
- D1: LED;
- R12: resistor 220 Ω ;
- RV1: potenciômetro de 100k Ω trimpot;
- JP1: sensor de chuva;
- Uma fonte de 5V.

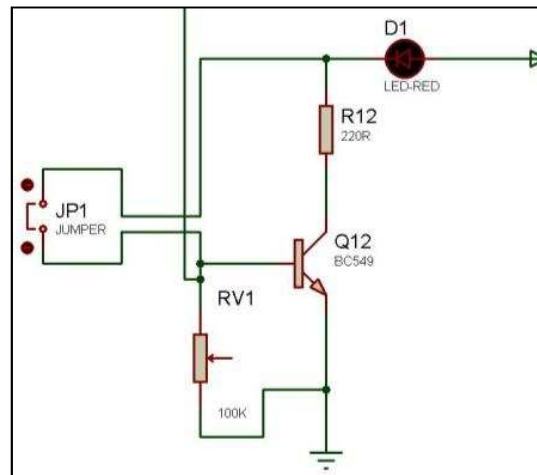


Figura 4.6 – Primeiro circuito construído para o sensor de chuva.

4.4.3.2 – Circuito Final de Calibração do Sensor de Chuva

Para o desenvolvimento do circuito final foram utilizados os mesmos componentes do circuito de calibração anterior menos o LED indicativo vermelho (D1) juntamente com o seu resistor (R12), pois estavam consumindo muita energia do sistema. Porém, de acordo com a Figura 4.7, a ligação do transistor BC549 foi alterada, portanto seu emissor foi modificado do terra para a porta 6 do PIC (RB0).

O potenciômetro facilitou a calibração do sensor para a medida correta de sensibilidade desejada. Para isso, foi necessário testar todos os posicionamentos possíveis do *trimpot*, girando a peça com uma ferramenta apropriada. Esses testes de sensibilidade foram feitos a partir do toque da mão na placa do sensor. Assim, quando o LED acendia apenas com a pressão dos dedos, significava que o posicionamento do *trimpot* ainda não estava ideal. Diante disso, o teste foi feito incontáveis vezes até ser encontrado o posicionamento ideal do potenciômetro, quando então o LED não mais acendeu com o toque da mão. Estabelecida a

posição definitiva, o LED indicativo foi retirado do circuito final de calibração do sensor de chuva. O LED foi removido porque consumia energia excessiva do circuito, e também por não ser visível ao usuário, uma vez que a placa do circuito geral fica oculta dentro de uma caixa preta. A referida caixa permitiu uma melhor conservação do circuito, evitando seu contato com possíveis superfícies condutoras.

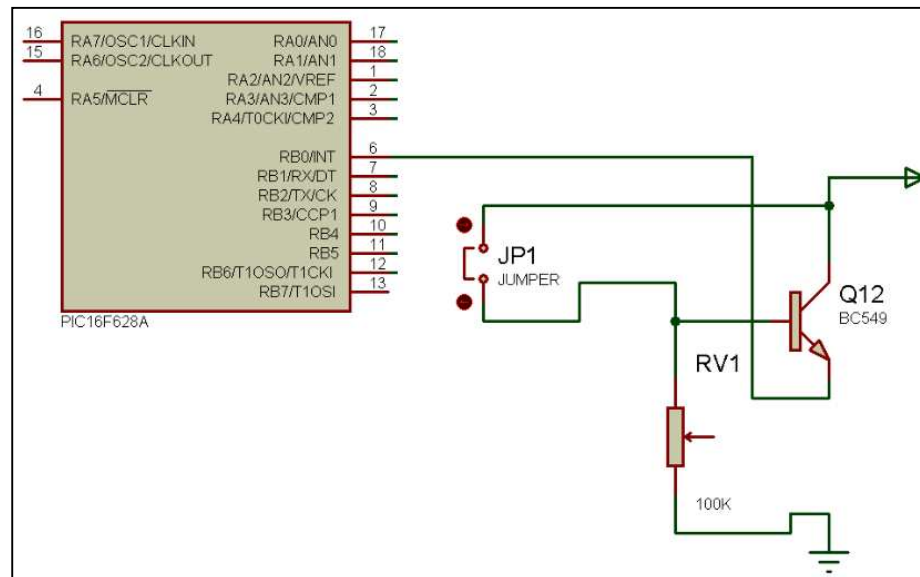


Figura 4.7 – Circuito do sensor de chuva final.

4.4.4 – Circuito do motor DC

Na implementação do circuito do motor DC várias abordagens foram testadas. O circuito de Ponte H foi ideal para o objetivo esperado neste projeto. Alguns circuitos antes construídos não proporcionaram a movimentação do motor da forma que era necessária. Então após várias tentativas foi possível solucionar o problema da velocidade do motor e atingir o objetivo final proposto.

4.4.4.1 – Primeiro Circuito de Ponte H de Controle do Motor DC

O primeiro circuito construído não atendeu o objetivo almejado. Possibilitou o controle do motor DC de menor potência para o sentido horário e para o sentido anti-horário. Porém não foi possível utilizar esse circuito para motores maiores, pois o mesmo não é capaz de fornecer potência suficiente para girar o motor. Para construção do circuito mostrado na Figura 4.8, foram utilizados os seguintes materiais:

- Q3 e Q1: 2 transistores BD139;

- Q4 e Q2: 2 transistores BD140;
- R3 e R4: 2 resistores 47k Ω ;
- R1 e R2: 2 resistores 1k Ω ;
- C1: capacitor 100nF;
- 2 circuitos integrados CD4011;
- Uma fonte de 5V.

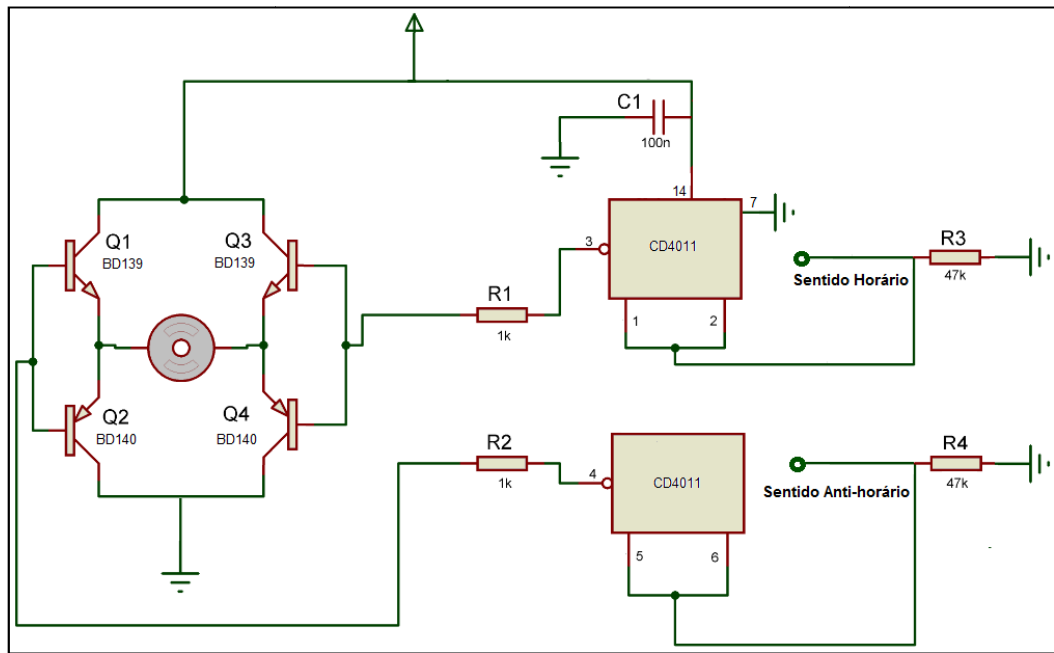


Figura 4.8 – Primeiro circuito de Ponte H para o motor DC.

4.4.4.2 – Circuito Final de Ponte H para Controle de Motor DC

Uma segunda aproximação para o circuito de controle foi desenvolvida, visando adequar a potência fornecida pelo microcontrolador à função de controle de motor DC utilizado. Para construção do circuito ilustrado na Figura 4.9, foram utilizados os seguintes materiais:

- Q5 e Q6: 2 transistores BD139;
- Q4 e Q3: 2 transistores BD140;
- Q1 e Q2: 2 transistores BC338;
- R1 e R6: 2 resistores 4k7 Ω ;
- R7 e R8: 2 resistores 33 Ω ;

- Uma fonte de 5V.

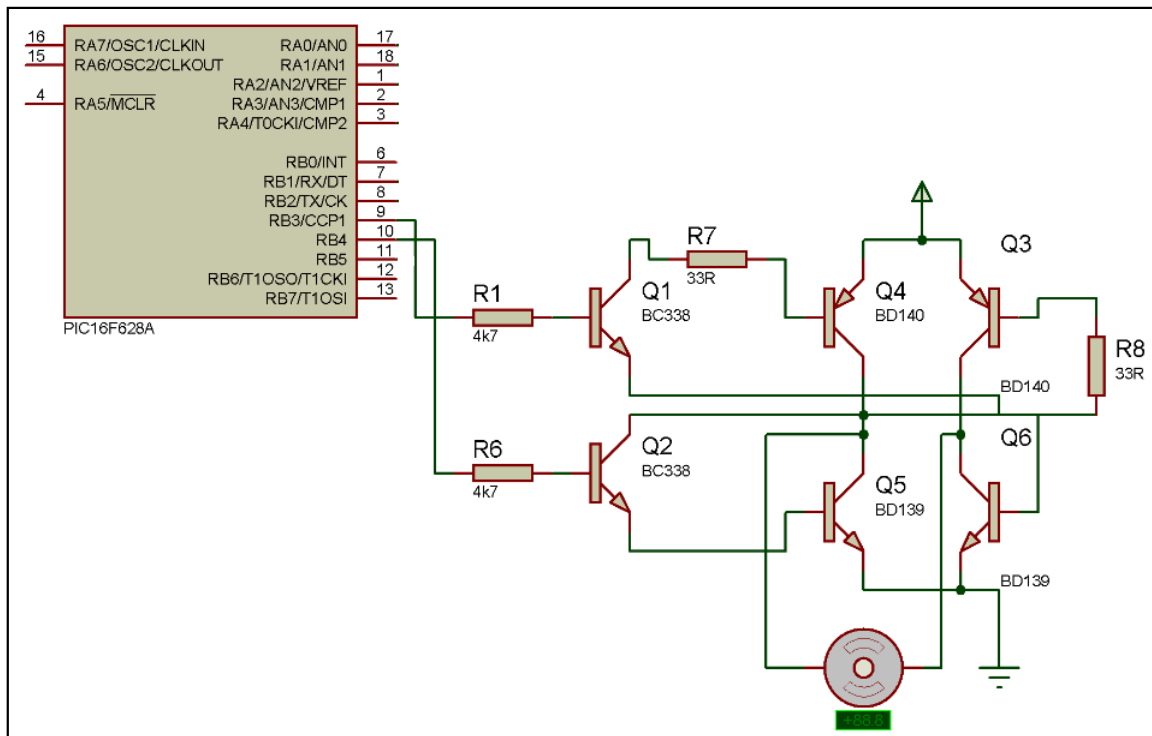


Figura 4.9 – Circuito final de Ponte H para o motor DC.

4.4.4.3 – Funcionamento do Circuito do Motor DC

O funcionamento do circuito final já mencionado tem por base o circuito de ponte H construído. Este conseguiu atender as expectativas necessárias para o funcionamento do motor.

4.4.4.4 – Circuito de Ponte H

Para o circuito mostrado, tem-se que uma aplicação de uma tensão positiva próxima da fonte no resistor R6 que leva o transistor NPN Q2 a condução. Conseqüentemente este transistor NPN em condução polariza as bases dos transistores PNP Q3 e NPN Q5 opostos na ponte H fazendo com que o motor gire no sentido horário, para direita.

A tensão positiva no resistor R1 leva o transistor NPN Q1 à condução. Isso resulta na polarização dos transistores PNP Q4 e NPN Q6 opostos na ponte H. Essa polarização faz com que o motor gire no sentido anti-horário, para a esquerda, conforme mostrado na Figura 4.10.

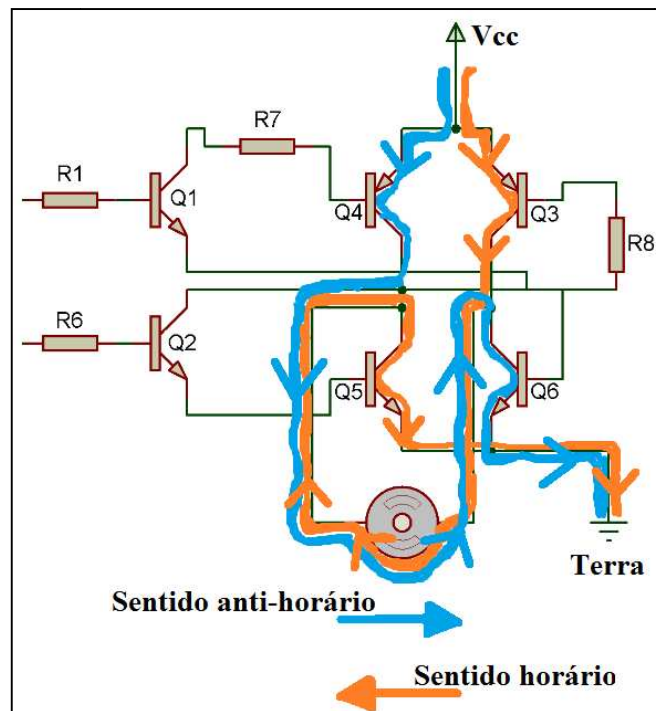


Figura 4.10 – Circuito de Ponte H para o motor DC.

4.4.5 – Circuito da Chaves

As chaves de fim de curso, *reed-switch*, e as chaves *push-button* foram de extrema importância na implementação do sistema de controle da janela. Essas chaves foram interligadas na programação para permitir a comunicação com o PIC no controle da janela via modo manual. Sendo que o circuito formado por elas que permitiu a ligação entre as duas para o correto funcionamento da ordem dada pelo proprietário em quer abrir ou fechar a janela.

Com circuito da chave gangorra foi possível o correto funcionamento da vontade do usuário na escolha do sistema em modo manual ou automático.

4.4.5.1 – Circuito da Chave Fim de Curso com as Chaves *Push-Button*

Os resistores R2, R3, R4 e R5 todos de 10k são aterrados e ligados aos pinos 17 (A0), 18 (A1), 1 (A2) e 2 (A3) respectivamente conforme demonstra a Figura 4.11. Estes são utilizados para manter o nível lógico dos pinos em zero. Estes pinos também são ligados ao positivo da fonte (pino 14) através de chaves *push-button* e fim de curso. Quando acionadas, essas chaves alteram o nível lógico dos pinos para 1 perante 5V.

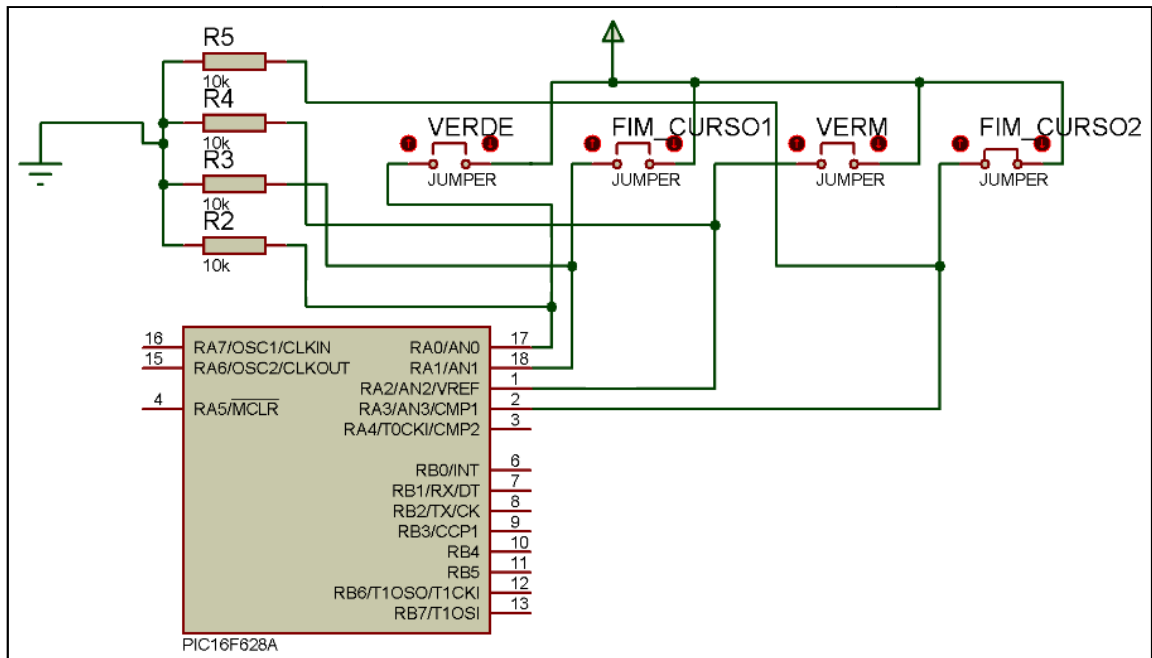


Figura 4.11 – Ligações das chaves fim de curso e *push-button*.

4.4.5.2 – Circuito da Chave Gangorra no Modo Manual/Automático

O resistor R9 de 10k é aterrado e ligado ao pino 3 (RA4) como mostrado na Figura 4.12. É utilizado para manter o nível lógico do pino em zero. A chave gangorra também é ligada ao positivo da fonte, que pela programação seleciona o modo manual ou automático.

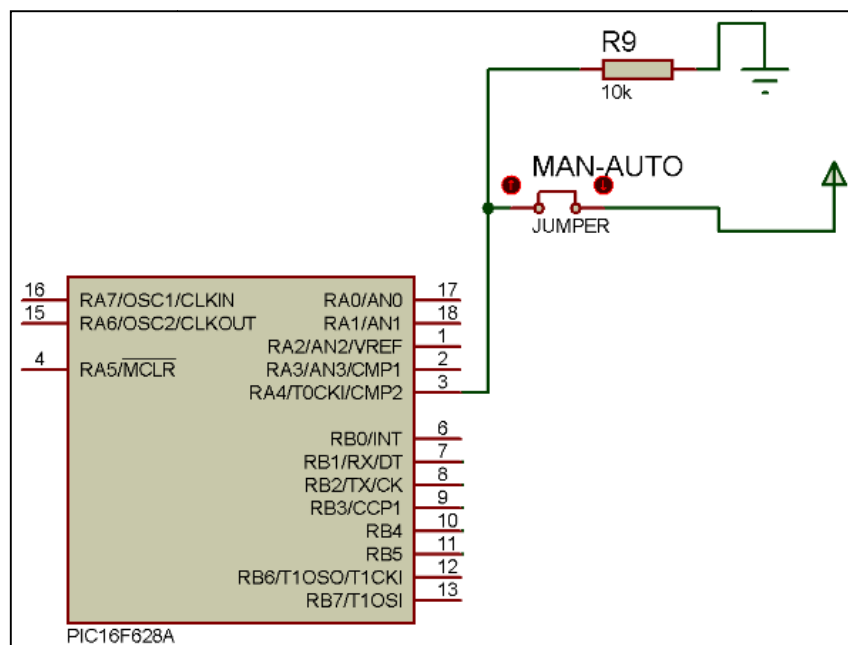


Figura 4.12 – Ligação da chave manual/automático.

4.4.5.3 – Circuito dos LED indicativos manual e automático

O circuito da Figura 4.13 abaixo enfatiza a função automático/manual do sistema, fazendo com que o LED azul permaneça piscando durante o funcionamento em modo automático e o LED vermelho permaneça ligado no modo manual. As saídas utilizadas para este propósito foram: 11 para LED manual (RB5) e 12 para LED automático (RB6). O LED manual vermelho utiliza um resistor de 210Ω e o LED automático azul necessita de um resistor de 470Ω .

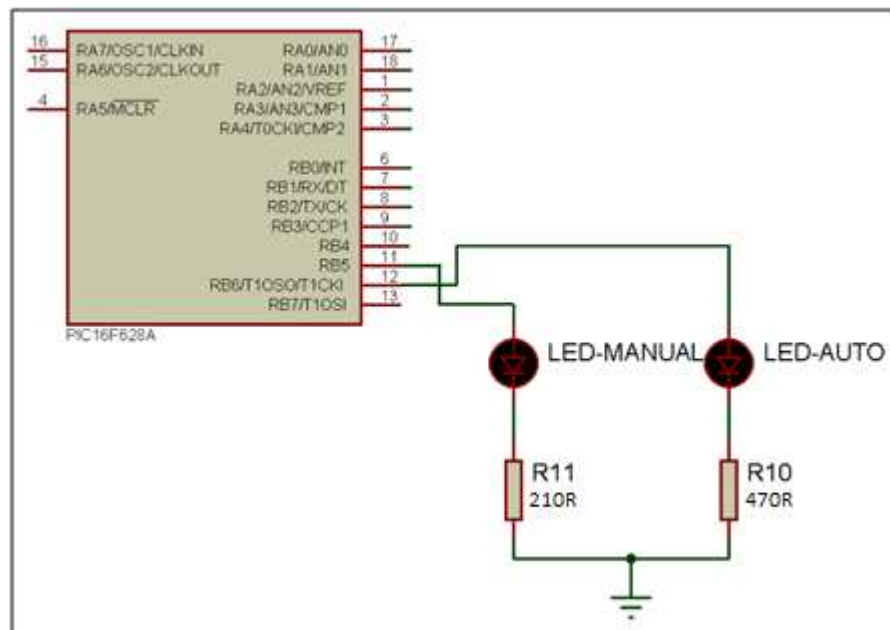


Figura 4.13 – Indicação ótica dos modos manual/automático.

4.4.6 – Circuito do MAX232

No circuito mostrado na Figura 4.14, tem-se o MAX232 fazendo a comunicação entre o PIC 16F628A com o modem GSM. O MAX232 é um conversor de sinais TTL/RS232 utilizado para fazer a conexão entre o microcontrolador e o modem GSM através da porta serial. A ligação com o PIC é feita através dos pinos 11 (T1N) e 12 (R1OUT). Já no PIC esses pinos chegam respectivamente nos pinos 8 (RB2 ou TX) e 7 (RB1 ou RX). Em seguida, para a comunicação do MAX232 com o modem GSM três pinos são utilizados, o pino 14 com o RX (recepção) do modem e o pino 13 com o TX (transmissão) do modem. A terceira conexão na figura é entre os terras (GND), do MAX no pino 15 com o modem no pino 5 (DB9).

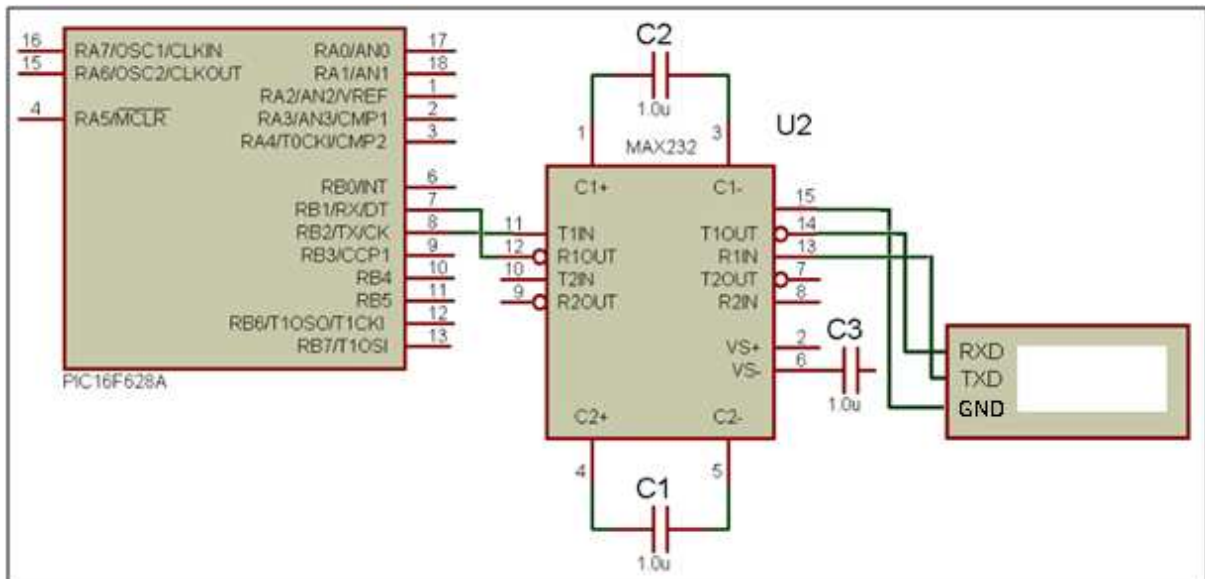


Figura 4.14 – Ligação do MAX232 com o modem GSM e o PIC.

4.5 – Detalhamento do código fonte

É fundamental a compreensão do código criado para o protótipo da janela automatizada, para que se torne possível entender o completo funcionamento do sistema.

4.5.1 – Código fonte com as diretivas de pré-compilação

Na Figura 4.15 é mostrada a introdução do programa. Nela é possível observar a declaração de algumas definições que são de extrema importância para a correta compilação do código.

Uma observação importante é o comando `#use`, que no caso do `delay`, relata a utilização do `clock` de 4Mhz. E, no caso do `rs232`, nota-se que o desempenho se faz a uma velocidade de 9600 *bps* e configura os pinos de recepção e de transmissão.

O comando `#include <16F628.h>` declara e estabelece o arquivo de cabeçalho padrão para o dispositivo PIC16F628, como por exemplo, as constantes usadas para identificar os pinos do PIC.

```

#include <16f628.h>
#define delay(clock=4000000)
#define fuses INTRC_IO, NOWDT, PUT, BROWNOUT, NOLVP, NOMCLR
#define use rs232(baud=9600, xmit=pin_B2, rcv=pin_B1, stream = modem)

```

Figura 4.15 – Código fonte com as diretivas de pré-compilação.

4.5.2 – Código fonte dos protótipos das funções

Como ilustrado na Figura 4.16, o código define o protótipo das seis funções básicas utilizadas e necessárias para a lógica da programação do sistema.

```

1- void modeManual(void);
2- void modeAutomatic(void);
3- void enviaMsg_aberto(void);
4- void enviaMsg_fechado(void);
5- void LedManual(void);
6- void PiscaLedErro(int x);

```

Figura 4.16 – Código fonte dos protótipos das funções.

4.5.3 – Código fonte do programa principal

De acordo com a Figura 4.17, o código comanda a função de ligar os LEDs automático azul (PIN_B6) e manual vermelho (PIN_B5), para em seguida aguardar a inicialização perante o pressionamento do botão verde (PIN_A0). Assim, verifica a posição da chave automático/manual (PIN_A4), e executa as funções do modo automático (modeAutomatic) e do modo manual (modeManual).

```

void main() {
  output_high(PIN_B5);
  output_high(PIN_B6);
  while(!input(PIN_A0)) {}
  output_low(PIN_B5);
  output_low(PIN_B6);
  delay_ms(100);
  while(true)
  {
    if(input(PIN_A4)) {
      modeAutomatic();
    }
    else {
      LedManual();
      modeManual();
    }
  }
}

```

Figura 4.17 – Código fonte do programa principal.

4.5.4 – Código fonte para o botão verde e vermelho no Modo Manual

Nessas linhas de programação, ilustradas na Figura 4.18, o modo manual (modeManual) verifica se o botão verde (PIN_A0), ou vermelho (PIN_A2), foi pressionado pelo proprietário da janela.

Caso o botão verde (PIN_A0), que tem a função de abrir a janela, seja pressionado pelo usuário, e a janela se encontre fechada, esta ação então promove a ligação do motor no sentido anti-horário (PIN_B3). O motor permanece ligado até a chave fim de curso (PIN_A1) ser acionada pela movimentação da janela, avisando assim que a janela abriu.

Entretanto, caso a janela esteja aberta, o LED vermelho do modo manual (modeManual) tem a função de piscar três vezes (PiscaLedErro(3)). Esse recurso proporciona um alerta ao usuário, para que este perceba que o botão verde que está sendo pressionado não irá causar a movimentação esperada da janela. Logo, o mesmo procedimento também ocorre para a outra função de fechar a janela, proporcionada pelo pressionamento do botão vermelho (PIN_A2).

```

void modeManual(void) {
    if(input(PIN_A0)) {
        if (!input(PIN_A1)) {
            output_high(PIN_B3);
            while(!input(PIN_A1)) {};
            delay_ms(150);
            output_low(PIN_B3);
        }
        else {
            PiscaLedErro(3);
        }
    }
    if(input(PIN_A2)) {
        if (!input(PIN_A3)) {
            output_high(PIN_B4);
            while(!input(PIN_A3)) {};
            delay_ms(150);
            output_low(PIN_B4);
        }
        else {
            PiscaLedErro(3);
        }
    }
}

```

Verifica o botão verde

Verifica a chave fim de curso A e aciona o giro do motor no sentido anti-horário para abrir a janela

Ação já estabelecida

Verifica o botão vermelho

Verifica a chave fim de curso B e aciona o giro do motor no sentido horário para fechar a janela

Ação já estabelecida

Figura 4.18 – Código fonte para os botões abre e fecha no modo manual.

4.5.5 – Código fonte para a chave no Modo Automático

Nesse pedaço do código, de acordo com a Figura 4.19, é comandada a função do programa no modo automático (modeAutomatic). Seu objetivo primeiramente é alterar o LED que deve permanecer ligado, trocando o de cor vermelha (PIN_B5) pelo de cor azul (PIN_B6). Logo em seguida, o sensor de chuva (PIN_B0) é verificado, e a sua ativação é conferida. Assim é possível saber se esse está molhado ou não. E em seguida, é feita a conferência da posição atual da janela por meio dos sensores de fim de curso.

Logo após essa checagem, se o sensor de chuva (PIN_B0) estiver acionado e a janela estiver aberta, o PIC então aciona o motor (PIN_B4) para a movimentação da janela. Portanto, com a mudança de posição da janela, essa é identificada e percebida pela chave de fim de curso. Logo, essa chave é então acionada.

Assim, após o acionamento da chave de fim de curso, o PIC em seguida permite que o modem GSM envie uma mensagem SMS (enviaMsg_fechado), perante os comandos AT já devidamente pré-estabelecidos. Dessa forma, o LED azul (PIN_B6) pára de piscar por um

instante, e se mantém acionado até o envio da mensagem ser concluído na condição de bem-sucedido. Isso porque a janela se encontrava aberta (enviaMsg_fechado). Porém, caso a janela esteja fechada, o LED azul do modo automático (PIN_B6), que foi programado para sempre permanecer a piscar, continuará piscando sem descanso.

Outra verificação possível acontece quando, após a checagem do sensor de chuva (PIN_B0), este se encontra no estado seco. Logo, é verificada a posição atual da janela através das chaves de fim de curso (PIN_A1). Caso a janela esteja fechada, de acordo com o código programado, o PIC permite a abertura da janela, e em seguida autoriza o envio dos comandos AT para o modem GSM (enviaMsg_aberto). Neste momento do envio do SMS, o LED azul (PIN_B6) permanece aceso ininterruptamente e apenas volta a piscar quando a mensagem é enviada. Porém, se a janela já estiver na posição aberta, nenhuma movimentação acontecerá com o protótipo da janela. Assim, apenas o LED azul do modo automático (PIN_B6), que tem a função de piscar constantemente, continuará piscando sem cessar.

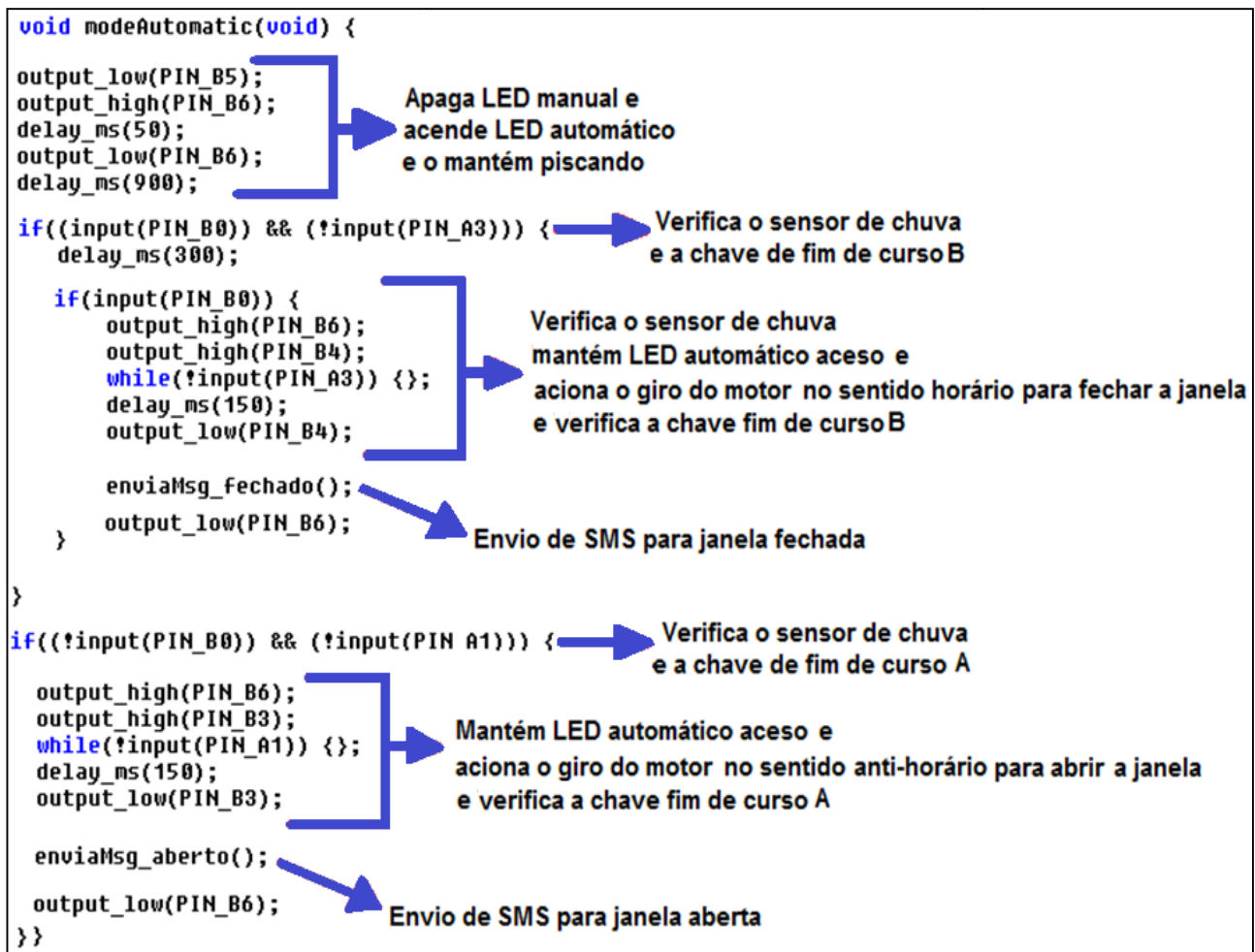


Figura 4.19 – Código fonte para a chave no modo automático.

4.5.6 – Código fonte para o envio de mensagem de Janela Aberta

Esta parte do código, ilustrada na Figura 4.20, tem o objetivo de permitir o envio dos comandos AT ao modem GSM. Realiza a operação de configurar o modem GSM para permitir o envio de mensagens SMS. Essa mensagem SMS deve conter em seu texto a informação de que a janela foi aberta (enviaMsg_aberto). Assim, a confirmação de envio dos comandos AT somente é permitida com o envio de um CTRL+Z ao final da programação. Logo, esse comando somente é compreendido de acordo com a formatação permitida pela tabela ASCII. Portanto, o comando é inserido no código, de acordo com as descrições da tabela ASCII, como 0x1a.

```

void enviaMsg_aberto(void) {
    delay_ms(500);
    fprintf(modem,"AT\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem,"AT&K0\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem,"ATE0\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem,"AT+CMGF=1\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem,"AT+CMGS=\""+556192687202\""\r");
    delay_ms(3000);
    fprintf(modem,"NOTIFICACAO: A janela foi aberta.");
    delay_ms(3000);
    putc(0x1a);putc(0x1a);putc(0x1a);
}

```

Figura 4.20 – Código fonte para o envio de SMS de janela aberta.

4.5.7 – Código fonte para enviar mensagem da Janela Fechada

O procedimento desse trecho do código, conforme ilustrado na Figura 4.21, permite o envio dos comandos AT ao modem GSM, porém neste caso, quando a janela é fechada. A diferença encontra-se que ao permitir o envio dos comandos AT ao modem, a mensagem SMS enviada deve conter em seu texto a informação de que a janela foi fechada (enviaMsg_fechado). Da mesma forma como foi abordado previamente, o envio dos comandos AT é finalizado com a inserção na última linha do código, o comando em hexadecimal 0x1a da tabela ASCII.

O comando AT&K0 tem a função de configurar o modem. Assim, propõem que sua comunicação e transmissão funcionem apenas utilizando os pinos TX, RX e GND do cabo serial de conector DB9. O código com o comando AT+CMGF=1 configura o modem GSM para permitir o envio de mensagens de texto SMS para celulares cadastrados.

O comando \r é sempre enviado após cada linha de comando AT. Esse tem o poder de executar a mesma função de uma tecla Enter, ou seja, permite a confirmação do fim da frase liberando o envio do código.

```

void enviaMsg_fechado(void) {
delay_ms(500);
fprintf(modem,"AT\r"); → Verifica se o modem está conectado
delay_ms(1000);
fprintf(modem,"AT&K0\r"); → Desativa a compactação de dados
delay_ms(1000);
fprintf(modem,"ATE0\r"); → Desliga o eco dos comandos
delay_ms(1000);
fprintf(modem,"AT+CMGF=1\r"); → Estabelece o serviço de envio de SMS
delay_ms(1000);
fprintf(modem,"AT+CMGS=\""+556192687202\""\r"); → Informa o número do celular
delay_ms(3000);
fprintf(modem,"NOTIFICACAO: A janela foi fechada."); → Informa a mensagem
delay_ms(3000);
putc(0x1a);putc(0x1a);putc(0x1a);} → Finaliza o envio da SMS

```

Figura 4.21 – Código fonte para o envio de SMS de janela fechada.

4.5.8 – Código fonte para controle dos LEDs

Essa pequena divisão do código, conforme mostrado na Figura 4.22, permite o controle do LED vermelho (PIN_B5) e do LED azul (PIN_B6). Dessa forma, esse trecho comanda o desligamento do LED azul do modo automático e depois o acionamento do LED vermelho do modo manual (LedManual).

```

void LedManual(void) {
    output_low(PIN_B6);
    output_high(PIN_B5);
}

```

Figura 4.22 – Código fonte para controle dos LEDs.

4.5.9 – Código fonte para controle dos LED vermelho do modo manual

Nesse pedaço de código, de acordo com a Figura 4.23, é comandada a função do programa criada para piscar o LED vermelho do modo manual (PIN_B5). Esse trecho o comando (PiscaLedErro(3)) tem o propósito de ser usado quando o proprietário da janela tenta realizar uma ação já estabelecida. Dessa forma, o LED vermelho (PIN_B5) tem a função de piscar três vezes seguidas, avisando ao usuário de que sua ação não está correta. Um exemplo, é o caso do usuário tentar fechar a janela pressionando o botão vermelho, sendo que esta já se encontra fechada. Outro exemplo, é o caso do proprietário tentar abrir a janela pressionando o botão verde, sendo que a janela já estava aberta.

```
void PiscaLedErro(int x) {  
    int i=0;  
    for(i=0;i<=x;i++) {  
        output_low(PIN_B5);  
        delay_ms(100);  
        output_high(PIN_B5);  
        delay_ms(100);  
    }  
}
```

Figura 4.23 – Código fonte para controle do LED vermelho do modo manual.

CAPÍTULO 5 – TESTES E RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados ao leitor os testes e os resultados realizados desse projeto de pesquisa.

5.1 – Descrição da Área de Aplicação do Projeto

A automação residencial é o objetivo deste projeto. Ele foi desenvolvido para um processo doméstico, mas também é possível adaptá-lo para projetos comerciais como escritórios, museus e igrejas. Seu uso é compatível desde quintais até áreas públicas. A idéia do projeto é aplicável à automação predial comercial, empresarial ou residencial, trazendo mais comodidade e conforto para as pessoas.

5.2 – Descrição das Etapas do Projeto

A primeira etapa foi a construção da janela por um marceneiro confiável e experiente, que recebeu o desenho do croqui da janela, com as exigências físicas nele detalhadas, de acordo com as necessidades do projeto.

A segunda etapa inclui a compra de materiais básicos e necessários para a montagem do projeto, como: tubos de solda, o próprio ferro de solda, metros de fios coloridos e maleáveis, três placas de *protoboard*, diferentes tipos de alicates e um estilete. Juntamente foram comprados os primeiros componentes eletrônicos para a confecção dos circuitos, como as chaves gangorra e *push-button*, dois tipos de sensores de fim de curso, três PICs, dois MAX232 e uma quantidade razoável de conectores DB9 machos e fêmeas. Constatou-se a necessidade de uma gravadora para o PIC e essa então foi adquirida.

A terceira etapa foi a compra do módulo G24 GSM da Motorola®, por meio do site da empresa Informat Technology®. Logo em seguida foi necessária a aquisição do cabo USB com porta serial macho. Isso possibilitou o encaixe na porta serial fêmea do módulo GSM, e a porta USB para a comunicação com um computador. Para a comunicação do módulo com a placa de controle do PIC foi preciso construir um cabo onde as duas pontas possuíssem saída para portas seriais.

Também para possibilitar o funcionamento do módulo foi necessária a compra de um SIM *Card* pré-pago, juntamente com uma quantia de crédito suficiente para suprir os gastos com envios de mensagens SMS durante todo o período de testes do projeto.

A quarta etapa se baseou na compra das duas fontes demandadas pelo circuito do projeto. Logo em seguida foi feita a confecção dos circuitos das fontes de alimentação que converteram as fontes para apenas 5V, de acordo com a necessidade do projeto. Após a obtenção do motor DC foi exigida a construção do circuito de ponte H para proporcionar o correto funcionamento do motor.

A quinta etapa foi relacionada à criação artesanal do sensor de chuva. Após a compra dos materiais básicos, o sensor foi construído. Assim, notou-se a impossibilidade de seu manuseio sem uma placa que controlasse a sensibilidade do referido sensor. Esta placa foi então elaborada e forneceu o apoio desejado para que ocorresse o correto funcionamento do circuito.

A sexta etapa foi a compra de uma placa de fenolite cobreada ilhada que substituiu as placas de *protoboard* usadas na construção dos testes do projeto. Com a aquisição da placa ilhada na medida de 10 cm por 15 cm, própria para a utilização em circuitos impressos, foi possível a montagem de todos os circuitos criados e conseqüentemente a soldagem de todos eles juntos na mesma peça.

5.3 – Testes

Neste tópico são relatados os principais testes efetuados após a implementação do sistema do projeto.

5.3.1 – Testes com o motor DC

O desenvolvimento do protótipo se iniciou com a confecção de uma janela de proporções menores para simular uma janela deslizante. O material escolhido para a janela foi madeira e a montagem foi feita por um marceneiro. Com a janela pronta foi necessário adequar um trilho e um motor para o controle da abertura e fechamento da janela. Para isso foram utilizados trilhos de aparelhos de CD-ROM. Os trilhos foram cortados e colados na parte deslizante da janela. Com os trilhos colados, o motor foi encaixado na parte fixa da janela de modo que ficasse em contato com os trilhos. Isso permitiu que a janela deslizasse em resposta ao acionamento do motor, de acordo com a Figura 5.1.



Figura 5.1 – Testes do motor DC fixado na janela.

Com a janela pronta, iniciou-se a montagem do circuito do motor, circuito de Ponte H, como mostrado na Figura 5.2. Na primeira versão do circuito houve problemas decorrentes da potência fornecida ao motor, o circuito era incapaz de alimentar o motor escolhido para este projeto.

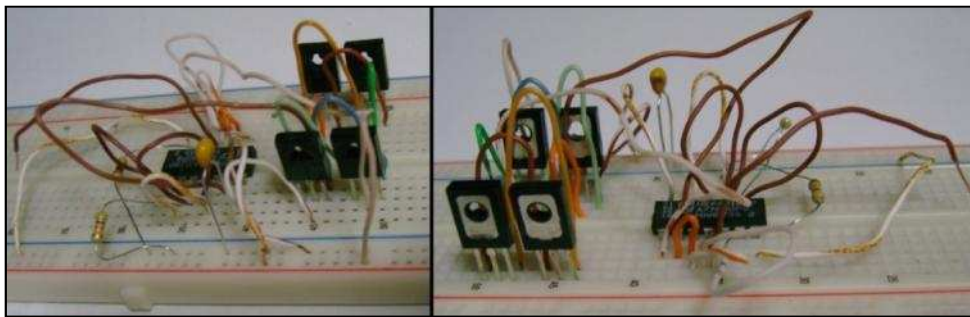


Figura 5.2 – Primeira versão do circuito construído para o motor DC.

Este impasse foi resolvido com um novo circuito de ponte H, desta vez mais simples, utilizando somente transistores, como ilustrado na Figura 5.3. Com este novo circuito foi possível controlar totalmente o motor DC.

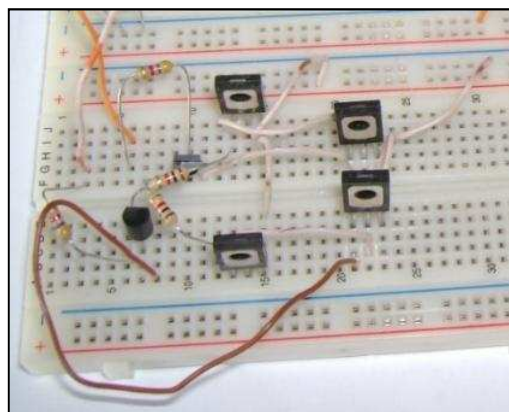
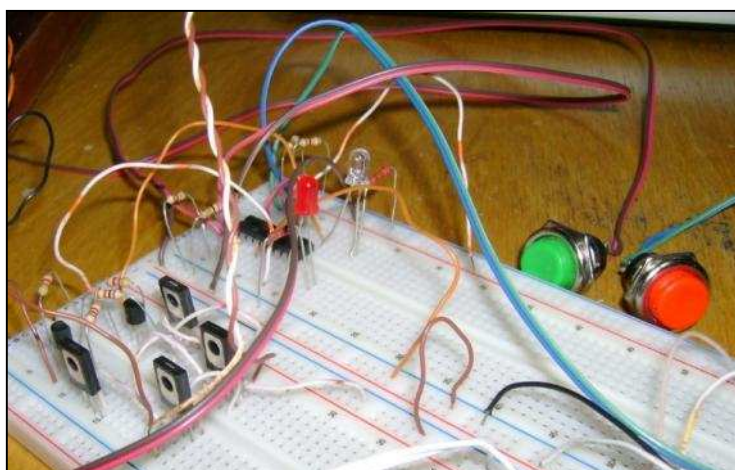


Figura 5.3 – Versão final do circuito do motor DC.

Após a finalização dos testes com o motor DC iniciou-se a implementação do programa de controle da janela. Os primeiros testes feitos foram os do modo manual, onde foram ligadas as chaves *push-button* às portas do PIC, como mostra a Figura 5.4. Essas chaves quando pressionadas acionam o circuito do motor DC, permitindo a abertura ou o fechamento da janela. Com o motor acionado foram necessários dispositivos que indicassem que a janela abriu ou fechou completamente e desligasse o motor.

Figura 5.4 – Chaves *push-button* ligadas ao PIC.

Os dispositivos utilizados para esse fim foram as chaves de fim de curso, KW-10B *microswitch* com haste, fixadas nas canaletas da janela como indicado na Figura 5.5. Esses sensores informavam o estado da janela, aberta ou fechada, controlando o motor.

Figura 5.5 – Chaves *microswitch* fixadas nas canaletas.

Com o modo manual devidamente funcionando passou-se para o desenvolvimento do modo automático. Para isso foi necessário o uso de uma chave seletora e do sensor de chuva.

Para implementação da chave seletora, foi utilizada uma chave do tipo gangorra que, seleciona um dos dois modos do PIC, automático quando ligada ou manual quando desligada. Com o modo automático selecionado foi necessário o uso de um sensor de chuva.

5.3.2 – Testes com o sensor de chuva

Um circuito para a calibração do sensor de chuva foi construído como teste antes do circuito final, de acordo com a ilustração da Figura 5.6.

O circuito construído tinha o objetivo de dar uma maior precisão para a placa do sensor de chuva. Por isso, o potenciômetro, que é um componente de resistência variável, foi fundamental para tentar encontrar a resistência ideal. Porém neste circuito ainda não foi possível a remoção da sensibilidade da placa, sendo essa acionada mesmo sem a presença de água. Este circuito apresentava muita sensibilidade, então a abertura e o fechamento da janela continuavam inconstantes.

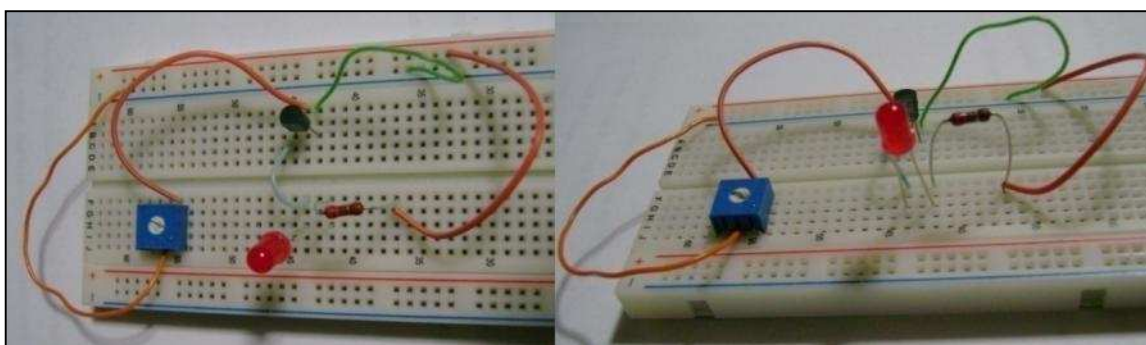


Figura 5.6 – Primeira versão do circuito construído para o sensor de chuva.

Um modelo simples de sensor que detecta a presença de água, que se adequou às necessidades do projeto foi construído posteriormente. A funcionalidade desse modelo de sensor de chuva consiste em um circuito aberto que possui dois contatos expostos que, em contato com a água, fecham o circuito, acionando-o.

Durante os testes foi utilizado um borrifador de água que simula a chuva. O sensor de chuva foi umedecido e possibilitou o fechamento dos contatos com a posterior polarização da base do transistor e atribuição de valor 1 no pino RB0 ou seis do PIC. Com esse circuito montado, ilustrado na Figura 5.7, foi possível continuar os testes do modo automático. Com a

presença de água no sensor, o PIC era acionado e assim emitia o comando de fechar a janela caso essa estivesse aberta.

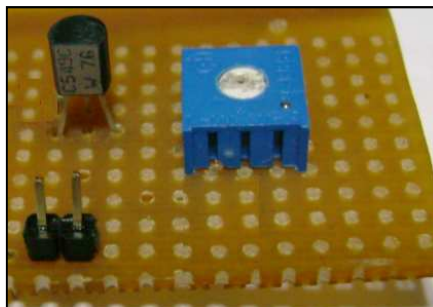


Figura 5.7 – Versão final do circuito de controle do sensor de chuva.

Durante o período dos testes, foram construídos dois sensores de chuva. O primeiro se mostrou pequeno em relação à dimensão dos outros dispositivos do projeto, e rapidamente sofreu um grande desgaste devido ao seu intenso uso durante os exaustivos testes feitos com o mesmo. Assim, o primeiro sensor foi substituído pelo segundo. A primeira placa do sensor de chuva construído tinha dimensões de 10 cm de largura por 17 mm de altura.

Assim, conforme Figura 5.8 nota-se a diferença entre elas. A última apresentou um melhor desempenho devido ao fato de ter mais espaço na superfície da placa para a água fechar o curto entre as trilhas de cobre e acionar o PIC. Isso foi comprovado à medida que testes foram feitos e seus resultados comparados. Com isso, o sensor de maior tamanho foi adotado para o protótipo final, exibindo dimensões de 15 cm de largura por 7 cm de altura, demonstrando melhor aparência. A placa final do sensor deve permanecer sempre na posição horizontal, assim as gotas de água ficam estáveis em cima dela, e então a condução de energia transmitida pela água é imediatamente percebida pelo PIC.

A localização do sensor pode variar, podendo ficar fixo, por exemplo, em cima do telhado ou em cima do parapeito da janela, sempre na posição deitada. Não é recomendada a fixação do sensor na parede de fora da casa, pois assim seu funcionamento não seria efetivo. Nesse caso o sensor assumiria a posição vertical, e as gotas de chuva escorreriam da placa. Assim, com a ausência de água na placa não é possível ocorrer condução de energia e conseqüentemente a lógica do PIC nunca seria acionada e o protótipo não funcionaria.

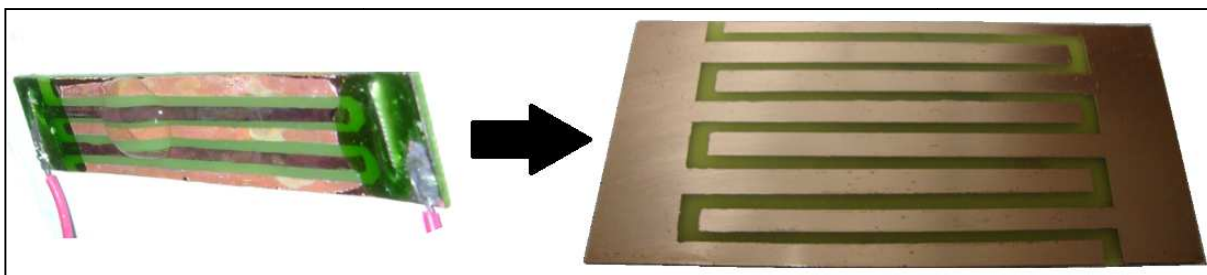


Figura 5.8 – Comparação do primeiro com o segundo sensor.

5.3.3 – Testes com as chaves fim de curso

Durante os testes houve problemas com as chaves fim de curso, pois quando a janela era aberta ou fechada o impacto na chave era grande, fazendo-a recuar alguns milímetros, não mantendo a chave pressionada conforme era indispensável. Assim, havia um falso-positivo na checagem feita pelo PIC fazendo com que o PIC permitisse o envio pelo modem GSM de mensagens SMS desnecessárias.

A solução encontrada para a resolução do problema foi a mudança das chaves fim de curso KW-10B microswitch com haste para as chaves *Magnetic Reed-Switch*, como mostrado na Figura 5.9. A nova chave acionada por magnetismo permitiu que o acionamento entre elas fosse a certa distância, sendo assim a janela não sofria o impacto ocorrente, e apenas uma mensagem era enviada.



Figura 5.9 – Chaves *Magnetic Reed-Switch* coladas na janela.

5.3.4 – Testes com o modem GSM

Durante os testes com o modem GSM inicialmente constatamos que não era possível o envio da mensagem de texto, pois esta não era reconhecida pelo modem. Após várias tentativas foi descoberto que a configuração do modem estava errada. Essa codificação errônea do modem dificultou o processo de envio das mensagens, uma vez que estava programada para configuração hexadecimal e não para caracteres da tabela ASCII. O modem comprado veio com essa codificação padrão da própria empresa que o vendeu. Foi assim que esse equívoco foi descoberto e a mudança foi efetuada para o padrão ASCII, sendo possível digitar as mensagens normalmente, como ilustrado na Figura 5.10.

Dessa forma, os testes para envio de SMS com o modem diretamente do terminal Tera Term® do computador funcionaram de acordo com as expectativas esperadas. Isso mostrou que o modem foi comprado em perfeito estado de funcionando conforme planejado.

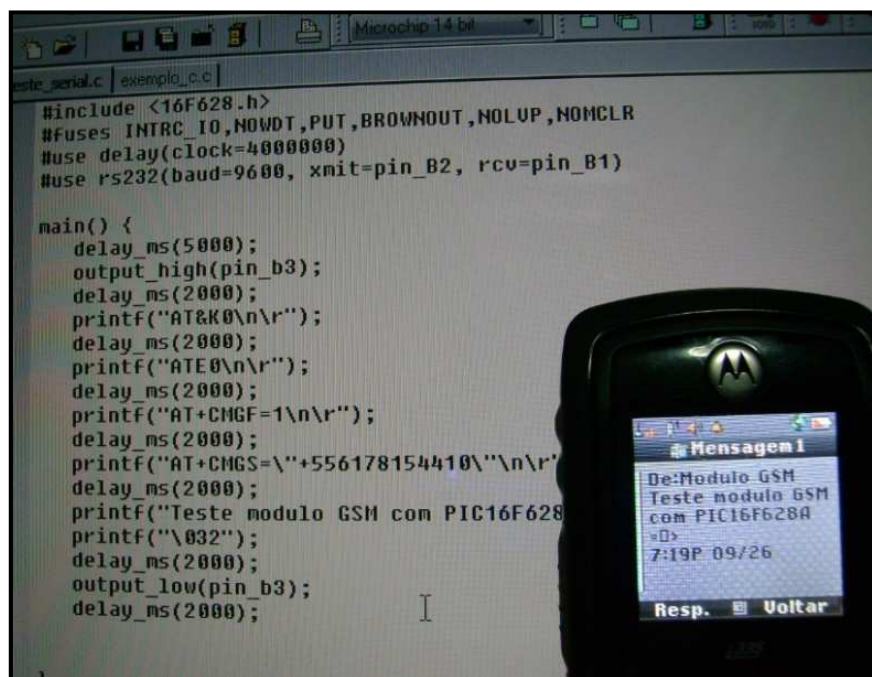


Figura 5.10 – Teste de envio de SMS pelo terminal Tera Term®.

O desafio que se seguiu foi compreender o erro que ocorria com a comunicação do modem com o PIC. Havia um falso-positivo na checagem feita pelo PIC, fazendo com que o PIC permitisse o envio pelo modem GSM de mensagens SMS desnecessárias.

Houve também uma fase de travamentos frequentes do modem. Nesse período a mensagem era enviada somente quando a janela era fechada, e depois o equipamento travava e só voltava a funcionar por meio de desligamento forçado do dispositivo. Dessa forma, quando o PIC era conectado ao modem, este travava após o envio da primeira SMS e depois só voltava a funcionar se ele fosse reiniciado. O problema foi resolvido quando um código em *loop* foi colocado a cada SMS enviada ou recebida nos comandos de configuração do modem. Portanto, toda vez que a mensagem de texto era enviada toda a programação com os comandos AT também eram enviados novamente.

5.3.5 – Testes com o PIC

Primeiramente foi necessária a compra de uma gravadora para o PIC, pois sem ela seria impossível o desenvolvimento do PIC 16F628A.

Em seguida, os primeiros testes foram feitos com o código em *Assembly*. Porém, foi muito mais complicado e trabalhoso programar utilizando este código. Então, o desenvolvimento foi modificado para a linguagem C, assim proporcionando mais agilidade e facilidade na implementação do código em C.

Na seqüência foi desenvolvida a placa de controle do motor DC, o que possibilitou a ligação com o PIC. Depois foi implementada a integração do PIC com o sensor de chuva, e em seguida, com a placa de controle de calibração do sensor.

O passo seguinte foi abordar a interação do modem GSM com a comunicação com o RS232. A comunicação GSM isolada do modem foi testada separadamente no terminal do computador e esta foi efetiva. A transmissão do modem com o PIC foi possível devido ao uso do MAX232 em conjunto com o conector serial DB9, como ilustrado na Figura 5.11.



Figura 5.11 – Conector serial DB9 com os pinos soldados.

Anteriormente a esses testes, o funcionamento de um cabo conversor de RS232 para USB foi avaliado, para isto ele foi ligado ao computador, para testar o MAX232 juntamente com o PIC, como mostra a Figura 5.12. Assim, bastou ligar o cabo na porta serial da *protoboard* ao computador e acionar o terminal Tera Tera®. Após isso, para validar o teste, as linhas da programação dos comandos AT deveriam aparecer na tela da máquina. Assim, foi possível confirmar que os dados chegavam ao destino corretamente.

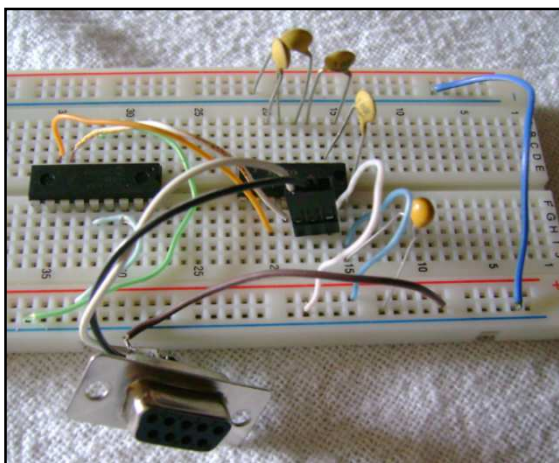


Figura 5.12 – Placa conversora com PIC, MAX232 e DB9.

Durante as várias etapas dos testes, o protótipo ficou um grande período sem funcionar. Isso ocorreu devido às constantes mudanças no código fonte, que em algum momento foi alterado de forma errônea. Com o decorrer dos dias, várias tentativas foram elaboradas para tentar descobrir o erro que impossibilitava o envio de mensagens SMS. Esse impasse foi resolvido devido à constatação de que havia problemas em algumas linhas do código em C. Os erros estavam na parte do *delay* ligado à comunicação do PIC com o modem GSM. Após a ampliação do *delay*, o problema foi solucionado.

5.4 – Resultados

Com o desenvolvimento de todos os circuitos e com a parte do software em pleno funcionamento, testes para validação da teoria foram feitos. O protótipo foi tratado da mesma forma que o desenvolvimento, testado em várias partes, visando validar cada estágio para a possível integração com o próximo, evitando assim, problemas de mau funcionamento em cada parte independente.

5.4.1 – Circuito Final na Placa

Pode-se observar que todos os circuitos já abordados individualmente foram acoplados e soldados em uma placa exclusiva. Assim, é possível prover mais facilidade ao usuário e agilidade no manuseio, devido ao fato de não estar mais na *proto-board*, não há risco de ocorrerem desligamentos e soltura de fios. Conforme ilustrado na Figura 5.13, há uma única placa com todos os circuitos integrados.

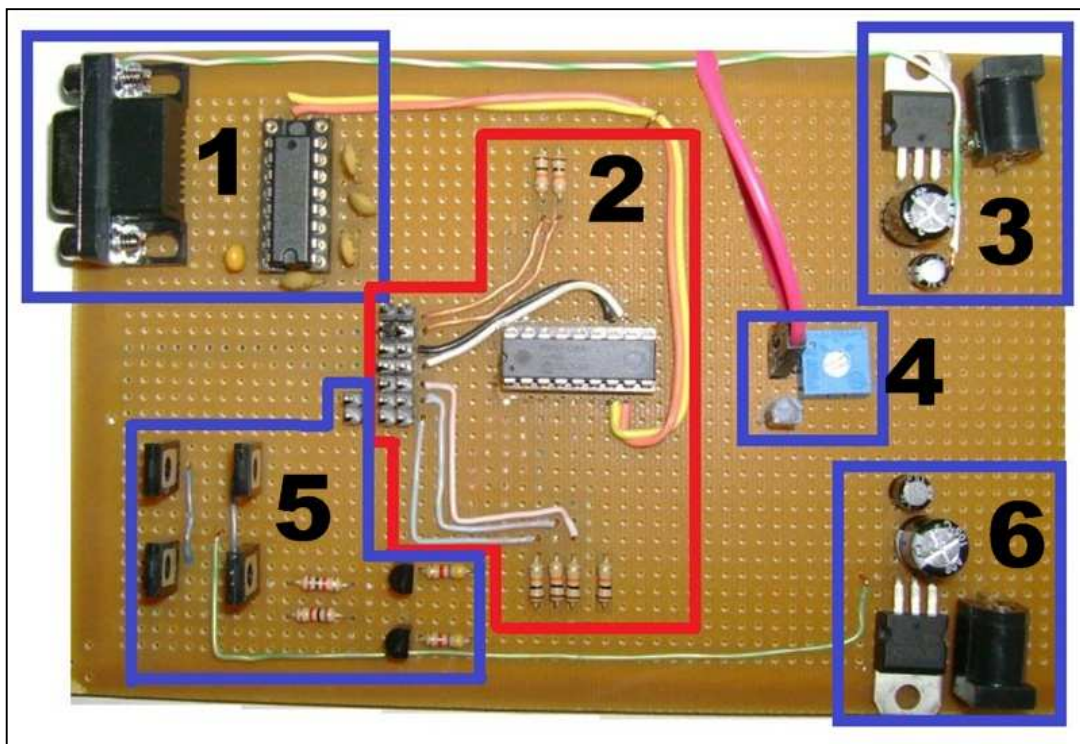


Figura 5.13 – Placa com o circuito final completo.

Para a junção de todos os circuitos foi utilizada uma placa de fenolite cobreada ilhada, ou seja, furada, para a manipulação de circuitos integrados. Mostra-se na Figura 5.13, por meio de enumeração, a disposição dos componentes eletrônicos nela encontrados:

- 1 – Circuito conversor de nível TTL para RS232, com porta serial e MAX232.
- 2 – Circuito de controle do PIC 16F628A.
- 3 – Fonte de alimentação de 5V geral do circuito.
- 4 – Circuito de calibração do sensor de chuva.

5 – Circuito de controle do Motor DC de Ponte H.

6 – Fonte de alimentação de 5V individual do Motor DC.

No circuito 2, referente ao controle do PIC, notam-se sete pares de pinos. Esses pares foram enumerados e podem ser observados na Figura 5.14. Um dos pinos de cada par está ligado na fonte de energia de 5V, exceto os LEDs que são ligados no terra. O outro par de pinos é responsável pelo retorno do PIC. Assim, cada par de pinos corresponde a um determinado dispositivo.



Figura 5.14 – Sete pares de pinos do circuito de controle do PIC.

1 – Sensor de fim de curso A.

2 – Botão verde (abre).

3 – LED azul modo automático.

4 – LED vermelho modo manual.

5 – Chave gangorra automático/manual.

6 – Sensor de fim de curso B.

7 – Botão vermelho (fecha).

5.4.2 – Protótipo Final

As tarefas propostas para a realização deste trabalho foram executadas com sucesso na montagem geral do protótipo. As Figuras 5.15, 5.16, 5.17 e 5.18 mostram o protótipo do projeto montado. O conjunto do protótipo contém como elementos principais: a janela, os

botões, o modem GSM, o motor DC, o sensor de chuva e a placa final única com o controle geral do sistema.



Figura 5.15 – Protótipo final com o sensor de chuva antigo.

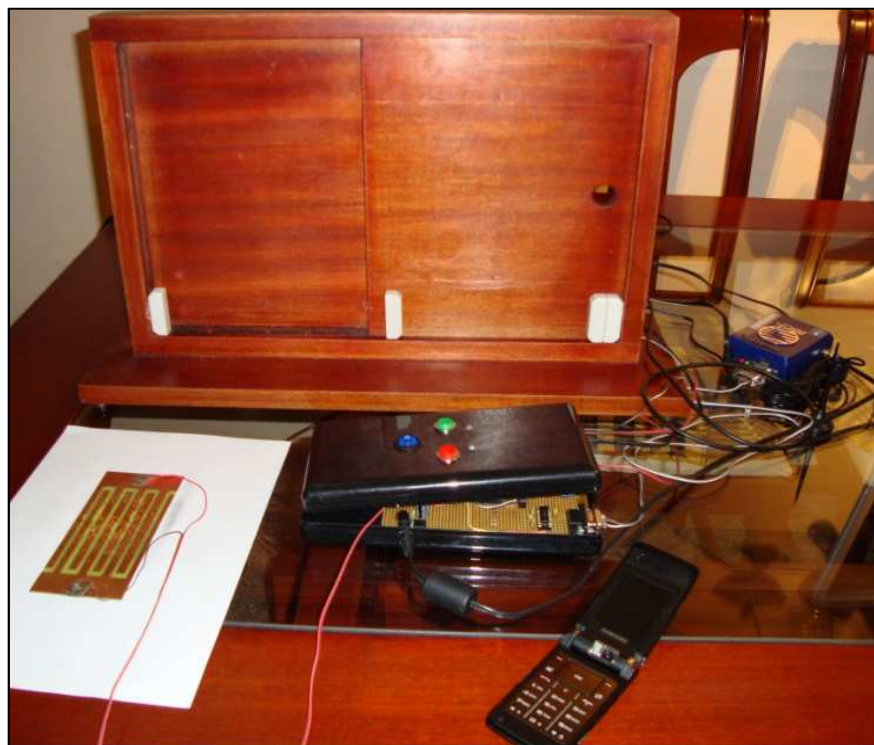


Figura 5.16 – Protótipo final com o sensor de chuva definitivo.

Os resultados obtidos com o protótipo foram satisfatórios para os objetivos deste projeto. A principal vantagem deste experimento é evitar a entrada de chuvas indesejadas dentro de residências. Porém este protótipo da janela abordado neste trabalho se limita a isto, não considerando assim outros aspectos de segurança que podem vir a ser questionados.

O protótipo final atingiu as expectativas esperadas. Proporcionou a simulação do acionamento da janela via PIC pela movimentação do motor, dando prioridade ora ao sensor de chuva no modo automático, ora a vontade do proprietário no modo manual.

O sistema de uma forma geral se mostrou muito útil ao ser implementado em ambientes residenciais, trazendo assim mais comodidade e conforto para as pessoas.

O modelo proposto neste trabalho trás várias vantagens apesar do seu alto custo inicial. Assim, é possível validar sua consolidação ao constatar que seu custo/benefício é plenamente justo, devido ao fato de ser um investimento apropriado e vantajoso. Ainda mais se comparado com o preço no mercado de janelas automatizadas.



Figura 5.17 – Protótipo com o circuito final, botões e sensor de chuva antigo.

Os resultados obtidos demonstram um funcionamento satisfatório do sistema de controle de uma janela automatizada com sensor de chuva e envio de SMS. Assim, o resultado esperado confere com o objetivo proposto no projeto.



Figura 5.18 – Protótipo mostrando parte de trás da janela.

Desta forma, o protótipo apresentou erros relativamente insignificantes. Ficou demonstrado que é possível resolver o problema abordado no projeto, apenas utilizando meios apropriados de acordo com as exigências demandadas para esta operação.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

Quando a domótica surgiu, segundo Alievi (2008, p. 16), “pretendia-se controlar a iluminação, as condições climáticas, a segurança e a interligação entre esses três elementos”. Nos nossos dias, a idéia base é a mesma, a diferença é que o contexto para o qual o sistema está direcionado, não é um contexto militar ou industrial, mas sim um contexto doméstico.

O projeto foi desenvolvido para o melhor aproveitamento de áreas que possuem janelas expostas ao ambiente externo. O sistema protege as áreas contra chuvas, oferecendo controle total na disposição da janela de acordo com a vontade do usuário, podendo abri-la em um dia claro para obter mais iluminação. O sistema também permite fechamento automático ao detectar chuva, evitando preocupações advindas das mudanças de tempo.

Foi proposta à resolução de um problema cujo ápice seria o aproveitamento constante e em qualquer situação de uma área normalmente exposta ao clima, sendo prioridade o controle da janela perante precipitação de chuva.

Para a realização deste projeto, foi necessário o desenvolvimento de um sistema composto por um *hardware* e um *software*, para que assim a janela fosse automatizada da forma proposta.

Para se alcançar os objetivos propostos, foi utilizado como elemento principal, um microcontrolador PIC 16F628A responsável por interpretar e aplicar as informações recolhidas pelo sistema, controlar o envio das mensagens SMS pelo modem GSM e também administrar as informações enviadas para movimentação do motor DC. Para que esta movimentação ocorresse foi necessária a utilização do circuito de Ponte H, onde este foi o facilitador da ligação do PIC com o motor DC.

O sistema se mostrou satisfatório perante a automatização da janela, permitindo ao usuário escolher trabalhar em modo manual ou em modo automático, ou seja, possibilitando ao usuário pode ter o total controle sobre a janela. Porém só poderia ter o poder de abri-la ou fechá-la se o controle estiver no modo manual, pois a janela não abre com a presença de chuva no modo automático.

Ao longo do dia a precipitação de chuva se constitui em um problema significativo para qualquer área residencial ou comercial. Uma janela bem funcional e sensível às alterações climáticas diversas nas 24 horas do dia promoveria uma perfeita resolução do problema, eliminando uma preocupação importante na vida do usuário.

6.1 – Sugestões de Trabalhos Futuros

Como sugestão para outros projetos nesta área, recomenda-se a junção de vários outros sensores na mesma janela, tais como o sensor de intensidade de luz, sensor de vento, sensor de movimento, timer para abrir e fechar, alarme de intrusão, uso de controle remoto para abrir e fechar a janela no modo manual e uso de controle remoto para trocar os modos de *status* da janela.

A janela poderia também acoplar-se ao sistema de ventilação e de temperatura da casa, juntando-se ao sistema de ares-condicionados e aos ventiladores, registrando o melhor momento para se fechar ou abrir uma janela ou as janelas de toda a residência. Portanto, quando o ar condicionado fosse ligado no quarto, a janela seria então automaticamente fechada, aumentando a eficiência no propósito de diminuir a temperatura do quarto. Assim, com essa cooperação, possibilitaria uma maior economia na conta de energia do usuário.

Um medidor ou sensor de temperatura também poderia iniciar a movimentação da janela automaticamente. Já previamente programado o usuário poderia definir uma temperatura máxima da casa suportável, ultrapassada essa temperatura, a janela abriria. O mesmo também poderia ocorrer para as temperaturas baixas, assim a janela fecharia automaticamente caso a temperatura caísse a nível pré-determinado.

Um sistema de *nobreak* desenvolvido e acoplado à janela seria de grande avanço e de grande utilidade. Pois caso houvesse falta de energia na residência, uma bateria resolveria o problema da movimentação da janela em caso de chuva, possibilitando um maior conforto ao proprietário.

Outro projeto interessante e aplicável seria o da utilização do celular para um controle maior da janela. Teríamos a possibilidade de comandar a janela no modo manual pelo próprio celular do usuário, por exemplo, com uma ligação para o modem da janela ou com o envio de uma mensagem SMS para o modem da janela, podendo com isso fechá-la ou abri-la. Assim haveria uma interação maior do celular no comando da janela, o celular funcionaria como um controle remoto.

Outra boa sugestão seria a automação da janela da residência por uma central única, de onde seria possível ver a situação do ponto automatizado ou dos pontos automatizados em caso de mais de uma janela. Esta central também poderia ter um suporte *on line*, onde o usuário teria o controle das automações via *web*. Juntamente com um banco de dados, o usuário poderia ter acesso a um *website* com todos os históricos dos acontecimentos que se

passaram com a janela. Poderia acompanhar quando e porque a janela foi fechada em qualquer lugar do mundo tendo acesso à internet.

Como sugestão para um projeto futuro seria também a melhora da automação do sensor de chuva. No caso do sistema no modo automático, o sensor de chuva estar seco e o usuário optar por não querer que a janela se abra. Devido ao fato do proprietário não se encontrar em casa e preferir que a janela fique fechada mesmo sem chuva. Então uma nova sugestão seria a adição de outro *status* para janela, chamado, por exemplo, de modo automático na ausência de pessoas. Assim, proporcionaria mais segurança principalmente se a residência automatizada fosse uma casa.

6.2 – Avaliação Global do Projeto

Este projeto apresenta potencialidade de utilização no mercado, já que existe uma forte tendência de automatização nas novas e modernas residências em construção atualmente.

É necessário observar que, para implementação deste projeto em janelas reais de uma residência ou empresa, o motor teria que ser adaptado às condições das novas janelas. Portanto, janelas de maior tamanho pedem maior potência de um motor, ou seja, alguns dispositivos eletrônicos utilizados no projeto teriam que ser adaptados às novas condições impostas.

Possivelmente, em um futuro próximo, os sistemas automatizados estarão presentes em várias residências, trazendo economia, conforto e segurança para as pessoas.

O tema proposto é muito atual, sendo que as pesquisas na área de automação estão em ascensão, tanto que, de acordo com Cavalcanti (2006), diretor-executivo da Associação Brasileira de Automação Residencial (Aureside), no ano de 2006 houve empresas desta área que tiveram um crescimento de 200%. A procura dos consumidores por empresas de automação residencial, no ano de 2009, teve um aumento de 30% no primeiro semestre em comparação com o mesmo período do ano de 2008.

O avanço da tecnologia, e facilidades acessíveis a todos, faz com que a concorrência nesta área da Engenharia para a automatização seja cada vez maior, onde segundo (Matos, 2009, p. 9) não só as grandes empresas têm a possibilidade de elaborar projetos de automação, como também engenheiros atualizados com as tecnologias existentes no mercado têm grandes chances de se firmarem em um mercado bem sucedido.

É possível observar, conforme o que foi apresentado, que a domótica cada vez mais proporciona maior conforto, comodidade e, principalmente, maior interação com seus usuários. Hoje, indo muito além da segurança e comodidade para os consumidores, a domótica permite também um melhor gerenciamento e redução do consumo de energia elétrica, recursos estes que cada vez mais caros e escassos em nosso planeta.

Como qualquer novidade, a domótica, de acordo com Cabral & Campos (2008, p. 2), é “inicialmente percebida pelo seu usuário como um símbolo de *status* e modernidade”. No momento seguinte, o conforto e a conveniência por ela proporcionada passam a ser decisivos. E por fim, ela se tornará no futuro uma necessidade vital e um fator de economia essencial na vida de todo cidadão.

6.3 – Dificuldades Encontradas

Durante o desenvolvimento do projeto, foram encontradas várias dificuldades que atrasaram a concepção do projeto e limitaram os resultados obtidos do mesmo.

6.3.1 – Sensor de Chuva

Foram muitos os testes com o sensor de chuva. Foi muito difícil solucionar os problemas apresentados pelo mesmo, pois o sensor se apresentava muito instável, apenas ao toque da mão, o circuito já fechava o contato e enviava o sinal necessário para fechar a janela. Desta forma, a janela era acionada constantemente, sem o ativador do processo que seria a água. Então foram testados dois circuitos para serem adicionados ao sensor, sendo que o último foi o mais eficiente, utilizando-se um *trimpot* como potenciômetro para o ajuste da sensibilidade do sensor. Este gerou resultados aceitáveis para o caso do protótipo especificamente, mas não é eficiente para um possível interesse de venda no mercado.

Antes de o problema ser resolvido o sensor estava enviando sinais que eram interpretados de forma errônea pelo PIC, devido à instabilidade já comentada do sensor de chuva. Assim, o PIC fazia acionar o circuito da janela, essa então abria e fechava involuntariamente e sem parar por horas.

6.3.2 – Circuito de ponte H para controle de motores DC

Os primeiros testes foram iniciados em setembro. Houve bastante dificuldade nos testes com motor DC de 12V da marca Technology Company®, onde o circuito de ponte H, inversor de polaridade, foi necessário. A administração da potência do motor também rendeu vários testes, até a idéia da compra de componentes para a confecção de um regulador de tensão 7805 de 5V, exclusivo para o motor DC. Assim, a força do motor foi controlada tornando possível a abertura e fechamento da janela sem causar danos ao trilho e à própria madeira da janela, devido ao fim dos fortes impactos.

6.3.3 – Codificação do Modem

Os testes individuais feitos apenas com o modem G24 GSM da marca Motorola®, adquirido da empresa iTech®, pela internet, foram muito eficientes. Entretanto para se fazer a junção do modem contendo a programação AT, com o PIC contendo a programação C, o caminho foi mais complexo.

Depois de vários testes foi descoberto que o erro estava na programação, particularmente na interpretação da linha com o comando ‘ctrl+Z’, que é o último comando que deve ser inserido em AT, responsável pelo envio da mensagem SMS. Assim que o problema foi descoberto, essa etapa foi solucionada com êxito.

Porém com a continuação dos testes notou-se que o modem GSM apresentava um erro depois do envio da primeira mensagem. Esse erro foi constatado logo após o envio da mensagem “A janela foi fechada”. Pois em seguida quando o sensor de chuva estava seco e a janela era aberta a mensagem “A janela foi aberta” não era enviada.

Após várias tentativas foi descoberto que o erro estava no código do programa, e por isso o modem travava depois do envio da primeira mensagem SMS. A correção ocorreu com o aumento de *delay*. Assim, após a modificação no código, o problema foi resolvido e a perfeita resolução do protótipo foi constatada.

6.3.4 – Sensor de fim de curso

Os testes com o sensor de fim de curso deram muito problema. Isso ocorreu porque primeiramente o sensor escolhido tinha sido a chave KW-10B microswitch com haste. Esta

até então estava atingindo todos os resultados esperados. Até que ela começou a não se tornar mais eficiente para o objetivo do protótipo.

Quando a janela atingia a haste da chave microswitch, esta enviava um sinal para o PIC que fazia o motor parar de funcionar. Como a potência do motor era alta, a velocidade com que ele fechava e abria a janela era muito alta e o impacto fazia a janela voltar. A janela batia no sensor e voltava alguns milímetros. Porém na programação era necessário que o sensor fosse acionado e permanecesse pressionado. Assim a programação fazia outra checagem, pois entendia que a janela não estava ainda fechada, e na segunda vez a janela conseguia pressionar o sensor e assim mantê-lo pressionado. Isso fazia com que a mensagem SMS fosse enviada sempre duas vezes. Então no modo automático estavam sendo mandadas duas mensagens consecutivas para o proprietário.

Para a resolução deste problema foi necessário adquirir outra chave de fim de curso, do tipo *Magnetic Reed-Switch*, que funciona em pares. Estas então foram muito eficientes, pois ao serem coladas uma na porta da janela e a outra na base da janela, passaram a funcionar como um sistema de magnetismo, onde a detecção da presença era feita com uma distância de centímetros apenas pelo ímã interno, não importando a pressão da porta, ou seja, não importando a força da motor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBABA. (2010). *Aluminium Electric Window*. Acesso em 23 de outubro de 2010, disponível em Guangdong Galuminium Aluminium: http://www.alibaba.com/product-gs/207079730/aluminium_electric_window.html
- ALIEVI, C. A. (2008). *Automação Residencial com Utilização de Controlador Lógico Programável*. Projeto de graduação do curso de Ciência da Computação do Centro Universitário Feevale do Rio Grande do Sul. Orientador: Prof. Roberto Affonso Schilling. Data da monografia: dezembro de 2008. Novo Hamburgo – RS.
- AQUAHUB (2010). *How Float Switches Work*. Acesso em 22 de outubro de 2010, disponível em AquaHub: <http://www.aquahub.com/store/howfloatsw.html>
- ASAY, M. (2008). *The Power of SMS in an age of Twitter*. Data da reportagem: 2 de junho de 2008. Acesso em 2 de setembro de 2010, disponível em CNET - CBS Interactive: http://news.cnet.com/8301-13505_3-9957007-16.html?tag=mncol;1n
- BIM, E. (2009). *Máquinas Elétricas e Acionamento* (1ª ed.). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Campus/ Elsevier.
- BRAGA, N. C. (2008). *Motores de Ímãs Permanentes*. Revista Mecatrônica Atual: Automação Industrial de Processos e Manufatura. Data da reportagem: 11 de junho de 2008. Acesso em 24 de setembro de 2010, disponível em Mecatrônica Atual: <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/180>
- BRAGA, N. C. (2009). *O que você precisa saber sobre motores elétricos*. Revista Mecatrônica Atual: Automação Industrial de Processos e Manufatura. Data da reportagem: 29 de maio de 2009. Acesso em 24 de setembro de 2010, disponível em Mecatrônica Atual: <http://www.mecatronicaatual.com.br/secoes/leitura/587>
- BRITES, F. G., & SANTOS, V. P. A. (2008). *Motor de Passo*. Projeto acadêmico em Engenharia de Telecomunicações da Escola de Engenharia do Centro Tecnológico da Universidade Federal Fluminense. Programa de Educação Tutorial. Grupo PET-Tele. Data do trabalho: julho de 2008. Niterói – RJ.
- CABRAL, M. M. A., & CAMPOS, A. L. P. S. (2008). *Sistemas de Automação Residencial de Baixo Custo: Uma Realidade Possível*. Artigo Científico produzido para o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – PIBITI.
- CAMARGO, A. R., & NEVES, R. P. A. A. (2002). *Tecnologias Utilizadas nos Edifícios Inteligentes*. III Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura - ENTECA. Data do documento: novembro de 2002. Maringá, Paraná – PR.

CANATO, D. A. (2007). *Utilização de conceitos de integração de sistemas direcionados a domótica: estudo de caso para automação residencial*. Dissertação de pós-graduação em Engenharia Mecânica na área de Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico, na Universidade Estadual de Campinas - UniCAMP. Orientadores: Prof. João Maurício Rosário e Prof. Carlos Alberto Mariotoni. Data da dissertação: 27 de fevereiro de 2007. Campinas – SP.

CAVALCANTI, T. (2006). *Mercado da Automação Residencial sofre um grande boom em 2006*. Data da reportagem: 20 de dezembro de 2006. Entrevista para a jornalista Luciana Barros. Acesso em 2 de novembro de 2010, disponível em Obra24horas: http://www.obra24horas.com.br/entrevistas/index.cfm?fuseaction=dsp_entrevistas_exibir&id_entrevista=%22%27%20%2C%20%0A

CIRCUIT SHOP. (2010). *MAX232*. Acesso em 25 de outubro de 2010, disponível em Circuit Shop: http://circuitshop.com.br/loja/popup_image.php?PID=22

COMUS GROUP. (2006). *Datasheet reed-switch*. Acesso em 22 de outubro de 2010, disponível em Comus International: <http://www.comus.be/products/GC%203336.pdf>

COVEY, N. (2008). *Flying Fingers*. The Nielsen Company. Data da reportagem: novembro de 2008. Acesso em 25 de setembro de 2010, disponível em Nielsen Telecom Practice Group (Consumer Insight): http://ens.nielsen.com/content/nielsen/en_us/insights/consumer_insight/issue_12/flyin_

CRISTAL LINE. (2008). *Lançamento Nacional e Apresentação na Feicon*. Acesso em 20 de outubro de 2010, disponível em Cristal Line: <http://www.cristallinevidros.com.br/feicom.htm>

DRYLANAI. (2010). *Rain Sensors*. Acesso em 22 de outubro de 2010, disponível em Dry Lanai: http://www.drylanai.com/technology.rain_sensor.html

FIGUEROLA, V. (2006). *Casa Jetsons*. Revista AU: Arquitetura e urbanismo. Volume: 21. Número: 148. Páginas 84-87. Data da reportagem: julho de 2006. Editora PINI. [fingers.html](http://www.pini.com.br/revista/au/figuerola.html)

FITZGERALD, A. E., KINGSLEY, J. C., & UMANS, S. D. (2008). *Máquinas Elétricas: Com Introdução à Eletrônica de Potência* (6ª ed.). (A. Laschuk, Trad.) Porto Alegre, RS, Brasil: Bookman.

FRANCHI, C. M., & CAMARGO, V. L. A. (2008). *Controladores Lógicos Programáveis – Sistemas Discretos* (1ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: Érica.

FRANCISCO, A. (2009). *Motores Elétricos* (2ª ed.). Lisboa, Portugal: Lidel – Edições Técnicas/ Etep – Edições Técnicas e Profissionais/ Livrimpor – Livros Técnicos.

GONÇALVES, B. S. (2010). *Sistema Operacional para Microcontroladores*. Orientador: Prof. Tony Inácio Silva. Data do artigo: 7 de maio de 2010. Acesso em 9 de outubro de 2010, disponível em Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação - DPPG: <http://www.dppg.cba.ifmt.edu.br/blogs/2010/grupo3/?p=22>

- GSM World. (2010). *GSM*. Acesso em 2 de setembro de 2010, disponível em GSMA – GSM World: <http://www.gsm.org/technology/gsm/index.htm>
- HIGASHI, C. (2010). *Tudo que o SIM Card pode fazer por você*. Data da reportagem: 2 de março de 2010. Acesso em 26 de outubro de 2010, disponível em UOL Mobile – Tecnologia: <http://webinsider.uol.com.br/2010/03/02/tudo-que-o-sim-card-pode-fazer-por-voce>
- INFOREDE. (2010). *Command Guidelines*. Acesso em 17 de setembro de 2010, disponível pela InfoRede: <http://www.inforede.net/Network/FAQ%20Hayes.htm>
- INTELLIGENT BUILDINGS INSTITUTE - IBI (2010). Acesso em 15 de outubro de 2010, disponível em Smart Accelerate: <http://www.ibuilding.gr/definitions.html>
- JOSÉ, A. (2009). *Microcontroladores*. Data do documento: 19 de julho de 2009. Serpa, Portugal. Acesso em 26 de outubro de 2010, disponível no Fórum Luso Robótica - Comunidade Portuguesa de Robótica: <http://lusorobotica.com/index.php?topic=1198.0>
- KOSOW, I. L. (1993). *Máquinas Elétricas e Transformadores*. (9ª ed.). (L. F. R. Daiello & P. A. P. Soares, Trad.) São Paulo, SP, Brasil: Globo.
- LORENZONI, A. F. (2006). *Smart Cards – Java Card*. Trabalho de Conclusão de curso de Ciência da Computação do Centro Universitário Feevale do Rio Grande do Sul. Orientador: Prof. Edvar Bergmann Araujo. Data da monografia: novembro de 2006. Novo Hamburgo-RS.
- MABUCHI MOTOR. (2010). *Datasheet Motor RS-545SH*. Acesso em 16 de agosto de 2010, disponível em Mabuchi Motor Co. Ltd.: http://www.mabuchi-motor.co.jp/en_US/cat_files/rs_545sh.pdf
- MAGALDI, M. (1969). *Noções de Eletrotécnica* (3ª ed.). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Reper.
- MANUAL G24 SERIAL DATA MODEM. (2010). *Manual do Usuário G24 Serial Data Modem GSM/GPRS-EDGE*. Data do documento: Maio de 2010. Acesso em 19 de setembro de 2010, disponível em Grupo iTech: http://www.grupoitech.com.br/detalhes_produto.php?id=385&pag=wireless&idioma=br
- MARTIGNONI, A. (1987). *Máquinas Elétricas de Corrente Contínua* (5ª ed.). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Globo.
- MATOS, B. M. (2009). *Janela Residencial Automatizada*. Projeto de graduação em bacharelado em Engenharia da Computação do Centro Universitário de Brasília. Orientador: Prof. Ms. José Julimá Bezerra Júnior. Data da monografia: dezembro de 2009. Brasília – DF.
- MICROCHIP TECHNOLOGY INC. (2007). *PIC16F627A/628A/648A*. Datasheet: Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nano Watt Technology. DS40044F. Acesso em 12 de setembro de 2010, disponível em Microchip: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/40044f.pdf>
- NATALE, F. (2003). *Automação Industrial*. Série Brasileira de Tecnologia (5ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: Érica.

NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. (2000). Datasheet *LM78XX Series Voltage Regulators*. Data do documento: Maio de 2000. DS007746. Acesso em 22 de outubro de 2010, disponível em National Semiconductor: <http://www.national.com/ds/LM/LM7512C.pdf>

NIELSEN WIRE (2008). *In U.S., SMS Text Messaging Tops Mobile Phone Calling*. The Nielsen Company. Data da reportagem: 22 de setembro de 2008. Acesso em 24 de setembro de 2010, disponível em Nielsen Wire (Online + Mobile): http://blog.nielsen.com/nielsenwire/online_mobile/in-us-text-messaging-tops-mobile-phone-calling/

NUNES, R. J. C. (2006). *Introdução aos edifícios inteligentes e à domótica*. Pesquisa para aula prática do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Aula ministrada em 11 de setembro de 2006. Lisboa, Portugal.

PÁDUA, H. B. (2004). *Série: ÁGUA – parte XII. Sub-tema: “A nossa água é dura? Gás carbônico & Acidificação? Como isso acontece?”*. Data do documento: Setembro de 2004. Acesso em 22 de outubro de 2010, disponível em Fernando Santiago: <http://www.fernandosantiago.com.br/aguadura.htm>

PAZOS, F. (2002). *Automação de Sistemas e Robótica* (1ª ed.). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Axcel Books do Brasil.

PEREIRA, F. (2004). *Microcontroladores PIC: Técnicas Avançadas* (3ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: Érica.

PEREIRA, F. (2005). *Microcontroladores PIC: Programação em C* (4ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: Érica.

PETERSEN, L. (2002). *UART test program for 16F628*. Circuito da pinagem do MAX232. Acesso em 26 de outubro de 2010, disponível em Oz1bxm: http://www.oz1bxm.dk/PIC/628uart_c.htm

PORTIO RESEARCH LTD. (2009). *Mobile Factbook 2009*. Pesquisa de junho de 2009. Acesso em 24 de setembro de 2010, disponível em Portio Research: <http://www.portioresearch.com/Portio%20Research%20Ltd%20Mobile%20Factbook%202009.pdf>

REARDON, M. (2008). *Americans text more than they talk*. Data da reportagem: 22 de setembro de 2008. Acesso em 1 de setembro de 2010, disponível em CNET - CBS Interactive: http://news.cnet.com/8301-1035_3-10048257-94.html#ixzz0yQdirH1x

REED RELAYS AND ELECTRONICS. (2009). *FAQ on Reed-Switches and Reed Sensors*. Acesso em 22 outubro de 2010, disponível em Reed-switch Reability: http://www.reed-sensor.com/Notes/General_Reed_Switch_Theory.htm

REED-SWITCH INFO. (2010). *Reed-Switch Info*. Acesso em 17 de novembro de 2010, disponível em Reed-Switch Info: <http://www.reed-switch-info.com/>

- RIBEIRO, M. A. (2001). *Automação Industrial* (4ª ed.). Salvador, BA, Brasil: Tek Treinamento & Consultoria.
- ROBÓTICA SIMPLES. (2010). *Aula 03 - O Microcontrolador PIC 16F628A*. Acesso em 18 de agosto de 2010, disponível em Robótica Simples: <http://www.roboticasimples.com/cursos.php?acao=15>
- ROSÁRIO, J. M. (2005). *Princípios de Mecatrônica* (1ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: Pearson Prentice Hall.
- SENA, D. C. S. (2005). *Automação Residencial*. Projeto de graduação do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. Orientador: Prof. Dr. Sc. José Leandro Felix Salles. Data da monografia: 29 de dezembro de 2005. Vitória – ES.
- SHIN CHIN INDUSTRIAL. (2010). *Datasheet push-button switch – R13-507*. Acesso em 11 de agosto de 2010, disponível em SCI Parts: <http://www.sci.com.tw/PRODUCTS/switch/%28R13%29%20PUSH%20SWITCH/R13-507.htm>
- SIQUEIRA, E. (2008). *Para Compreender o Mundo Digital* (1ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: Globo.
- SOUZA, D. J. (2005). *Desbravando o PIC: Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A* (8ª ed.). São Paulo, SP, Brasil: Érica.
- SYSTEM, M. I. (2007). *RS232 Pinouts Designation*. Acesso em 21 de outubro de 2010, disponível em Machine Information System: http://www.machine-information-systems.com/RS232_Pinouts.html
- TERA TERM MANUAL. (2010). *Tera Term Help Index*. Acesso em 1 de outubro de 2010, disponível em Tera Term Home Page: <http://tssh2.sourceforge.jp/manual/en/>
- TEXAS INSTRUMENTS. (2004). *MAX232, MAX232I, DUAL EIA-232*. Datasheet do MAX232. Acesso 25 de outubro de 2010, disponível em All Data Sheet: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/27230/TI/MAX232N.html>
- TIPLER, P. A. (2000). *Física para Cientistas e Engenheiros – Eletricidade e Magnetismo, Ótica*. (4ª ed.). Volume 2. (H. Macedo & R. Biasi, Trad.) Rio de Janeiro, RJ, Brasil: LTC.
- TORO, V. D. (1994). *Fundamentos de Máquinas Elétricas* (1ª ed.). (O. A. Martins, Trad.) Rio de Janeiro, RJ, Brasil: LTC.
- WEIKU. (2010). *Conforto com automatização – Janelas e persianas automatizadas*. Acesso em 21 de outubro de 2010, disponível em Weiku: http://www.weiku.com.br/site/port/janelatv/multimidia/apresent_weiku.pdf
- WEITE ELECTRONIC. (2007). *Rocker Switch Series KCD1-106-101N11EBA*. Datasheet da chave gangora. Acesso em 10 de agosto de 2010, disponível em Weiteele: <http://www.weiteele.com/en/product/item/197>

YOUNG, H. D., & FREEDMAN, R. A. (2004). *Física III: Eletromagnetismo*. (10^a ed.). (A. M. Luiz, Trad.) São Paulo, SP, Brasil: Pearson Education /Addison Wesley.

ZANCO, W. S. (2005). *Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva* (1^a ed.). São Paulo, SP, Brasil: Érica.

APÊNDICES

A – Código fonte do Projeto inserido no PIC16F628A

```

#include <16f628.h>
#include delay(clock=4000000)
#include fuses INTRC_IO, NOWDT, PUT, BROWNOUT, NOLVP, NOMCLR
#include use rs232(baud=9600, xmit=pin_B2, rcv=pin_B1, stream = modem)

void modeManual(void);
void modeAutomatic(void);
void enviaMsg_aberto(void);
void enviaMsg_fechado(void);
void LedAuto(void);
void LedManual(void);
void PiscaLedErro(int x);

void main() {
    output_high(PIN_B5);
    output_high(PIN_B6);
    while(!input(PIN_A0)) {}
    output_low(PIN_B5);
    output_low(PIN_B6);
    delay_ms(100);
    while(true)
    {
        if(input(PIN_A4)) {
            modeAutomatic();
        }
        else {
            LedManual();
            modeManual();
        }
    }
}

void modeManual(void) {
    if(input(PIN_A0)) {
        if (!input(PIN_A1)) {
            output_high(PIN_B3);
            while(!input(PIN_A1)) {};
            delay_ms(150);
            output_low(PIN_B3);
        }
        else {
            PiscaLedErro(3);
        }
    }
    if(input(PIN_A2)) {

```

```

        if(!input(PIN_A3)) {
            output_high(PIN_B4);
            while(!input(PIN_A3)) {};
            delay_ms(150);
            output_low(PIN_B4);
        }
        else {
            PiscaLedErro(3);
        }
    }
}

void modeAutomatic(void) {
    output_low(PIN_B5);
    output_high(PIN_B6);
    delay_ms(50);
    output_low(PIN_B6);
    delay_ms(900);
    if((input(PIN_B0)) && (!input(PIN_A3))) {
        delay_ms(300);
        if(input(PIN_B0)) {
            output_high(PIN_B6);
            output_high(PIN_B4);
            while(!input(PIN_A3)) {};
            delay_ms(150);
            output_low(PIN_B4);
            enviaMsg_fechado();
            output_low(PIN_B6);
        }
    }
    if((!input(PIN_B0)) && (!input(PIN_A1))) {
        output_high(PIN_B6);
        output_high(PIN_B3);
        while(!input(PIN_A1)) {};
        delay_ms(150);
        output_low(PIN_B3);
        enviaMsg_aberto();
        output_low(PIN_B6);
    }
}

void enviaMsg_aberto(void) {
    delay_ms(500);
    fprintf(modem, "AT\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "AT&K0\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "ATE0\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "AT+CMGF=1\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "AT+CMGS=\"+556178154410\"");
    delay_ms(3000);
    fprintf(modem, "NOTIFICACAO: A janela foi aberta.");
    delay_ms(3000);
}

```

```
        putc(0x1a);putc(0x1a);putc(0x1a);
    }

void enviaMsg_fechado(void) {
    delay_ms(500);
    fprintf(modem, "AT\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "AT&K0\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "ATE0\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "AT+CMGF=1\r");
    delay_ms(1000);
    fprintf(modem, "AT+CMGS=\"+556178154410\"\r");
    delay_ms(3000);
    fprintf(modem, "NOTIFICACAO: A janela foi fechada.");
    delay_ms(3000);
    putc(0x1a);putc(0x1a);putc(0x1a);
}

void LedManual(void) {
    output_low(PIN_B6);
    output_high(PIN_B5);
}

void PiscaLedErro(int x) {
    int i=0;
    for(i=0;i<=x;i++) {
        output_low(PIN_B5);
        delay_ms(100);
        output_high(PIN_B5);
        delay_ms(100);
    }
}
```