

SERGIO DE OLIVEIRA

**CONTROLE DE DISPOSITIVOS UTILIZANDO
MÓDULOS WI-FI XBEE**

FLORIANÓPOLIS, 2012

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS ELETRÔNICOS**

SERGIO DE OLIVEIRA

**CONTROLE DE DISPOSITIVOS UTILIZANDO
MÓDULOS WI-FI XBEE**

Projeto apresentado como pré-requisito para a conclusão do Curso de Especialização em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Orientador: Clóvis Antônio Petry, Dr. Eng.

Florianópolis, 2012

CONTROLE DE DISPOSITIVOS UTILIZANDO MÓDULOS WI-FI XBEE

SERGIO DE OLIVEIRA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Especialista em Desenvolvimento de Sistemas Eletrônicos e aprovado em sua forma final pela banca examinadora do Curso de Pós-graduação em desenvolvimento de sistemas eletrônicos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 21 de dezembro de 2012

Banca Examinadora

Charles Borges de Lima, Dr. Eng.

Clovis Antonio Petry, Dr. Eng.

Joel Lacerda, Dr. Eng.

Dedico este trabalho a minha querida esposa Luci, que
pacientemente me apoiou durante todo o processo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo privilégio de minha existência.

Agradeço também a meu orientador por sua dedicação e empenho para a conclusão desse trabalho, assim como o Instituto Federal de Educação pela oportunidade.

"Tudo é permitido, mas nem tudo é oportuno. Tudo é permitido, mas nem tudo edifica."
Paulo, I Coríntios 10:23.

RESUMO

Este trabalho apresenta o processo de pesquisa, desenvolvimento e implementação de um sistema de controle de dispositivos utilizando módulos Wi-Fi Xbee. O sistema baseia-se no controle dos dispositivos utilizando o protocolo TCP/IP através de uma rede Wi-Fi, sendo possível, por exemplo, enviar e receber comandos de um *notebook* a um módulo Wi-Fi Xbee conectado a um *dimmer*. Obteve-se como resultado final a implementação de um script para o aplicativo XBMC assim como a montagem de quatro protótipos de hardware funcionais que permitiram através de testes específicos a validação do sistema ao final do trabalho.

Palavras-chave: Wi-Fi, Controle, Dispositivos.

ABSTRACT

This paper presents the process of research, development and implementation of a control system devices using Wi-Fi Xbee modules. The system is based on the control of devices using TCP / IP via a Wi-Fi network, it is possible, for example, send and receive commands from a notebook to a Wi-Fi module Xbee connected to a dimmer. Obtained as a final result, the implementation of a script to the application XBMC as well as the four mounting hardware functional prototypes allowed through specific tests validate the system at the end of the job.

Keywords: Wi-Fi, Control, Devices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Circuito típico com TRIAC.	23
Figura 2 - Controle de disparo do TRIAC.....	24
Figura 3 - Detalhe do motor de imã permanente	25
Figura 4 - Constituição de um motor de passo.	26
Figura 5 - Sensor de presença. Fonte:	27
Figura 6 - Princípio de funcionamento de um sensor capacitivo plano. (A): Posição balanceada. (B): Posição desbalanceada.....	29
Figura 7 - XBMC.....	30
Figura 8 - Módulo Xbee Wi-Fi.	33
Figura 9 - Exemplo de BSS.....	34
Figura 10 - Exemplo de IBSS.....	35
Figura 11 - Diagrama do sistema proposto.....	36
Figura 12–Comunicação através de roteador Wi-Fi.	38
Figura 13 - Comunicação através do módulo Xbee Wi-Fi.	39
Figura 14 - <i>Layout</i> provisório.....	42
Figura 15 - Diagrama de modos.	43
Figura 16 - <i>Layout</i> revisado.....	45
Figura 17 - <i>Storyboard</i> da interface.	46
Figura 18 - Caixa de embutir 4x2.....	47
Figura 19 - Vista explodida da mecânica do produto.	48
Figura 20 - Módulo Xbee.....	51
Figura 21 - Kit de desenvolvimento Xbee.....	51
Figura 22 - <i>Software</i> X-CTU	52
Figura 23 - Esquema elétrico do <i>dimmer</i>	53
Figura 24 - Desenho da face superior (<i>top</i>) e inferior (<i>bottom</i>) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.....	54
Figura 25 - Esquema elétrico do controle de motor.....	55
Figura 26 - Diagrama interno do circuito integrado L298.	56
Figura 27–Exemplo de aplicação do integrado L298.	57
Figura 28 - Desenho da face superior (<i>top</i>) e inferior (<i>bottom</i>) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.....	58

Figura 29 - Esquema elétrico do sensoriamento externo.	59
Figura 30 - Desenho da face superior (<i>top</i>) e inferior (<i>bottom</i>) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.	60
Figura 31 - Diagrama em blocos da <i>main board</i> .	61
Figura 32 - <i>Slots</i> de conexão dos periféricos.	61
Figura 33 - LCD Nokia 6610.	62
Figura 34 - Circuito de memória de programa.	62
Figura 35 - Diagrama dos blocos lógicos do PSoC.	63
Figura 36 - Teclado capacitivo.	64
Figura 37 - Desenho da face superior (<i>top</i>) e inferior (<i>bottom</i>) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.	65
Figura 38 - Fluxograma do <i>firmware</i> .	67
Figura 39 - Fluxograma do <i>script</i> .	68
Figura 40 - Esquema inicial.	71
Figura 41 - Esquema corrigido.	72
Figura 42 - Teste local do <i>Dimmer</i> .	76
Figura 43 - Teste remoto do <i>Dimmer</i> .	76
Figura 44 - Brilho do <i>dimmer</i> em 20%.	77
Figura 45 - Brilho do <i>dimmer</i> em 100%.	78
Figura 46 - Teste da placa <i>Sensor Board</i> .	79
Figura 47 - Sinal capturado do sensor.	80
Figura 48 - Testa da placa <i>Motor Board</i> .	81
Figura 49 - Acionamento horário do motor (corrente positiva).	82
Figura 50 - Acionamento anti-horário do motor (corrente negativa).	83
Figura 51 - Diagrama de implementação final do sistema.	84

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Métodos HTML.....	32
QUADRO 2 - Matriz de realimentação.....	44
QUADRO 3 - Dimensões das placas.....	48
QUADRO 4 - Opções de módulos WI-Fi.....	50
QUADRO 5 - Modos operação do motor.....	58
QUADRO 6–Biblioteca de <i>firmware</i> da <i>Main Board</i>	66
QUADRO 7 - Materiais utilizados para o teste do <i>dimmer in locu</i>	73
QUADRO 8 - Parâmetros de configuração do módulo Wi-Fi.	75
QUADRO 9 - Materiais utilizados para o teste da <i>sensor board</i>	78
QUADRO 10 - Modos de operação do motor.....	81
QUADRO 11 - Materiais utilizados para o teste da <i>motor board</i>	81

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Capacitância em um condensador plano..... 28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AP - Access point
BSS - Basic Service Set
CC - Corrente contínua
DVD - Digital Video Disc
EEPROM - Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
GPL - General Public License
GPS - Global Positioning System
HTML - HyperText Markup Language
HTTP - Hypertext Transfer Protocol
IBSS - Independent Basic Service Set
MAC - Macintosh Computer
OSI - Open System Interconnections
PC - Pessoal Computer
PIR - Passive Infrared
PSoC - Programmable System-on-Chip
SCR - Silicon Controlled Rectifier
SPI - Serial Peripheral Interface
TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TRIAC - Triode for Alternating Current
UART - Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
uC - Microcontrolador
XBMC - Xbox Media Center

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	JUSTIFICATIVA	20
2.1	Definição do Problema	21
2.2	Objetivo Geral	21
2.3	Objetivos Específicos.....	21
3	REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1	Controle de Luminosidade de Lâmpadas 22	
3.2	Controle de Motores de Corrente Contínua 25	
3.3	Controle de Motores de Passo	26
3.4	Sensores de Presença PIR.....	26
3.5	Sensores Capacitivos.....	28
3.6	XBMC.....	29
3.7	Linguagem Python	30
3.8	Sistema operacional Android	31
3.9	Protocolo HTTP.....	31
3.10	Módulo Xbee WI-FI.....	32
4	DESENVOLVIMENTO.....	35
4.1	Sistema Proposto	36
4.2	Comunicação entre os elementos.....	38

4.3	Estudo da interface do usuário	39
4.4	Árvore de funções	40
4.5	Critérios de interação	41
4.6	Layout provisório	42
4.7	Diagrama de modos	42
4.8	Matriz de realimentação	44
4.9	Layout revisado	44
4.10	Storyboard da interface.....	46
4.11	Desenvolvimento mecânico.....	47
4.12	Desenvolvimento do hardware	49
4.13	Integração com redes sem fio 802.1149	
4.14	Hardware de controle de luminosidade de lâmpadas	52
4.15	Hardware de controle de motores .	55
4.16	Hardware de sensoriamento externo	58
4.17	Hardware principal do sistema	60
4.18	Desenvolvimento de firmware	65
4.18.1	Firmware da Main Board	66
4.18.2	Script para XBMC	68
5	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	69
5.1	Montagem eletrônica.....	69
5.1.1	Montagem e teste da placa Main Board	69
5.1.2	Montagem e teste da placa Dimmer Board	70
5.1.3	Montagem e teste da placa Motor Board	72
5.1.4	Montagem e teste da placa Sensor Board	73
5.2	Teste de validação do sistema	73

5.2.1	Teste local do dimmer	73
5.2.2	Teste remoto do Dimmer	74
5.2.3	Teste da placa Sensor Board	78
5.2.4	Teste da Placa Motor Board	80
6	<i>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</i>	83
7	<i>CONCLUSÃO</i>	84
8	<i>BIBLIOGRAFIA</i>	86

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo aprimoramento das tarefas executadas no cotidiano dos seres humanos é algo constante.

Esse fato é percebido durante a revolução industrial, período da história que foi marcado por um salto sem precedentes no processo produtivo industrial, através da criação de máquinas capazes de aumentar o poder produtivo das fábricas da época.

Com o passar do tempo esse processo continuou a se expandir até os dias atuais, de forma que pode-se ainda perceber esse avanço do setor produtivo, e como exemplo disso pode-se citar as montadoras de veículos automotores que utilizam em boa parte de suas fábricas robôs que realizam trabalhos que anteriormente eram de exclusividade dos seres humanos.

Essa revolução na automatização do setor produtivo teve influência também nos próprios produtos desenvolvidos por essas montadoras e conseqüentemente em suas características de aplicação e uso.

Dando foco então nessa temática, o trabalho limita-se em apresentar informações relevantes ao estudo de sistemas de controle de dispositivos em âmbito residencial e sua integração com redes sem fio *Wireless Fidelity* (Wi-Fi). Entenda-se por dispositivo: aparelho ligado ou adaptado a instrumento ou máquina, que se destina a alguma função adicional ou especial (AURELIO, 1999).

2 JUSTIFICATIVA

À medida que a tecnologia avança juntamente com a queda dos insumos utilizados no desenvolvimento de produtos eletrônicos e impulsionados pelo aumento do poder aquisitivo no cenário nacional, usuários que anteriormente limitavam-se ao uso de produtos com funções mais básicas, hoje substituem seus aparelhos celulares convencionais por dispositivos mais modernos e repletos de funcionalidades, como é o caso, por exemplo, dos *smartphones* e *tablets*, que despertam muitos admiradores.

Produtos como celulares sensíveis ao toque, *notebooks*, televisores e diversos outros dispositivos, constituem um cenário tecnológico cada vez mais abrangente, tendo em vista a crescente busca pela integração dos produtos com a tecnologia TCP/IP, presente em muitos dos mais recentes equipamentos desenvolvidos e disponibilizados no mercado.

O acesso a conteúdos digitais como música, vídeo e fotos não para de crescer, alavancados pelas redes sociais e serviços de armazenamento *online*, que oferecem de forma grátis ou paga todas essas informações.

Analisando através dessa ótica, é possível perceber que parte desses conteúdos ficam armazenados em dispositivos tais como computadores e *notebooks*, surgindo então a necessidade de se organizarem os mesmos, de forma que o usuário possa desfrutá-los de maneira mais prática, elegante e organizada, através do que é conhecido atualmente como central multimídia. Essas centrais multimídia reúnem todas as informações de mídia locais e remotas disponibilizando-as ao usuário, podendo ser constituídos por um *software* instalado em plataformas do tipo *personal computer* (PC) ou *Macintosh Computer* (MAC), ou também em equipamentos dedicados a esta tarefa.

Já existem no comércio produtos que desempenham funções similares ao proposto por esse trabalho, porém, além do preço elevado, são na maioria desenvolvidos fora do Brasil.

Com o intuito de ampliar a interatividade em ambientes residenciais, convergindo serviços e tecnologias específicas

como as encontradas em redes Wi-Fi, centrais multimídia, dispositivos controláveis, dentre outros, percebe-se a necessidade de propor um sistema que explore esses recursos.

Desta forma, propõe-se o desenvolvimento de um sistema de controle de dispositivos utilizando os mais recentes módulos Wi-Fi Xbee de forma a interagir com redes do tipo 802.11, o que possibilita explorar uma gama considerável de aplicações em diversos ambientes tanto comerciais quanto domésticos.

Além disso, é interessante proporcionar a esse sistema um suporte à acessibilidade, o que vem chamando a atenção de muitas instituições e empresas.

2.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Analisando assuntos relacionados ao tema proposto por este trabalho, surge o seguinte questionamento: é possível implementar um sistema que execute o controle de dispositivos utilizando módulos Wi-Fi Xbee com base nas tecnologias existentes?

2.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver itens de *hardware* e *software* que permitam o controle de dispositivos conectados entre si através de uma mesma rede Wi-Fi.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver o sistema em módulos: potência, controle, de forma a facilitar o desenvolvimento.
- Minimizar a fiação necessária para a instalação.
- Permitir a personalização de cenários ou programas de iluminação.
- Permitir suporte à acessibilidade ao sistema.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Atualmente, em âmbito residencial, é possível listar uma numerosa quantidade de dispositivos e equipamentos que funcionam em regime automatizado, ou seja, funcionam de forma autônoma, sem a intervenção do usuário.

Esses dispositivos, tais como lâmpadas, motores, condicionadores de ar, cortinas, sistemas de irrigação, são controlados através da análise das informações coletadas pelos sistemas que os controlam.

Tendo em vista que cada tipo de equipamento ou dispositivo necessita de um controle e leitura de informações específicas, em consonância com a proposta do presente trabalho, serão abordados os seguintes tópicos:

- Controle de luminosidade de lâmpadas.
- Controle de motores de corrente contínua.
- Controle de motores de passo.
- Sensores de presença ou *Passive Infra Red* (PIR).
- Sensores capacitivos.
- XBMC.
- Linguagem Python.
- Sistema operacional Android.
- Protocolo *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP).
- Módulos Xbee Wi-Fi.

3.1 CONTROLE DE LUMINOSIDADE DE LÂMPADAS

Um dos sistemas mais comuns de controle de corrente elétrica alternada em uma carga resistiva é o *dimmer*, que através do aumento ou diminuição da tensão eficaz ou potência média é capaz de controlar, por exemplo, a luminosidade de uma lâmpada.

Esse controle é normalmente realizado utilizando um componente eletrônico chamado de *Triode for Alternating Current*

(TRIAC) da família dos tiristores e pode ser visualizado na Figura 1.

O TRIAC pode ser considerado como sendo o equivalente a dois *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) ou retificadores controlados de silício ligados em antiparalelo, resultando em uma chave elétrica de controle bidirecional (RASHID, 2001).

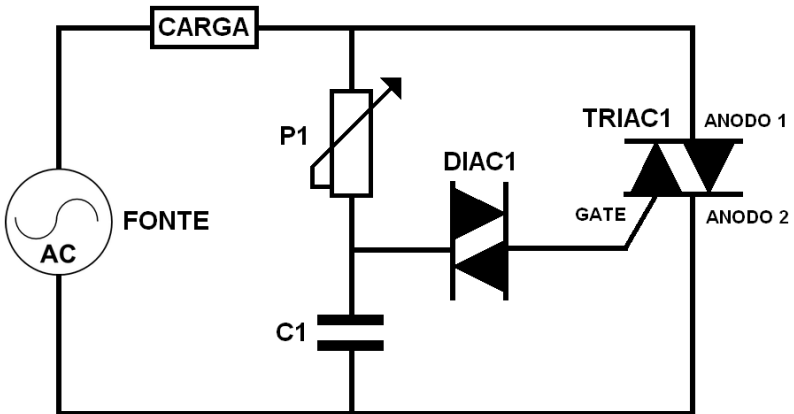


Figura 1 - Circuito típico com TRIAC.

Seu funcionamento é bastante simples e baseia-se no controle de potência entregue à carga com base na tensão de entrada e no controle de uma chave, seja controlando a mesma por ciclos de tempo ou ângulos de disparo.

Analisando a Figura 2, percebe-se que após o acionamento do terminal de controle *gate* do TRIAC, representado pelos pulsos em azul, inicia-se a condução do sinal aplicado entre os terminais de anodo e a carga, indicado no rodapé da Figura 2. Após a passagem por zero do sinal de entrada, a condução entre terminais de anodo é bloqueada iniciando assim um novo ciclo de acionamento do terminal de controle.

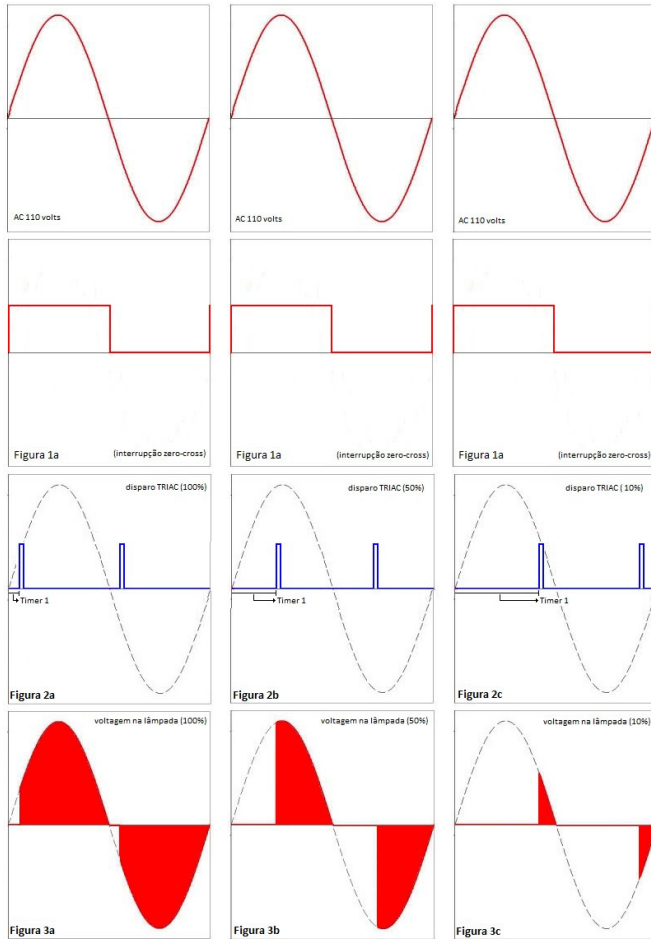


Figura 2 - Controle de disparo do TRIAC.

Fonte: SANGER, 2012.

3.2 CONTROLE DE MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

Motores de corrente contínua (cc) são amplamente utilizados em diversos produtos e aplicações tais como, impressoras, unidades de *Digital Video Disc* (DVD), sistemas de automação, sendo que em boa parte desses produtos são empregados motores cc de ímã permanente, normalmente produzidos para baixas potências.

Conforme apresentado na Figura 3, esses motores são constituídos por dois ou mais ímãs permanentes, um núcleo ferromagnético de até sete polos montados sob um rotor (FRANCISCO, 2008).

Seu funcionamento acontece da seguinte forma: à medida que uma tensão contínua é aplicada nos enrolamentos que formam os polos, o campo magnético gerado pelo ímã permanente atua atraindo os polos opostos e repelindo os polos iguais (FRANCISCO, 2008).

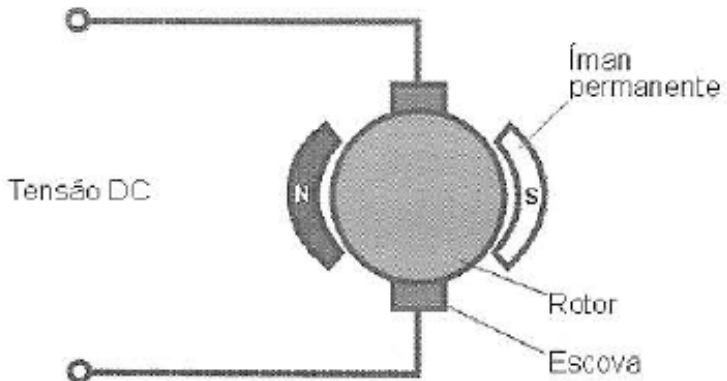


Figura 3 - Detalhe do motor de ímã permanente

Fonte: FRANCISCO, 2008.

3.3 CONTROLE DE MOTORES DE PASSO

O motor de passo, segundo FRANCISCO, 2008, é um atuador eletromecânico que converte impulsos elétricos em deslocamentos angulares precisos.

São constituídos por ímãs permanentes e enrolamentos divididos geralmente por duas seções.

A Figura 4 apresenta com mais detalhes esse tipo de motor.

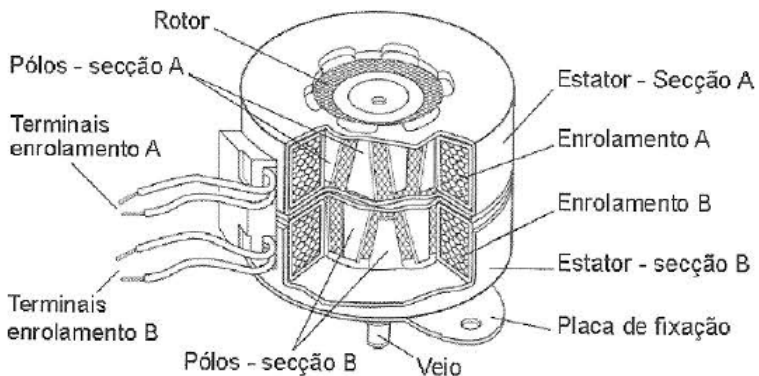


Figura 4 - Constituição de um motor de passo.

Fonte: FRANCISCO, 2008.

3.4 SENSORES DE PRESENÇA PIR

Os sensores de presença são itens indispensáveis quando se fala em sistemas de gestão de energia e segurança. Esses elementos conhecidos como *Passive Infra Red* (PIR), devem responder a radiações infravermelho distantes, com um alcance espectral de 4 a 20 μm , onde a maior parte da energia térmica emanada pelos seres humanos é concentrada (FRADEN, 2003).

Sensores PIR do tipo piroelétrico são amplamente utilizados na implementação de sistemas de detecção de movimento pela facilidade de uso, baixo custo, alta resposta e um vasto alcance dinâmico.

Seu funcionamento, de forma simplificada, pode ser descrito como o efeito de uma expansão térmica, ou seja, os materiais piroelétricos que formam o elemento PIR, geram uma carga elétrica em resposta ao fluxo de energia térmica presente através de seu corpo.

À medida que há uma variação na leitura térmica e conseqüentemente uma variação da carga elétrica gerada, é possível utilizar-se dessa informação para a implementação de dispositivos de sensoriamento de presença através de estágios de circuitos de amplificação e filtragem.

Existem no mercado inúmeras opções de fabricantes que produzem este tipo de dispositivo, oferecendo ao usuário um produto de instalação simples e barata, como ilustrado na Figura 5.



Figura 5 - Sensor de presença. Fonte:

ENERBLU, 2012.

3.5 SENSORES CAPACITIVOS

O uso de sensores capacitivos no projeto de novos produtos como *smartphones* e *tablets* vem crescendo no mercado mundial.

Os sensores capacitivos possuem uma grande capacidade de sentir praticamente todos os tipos de materiais condutores ou dielétricos, o que os torna uma opção muito interessante em muitas aplicações.

De acordo com Jacob (FRADEN, 2003), a capacitância de um condensador plano é inversamente proporcional à distância entre as placas como mostra a Equação 1:

Equação 1 - Capacitância em um condensador plano.

$$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}.$$

O princípio de funcionamento de um sensor capacitivo baseia-se na alteração da geometria (ou seja, a distância entre as placas do condensador) ou na variação da capacitância na presença de materiais condutores ou dielétricos. Como efeito disso é possível obter o sinal elétrico equivalente às variações do valor da capacitância.

Podem existir sensores capacitivos dos seguintes tipo:

- Monopolar: usando apenas um capacitor.
- Diferencial: usando dois condensadores.
- Ponte capacitiva: por meio de quatro condensadores.

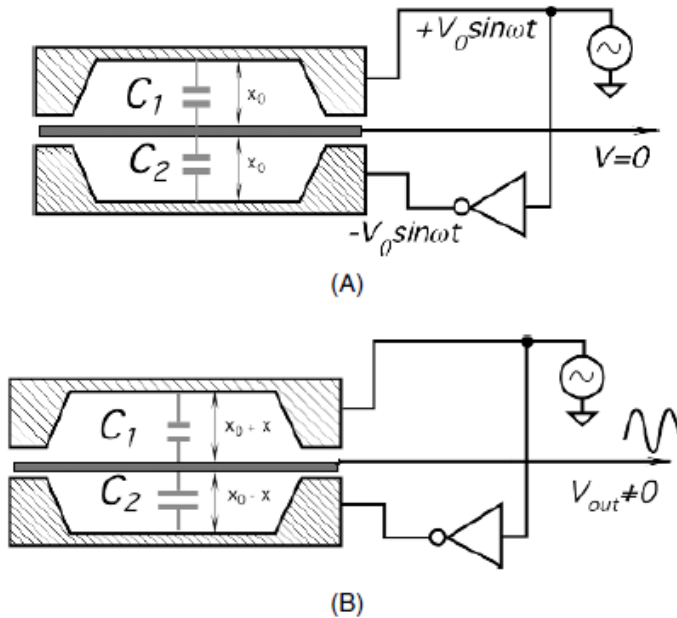


Figura 6 - Princípio de funcionamento de um sensor capacitivo plano.
(A): Posição balanceada. (B): Posição desbalanceada.

3.6 XBMC

O *Xbox Media Center* (XBMC) é um aplicativo que permite reproduzir e disponibilizar conteúdos de mídia digital para entretenimento tais como, imagens, filmes, *shows*, música, previsão do tempo, etc., desenvolvido sob os termos da *General Public License* (GPL), que disponibiliza o aplicativo de forma livre e sem fins lucrativos.



Figura 7 - XBMC.

Fonte: XBMC, 2012.

Além de operar como um *Home Center*, o XBMC oferece a possibilidade de adicionar ao reprodutor inúmeras funcionalidades através de *plugins* e *scripts* desenvolvidos pela comunidade adepta ao aplicativo (também conhecidos como *addons*).

Os *addons* suportados pelo XBMC oferecem recursos como acesso a conteúdo de *streaming* de vídeo, notificação de *email*, banco de dados de imagens, acesso remoto dos conteúdos de mídia, envio e recebimento de comandos TCP/IP dentre outros, sendo desenvolvidos com base na linguagem de programação *Python*.

3.7 LINGUAGEM PYTHON

Python é uma linguagem de programação de altíssimo nível, que utiliza o conceito de orientação à objeto e tipagem dinâmica (não exige declaração do tipo de dados), interpretada e interativa, possuindo uma sintaxe clara e concisa, permitindo a elaboração de códigos com mais agilidade e legibilidade (BORGES, 2009).

criada em 1991 por Guido Van Rossum, utiliza o modelo GPL de código aberto, desenvolvida inicialmente para atender físicos e engenheiros, sendo atualmente muito utilizada como *script* em vários aplicativos na automatização e adição de novas funcionalidade, encontrados por exemplos, em aplicativos como BrOffice, PostSQL, Blender e GIMP. (BORGES, 2009).

A linguagem Python, será utilizada na implementação de um *script* que disponibilizará uma interface de controle que integrada ao aplicativo XBMC permitirá ao usuário o controle e monitoramento de alguns recursos voltados ao sistema proposto.

3.8 SISTEMA OPERACIONAL ANDROID

O Android é a nova plataforma de desenvolvimento para aplicativos móveis como *smartphones* e contém um sistema operacional baseado em Linux, uma interface rica, suporte a *Global Positioning System* (GPS), inúmeras aplicações exemplo e ainda um ambiente de desenvolvimento bastante poderoso, inovador e flexível (LECHETA, 2010).

São inúmeras as áreas de atuação que podem ser exploradas através do desenvolvimento de aplicativos para Android, destacando-se a acessibilidade, tema muito discutido na atualidade.

Essa temática vem sendo bastante explorada tecnologicamente falando, através de soluções de *hardware* e *software* desenvolvidos especificamente para essa finalidade.

Uma dessas soluções, se propõe a realizar a tradução em tempo real do som falado para a língua Brasileira de Sinais (libras) (PRODEAF, 2012).

3.9 PROTOCOLO HTTP

O HTTP é um protocolo de comunicação da camada de aplicação pertencente ao Modelo Open System Interconnections (OSI), que permite a navegadores como Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome dentre outros, a busca e transferência

de hipertexto em servidores através da internet (MORKARZEL; CARNEIRO,2004).

A construção de hipertextos é realizada através de linguagem de programação, sendo comumente utilizada a linguagem *HyperText Markup Language* (HTML), que permite através de comandos específicos realizar uma comunicação entre cliente e servidor utilizando comandos conhecidos como métodos. Durante uma comunicação, o cliente envia um comando ao servidor e o mesmo responde a esta requisição, podendo essa resposta variar em uma ou mais mensagens (MORKARZEL; CARNEIRO, 2004).

São definidos três métodos principais, conforme apresentado no quadro 1:

QUADRO 1 – Métodos HTML.

Método	Descrição
GET	Indica que o cliente deseja receber as informações identificadas pela <i>Uniform Resource Identifiers</i> (URI).
HEAD	Idêntico ao GET, porém para as informações do cabeçalho do recurso.
POST	Usado para transferir uma informação do cliente para o servidor, por exemplo, quando um botão é pressionado.

Fonte: MORKARZEL; CARNEIRO, 2004.

3.10 MÓDULO XBEE WI-FI

Os módulos Xbee Wi-Fi (Figura 8) fornecem conectividade para dispositivos em redes Wi-Fi 802.11. São interoperáveis com outros dispositivos da mesma rede, incluindo dispositivos de outros fornecedores, sendo possível através desse módulo, configurar redes 802.11 em poucos minutos. A comunicação com o módulo pode ser realizada por meio de comunicação serial padrão, conhecida como *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) ou *Serial Peripheral Interface* (SPI) em modo escravo. (DIGI, 2012).



Figura 8 - Módulo Xbee Wi-Fi.

Fonte: DIGI.

Suas dimensões (2,439 cm x 3,294 cm) permitem o desenvolvimento de produtos compactos, operando em temperaturas ambientes de -40 a 85° C para aplicações industriais e nas frequências de 2,4 a 2,5 GHz. Possibilita o uso de até 14 canais de comunicação assim como opções de ajuste de potência. Todos os parâmetros de configuração do módulo podem ser configurados através de comandos AT, enviados a partir da UART ou SPI (DIGI, 2012).

Dependendo do tipo de aplicação utilizada pelo desenvolvedor é possível configurar a que melhor se adapte as suas necessidades, conforme segue:

- *Basic Service Set* (BSS) ou conjunto de serviços básicos: Principal tipo de rede envolvendo dispositivos sem fio chamados de estações, que comunicam-se entre si por meio de um dispositivo mestre conhecido como *access point* (AP¹) ou roteador. Este tipo de configuração é normalmente chamada de infraestrutura de rede ou BSS, sendo a maioria das redes deste tipo, conforme apresenta a Figura 9.

¹ Série de comandos de máquina utilizado para configurar parâmetros em modems.

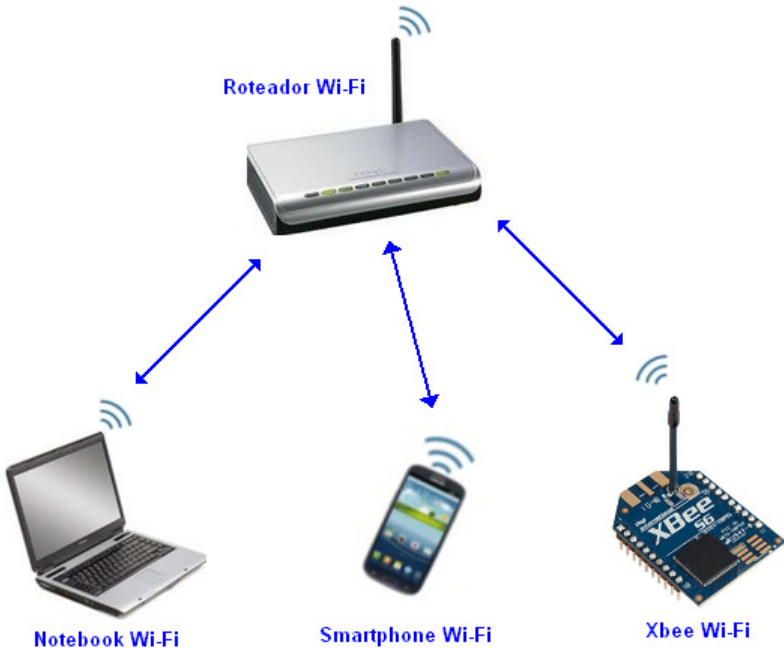


Figura 9 - Exemplo de BSS.

Fonte: DIGI, 2012.

- *Independent Basic Service Set (IBSS)* ou conjunto de serviços básicos independentes:
Também conhecido como redes do tipo Ad Hoc, permite realizar a conexão entre dois dispositivos sem a necessidade de utilizar um dispositivo centralizador como um roteador, conforme exigido pela topologia BSS. Essa topologia é bastante utilizada em casos em que a comunicação ocorre entre dois pontos, sem a disponibilidade de acesso a um *access point*, como mostra a Figura 10.

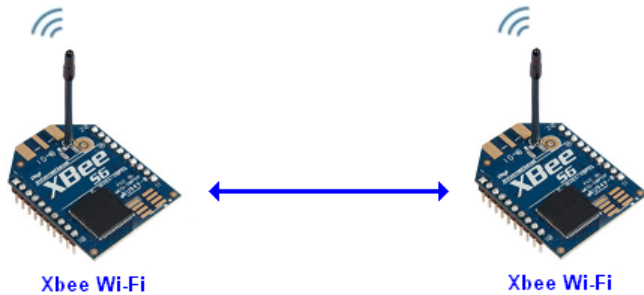


Figura 10 - Exemplo de IBSS.

Fonte: DIGI, 2012.

4 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo apresenta-se o processo de desenvolvimento do sistema partindo da ideia inicialmente estipulada, culminando na fase final de apresentação do *hardware* em forma de produto, contemplando assim todas as etapas necessárias para a conclusão do trabalho.

Foram utilizadas para elaboração deste trabalho ferramentas metodológicas que aliadas permitiram orientar de forma mais concisa o processo de desenvolvimento do mesmo.

Inicialmente como ferramenta metodologia realizou-se uma pesquisa bibliográfica em assuntos relacionados à temática do trabalho, possibilitando assim a obtenção de novos conhecimentos como também a revisão de conteúdo.

A escolha do material de pesquisa foi realizada com base nas áreas de conhecimento específicos pertinentes ao tema escolhido para o trabalho.

A origem do material coletado surgiu a partir de livros relacionados principalmente a áreas de eletrônica, programação e internet.

Também foram utilizados materiais disponíveis através de sites da web, de onde são obtidas atualmente grande parte das

informações relacionadas a componentes eletrônicos e novas tecnologias.

A análise do material coletado foi realizada com base nas funcionalidades básicas definidas para o sistema proposto, como também no provisionamento de implementações futuras.

4.1 SISTEMA PROPOSTO

Como base para a implementação do sistema, foi elaborado o diagrama da Figura 11, que ilustra o cenário estudado, reunindo as principais funcionalidades que o sistema se propõe a oferecer.

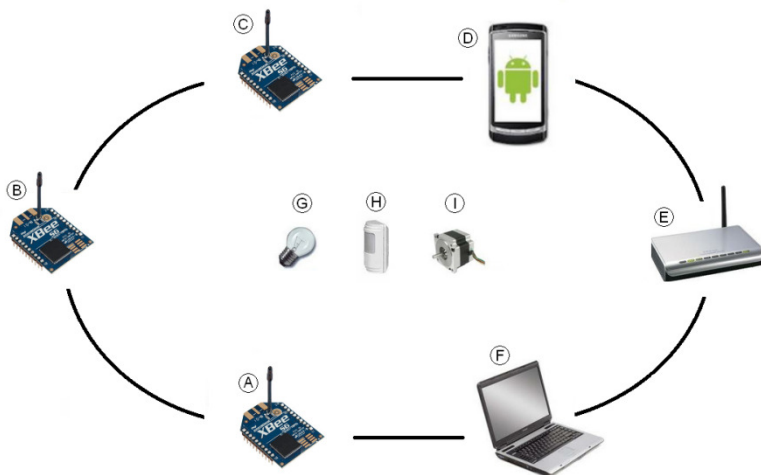


Figura 11 - Diagrama do sistema proposto.

Trata-se de uma solução que reúne itens de *hardware* e *software* que permitem através da integração uma gama de aplicações e serviços customizáveis a nível de usuário e desenvolvedor.

Os itens contidos na Figura 11 são listados a seguir:

- A, B, C: Módulo Xbee WI-FI – Responsável pela integração entre o hardware desenvolvido e outros dispositivos que fazem uso da mesma rede.
- D: Dispositivo móvel com sistema operacional Android – responsável pela integração entre o usuário e o sistema dando a possibilidade de fornecer serviços através de aplicativos que dão suporte à acessibilidade (implementações futuras).
- E: Roteador Wireless – permite gerenciar as conexões de rede possibilitando a interação entre os módulos Xbee WI-FI e outros dispositivos da mesma rede que suportem os mesmos protocolos de comandos desenvolvidos para o sistema.
- F: Notebook (ou PC) – possibilita a integração do script desenvolvido para software XBMC e o sistema.
- G: Dispositivo de controle de luminosidade de lâmpadas – item de hardware que permite o acionamento de lâmpadas através de comandos e cenários pré-definidos no firmware implementado no hardware principal do sistema.
- H: Sensor de presença – item de hardware que permite o monitoramento de sensores de presença.
- I: Dispositivo de controle de motores de passo - item de hardware que permite o acionamento de motores de passo para diversas aplicações como o acionamento de persianas e portas.

4.2 COMUNICAÇÃO ENTRE OS ELEMENTOS

A comunicação entre os elementos do sistema pode ocorrer de duas formas:

- A primeira consiste da utilização de um roteador Wi-Fi, que gerencia todo o processo de comunicação entre os dispositivos conectados a mesma rede Wi-Fi. Desta forma, qualquer pacote de dados que sai de um dispositivo, passa obrigatoriamente através do roteador até chegar ao dispositivo de destino.



Figura 12–Comunicação através de roteador Wi-Fi.

- A segunda consiste da utilização de um módulo Wi-Fi Xbee, que gerencia todo o processo de comunicação entre os dispositivos conectados a mesma rede Wi-Fi. Desta forma, qualquer pacote de dados que sai de um dispositivo, passa obrigatoriamente através do módulo Xbee até chegar ao dispositivo de destino.



Figura 13 - Comunicação através do módulo Xbee WiFi.

4.3 ESTUDO DA INTERFACE DO USUÁRIO

Existem atualmente inúmeros estudos na área de *design* de produtos que avaliam quesitos como funções, *layout*, pressupostos e comportamento de um determinado produto em virtude do usuário, de forma a especificar a melhor interface entre o usuário e o produto.

A seguir é apresentado o estudo realizado que analisa os quesitos para o produto e auxilia na definição da interface a ser utilizada.

4.4 ÁRVORE DE FUNÇÕES

O estudo tem início no levantamento das funções que o produto deverá possuir, utilizando para isso o recurso chamado de “árvore de funções”.

Trata-se de uma ferramenta muito importante, pois auxilia na elaboração e organização de todas as funções do produto.

Na sequência é possível acompanhar as principais funções previstas para o funcionamento básico do sistema, permitindo dessa forma demonstrar a viabilidade e a usabilidade do sistema:

- Power
 - Liga
 - Desliga
- Ajuste do relógio
 - Hora
 - Aumenta
 - Diminui
 - Minutos
 - Aumenta
 - Diminui
- Ajuste da data
 - Dia da semana
 - Aumenta
 - Diminui
 - Dia do Mês
 - Aumenta
 - Diminui
 - Ano
 - Aumenta
 - Diminui
- Ajuste da rede
 - Endereço IP
 - Seleciona caractere
 - Confirma caractere
 - Máscara de rede
 - Seleciona caractere

- Confirma caractere
- *Gateway* da rede
 - Selecciona caractere
 - Confirma caractere
- Nome da rede
 - Selecciona caractere
 - Confirma caractere
- Senha da rede
 - Selecciona caractere
 - Confirma caractere
- Selecciona dispositivos
 - *Slot 1*
 - Próximo dispositivo
 - Dispositivo anterior
 - *Slot 2*
 - Próximo dispositivo
 - Dispositivo anterior
- Configura dispositivos
 - Dispositivo 1
 - Seleção de configuração
 - Modifica configuração
 - Dispositivo 2
 - Seleção de configuração
 - Modifica configuração
- Controla dispositivos
 - Dispositivo 1
 - Selecciona controle
 - Executa controle
 - Dispositivo 2
 - Selecciona controle
 - Executa controle

4.5 CRITÉRIOS DE INTERAÇÃO

Os critérios de interação pontuam os valores que levaram ao conceito do produto, tais como: público alvo, estética, custo.

Para o produto proposto foram utilizados os seguintes critérios de interação:

42

- Controle visual através de *display* gráfico;
- Teclado capacitivo;
- Função liga/desliga.

4.6 LAYOUT PROVISÓRIO

A partir das informações levantadas através dos critérios de interação apresentadas no item 4.2.2 criou-se o *layout* mostrado na Figura 14, que remete a uma ideia mais rudimentar da interface a ser criado para o produto em questão.

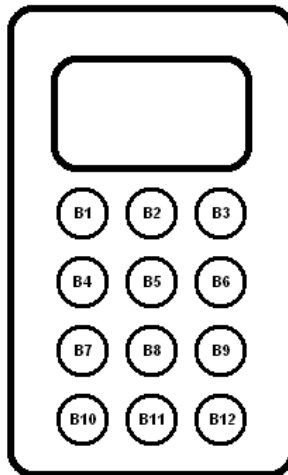


Figura 14 - *Layout* provisório.

4.7 DIAGRAMA DE MODOS

A ferramenta chamada de diagrama de modos exerce um papel fundamental no levantamento dos passos necessários para a execução das funções de navegação nos menus de operação do produto, disponibilizando assim os dados iniciais para o desenvolvimento do *firmware* do produto.

O diagrama da Figura 15 apresenta algumas das principais operações previstas:

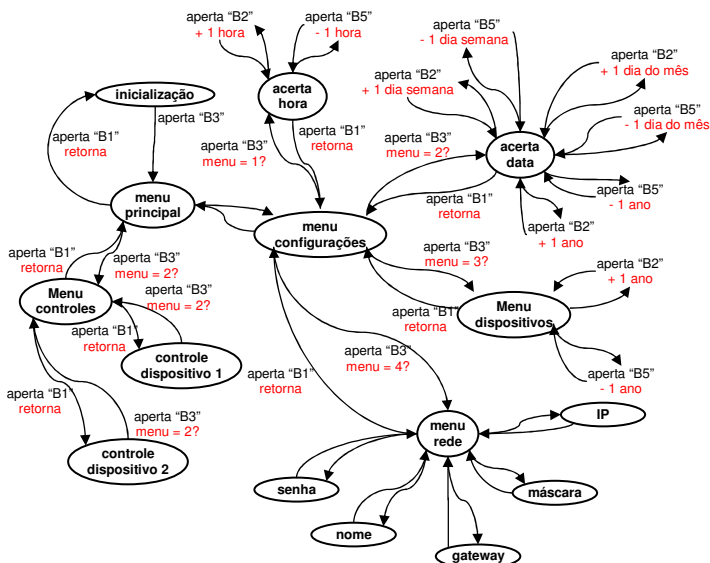


Figura 15 - Diagrama de modos.

O diagrama de modos pode ser entendido seguindo o seguinte exemplo:

1. “Inicialização”: após o *hardware* ser alimentado, o *firmware* realiza a inicialização aguardando o botão “B3” ser pressionado.
2. “Aperta B3”: após o botão “B3” ser apertado, é mostrado no *display* LCD o “Menu Principal”.
3. “Aperta B3”: após o botão “B3” ser apertado, é mostrado no *display* LCD o “Menu Controles”.
4. “Aperta B1”: após o botão “B1” ser apertado, é mostrado no *display* LCD o “Menu Principal”.

4.8 MATRIZ DE REALIMENTAÇÃO

Através do uso da matriz de realimentação é possível relacionar os modos de operação com a forma de interação com o usuário, seja ela visual ou auditiva, permitindo identificar e especificar novas funcionalidades, antecipadamente ao desenvolvimento do esquema elétrico do *hardware*, apresentado no quadro 2.

QUADRO 2 - Matriz de realimentação.

Modo/Transição	Indicação	
	Visual	Auditiva
1) Inicialização	Exibe “hora/data” e “Pressione OK”	Bip 1 seg
2) Menu principal	Exibe menu principal	Bip 1 seg
3) Menu controles	Exibe menu “controles”	Bip 1 seg
4) Menu controle dispositivo 1	Exibe controles do dispositivo 1	Bip 1 seg
5) Menu controle dispositivo 2	Exibe controles do dispositivo 2	Bip 1 seg
6) Menu configurações	Exibe menu “configurações”	Bip 1 seg
7) Menu hora	Exibe menu “hora”	Bip 1 seg
8) Menu data	Exibe menu “data”	Bip 1 seg
9) Menu dispositivos	Exibe menu “dispositivos”	Bip 1 seg
10) Menu rede	Exibe menu “rede”	Bip 1 seg
11) Menu IP	Exibe menu “IP”	Bip 1 seg
12) Menu máscara	Exibe menu “máscara”	Bip 1 seg
13) Menu <i>gateway</i>	Exibe menu “ <i>gateway</i> ”	Bip 1 seg
14) Menu nome	Exibe menu “nome”	Bip 1 seg
15) Menu senha	Exibe menu “senha”	Bip 1 seg

4.9 LAYOUT REVISADO

De posse de todas as informações adquiridas com a utilização das ferramentas propostas pelo estudo da interface de usuário, foi definido o *layout* final, que remete a ideia de como será o produto em seu aspecto visual e também funcional.

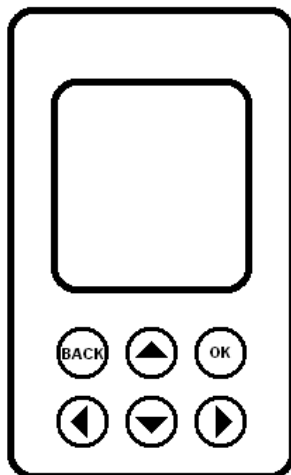


Figura 16 - *Layout* revisado.

4.10 STORYBOARD DA INTERFACE

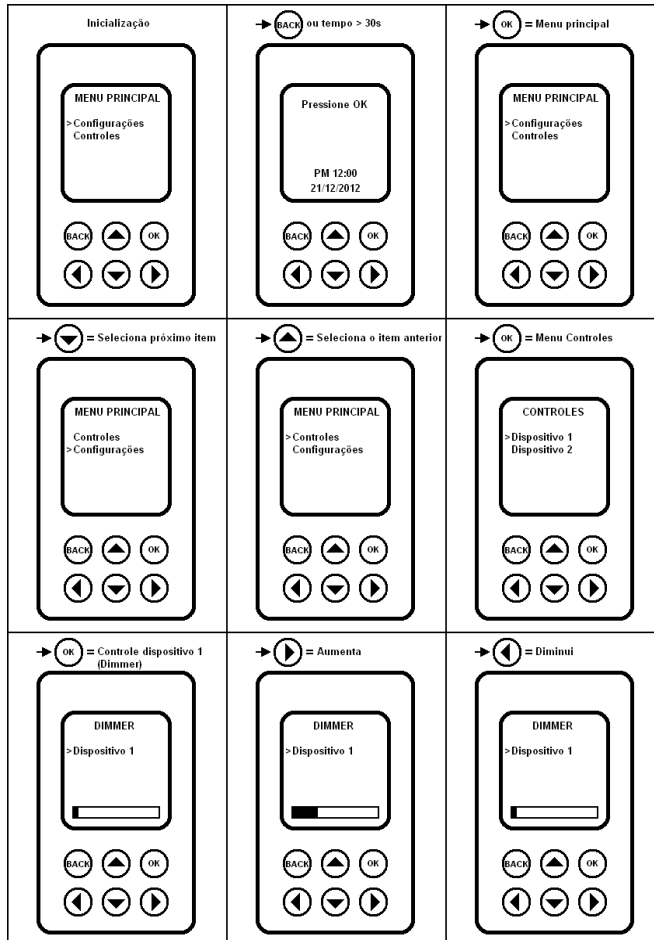


Figura 17 - *Storyboard* da interface.

4.11 DESENVOLVIMENTO MECÂNICO

Em conformidade com as informações obtidas através das ferramentas apresentadas no capítulo anterior, iniciou-se o processo de desenvolvimento da estrutura mecânica do produto.

Essas ferramentas mostram-se de fato muito úteis e eficazes à medida que o desenvolvedor as aplica na prática.

Em instalações elétricas residenciais são utilizadas caixas de embutir similares à mostrada na Figura 18, que permitem realizar a instalação de interruptores e tomadas elétricas para o acionamento de lâmpadas, fornecimento de energia elétrica dentre outras funcionalidades.

São utilizadas por padrão caixas de embutir com medidas padrão de 4x2 polegadas, que seguem a normatização estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da norma técnica de código ABNT NBR 15465, que especifica os requisitos para sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho, segundo (NBR 15465: 2008).



Figura 18 - Caixa de embutir 4x2.

O uso da caixa de embutir aliado à tecnologia dos sensores capacitivos como forma de requisitos de projeto permitiu a substituição dos interruptores eletromecânicos convencionais por um projeto mais moderno e atrativo.

Nesse sentido, torna-se imprescindível ressaltar a necessidade de criar-se uma identidade visual para o produto, sendo representada através de um painel que incorpora características similares a dos espelhos e tampas utilizados nas instalações com caixa de embutir.

Com base nas dimensões mecânicas da tampa e caixa foram definidas todas as cotas (comprimento, largura e alturas) a serem utilizadas posteriormente na confecção do *layout* das placas de circuito impresso, que são alojadas no interior da caixa e fixadas na tampa, conforme mostra a Figura 19.

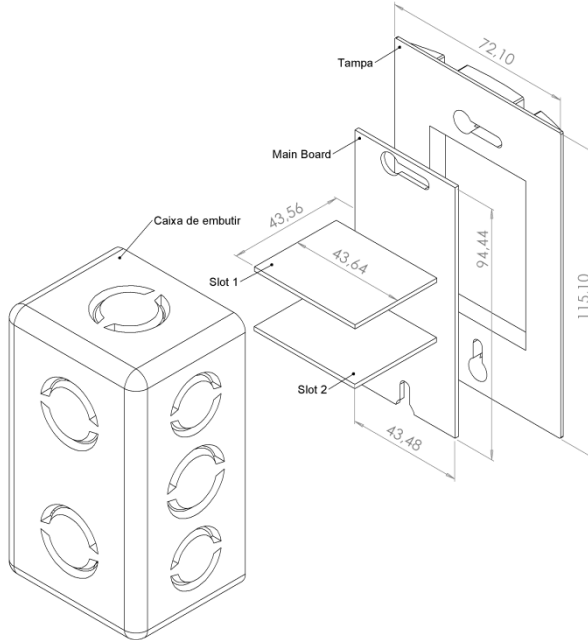


Figura 19 - Vista explodida da mecânica do produto.

Como resultado, foram obtidas todas as medidas que serão utilizadas na confecção das placas de circuito impresso, como mostrado no quadro 3.

QUADRO 3 - Dimensões das placas.

Modelo da placa	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Espessura (mm)
<i>Main Board</i>	43,48	94,44	1,6
<i>Dimmer Board</i>	43,64	35,56	1,6
<i>Motor Board</i>	43,64	35,56	1,6
<i>Sensor Board</i>	43,64	35,56	1,6

4.12 DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE

Utilizando-se dos resultados obtidos através do estudo da interface de usuário apresentado no capítulo 4.2, iniciou-se o levantamento e implementação de todos os itens de *hardware* que integram o sistema.






4.13 INTEGRAÇÃO COM REDES SEM FIO 802.11

O uso da tecnologia de rede sem fio Wi-Fi oferece muita facilidade no que diz respeito à integração do sistema, pois é amplamente utilizada de forma comercial e residencial, sendo que grande parte dos dispositivos móveis atualmente, tais como celulares e *notebooks* dispõem dessa tecnologia, sendo possível agregar inúmeros serviços entre os dispositivos conectados a uma mesma rede.

Existem atualmente no mercado várias opções de *hardware* para o desenvolvimento de soluções voltadas para a tecnologia WI-FI 802.11, desde circuitos integrados até módulos de *hardware* dedicados a esta finalidade.

O Quadro 4 apresenta algumas das opções de módulos pesquisados no mercado no segundo semestre de 2012, que podem ser empregados na implementação de redes sem fio WI-FI 802.11:

QUADRO 4 - Opções de módulos WI-Fi.

Referência	Fabricante	Descrição	Custo (U\$)	Foto
RS9110-N-11-24-02	Redpine Signals	Módulos WiFi/802.11 Single band: 2.4 GHz module	27.95	
RS-WC-201	Redpine Signals	Módulos WiFi/802.11 Single band 2.4 GHz module	47.52	
MRF24WB0 MA/RM	Microchip Technology	Módulos WiFi/802.11 WiFi Transceiver w/PCB antenna	20.16(100)	
TDKEZWIFI	Microchip Technology	Módulos WiFi/802.11 EZ Web Lynx Wi-Fi Module	67.00(1)	
XB24-WFSIT-001	Digi International	Módulos Xbee Wi-Fi RPSMA RF Connector	35.00(1)	

A partir das opções de módulos analisadas, optou-se então por utilizar o módulo Xbee Wi-Fi XB24-WFSIT-001 do fabricante Digi International, por tratar-se de um item de fácil utilização e com um custo acessível.

Para implementar essa funcionalidade foram adquiridos os seguintes itens de *hardware* e *software* fornecidos pelo próprio fabricante:

- Módulo XBee Wi-Fi RPSMA RF Connector (*part number* XB24-WFUIT-001);



Figura 20 - Módulo Xbee.

Fonte: DIGI, 2012.

- Kit de desenvolvimento (*partnumber* XK2-WFT-0);

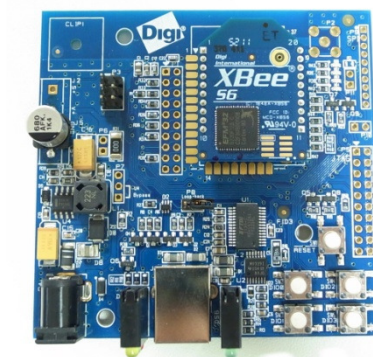


Figura 21 - Kit de desenvolvimento Xbee.

Fonte: STRAWBERRY, 2012.

- X-CTU (*Software* de configuração do módulo Xbee).

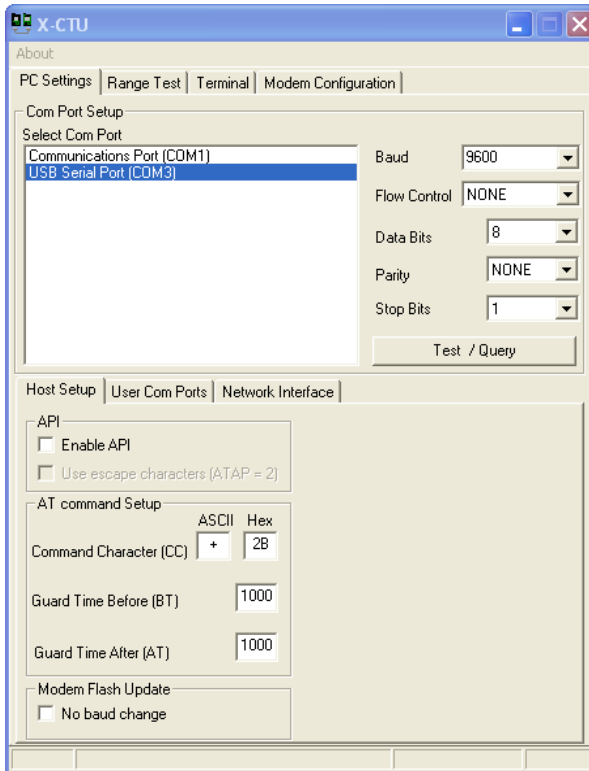


Figura 22 - Software X-CTU .

4.14 HARDWARE DE CONTROLE DE LUMINOSIDADE DE LÂMPADAS

Trata-se de um circuito bastante simples e muito utilizado em produtos desenvolvidos para áreas de sistemas de automação entre outras.

Utiliza-se de componentes relativamente baratos e de fácil aquisição no mercado nacional.

Seu princípio de funcionamento é bastante simples e pode ser visto com mais detalhes conforme apresentado no capítulo 2.

Na Figura 23 é apresentado o esquema elétrico desenvolvido para realizar o controle de luminosidade de até quatro lâmpadas:

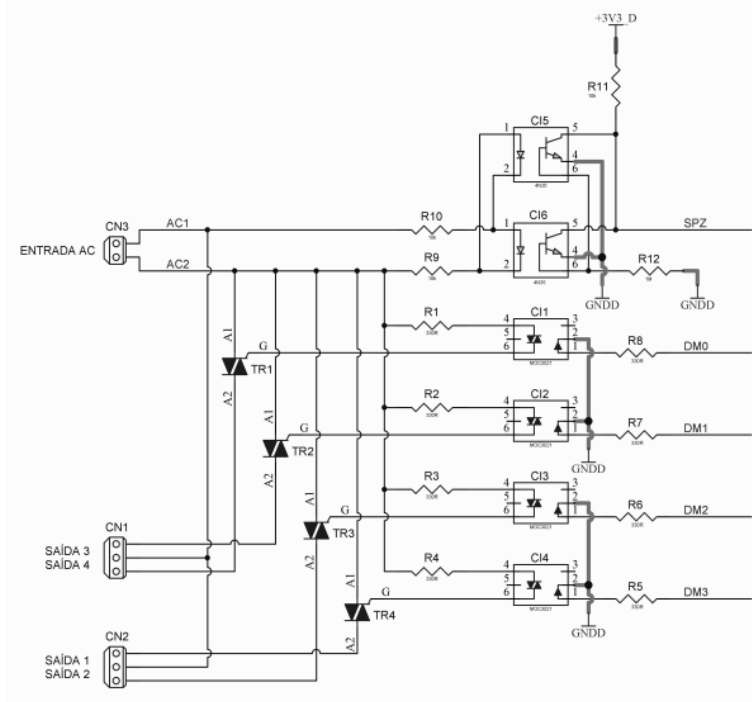


Figura 23 - Esquema elétrico do *dimmer*.

Um sinal senoidal de 220 V, proveniente da rede de energia elétrica é aplicado à entrada ac através do conector CN3, alimentando o circuito responsável pelo chaveamento das saídas 1 a 4 disponíveis através dos conectores CN1 e CN2.

Cada saída é composta pelos seguintes componentes:

- Saída 1: R1, TR1, CI1 (pinos 4 e 6);
- Saída 2: R2, TR2, CI2 (pinos 4 e 6);
- Saída 3: R3, TR3, CI3 (pinos 4 e 6);
- Saída 4: R4, TR4, CI4 (pinos 4 e 6).

Estão presentes no esquema elétrico quatro pinos responsáveis por comandar o acionamento de cada uma das quatro saídas independentemente:

- DEV_P0.7 (saída 1);
- DEV_P0.17 (saída 2);
- P1.25 (saída 3);
- P1.26 (saída 4).

Esse controle é realizado através de sinais PWM gerados a partir de um microcontrolador, que analisando o sinal senoidal da rede elétrica (220 V), ajusta o ciclo de geração do PWM a cada passagem por zero, permitindo assim a variação da potência entregue à carga (uma lâmpada incandescente, por exemplo).

O circuito responsável pela detecção de passagem por zero é constituído pelos componentes R9, R10, R11, R12, C15 e C16.

Para a realização de testes funcionais e caracterização do projeto como produto, foi confeccionada uma placa de circuito impresso conforme ilustrado nas imagens a seguir, capturadas pelo *software Altium Designer*, utilizado para desenvolver todos os esquemas elétricos presentes no projeto:

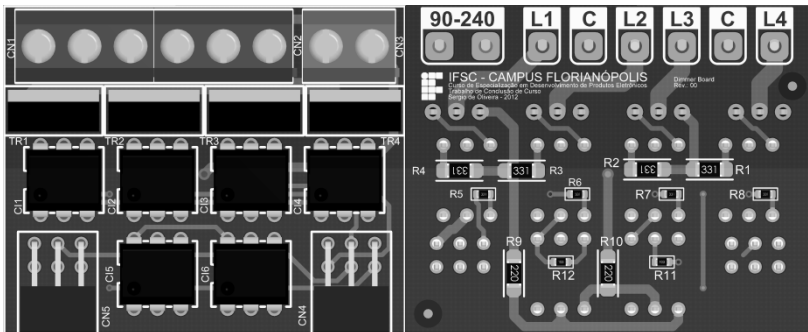


Figura 24 - Desenho da face superior (*top*) e inferior (*bottom*) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.

4.15 HARDWARE DE CONTROLE DE MOTORES

O *hardware* apresentado nesta seção disponibiliza ao sistema a funcionalidade de controlar motores de passo e também motores cc de baixa potência.

Desta forma é possível agregar serviços como controle de abertura de persianas, portas de correr automáticas etc., tendo em vista, as limitações referentes à potência máxima que o circuito pode fornecer ao motor, que no caso particular desse circuito pode chegar a 35 W utilizando o encapsulamento *Multiwatt*.

O circuito responsável por desempenhar esse papel apresentado na Figura 25, foi concebido utilizando componentes de baixo custo e de fácil aquisição e seu funcionamento baseia-se no circuito integrado L298, que se trata de um *driver* de ponte-completa duplo (chamado de ponte-H).

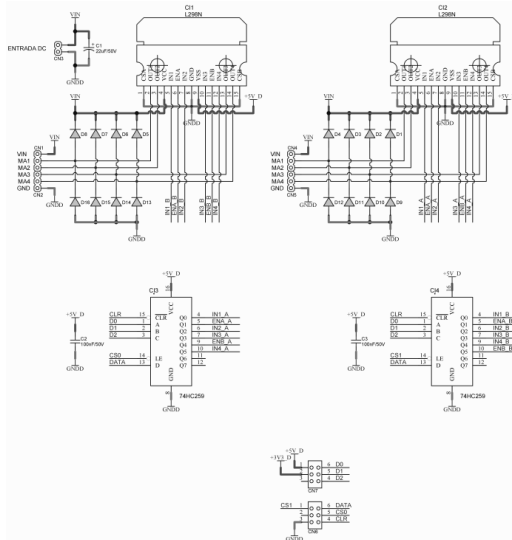


Figura 25 - Esquema elétrico do controle de motor.

O circuito integrado L298 possui as seguintes características, retiradas do *datasheet* do fabricante:

- Tensão de operação de até 46 Vdc.
- Corrente cc total de até 4 A.
- Baixa tensão de saturação.
- Proteção contra sobre tensão.
- Entrada em nível lógico “0” de até 1,5 V (alta e imunidade a ruídos).

O L298 é formado por duas pontes H podendo controlar um motor de passo ou até dois motores de corrente contínua (Figura 26).

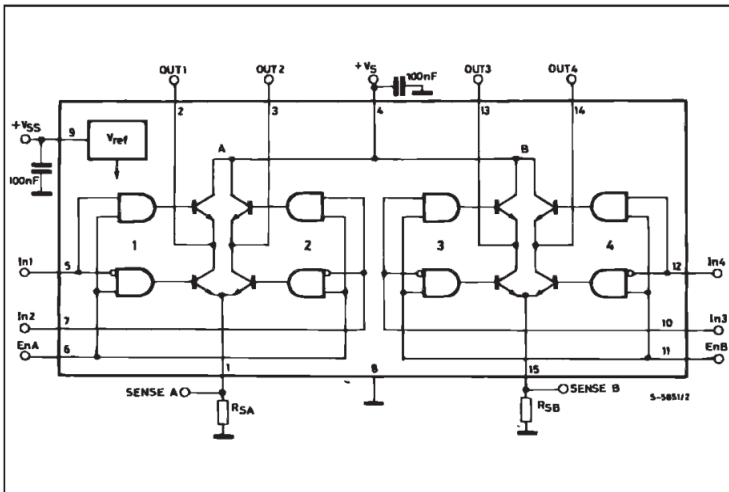


Figura 26 - Diagrama interno do circuito integrado L298.

Através das entradas IN1, IN2, IN3 e IN4, é possível controlar cada uma das saídas OUT1, OUT2, OUT3, OUT4 respectivamente, ou seja, aplicando-se um nível lógico “1” a uma das entradas, a respectiva saída é excitada com uma tensão derivada da tensão de alimentação do integrado.

Para cada uma das pontes H, existe um terminal de controle (ENA e ENB) que permitem a cada uma das pontes a possibilidade de habilitar ou desabilitar seu funcionamento.

Acompanhando a Figura 27, pode-se entender melhor a aplicação do L298 no acionamento de motores de corrente contínua.

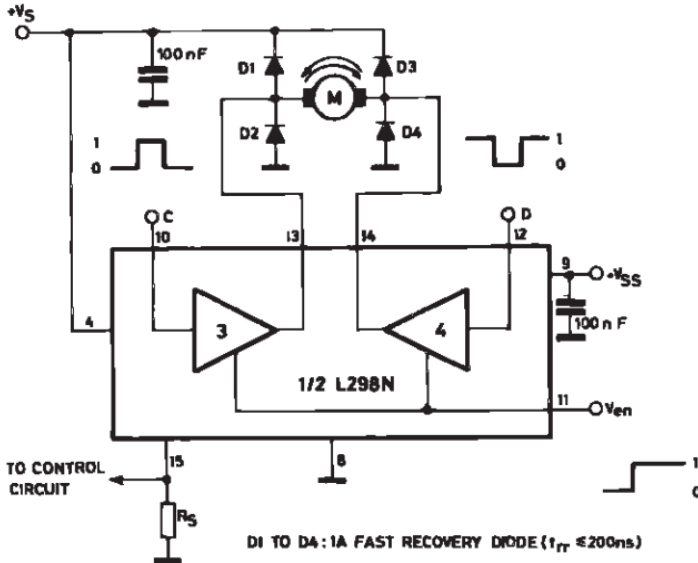


Figura 27—Exemplo de aplicação do integrado L298.

Neste exemplo retirado do *datasheet* do fabricante é apresentado um circuito composto por uma das pontes H disponíveis no integrado, um motor de corrente contínua e quatro diodos, que fazem o papel de proteção contra os efeitos da força contra eletromotriz que surgem do processo de desmagnetização das bobinas dos motores, forças essas que podem danificar o próprio integrado como também outros elementos conectados a ele.

São mostrados no quadro 5 os possíveis modos de operação do motor em relação aos sinais aplicados nas entradas de controle:

QUADRO 5 - Modos operação do motor.

	Entradas	Função
Ven = H	C = H; D = L	rotação para frente
	C = L; D = H	rotação reversa
	C = D	parada rápida do motor
Ven = L	C = X; D = X	motor livre - parado

Onde:

- Ven – tensão de habilitar/desabilitar.
- C – entrada de controle “C”.
- D – entrada de controle “D”.
- H – nível lógico “1”.
- L – nível lógico “0”.

Através da Figura 28 é possível visualizar o *layout* da placa de circuito impresso.

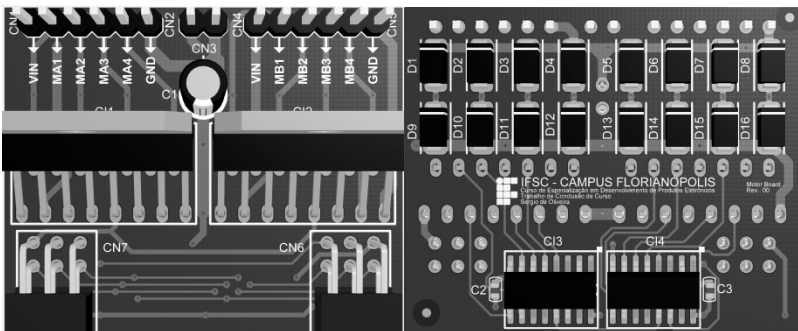


Figura 28 - Desenho da face superior (*top*) e inferior (*bottom*) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.

4.16 HARDWARE DE SENSORIAMENTO EXTERNO

Utilizando o *hardware* apresentado nessa seção, é possível disponibilizar ao usuário do sistema recursos como o monitoramento de ambientes através de sensores de presença,

que agregado aos serviços disponíveis através da rede TCP/IP e incorporados ao sistema por meio do módulo Xbee Wi-Fi, permitem informar ao usuário eventos ocorridos utilizando, por exemplo, o envio de comandos a outro dispositivo também conectado a rede TCP/IP.

O circuito (Figura 29) basicamente realiza o interfaceamento entre os sensores instalados e o *hardware* de controle principal, atuando de acordo com as predefinições estabelecidas. O *layout* da placa pode ser visto na Figura 30.

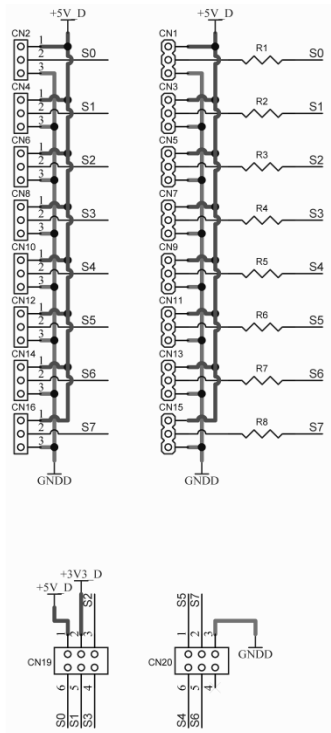


Figura 29 - Esquema elétrico do sensoriamento externo.

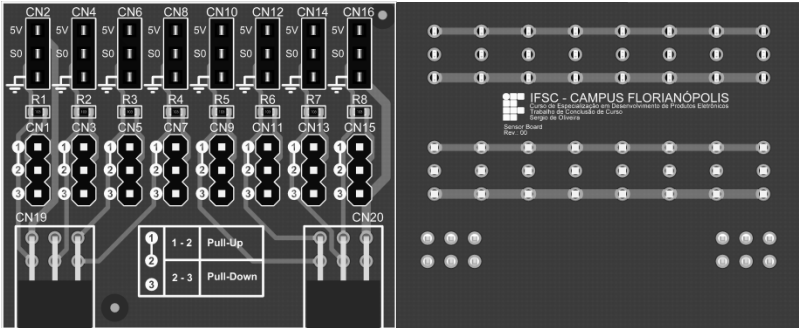


Figura 30 - Desenho da face superior (*top*) e inferior (*bottom*) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.

4.17 HARDWARE PRINCIPAL DO SISTEMA

De forma a integrar e gerenciar todos os itens de *hardware* apresentados anteriormente foi necessário o desenvolvimento de um circuito que forneça todos os recursos necessários para realizar a tarefa.

O circuito nomeado de *Main Board* foi idealizado a partir dos sinais de controle de cada um dos periféricos.

A Figura 31 em forma de diagrama em blocos apresenta as interconexões entre o *hardware* principal e os demais.

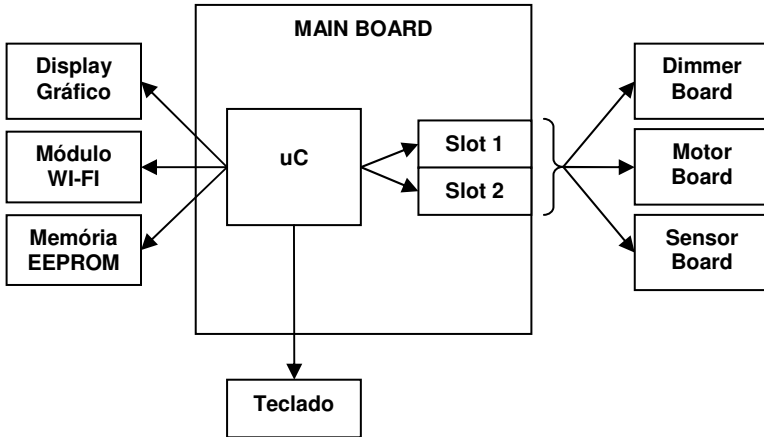


Figura 31 - Diagrama em blocos da main board.

Analisando o diagrama é possível identificar dois pontos de conexão, *Slot 1* e *Slot 2*, que foram previstos para permitir a inserção de até dois periféricos compatíveis com o sistema (entenda-se por periféricos as placas *dimmer*, motor e sensor).

Esses *slots* disponibilizam sinais de controle provenientes de um microcontrolador (uC) e também fornecem alimentação fixa regulada de 3,3 V e 5 V.

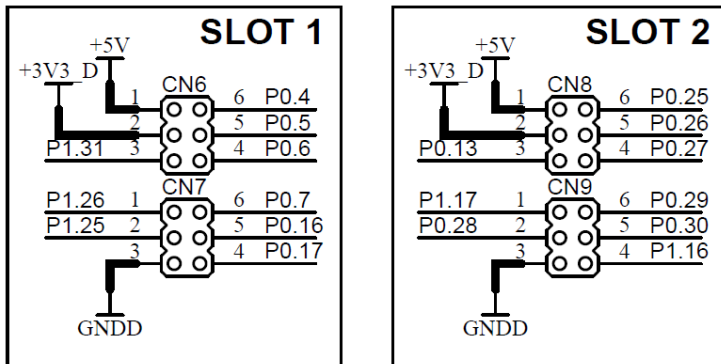


Figura 32 - Slots de conexão dos periféricos.

O *hardware* permite ainda a conexão de um *display* gráfico de 132 x 132 *pixels*, que auxilia o processo de configuração e utilização do produto.

O *display* escolhido para essa funcionalidade foi o modelo CC3ZZ-8762-1, utilizado em aparelhos celulares modelo 6610 do fabricante Nokia, que utilizam controladores do tipo PCF8833 desenvolvidos pelo fabricante Philips.



Figura 33 - LCD Nokia 6610.

Provisionou-se para implementações futuras a utilização de uma memória de programa, *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM), que dá ao sistema a capacidade de armazenar as configurações, permitindo assim, por exemplo, que preferências do usuário não sejam perdidas mesmo após períodos de ausência de energia elétrica.

A Figura 34 apresenta o circuito para o uso da memória de programa, utilizando o integrado 24AA256.

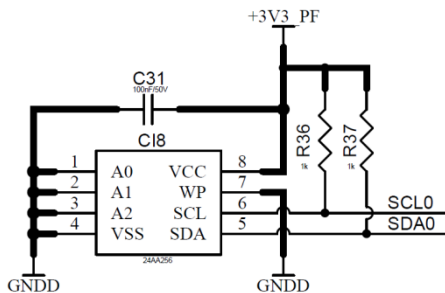


Figura 34 - Circuito de memória de programa.

De forma a permitir o acesso local as configurações dos parâmetros do sistema por parte do usuário, foi desenvolvido um teclado que utiliza a tecnologia de sensores capacitivos, eliminando a necessidade de utilizar-se chaves mecânicas assim como a redução de custos no desenvolvimento mecânico do

teclado, oferecendo além disso a possibilidade de explorar um visual mais moderno, atendendo a tendência *touch* para os dias atuais.

O desenvolvimento do teclado capacitivo baseou-se no circuito integrado CY8C21434-24LTXI do fabricante Cypress. Trata-se de um integrado que possui a tecnologia *System-on-chip*, que permite desenvolver aplicações de *hardware* utilizando blocos lógicos digitais e/ou analógicos, que aliados à programação de alto nível torna-se uma ferramenta muito poderosa.

Pode ser visualizado a seguir através da Figura 35 o digrama dos blocos lógicos para o circuito integrado CY8C21434-24LTXI:

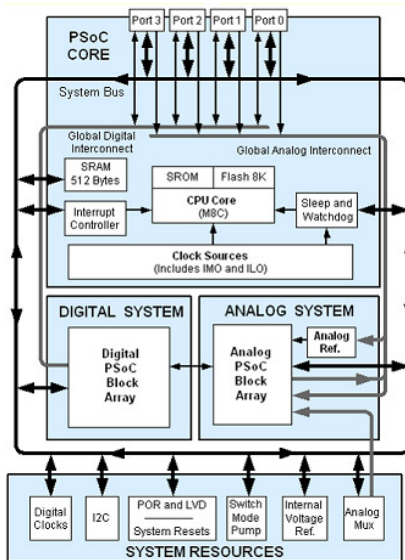


Figura 35 - Diagrama dos blocos lógicos do PSoC.

Basicamente o integrado realiza a leitura dos sensores configurados internamente no circuito integrado, informando ao microcontrolador o estado dos mesmos, através de uma interface de comunicação serial I2C.

Para o projeto do teclado capacitivo utilizado na placa principal, foi elaborado o esquema elétrico da Figura 36, sendo a

definição física das teclas executadas de acordo com o especificado na seção 4.2 da interface de usuário, como mostra a Figura 37 (top), que apresenta o desenho da placa principal.

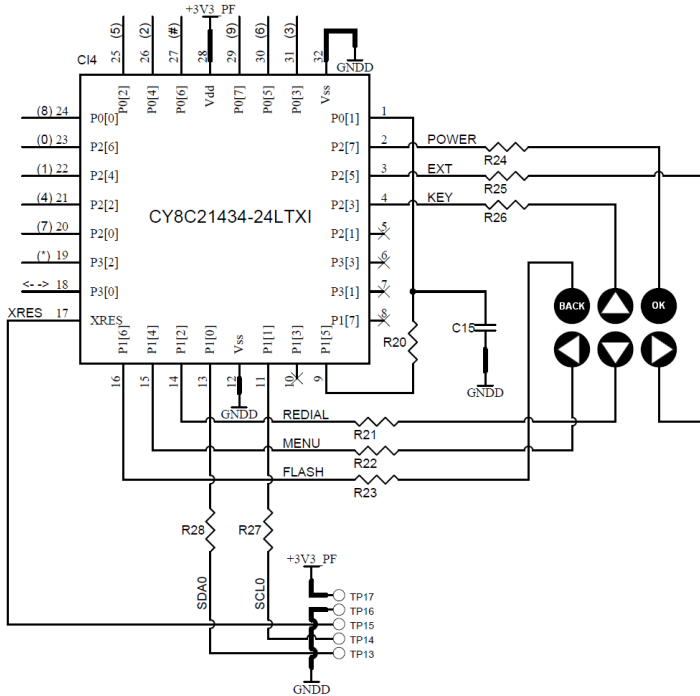


Figura 36 - Teclado capacitivo.

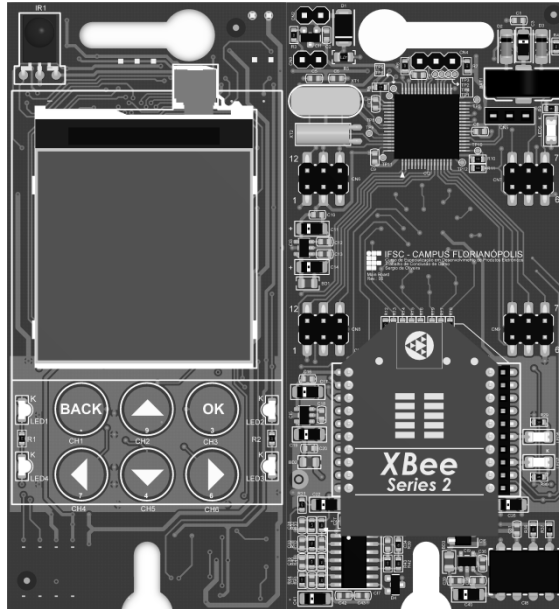


Figura 37 - Desenho da face superior (*top*) e inferior (*bottom*) da placa, respectivamente da esquerda para a direita.

4.18 DESENVOLVIMENTO DE FIRMWARE

Para o projeto foram previstos o desenvolvimento de dois aplicativos que visam permitir a integração de dispositivos que utilizam a plataforma Android, assim como usuários que utilizem o XBMC.

Inevitavelmente é necessário também elaborar o *firmware* que será utilizado na placa *Main Board*, permitindo a interação com os dois aplicativos citados acima.

4.18.1 FIRMWARE DA MAIN BOARD

Como forma de simplificar o uso e permitir uma maior clareza do funcionamento do produto sem comprometer o cumprimento dos requisitos do projeto, foram levantadas as especificações de funcionalidade do *firmware* de forma reduzida.

O quadro 6 apresenta as bibliotecas que foram criadas para serem usadas na organização do código de programação, desenvolvido em linguagem C.

QUADRO 6—Biblioteca de *firmware* da *Main Board*.

Biblioteca	Descrição
<i>Display</i>	Biblioteca de funções de escrita no <i>display</i>
Comunicação serial	Biblioteca de funções de comunicação serial
Teclado	Biblioteca de funções do teclado capacitivo
Relógio	Biblioteca de controle de relógio
Dispositivos	Biblioteca de controle dos dispositivos
CPU	Biblioteca de inicialização da CPU

Para cada uma dessas funções foi criado um arquivo contendo todas as rotinas necessárias para desempenhar o papel ao qual foram designadas, permitindo assim uma melhor organização do projeto de *firmware*, dando mais agilidade ao processo.

O fluxograma do *firmware* pode ser visto na Figura 38, representando a lógica utilizada para o funcionamento das funções mostradas no quadro 6.

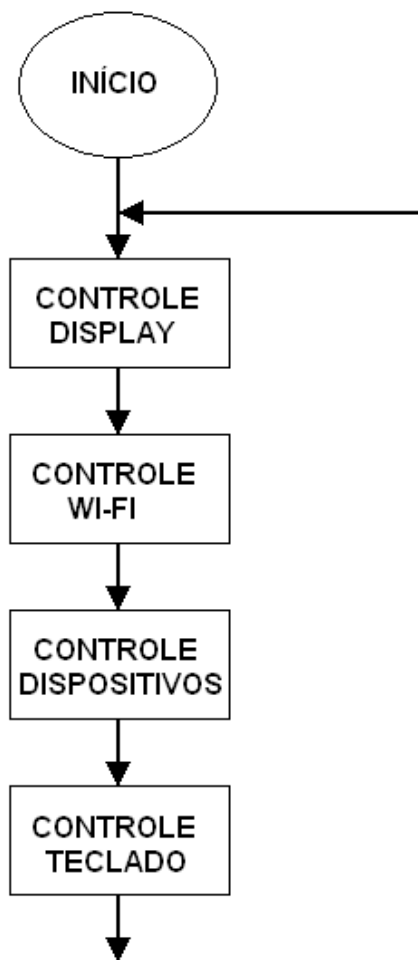


Figura 38 - Fluxograma do *firmware*.

4.18.2 SCRIPT PARA XBMC

O *script* para o aplicativo XBMC, foi elaborado com base no tutorial de *scripts python* para XBMC, (XBMC, 2012).

Trata-se de um *script* relativamente simples que executa funções básicas de controle de um *dimmer*.

Para facilitar a organização e a escrita do código foi elaborado o fluxograma da Figura 39:

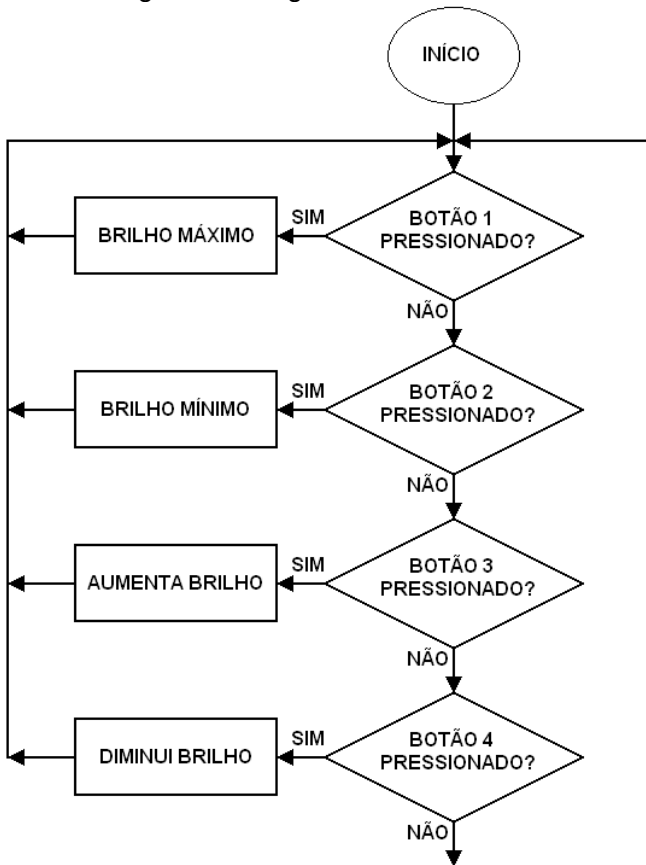


Figura 39 - Fluxograma do *script*.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 MONTAGEM ELETRÔNICA

De posse das placas de circuito impresso confeccionadas anteriormente, iniciou-se a montagem a partir da placa principal (*Main Board*), pois trata-se da parte principal do projeto, de onde são controlados todos os itens de *hardware* como os periféricos, *display*, teclado capacitivo.

É importante salientar que todo o processo de montagem da placa foi realizado de forma manual, inserindo-se componente a componente.

Uma boa prática para o desenvolvimento de produtos em fase de protótipo é a montagem dos circuitos por demanda, ou seja, inicia-se a montagem da placa a partir dos principais circuitos, realizando testes individuais dos mesmos a fim de constatar o correto funcionamento do mesmo, pois se por ventura houver algum erro no projeto, esse é mais facilmente detectado e corrigido, sendo assim, a montagem foi realizada na seguinte ordem:

5.1.1 MONTAGEM E TESTE DA PLACA MAIN BOARD

A primeira parte montada e testada foi o circuito de fonte responsável pelo suprimento de energia de todos os itens de *hardware*, inclusive parte da alimentação das placas que são utilizadas nos *slots* 1 e 2. Nos testes após a montagem, todas as tensões foram medidas e se mostraram adequadas.

Posteriormente foi realizada a montagem do microcontrolador, seus componentes auxiliares, como capacitores e indutores de filtro, led de *status* e conector de atualização de *firmware*.

Foi elaborado um *firmware* de testes que através do acionamento pulsado do led de *status* comprovou o funcionamento básico do microcontrolador.

Continuando a montagem, incluiu-se o *display* de LCD gráfico e seguindo a mesma lógica aplicada ao teste do microcontrolador, elaborou-se um *firmware* de forma a imprimir na tela uma mensagem de teste.

Após essa etapa, montou-se o circuito responsável pelo controle do teclado capacitivo. De posse do *firmware* desenvolvido para o teste do teclado, realizaram-se os primeiros testes, que consistiram em apresentar na tela uma mensagem confirmando a comunicação do teclado com o microcontrolador, o que ocorreu sem problemas.

Por fim foram montados os conectores de conexão dos *slots* 1 e 2, assim como os conectores do módulo Wi-Fi.

O teste do módulo Wi-Fi foi realizado através de um comando AT “+++” enviado via UART pelo microcontrolador ao módulo, confirmado pela resposta de retorno “ok”, mostrada no *display*, comprovando o seu funcionamento.

5.1.2 MONTAGEM E TESTE DA PLACA DIMMER BOARD

Seguindo o processo de montagem e teste das placas, foi escolhida a *Dimmer Board*.

O circuito completo da *Dimmer Board* é composto por quatro estágios de saída de potência idênticos, sendo assim foi realizada a montagem de apenas um desses estágios juntamente com o restante dos componentes.

Após a montagem foi realizado um teste através do uso de duas teclas do teclado capacitivo, uma para ligar e outra para desligar uma lâmpada conectada a saída de potência do *dimmer*.

No primeiro teste realizado o circuito não funcionou conforme o esperado. Analisando melhor o esquema elétrico percebeu-se que havia um erro durante o processo de levantamento do esquema.

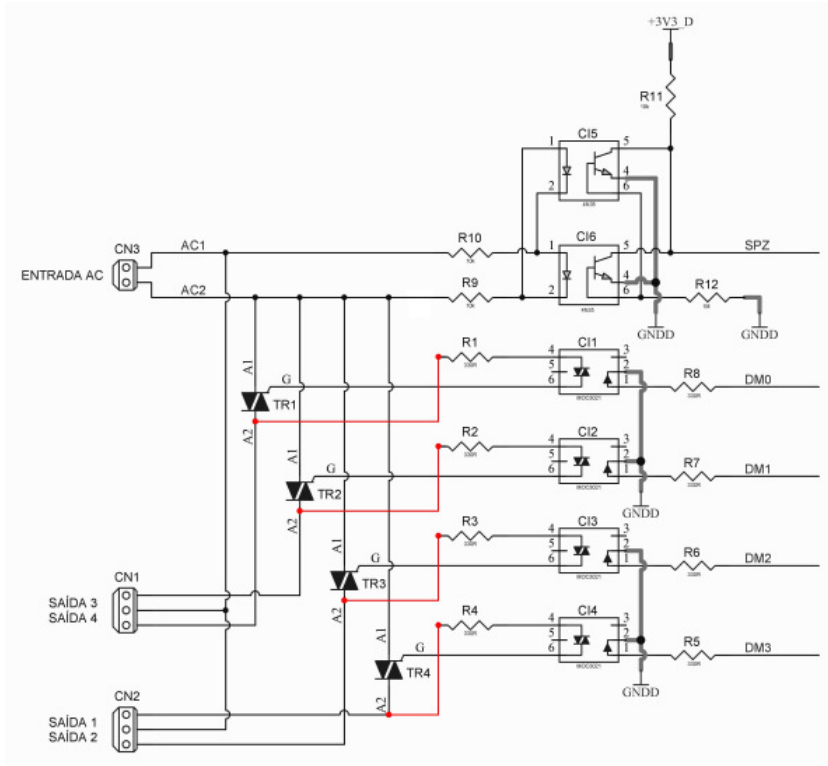


Figura 41 - Esquema corrigido.

Sendo assim após a correção do problema o acionamento da lâmpada ocorreu corretamente.

5.1.3 MONTAGEM E TESTE DA PLACA MOTOR BOARD

Para a realização dos testes foi utilizado um motor cc de baixa potência operando com tensão nominal de 6 V.

O *firmware* desenvolvido para os testes da placa foi criado para realizar testes simples de rotação, parada e inversão da direção de rotação do motor.

Aplicados os testes referidos, o circuito funcionou corretamente.

5.1.4 MONTAGEM E TESTE DA PLACA SENSOR BOARD

Em similaridade à montagem da placa *motor board*, procedeu-se com a montagem da placa *sensor board*, que basicamente utiliza-se de conectores e resistores que disponibilizam pontos de leitura de sensores externos conectados a ela.

Nos testes desse periférico, foi utilizado um sensor de presença externo modelo EA21 do fabricante Enerblu conectado a uma das entradas disponibilizada na placa sensor.

Dessa forma, através do *firmware* implementado para o teste, foi possível visualizar no *display* o momento exato em que o sensor realiza a detecção.

5.2 TESTE DE VALIDAÇÃO DO SISTEMA

5.2.1 TESTE LOCAL DO DIMMER

Esse teste permitiu verificar o funcionamento do conjunto formado pelas placas *Main Board* e *Dimmer Board*, juntamente com o *firmware* desenvolvido.

Para a montagem do ensaio foram utilizados os materiais listados no quadro 7.

QUADRO 7 - Materiais utilizados para o teste do *dimmer in locu*.

Item	Material
1	Placa <i>Main Board</i> Montada
2	Placa <i>Dimmer Board</i> Montada
3	Fonte de alimentação cc externa de 9 V / 2 A
4	Lâmpada dicróica de 40 W
5	Bocal para lâmpada de porcelana
6	Cabo de alimentação AC.

A lâmpada dicrónica conectada ao receptáculo de porcelana foi instalada na primeira saída da placa *dimmer*, sendo esta alimentada através da rede elétrica utilizando o cabo de alimentação ac, operando em 220 V.

A placa *dimmer board* foi instalada no primeiro *slot* disponível na placa *main board*, sendo habilitada e configurada através do *software* antes do início dos testes, sendo o mesmo realizado de acordo com o seguinte roteiro:

- Ao surgir na tela a mensagem “Pressione ok”, proceder conforme solicitado.
- Na tela seguinte, navegando com as setas para cima e para baixo, selecionar a opção “controles”, pressionando em seguida a tecla “ok”.
- Selecionar a opção “Dispositivo 1”, pressionando a tecla “ok”.

Utilizando as teclas para cima e para baixo, ajustar o brilho da lâmpada dicrónica.

5.2.2 TESTE REMOTO DO DIMMER

Para este ensaio foram utilizados os mesmo itens listados no quadro 7, sendo incluído apenas o uso do *notebook*.

Na configuração do *hardware* foi incluída a utilização do módulo Xbee Wi-Fi, permitindo assim ao *hardware* integração total com redes Wi-Fi e suas funcionalidades.

O *firmware* utilizado para o teste, foi implementado de forma que todos os parâmetros necessários para o módulo fossem configurados automaticamente.

Esses parâmetros asseguraram que o módulo fosse configurado corretamente para o uso em redes BSS, utilizando um *Access Point* como ponte de acesso entre o módulo e o *notebook*.

Os parâmetros de rede utilizados na configuração do módulo são listados no quadro 8:

QUADRO 8 - Parâmetros de configuração do módulo Wi-Fi.

Parâmetro	Valor
Endereço IP do módulo	192.168.0.40
Mascará de rede	255.255.255.0
<i>Gateway</i>	192.168.0.1
Nome da rede	Xbee
Senha da rede	teste_xbee_wifi

Configurando o módulo de acordo com os parâmetros listados acima é possível estabelecer uma conexão corretamente com o *Acess Point*.

O cenário constituído aqui exemplifica na prática o sistema proposto para o projeto, conforme apresentado na seção 3.1 através da Figura 11.

Similarmente ao teste local do *dimmer*, elaborou-se um roteiro de testes que auxilia no processo de avaliação funcional do projeto, como segue:

- Abrir o *software* XBMC.
- Executar o *script* “Xbee Control System” desenvolvido anteriormente.
- Através das setas de navegação do teclado ou o *mouse*, ativar o botão “MÁXIMO”, verificando o acionamento da lâmpada em seu brilho máximo.
- Utilizando a mesma forma de navegação, selecionar e ativar o botão “MÍNIMO”, verificando o acionamento da lâmpada dicróica em seu brilho mínimo (desligada).

As figuras Figura 42 e Figura 43 apresentam os cenários utilizados para os testes.



Figura 42 - Teste local do *Dimmer*.

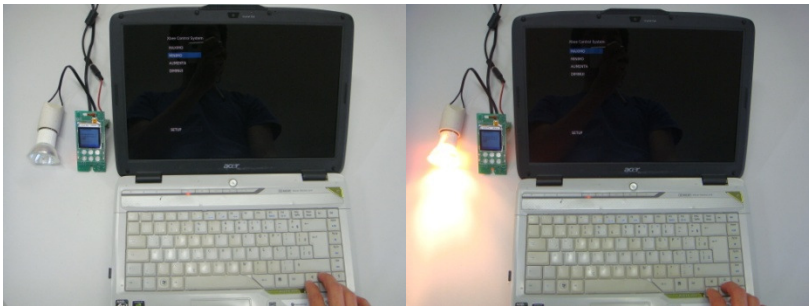


Figura 43 - Teste remoto do *Dimmer*.

Como resultado prático desse teste, foram capturadas as formas de onda do circuito de controle do *dimmer* conforme ilustrado nas figuras Figura 44 e Figura 45.

O sinal capturado através do canal 1 do osciloscópio (em amarelo) representa o sinal de controle gerado pelo microcontrolador da placa *main board* através de um pino de entrada e saída, que realiza o comando de chaveamento do TRIAC. O canal 2 (em verde) representa a corrente de carga da lâmpada na saída do TRIAC.

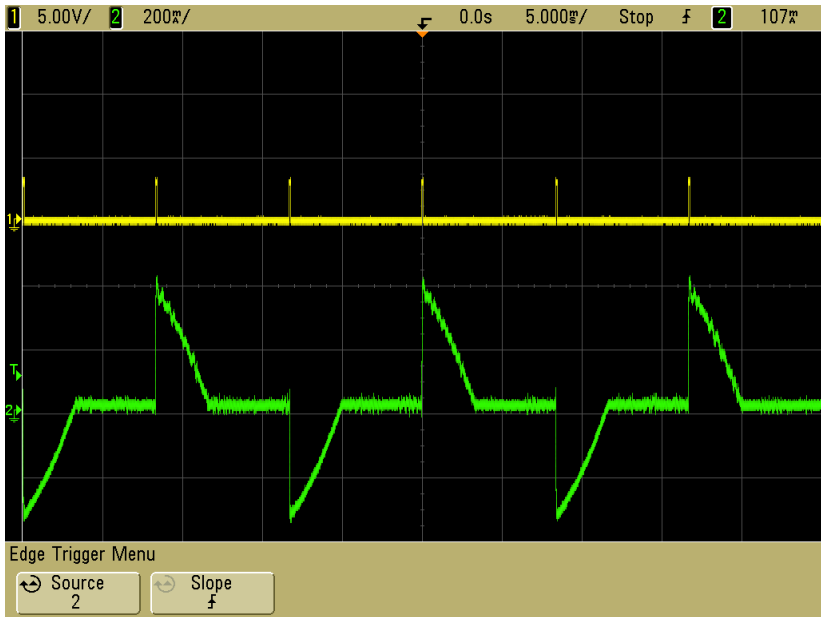


Figura 44 - Brilho do *dimmer* em 20%.

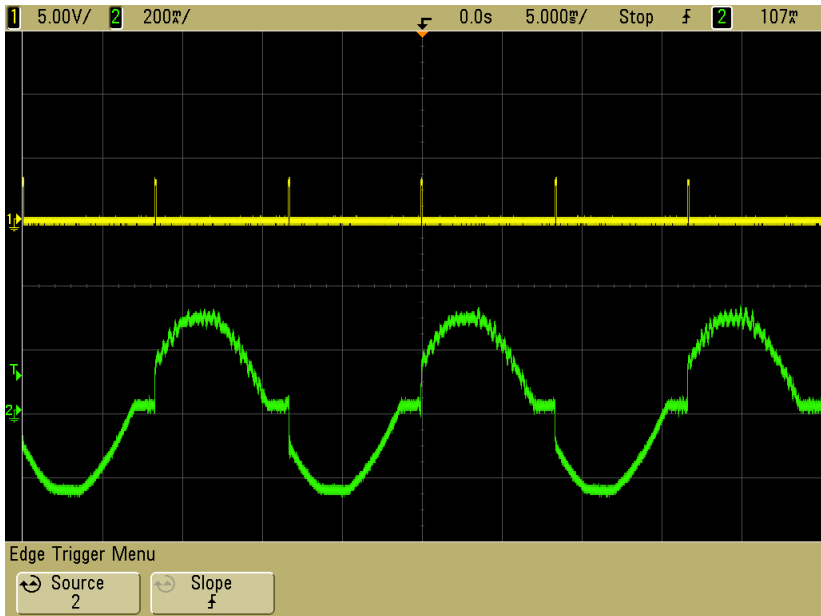


Figura 45 - Brilho do *dimmer* em 100%

5.2.3 TESTE DA PLACA SENSOR BOARD

Com o intuito de comprovar o funcionamento da placa *Sensor Board*, foi realizado o ensaio da placa utilizando os materiais presentes no quadro 9:

QUADRO 9 - Materiais utilizados para o teste da *sensor board*.

Item	Material
1	Placa <i>Main Board</i> Montada
2	Placa <i>Sensor Board</i> Montada
3	Fonte de alimentação cc externa de 9 V / 2 A
3	Sensor de presença

A configuração para o ensaio consistiu-se basicamente em conectar a saída do relé do sensor de presença (utilizando o

contato normalmente aberto do mesmo) à primeira posição da placa de sensores.

Para o teste foi configurado um pino de saída do microcontrolador que alterna o nível lógico de acordo com a detecção da entrada do sensor. A montagem para a realização do teste pode ser visualizada na Figura 46.

O sinal capturado pode ser visualizado através da Figura 47, onde é possível perceber que à medida que o sinal de entrada do sensor varia, o pino de saída do microcontrolador troca de estado.



Figura 46 - Teste da placa *Sensor Board*.

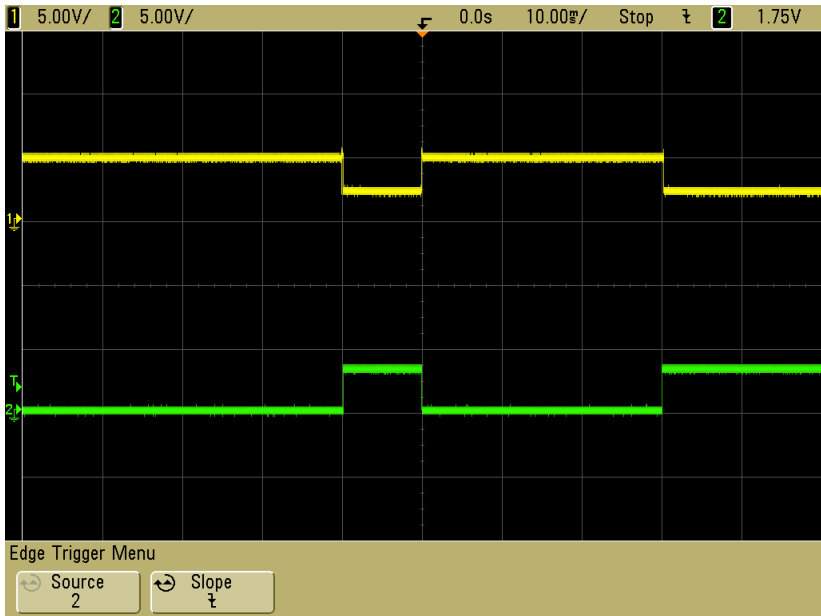


Figura 47 - Sinal capturado do sensor.

5.2.4 TESTE DA PLACA MOTOR BOARD

Para a demonstração do teste do último item de *hardware*, utilizou-se um mini motor de 6 Vdc e também um *firmware* elaborado de forma a executar três modos de operação do motor:

- Rotação do motor para a direita;
- Rotação do motor para a esquerda;
- Parada total do motor.

Foram reservadas três teclas para executar cada um dos modos de operação do motor, associadas de acordo com o quadro 10, e para comprovar o funcionamento da placa *Sensor Board*, foi realizado o ensaio da placa utilizando os materiais presentes no quadro 11.

QUADRO 10 - Modos de operação do motor.

Rotação	Tecla reservada
Direita	Seta para a direita
Esquerda	Seta para a esquerda
Parado	Seta para baixo

QUADRO 11 - Materiais utilizados para o teste da *motor board*.

Item	Material
1	Placa <i>Main Board</i> Montada
2	Placa <i>Motor Board</i> Montada
3	Fonte de alimentação cc externa de 9 V / 2 A
3	Motor de 6 V

A Figura 48 apresenta o cenário montado para o teste.

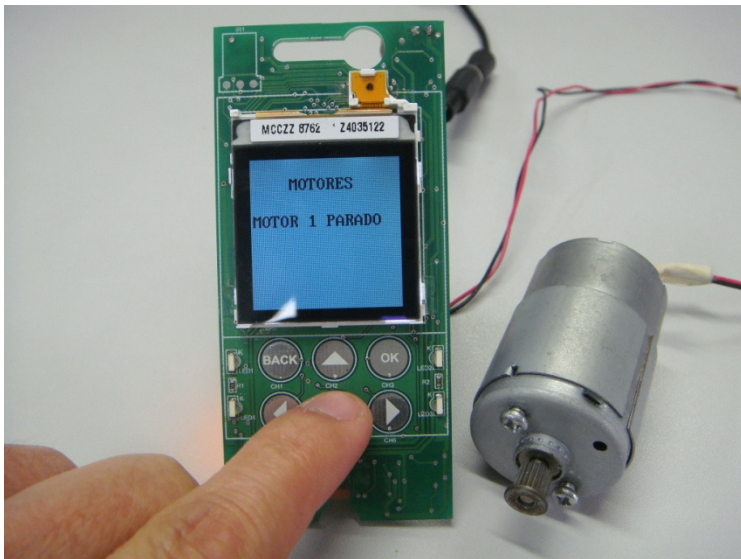


Figura 48 - Testa da placa *Motor Board*.

Como resultado dos testes foram capturadas as duas formas de onda apresentadas na Figura 49 e Figura 50.

Analizando as Figura 49 e Figura 50 é possível perceber comparando-se o canal 3 do osciloscópio (em lilás), que a

medida que ocorre uma inversão dos sinais de controle de direção do motor nos canais 1 e 2 do osciloscópio (cores laranja e azul) ocorre também uma inversão da corrente medida no motor.

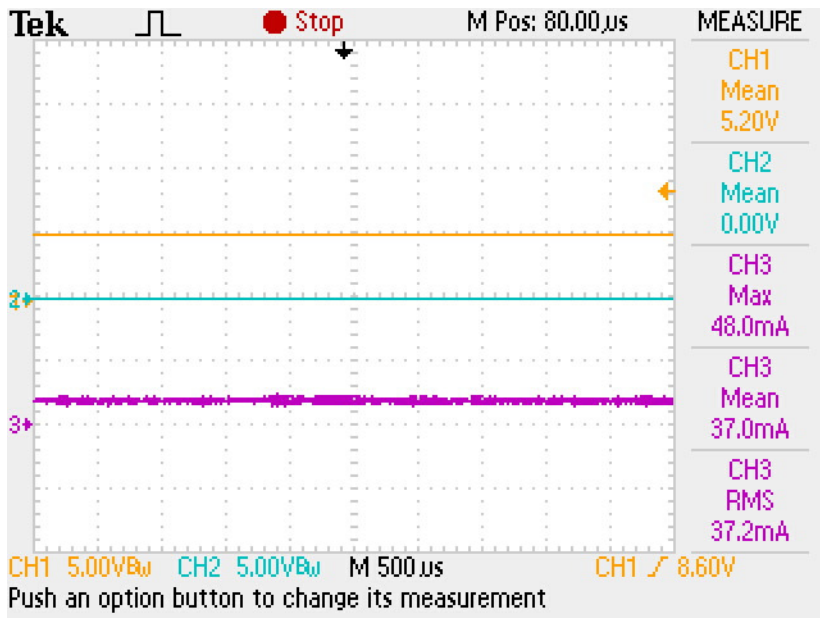


Figura 49 - Acionamento horário do motor (corrente positiva).

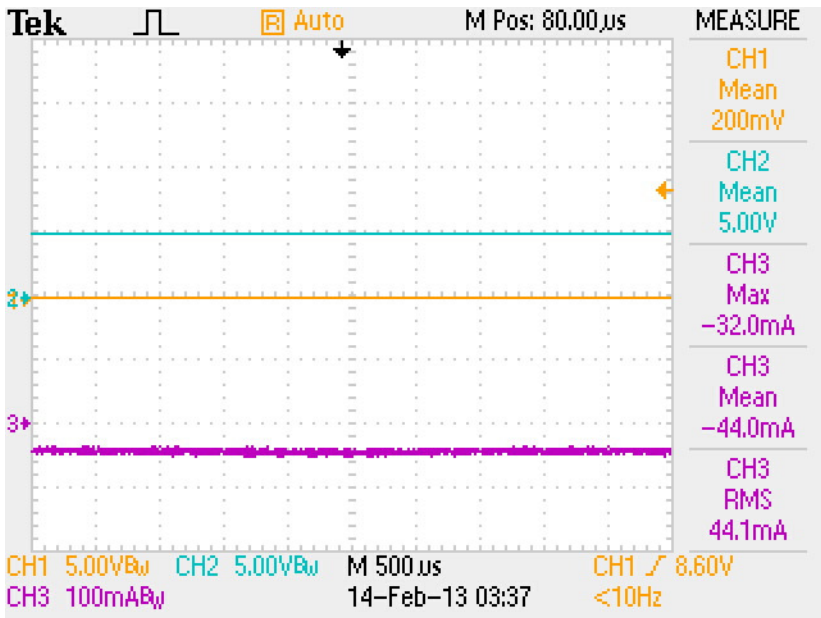


Figura 50 - Acionamento anti-horário do motor (corrente negativa).

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a finalização dos testes funcionais com o periférico *dimmer board*, foi possível constatar que o sistema operou de forma esperada, ou seja, permitiu realizar o controle de um dispositivo (*dimmer*) através de outro (*notebook*) conectado através da mesma rede Wi-Fi.

Por motivos de limitação de recursos e disponibilidade de tempo não foi possível desenvolver totalmente a mecânica, visto que seria possível utilizando, por exemplo, uma impressora 3D para criar um protótipo das partes necessárias para a constituição da mecânica.

De qualquer modo, o cuidado tomado durante o desenvolvimento do *layout* das placas permitiu que as mesmas fossem alojadas dentro uma mecânica utilizada como modelo,

constituída por uma caixa de embutir, uma tampa e um espelho de tomadas elétricas.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** permite entender melhor o que foi realizado no trabalho.

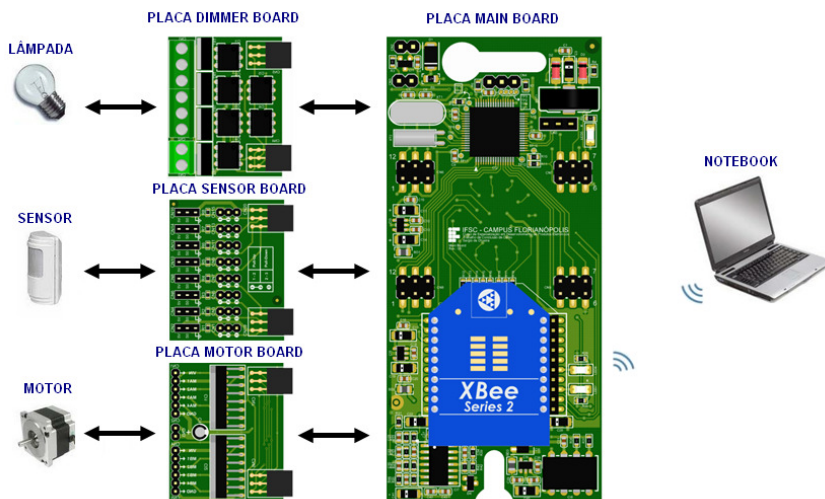


Figura 51 - Diagrama de implementação final do sistema.

7 CONCLUSÃO

Através da implementação dos itens de *hardware* e *software* que permitiram gerenciar o controle dos dispositivos conectados à uma mesma rede Wi-Fi, o objetivo geral do trabalho foi atingido.

Os requisitos previstos nos objetivos específicos foram atingidos da seguinte forma:

- Desenvolver o sistema em módulos: potência, controle, de forma a facilitar o desenvolvimento.

Para atender esse requisito o sistema foi dividido em um hardware principal (main board), hardware de dimmer (*dimmer*

board), hardware de sensor (sensor board) e hardware de motor (motor board).

- Minimizar a fiação necessária para a instalação.
- O hardware desenvolvido foi idealizado de forma a facilitar a instalação através da minimização da fiação necessária.
- Permitir a personalização de cenários ou programas de iluminação.
- Esse requisito é garantido através dos recursos que o software e o hardware do dimmer permitem, através de quatro saídas por placa.
- Permitir suporte à acessibilidade ao sistema.

A implementação de recursos de acessibilidade ao sistema é garantida uma vez que é possível integrar soluções que utilizem a rede Wi-Fi através de protocolos como o TCP/IP utilizado.

Por questões de importância, algumas tarefas foram realizadas com maior prioridade, desta forma sugere-se a realização de trabalhos futuros que abordem os seguintes assuntos:

- Suporte a acessibilidade utilizando a plataforma Android.
- Criação e personalização de cenários para sistemas de iluminação.
- Ampliação dos recursos apresentados.
- Desenvolvimento de periféricos adicionais, como por exemplo, sensor de temperatura, controle de vazão de água, sensor de inundação.

Através da pesquisa realizada utilizando as ferramentas metodológicas citadas no capítulo 3, foi possível nortear o trabalho culminando na resolução do problema levantado na seção 1.

8 BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15465**:Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

FERREIRA, A. B. H. Aurélio século XXI: o dicionário da Língua Portuguesa. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999

BORGES, Luiz Eduardo. Python Para Desenvolvedores. Edição do autor, 2008.

DIGI. Acesso em 11/02/2012: Disponível em:
<http://ftp1.digi.com/support/documentation/90002124_F.pdf>.

FRADEN, Jacob. Handbook Of Modern Sensors: Physics, Designs, And Applications. III Edition. San Diego. Editora AIP Press, 2003.

FRANCISCO, António. Motores Eléctricos. 1º Edição. Lisboa. Editora Lidel – Edições Técnicas Ltda. 2008.

LECHETA, Ricardo. Google Android: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK. 2º Edição. São Paulo. Editora Novatec. 2010.

MORKARZEL, Marcos Perez; CARNEIRO, Karina Perez. Internet Embedded: TCP/IP para microcontroladores.1º Edição. São Paulo. 2004.

PRODEAF. Acesso em: 18/06/2012. Disponível em:
<<http://prodeaf.net/apresentacao/>>.

RASHID, Muhammad H.. Power Electronics: Circuits, Devices, & Applications II Edition. Tradução: Carlos Alberto Favato. II Edição. São Paulo: Editora Makron Books Ltda, 1993.

SANGER, Vínicius. Dimmer futurístico & automação residencial open source. Acesso em: 11/09/2011. Disponível em: <<http://blog.eletronlivre.com.br/2010/09/dimmer-futuristico-automacao.html>>.

ST. Acesso em 23/04/2012. Disponível em: <<http://www.st.com/internet/analog/product/63147.jsp>>.

STRAWBERRY. Acesso em: 20/06/2012. Disponível em: <http://strawberry-linux.com/images/xbee-wifi-kit_3.jpg>.

VALPER. Acesso em: 17/01/2012. Disponível em: <<http://www.valper.com.br/produtos.php?linha=2&sublinha=549>>.

XBMC. Acesso em: 20/01/2012. Disponível em: <http://xbmc.org/wpcontent/uploads/2012/11/xbmc_beta_front.jpg>

XBMC. Acesso em: 12/05/2012. Disponível em: <http://wiki.xbmc.org/index.php?title=how-to:write_python_scripts_for_xbmc>.