

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA – DAELT
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Eliei de Oliveira Lima

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR SEM FIO
PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

ELIEL DE OLIVEIRA LIMA

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR SEM FIO
PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof^o. Dr. Marco Antonio Buseti de Paula.

CURITIBA
2015

ELIEL DE OLIVEIRA LIMA

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR SEM FIO PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Automação Industrial**, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial** da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 01 de julho de 2015

Prof. Ednilson Soares Maciel, M.Eng.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Rafael Fontes Souto, M.Sc.
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo de Freitas Rocha Loures, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Marco Antonio Buseti de Paula, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. José da Silva Maia, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Ubirajara Zoccoli, M.Sc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que por sua infinita graça e misericórdia torna o impossível em possível.

Aos meus queridos pais, Daniel José de Lima e Nadir de Oliveira Lima, por todo estímulo, investimento e apoio incondicional que dedicaram em favor da minha educação.

A minha amada esposa, Mariana de Castro Ribeiro, por todo amor e compreensão nos momentos de dificuldade.

Ao meu professor orientador, Dr. Marco Antonio Buseti de Paula, por aceitar me orientar neste trabalho com paciência e por seus ensinamentos.

Aos meus professores da banca examinadora, Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures, M.Sc. José da Silva Maia e M.Sc. Ubirajara Zoccoli, por suas valiosas contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

LIMA, Eliel; **Projeto e Desenvolvimento de um controlador sem fio para automação residencial** 60f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Controladores são utilizados para controlar variáveis; obter valores de sensores e transferir esses dados para um sistema supervisor, permitindo assim um controle sobre o processo a ser controlado. No ambiente residencial esses controladores utilizam, em sua maioria, cabos para efetuar a comunicação entre os módulos exigindo uma infraestrutura prévia ou na falta desta infraestrutura acabam dificultando a implantação em um projeto de *retrofitting*, além de que estes controladores possuem um custo elevado para o usuário final. Este presente trabalho tem por objetivo apresentar o projeto e o desenvolvimento de um módulo de controle para automação residencial sem fio utilizando ferramentas de software e hardware à um custo acessível. Neste projeto foram utilizados um microcontrolador MSP430F5529LP da Texas Instruments, em conjunto com o módulo CC3100BOOST para a rede sem fio (wi-fi). Através de um programa desenvolvido em linguagem “C”, o módulo foi capaz de controlar os dispositivos a ele associados, enviar e receber dados através da rede sem fio, a um tablet e/ou smartphone com sistema android, permitindo através de um aplicativo desenvolvido para Android, o controle e a supervisão do módulo tornando a execução deste projeto técnica e economicamente viável.

Palavras-chave: Controle, Rede sem fio, Automação Residencial, Android.

ABSTRACT

LIMA, Eiel; **Design and development of a wireless controller for home automation** 60f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Automação Industrial, UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Controllers are used to control variables; obtain sensor values and transfer this data to a supervisory system, thus allowing control over the process to be controlled. In the residential environment these controllers use, mostly cables to make the communication between modules by requiring prior infrastructure or failing that infrastructure end up hindering work on a Retrofitting project, and that these drivers have a high cost to the user end. This present study aims to present the project and the development of a control module for home automation wireless using software and hardware tools at an affordable cost. In this project we used one MSP430F5529LP Texas Instruments microcontroller, together with CC3100BOOST module for wireless network (wi-fi). Through a program developed in language "C", the module is able to control the devices associated with it, send and receive data over the wireless network at a tablet and / or smartphone with android system, allowing through an application developed Android, control and supervision module making the execution of this technically and economically feasible project.

Keywords: Control, Wireless Network, Home Automation, Android.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico sobre o que os consumidores pretendem comprar no ano de 2015	13
Figura 2: Beaglebone Black	15
Figura 3: Beaglebone Black Detalhes	16
Figura 4: Raspberry PI	17
Figura 5: Raspberry PI detalhes.....	17
Figura 6: CubieBoard2	18
Figura 7 : Descrição dos pinos do ATmega328P	20
Figura 8: Diagrama de Blocos do ATmega328P	20
Figura 9: Arduino Uno	21
Figura 10 : Recursos do Arduino Uno	21
Figura 11: Descrição dos pinos do PIC18F4550	23
Figura 12: Diagrama de Blocos PIC18F4550	24
Figura 13:MSP430F5529LP (Launcpad).....	25
Figura 14: Recursos e controles do MSP430F5529LP	28
Figura 15: Bloco funcional do MSP430F5529	28
Figura 16: CC3100BOOST.....	30
Figura 17 : Recursos e controles do CC3100BOOST	31
Figura 18: Diagrama de blocos do CC3100 BOOST	32
Figura 19: Visão Geral do Projeto	33
Figura 20: Diagrama Estrutural	34
Figura 21: Fluxograma do Controlador.....	36
Figura 22: Módulo CC31XXEMUBOOST	38
Figura 23: Acoplamento correto do módulo CC3100BOOST sobre o MSP430F5529LP	38
Figura 24 : Diagrama Interface à Relê	39
Figura 25: Diagrama de Interface dimerizável.....	39
Figura 26: Tela inicial do aplicativo	41
Figura 27: Tela de controle do aplicativo.....	41
Figura 28: Tela de Atualização de usuário	42
Figura 29: Interface a Relê	47
Figura 30: Interface Dimerizável.....	47
Figura 31: Conjunto com as interfaces.....	47
Figura 32: Maquete representativa.....	48
Figura 33: Visão superior da Maquete	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista dos atuadores e sensores do controlador	34
Quadro 2: Lista das funções de controle e monitoração	35
Quadro 3: Testes e informações do Controlador.....	46

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

WIFI	<i>wireless fidelity</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
IOS	<i>iPhone operating system</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
OTG	<i>On-The-Go</i>
SETUP	Configuração
LOOP	Repetição
Retrofing	reformatar, equipar, modernizar, remodelar, renovar
Android	É um sistema operacional (SO) baseado no núcleo linux. É projetado principalmente para dispositivos móveis com tela sensível ao toque
comissionamento	Conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia para verificar, inspecionar e testar cada parte do sistema
ARM Cortex™-A8 core	É um processador dual-issue (duas unidades de processamento), que processa instruções em ordem, muito utilizado em sistemas embarcados
Ethernet	É uma arquitetura de interconexão para redes locais (LAN)
cartão TF	TF (Transflash) é o nome antigo para Micro Secure Digital (Micro SD)
Serial	É uma porta de comunicação utilizada para conectar diferentes dispositivos
JTAG	(Joint Test Access Group) é uma interface de programação e teste de circuitos digitais
HDMI	(High-Definition Multimedia Interface) é uma interface de transmissão de Audio e vídeo
ADC	Conversor analógico para digital
I2C	(Inter-Integrated Circuit) é um barramento serial multi mestre utilizado para conectar periféricos de baixa velocidade.

SPI	(Serial Peripheral Interface) é um protocolo que permite a comunicação de microcontroladores com diversos outros componentes
PWM	(Pulse-Width Modulation) modulação por largura de pulso
LCD	(liquid crystal display) Display de cristal líquido
RGB	Reprodução de cores em dispositivos eletrônicos baseado no triângulo de cores de Maxwell
LVDS	Sinalização Diferencial de Baixa Tensão
CSI/TS	Critical Success Index (CSI) Threat Score (TS)
CVBS	Sistema de transmissão de vídeo composto
VGA	Padrão de disposição gráfica para vídeo
SPDIF-out	Formato de interface digital Sony/ Philips
CMOS	Complementary metal-oxide-semiconductor (semicondutor metal-óxido complementar)
CPU	Unidade Central de Processamento
MIPS	Milhões de instruções por segundo
ROM	Memória apenas de leitura
DNS	Sistema de nome de domínio
SSL/TLS	Protocolo de segurança em telecomunicações
HTTP	Protocolo de transferência de Hipertexto
IDE	Ambiente integrado de desenvolvimento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	TEMA	5
1.1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	6
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	7
1.3	OBJETIVOS	8
1.1.2	OBJETIVO GERAL	8
1.1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.4	JUSTIFICATIVA	8
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	11
2.2	CONTROLADORES PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	14
2.2.1	Beaglebone Black	15
2.2.2	Rapsberry Pi	16
2.2.3	Cubieboard2 Allwinner A20	17
2.2.4	Arduino Uno	19
2.2.5	PIC 18F4550	22
2.2.6	MSP430F5529LP	25
2.3	REDES SEM FIO	29
2.3.1	Z-Wave	29
2.3.2	ZigBee	29
2.3.3	Wi-Fi	30
2.3.4	CC3100BOOST	30
3	PROJETO	33
3.1	ANÁLISE E DEFINIÇÃO DE NECESSIDADES	33
3.2	FUNÇÕES DE CONTROLE	35
3.3	FLUXO DAS FUNÇÕES DE CONTROLE	35
3.4	ESTRUTURA DO PROGRAMA DO CONTROLADOR	37
3.5	INTERFACE A RELÊ	39
3.6	INTERFACE DIMERIZÁVEL	39
3.7	APLICATIVO ANDROID	40
4	EXECUÇÃO E TESTES	43
5	CONCLUSÃO	49
6	TRABALHOS FUTUROS	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Há alguns anos, quando falava-se em casas inteligentes ou automação residencial, de um modo geral, era vista como algo futurista e com um custo muito elevado. Com o passar do tempo, esse conceito tem mudado. Hoje dispomos de alguma tecnologia e equipamentos com um custo mais acessível. Isso não significa que já atingimos o patamar mais elevado de automação residencial, mas que estamos trilhando o caminho para esse intento. Uma casa inteligente é capaz de ser adaptativa ao usuário, tornando o ambiente cada vez mais personalizado ao perfil do usuário, com os seus gostos e preferências.

Segundo BOLZANI, 2004 p. 69, uma residência inteligente contém um sistema para gerenciar todo o tráfego de informação, bem como um sistema de controle dos equipamentos, permitindo um maior conforto com menor gasto de energia. Os modernos sistemas de segurança, HVAC (Heating, ventilation & air Conditioning- Aquecimento, ventilação e ar-condicionado) e entretenimento tendem a beneficiar as novas construções, mas os projetos de reforma também podem implementar esta nova tecnologia.

Nesse contexto, temos os controladores, amplamente utilizados em automação residencial, que são encarregados de promoverem o controle de variáveis como temperatura, iluminação, controle da banheira, abertura de persianas, controle de acesso, etc. Proporcionando conforto, bem-estar e segurança para os usuários que podem desfrutar de mais tempo para realizar outras tarefas.

Muitos desses controladores não possuem rede sem fio, e são instalados em painéis que centralizam todo o cabeamento. Com isso o tempo para realizar a montagem desses painéis é considerável e em imóveis já construídos, fazem-se necessárias obras de infraestrutura que normalmente causam transtornos aos moradores.

Segundo os autores MURATORI e DAL BÓ, 2013 p.100 pode-se interligar vários controladores *stand-alone* para formar um sistema

integrado. Nesse caso, o controle de toda automação será distribuído, pois não haverá um controlador principal do sistema. Esses controladores poderão ser interligados por cabos de comunicação de dados e instalados fisicamente distribuídos pelos ambientes da residência. Os Controladores poderão ainda ser instalados concentrados dentro de um quadro de automação central, formando uma topologia física em estrela (caracterizada por um elemento central que "gerencia" o fluxo de dados da rede, estando diretamente conectado a cada nó).

Atualmente não podemos falar em redes de comunicações sem falar em redes sem fio, as quais estão presentes no nosso dia a dia. Por exemplo os smartphones que podemos utilizar para fazer ligações, GPS ou acessar a internet.

Este tema sobre redes sem fio não é tão recente pois segundo BOLZANI, 2004 p. 158, há uma tendência moderna de se implantar cada vez mais as redes sem fio em ambientes residenciais, motivada pela facilidade da instalação e, muitas vezes, pela inviabilidade do uso de redes cabeadas em projetos de *retrofitting*. Outros fatores relacionam-se com a mobilidade e flexibilidade que as comunicações sem fio oferecem e pelo barateamento dos equipamentos. A adoção vem crescendo significativamente e muitas soluções de *WLANs* (Wireless Local Area Networks) estão sendo ou já foram implantadas em residências. Isso indica, sem dúvida, que as redes de computadores sem fio são uma realidade e, provavelmente, nos próximos anos, substituirão grande parte dos sistemas cabeados existentes.

1.1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A utilização de sistemas sem fio nos dias de hoje é algo que já está tornando-se corriqueira. Em nossas residências já desfrutamos de smartphones, tablets, smartTvs, notebooks que se utilizam de uma rede sem fio para comunicarem entre si e com a internet.

A viabilidade de um controlador sem fio está aumentando a cada dia, graças aos investimentos das indústrias do ramo, apesar do custo de um equipamento assim ainda ser razoavelmente elevado.

O Projeto e o desenvolvimento deste controlador são uma busca por alternativa que possa minimizar o custo e a quantidade de cabos necessários a uma instalação bem como o tempo para execução dos trabalhos.

Segundo BOLZANI, 2004, a automação predial e residencial foi baseada na industrial, bem conhecida e difundida a mais tempo. Porém, em virtude da diferente realidade entre o uso dos dois tipos de arquiteturas, têm sido criados sistemas dedicados para ambientes onde não se dispõe de espaço para grandes centrais controladoras e extensos sistemas de cabeamento.

No escopo deste trabalho foram utilizadas informações obtidas na observação do cenário atual e relatos de instaladores. O usuário que já possui a sua residência e deseja automatizá-la é o maior beneficiário, devido ao menor impacto durante a implantação do sistema.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Os principais problemas encontrados, e que objetivaram o trabalho, foram:

1. Quantidade de cabeamento chegando a uma central de automação;
2. Necessidade de obras de infraestrutura em projetos de *retrofitting*;
3. Custo efetivamente elevado dos equipamentos em questão;

Em decorrência dos problemas citados, onde a quantidade de cabeamento chegando a uma central de automação promove um trabalho extra para conectar todos os cabos, aliado a isso temos ainda necessidade de uma infraestrutura prévia, descrita na fase inicial do projeto, ou obras de infraestrutura em projetos de *retrofitting* e o alto custo dos equipamentos, surge a pergunta: O que podemos fazer para solucionar ou minimizar esse impacto?

Uma possível resposta seria desenvolver controladores que possam ser deslocados o mais próximo possível do ponto onde estarão comandando o circuito, bem como utilizar redes sem fio.

1.3 OBJETIVOS

1.1.2 OBJETIVO GERAL

Projetar e desenvolver um controlador que seja capaz de operar na rede sem fio (*Wi-Fi*) do usuário, minimizando o custo com instalações e infraestrutura para o cabeamento, bem como reduzindo o tempo de implantação e os custos envolvidos.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Desenvolvimento da programação do microcontrolador MSP430F5529LP em linguagem “C” acoplado a ele o módulo CC3100 BOOST;
- ✓ Programação da interface gráfica em Android, responsável por fazer a interface entre o controlador e o usuário;
- ✓ Programação da interface lógica entre o controlador e a interface gráfica a fim de prover a comunicação entre o controlador e sistemas Android (*tablets e/ou smartphones*);
- ✓ Desenvolvimento de uma arquitetura para implementação física do projeto, ou seja, confecção de uma PCI para acomodar os componentes responsáveis pela interface entre o controlador e os equipamentos a serem controlados;
- ✓ Desenvolvimento de uma maquete representativa para demonstrar o funcionamento do controlador.

1.4 JUSTIFICATIVA

Muitas das dificuldades para se implantar um sistema de automação residencial, está na quantidade de cabos necessários para as ligações dos controladores. Durante a fase inicial do projeto deve-se prever uma infraestrutura capaz de abrigar todo o cabeamento. Na fase

de execução devem-se tomar os devidos cuidados na identificação do cabeamento, pois erros nesta fase costumam causar complicações e transtornos durante o comissionamento dos equipamentos.

Aliado a isso, existe um descrédito em relação à automação por experiência negativa vivida por alguns profissionais da área. Muitas empresas integradoras importavam equipamentos e se aventuravam na implantação de um sistema de automação residencial. Os equipamentos na sua maioria eram bons, porém o projeto e a instalação deixavam a desejar, fazendo com que o sistema caísse em descrédito.

Se de um lado temos profissionais céticos quanto ao sistema, no outro temos os clientes. Muitos com expectativas quanto ao sistema, sua facilidade, comodidade, segurança, acessibilidade. Outros céticos por serem vítimas de instalações malsucedidas. Ainda é preciso levar em conta o perfil dos mesmos. Para um cliente mais jovem, um sistema com interfaces mais sofisticadas vai agradá-lo, pois, o uso de tecnologias faz parte do seu dia a dia. Agora para um cliente com mais idade, provavelmente um sistema mais simples será a sua preferência.

De um modo geral, um controlador que possa ser instalado mais facilmente, que propicie ganhos de tempo e minimize os impactos causados por obras em uma residência, vem a contribuir para que novos usuários queiram se beneficiar dessa tecnologia, abrindo portas de oportunidades de trabalho para os profissionais da área. Com isso também será cada vez mais exigido um aprimoramento dos conhecimentos desse profissional, através de treinamentos, cursos, palestras, ...

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo MIYAGI, 1996, em sistemas de controle devemos considerar o conceito de “ciclo de vida”. Dessa forma o projeto e o desenvolvimento de um sistema de controle podem ser sistematizados.

Sistematização essa que tem relação com a definição concreta das tarefas em cada etapa do desenvolvimento e especificação do padrão de avaliação da qualidade de cada parte do projeto. Fazem

parte dessa sistematização a modularização, que é a segmentação do projeto em partes menores, sendo elas: análise das necessidades; definição das necessidades; projeto do sistema de controle; projeto do software de controle; desenvolvimento (produção) do software; testes; operação e manutenção. A qualidade de cada etapa é assegurada através de documentação apropriada dos resultados.

Ainda a metodologia deve levar em consideração o estudo específico em relação ao tipo de objeto a ser controlado e também ao porte do sistema.

Dessa forma, o projeto proposto classifica-se como projeto técnico. Segundo MIYAGI, 1996, a metodologia apresentada estabelece uma forma organizada e produtiva de combinar os desenvolvimentos em temas como linguagens de programação para controle, interação entre o controlador e o objeto de controle, técnicas de modelagem para concepção e análise de sistemas, avaliação funcional de instalações e técnicas para projeto de sistemas que facilitem a identificação de anormalidades.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

No Brasil, a definição de Automação Residencial (AR) surgiu herdada do termo *home automation* utilizado no mercado americano. Isso ocorreu pelo fato de, no Brasil, os primeiros sistemas voltados a automação de residências serem oriundos de fabricantes americanos. Na Europa, o termo mais utilizado é Domótica – que é a junção da palavra latina *Domus* (casa) com Robótica (controle automatizado). (MURATORI; DAL BÓ, 2013).

Quando uma nova tecnologia surge ela traz acoplado um novo vocabulário. Quando o assunto é residência inteligente, não é diferente: casa automática, casa inteligente, automação residencial, *retrofitting*, Domótica, etc. – mas de todos esses termos podemos resumir em apenas uma única palavra: conforto. Um sistema eletrônico instalado em qualquer ambiente não pode simplesmente ser funcional, se ele não oferecer conforto ao usuário, logo ele vai ser desligado e abandonado. Na agitação da vida moderna temos ainda que lidar com senhas, chaves e botõezinhos. E isso já é bastante complicado para inserir novas senhas e muitos outros equipamentos. Esses equipamentos devem integrar os controles e processos tornando tudo mais simples. Mas o que deve sobressair é o desejo do usuário e não a do PC. Uma casa automática pode ajudar nas tarefas diárias que tomam muito tempo ou evitar preocupações tais como esquecer as janelas abertas quando a previsão do tempo avisou que iria chover. Quanto e como a automação vai poder ajudar o usuário dependerá do tipo de vida, dos gostos pessoais e dos recursos (tecnológicos e financeiros) disponíveis. (BOLZANI, 2004).

Foi na década de 80 que o desejo de automação em projetos de pequeno e médio porte com características comerciais ou residenciais começou a surgir, quando companhias como a *Leviton* e *X-10 Corp* começaram a desenvolver sistemas de automação predial alcançando 4 milhões de edifícios e casas já no ano de 1996. Com o surgimento da internet e pela redução dos custos do hardware, surgiu um grande número de aplicações e oportunidades geradas pelo computador

peçoal, com isso criou-se uma nova cultura de acesso à informação digitalizada. Esses fatores permitiram elevar o projeto elétrico de seu nível convencional para superior onde todas as suas funções desenvolvidas estejam integradas e trabalhando em conjunto. Um eletrodoméstico pode ser o mais moderno possível mas se ele trabalha sem se integrar com o restante da casa, ele será apenas mais um equipamento dentro de casa. (BOLZANI,2004).

Segundo um relatório da Parks Associates (2014) 37% das famílias norte-americanas planejam adquirir um ou mais dispositivos de automação residencial no próximo ano.

Empresas como a Apple e Google, através de novas soluções no decorrer de 2014, impulsionaram um crescente nas vendas de dispositivos inteligentes para residências. A empresa de pesquisa descobriu que também os varejistas estão se preparando para comercializar dispositivos domésticos inteligentes nas suas prateleiras, itens tais como termômetros Nest, lâmpadas Hue da Philips, fechaduras inteligentes e outros produtos nesta tendência.

A entrada de grandes marcas como Apple, Google e Honeywell também estão aumentando a consciência do consumidor e fazendo com que dispositivos domésticos inteligentes, tornem-se populares inclusive como opção para presentes. A Best Buy, em particular, está dedicando mais de 800 metros quadrados em alguns locais para a sua iniciativa de casa conectada.

Ao permitir que os desenvolvedores usem a solução HomeKit em iOS para controlar acessórios inteligentes em casa, a Apple iniciou seu impulso para o mercado de casa inteligente. O HomeKit permite que os usuários de dispositivos iOS configurem seus acessórios de controle, bem como o uso do aplicativo Siri (comando de voz) para disparar ações.

Os termostatos inteligentes são a opção mais popular de compra para casas inteligentes, neste momento, sendo responsáveis por 27% das vendas de dispositivos nos três primeiros trimestres de 2014. Em média de 32% dos dispositivos inteligentes foram comprados como presentes em 2013, dessa forma os analistas da Parks Associates

esperam a próxima temporada de compras de final de ano para chegar nos números finais.

No entanto, após o levantamento realizado em 10 mil domicílios, a empresa percebeu que o controle de iluminação vai ser a compra mais popular em 2015, como pode ser melhor observado na figura 1, com termostatos programáveis caindo para o quarto lugar, agora que outras opções de produtos concorrentes, como aparelhos inteligentes, estão se tornando populares. (Parks Associates,2014).

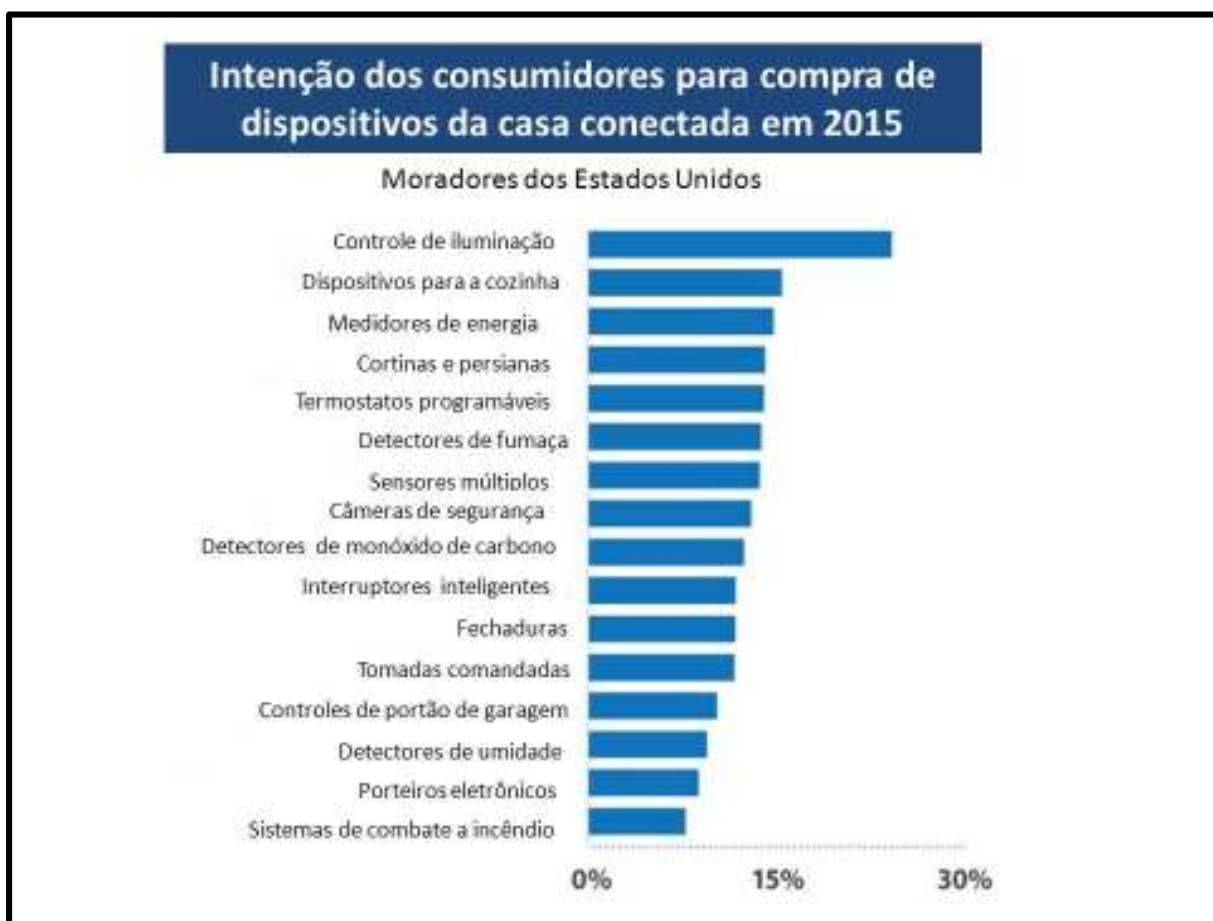


Figura 1: Gráfico sobre o que os consumidores pretendem comprar no ano de 2015

Fonte: PARKS ASSOCIATES (2014)

2.2 CONTROLADORES PARA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Segundo SILVEIRA; SANTOS, 1998, a palavra controle teve sua origem na França através da palavra (*contrôler*) que significa o ato ou poder de exercer domínio, fiscalizar, supervisionar, manter o equilíbrio. Este entendimento é milenar e sempre foi o foco de objetivos comuns de uma nação ou comunidade. Variavelmente encontrada como um trunfo na mente do indivíduo: controlar para não ser controlado.

Segundo MURATORI; DAL BÓ, 2013 podemos definir o conceito de automação distribuída como: quando os módulos que irão controlar as cargas são instalados junto aos acionamentos (dentro das caixas 4X2” ou 4X4” na parede) ou diretamente nas cargas (dentro das caixas ortogonais no teto). Nessa configuração, o comando aplicado à carga é feito localmente, ou seja, do acionamento para o módulo que irá controlar a carga. Não havendo necessidade de um controlador central, isso irá proporcionar uma maior “independência” no caso de falhas, pois caso ocorra um problema, este estaria restrito unicamente àquela carga (por exemplo, uma zona de iluminação) e não comprometeria as demais cargas automatizadas da instalação.

Ainda segundo MURATORI; DAL BÓ, 2013 os módulos locais (equipamentos controladores) são interligados, seja por um sistema com fio ou sem fio, e irão formar um sistema mais complexo que atenderá a toda a instalação. Dessa forma, será possível a criação de cenários que envolvam quaisquer módulos (cargas), proporcionando uma abrangência completa do sistema.

Várias soluções de controladores para automação residencial de baixo custo já foram produzidas, dentre estes podemos citar: Beaglebone Black; Raspberry Pi; Cubieboard2 Allwinner A20; Arduino Uno com o ATMEGA 328P; Texas MSP430F5529LP além de termos a possibilidade de usar microcontroladores para ser o núcleo deste controlador, dentre os quais podemos destacar o PIC 18F 4550.

2.2.1 Beaglebone Black

O Beaglebone Black, figura 2, é uma plataforma de desenvolvimento de baixo custo suportada pela comunidade para desenvolvedores e entusiastas. Possui um Boot de Linux em menos de 10 segundos e o desenvolvimento pode ser realizado em menos de 5 minutos com apenas um único cabo USB.

A BeagleBone Black Rev.C é um kit de desenvolvimento baseado no processador AM3359 que integra um ARM Cortex™-A8 core, rodando a 1GHz e disponibilidade de vários periféricos. Além disso a BeagleBone Black possui várias interfaces como Ethernet, USB, OTG, cartão TF, serial, JTAG (sem conector), HDMI tipo D< Emmc, ADC, I2C, SPI, PWM e LCD. Na figura 3 pode-se ver os recursos em detalhes. (BEAGLEBONE, 2015)

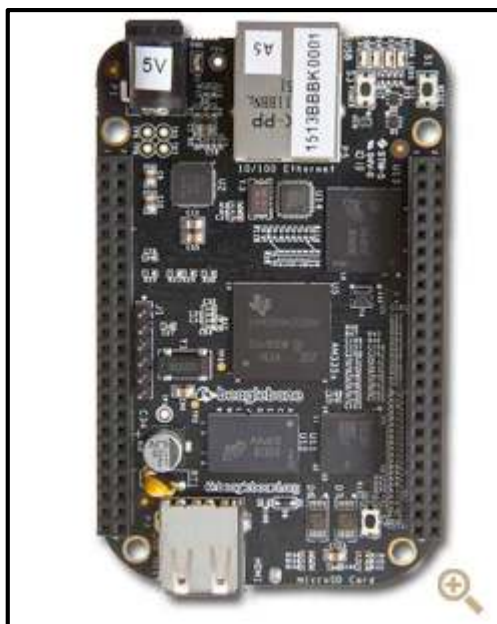


Figura 2: Beaglebone Black

Fonte: BEAGLEBONE (2015)

Com esta placa é possível desenvolver projetos para games, automação residencial e sistemas embarcados.

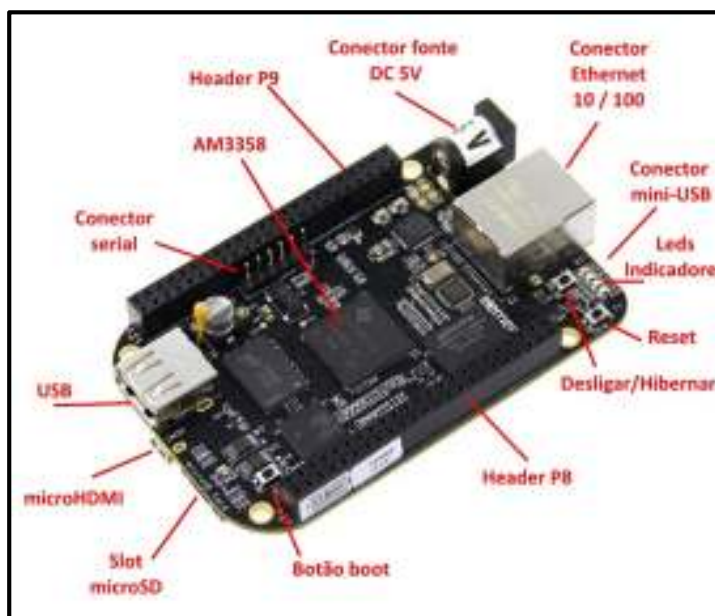


Figura 3: Beaglebone Black Detalhes

Fonte: BEAGLEBONE (2015)

A programação é baseada em Javascript, a estrutura é um pouco diferente do que encontramos, por exemplo, no Arduino, onde temos basicamente uma seção SETUP e uma seção LOOP.

Além do mais, é necessário um conhecimento do sistema operacional Linux para realizar o desenvolvimento de um projeto.

2.2.2 Raspberry PI

O Raspberry PI é um computador criado no Reino Unido, com as dimensões de um cartão de crédito, como podemos observar na figura 4, sendo que todo o seu hardware é integrado em uma única placa. Ele foi desenvolvido com a ideia de popularizar o ensino da ciência da computação em escolas de todo mundo. Tanto é que se pode encontrar uma unidade desta plataforma a partir de US\$ 20 (março 2015).

Ele pode ser integrado a diversas funções em uma residência, como em alarmes, controles de iluminação e audiovisual (aparelhos de som, home theaters, etc.), além de permitir a visualização remota de câmeras a partir de um smartphone. (RAPS BERRY, 2015)

Ele tem 512 Mb de memória e é equipado com um processador ARM de 700 Mhz. Permite, assim como o Arduino, que sensores, displays e outros componentes possam ser conectados utilizando o

conector GPIO de 40 pinos. A figura 5 descreve essas e outras características do Raspberry PI.



Figura 4: Raspberry PI

Fonte: RASPBERRY PI (2015)

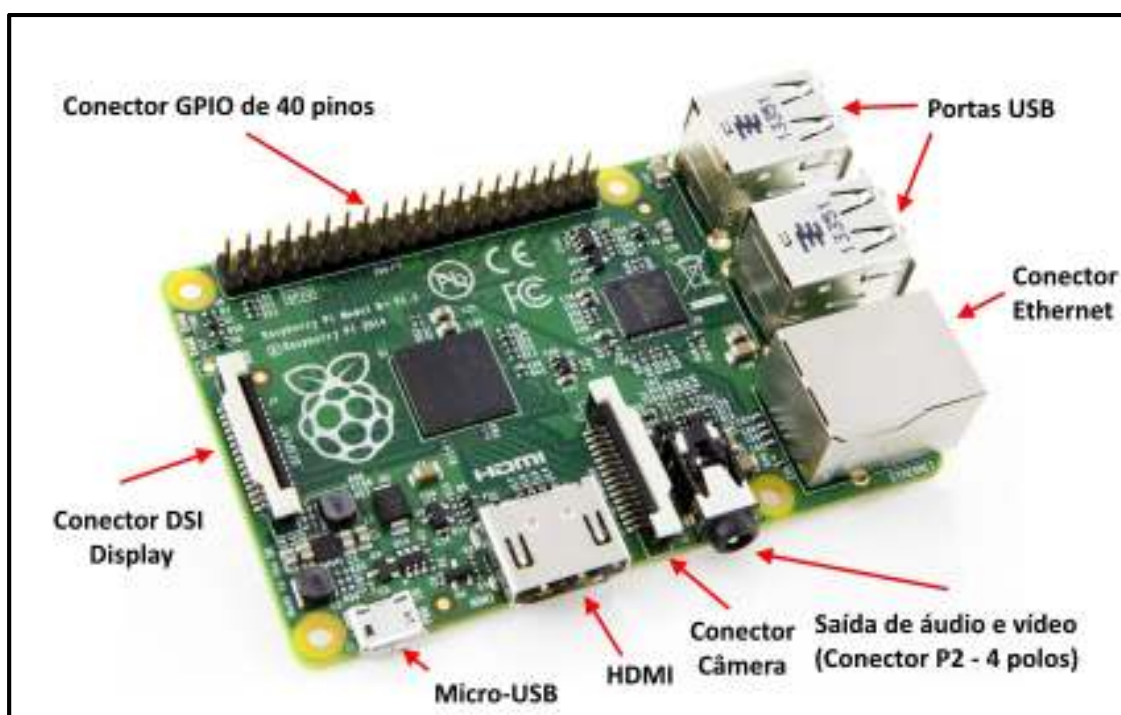


Figura 5: Raspberry PI detalhes

Fonte: RASPBERRY (2015)

2.2.3 Cubieboard2 Allwinner A20

O Cubieboard 2 é uma atualização do Cubieboard, que é baseado em Allwinner A20 SoC, de tamanho pequeno (10cmx6cm figura 6), extensível e de custo baixo. Comparado com outras placas de SoC, o

CubieBoard 2 tem maior desempenho, suporte SATA e tem 96 pinos de interface IO.

O Cubieboard 2 é alimentado pelo popular, SOC Allwinner A20 combinando um processador dual core ARM Cortex-A7 de baixa potência, de 1GHz e com um cache L2 de 256KB (conjunto de instruções NEON, arquitetura VFPv4) e uma GPU Mali400 que suporta OpenGL ES 1.1 e 2.0, fornecendo uma plataforma de aceleração de gráficos completa. O CubieBoard 2 vem com 1GB DDR3 a 960MHz, uma saída HDMI (1080p), uma Ethernet 10/100 e toneladas de saídas: 2 x USB Host, 1 x slot MicroSD, 1 x SATA, sensor IR 1 x.

Os 96 pinos de IO oferece uma ampla gama de interfaces, incluindo I2C, SPI, RGB / LVDS, CSI / TS, FM-IN, ADC, CVBS, VGA, SPDIF-out, R-TP. O CubieBoard 2 suporta Android 4.2 Jelly Bean, o Ubuntu 12.04 e outras distribuições Linux. (CUBIEBORD, 2015- texto traduzido e adaptado por Eliel Lima).



Figura 6: CubieBoard2

Fonte: CUBIEBORD (2015)

2.2.4 Arduino Uno

A plataforma Arduino, figura 9, palavra por vezes traduzida ao português como Arduíno, é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR ATmega328P com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em Wiring, e é essencialmente C/C++. O objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por artistas e amadores. Principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas. Na figura 10, exemplifica os recursos disponíveis no Arduino Uno. (ARDUINO, 2015).

O arduino utiliza o ATmega328P que é um microcontrolador CMOS 8 bits de baixa potência baseado na arquitetura RISC. A velocidade da CPU se aproxima de 1 MIPS por MHz permitindo que o projetista do sistema possa otimizar o consumo de energia em função da velocidade de processamento. O núcleo AVR combina um rico conjunto de instruções com 32 registradores de trabalho para uso geral. Todos os 32 registradores estão diretamente ligados à Unidade Lógica Aritmética (ALU), permitindo que dois registradores independentes possam ser acessados em um único ciclo de clock. (ATMEL, 2015). Nas figuras 7 e 8 temos a descrição dos pinos e o diagrama de blocos do ATmega328P respectivamente.

Os aspectos mais relevantes do ATmega328P são:

- **Tamanho da memória de programa** – 32 kb.
- **Velocidade da CPU** – 1 MIPS por Clock
- **Memória SDRAM** – 2 kb.
- **Temporizadores** - 2 x 8-bits, 1 x 16 bits
- **Conversor analógico digital** - 8 canais, 10-bit
- **Faixa de operação de tensão** - 1,8 a 5,5(V)

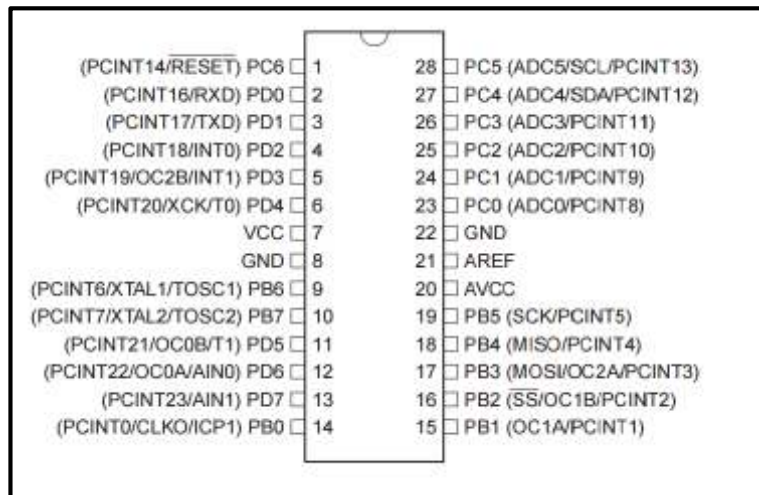


Figura 7 : Descrição dos pinos do ATmega328P

Fonte: ATMEL (2015)

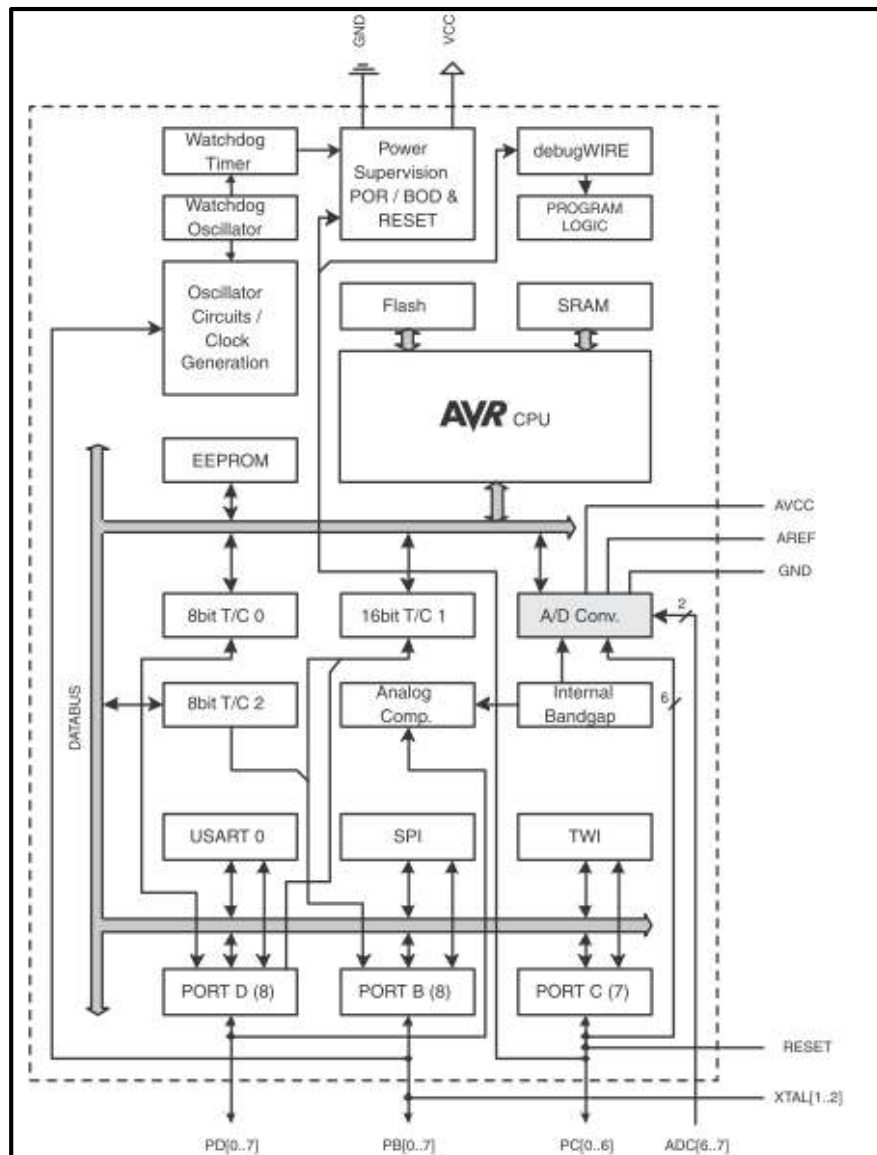


Figura 8: Diagrama de Blocos do ATmega328P

Fonte: ATMEL (2015)

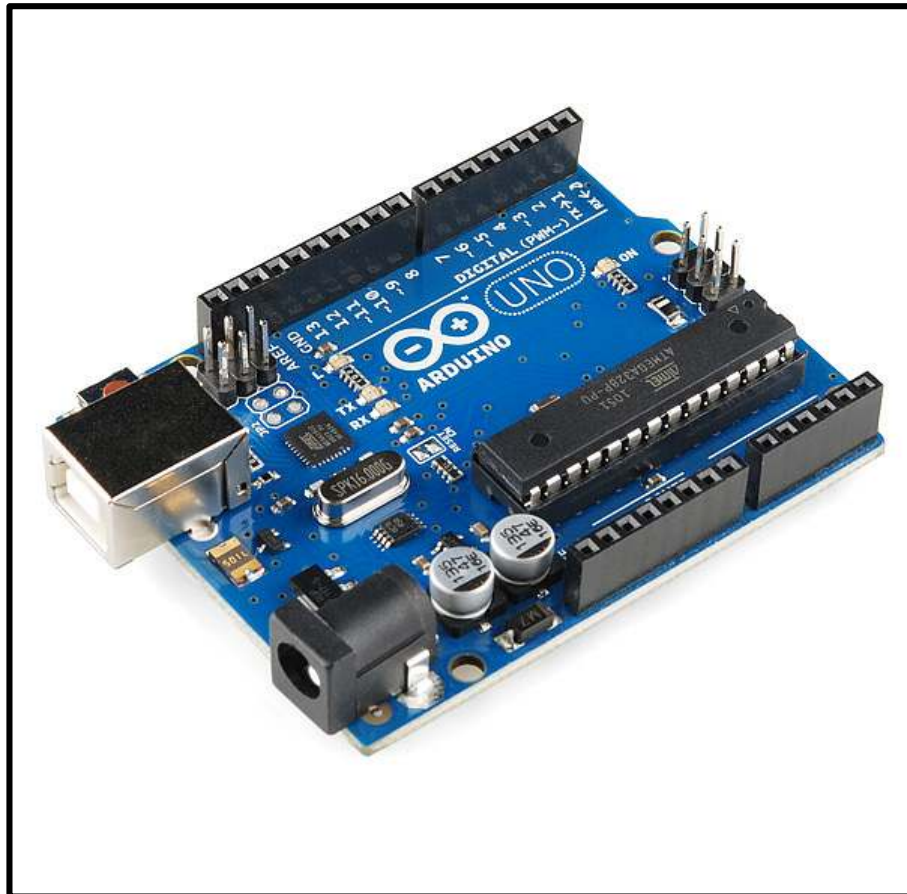


Figura 9: Arduino Uno

Fonte: ARDUINO (2015)

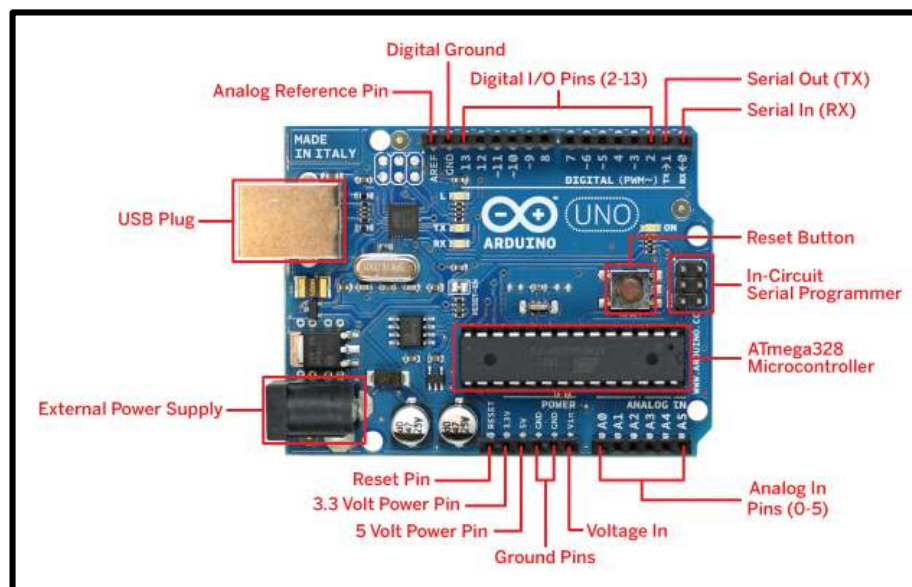


Figura 10 : Recursos do Arduino Uno

Fonte: ARDUINO (2015)

2.2.5 PIC 18F4550

Os microcontroladores PIC são uma família de microcontroladores da arquitetura Harvard modificada fabricados pela Microchip Technology. Processam dados de 8 bits, de 16 bits e de 32 bits. Seu nome é oriundo de "Programmable Interface Controller" (Controlador de Interface Programável). Contam com extensa variedade de modelos e periféricos internos. Possuem alta velocidade de processamento devido a arquitetura Harvard e conjunto de instruções RISC (conjuntos de 35 instruções e de 76 instruções), com recursos de programação por Memória flash, EEPROM e OTP. Os microcontroladores PIC têm famílias com núcleos de processamento de 12 bits, 14 bits e 16 bits, e trabalham em velocidades de 0kHz (ou DC) a 48MHz e velocidades de 16 MIPS em alguns modelos. Há o reconhecimento de interrupções tanto externas como de periféricos internos. Funcionam com tensões de alimentação de 1.8 a 6V e os modelos possuem encapsulamento de 6 a 100 pinos em diversos formatos (SOT23, DIP, SOIC, TQFP). (PIC 2015).

Nas figuras 11 e 12 descrevem os pinos do PIC18f4550 e o diagrama de blocos.

Os aspectos mais relevantes do PIC18F4550 são:

- **Tipo da memória de programa** – Flash.
- **Tamanho da memória de programa** – 32 kb.
- **Velocidade da CPU** – 12 MIPS
- **Memória RAM** – 2 kb.
- **Memória EEPROM de dados** – 256 bytes
- **Periféricos de comunicação Digital** - 1-UART, 1-A / E / USART, 1-SPI, 1-I2C1-MSSP (SPI / I2C)
- **Temporizadores** - 1 x 8-bits, 3 x 16 bits
- **Conversor analógico digital** - 13 canais, 10-bit
- **Comparadores** - 2
- **Faixa de operação de tensão** - 2 a 5,5(V)

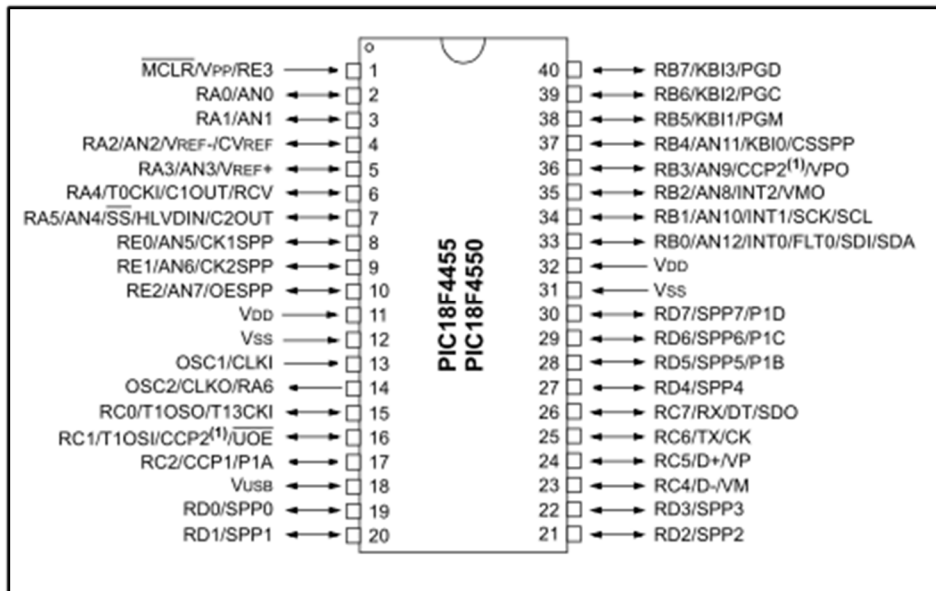


Figura 11: Descrição dos pinos do PIC18F4550

Fonte: PIC (2015)

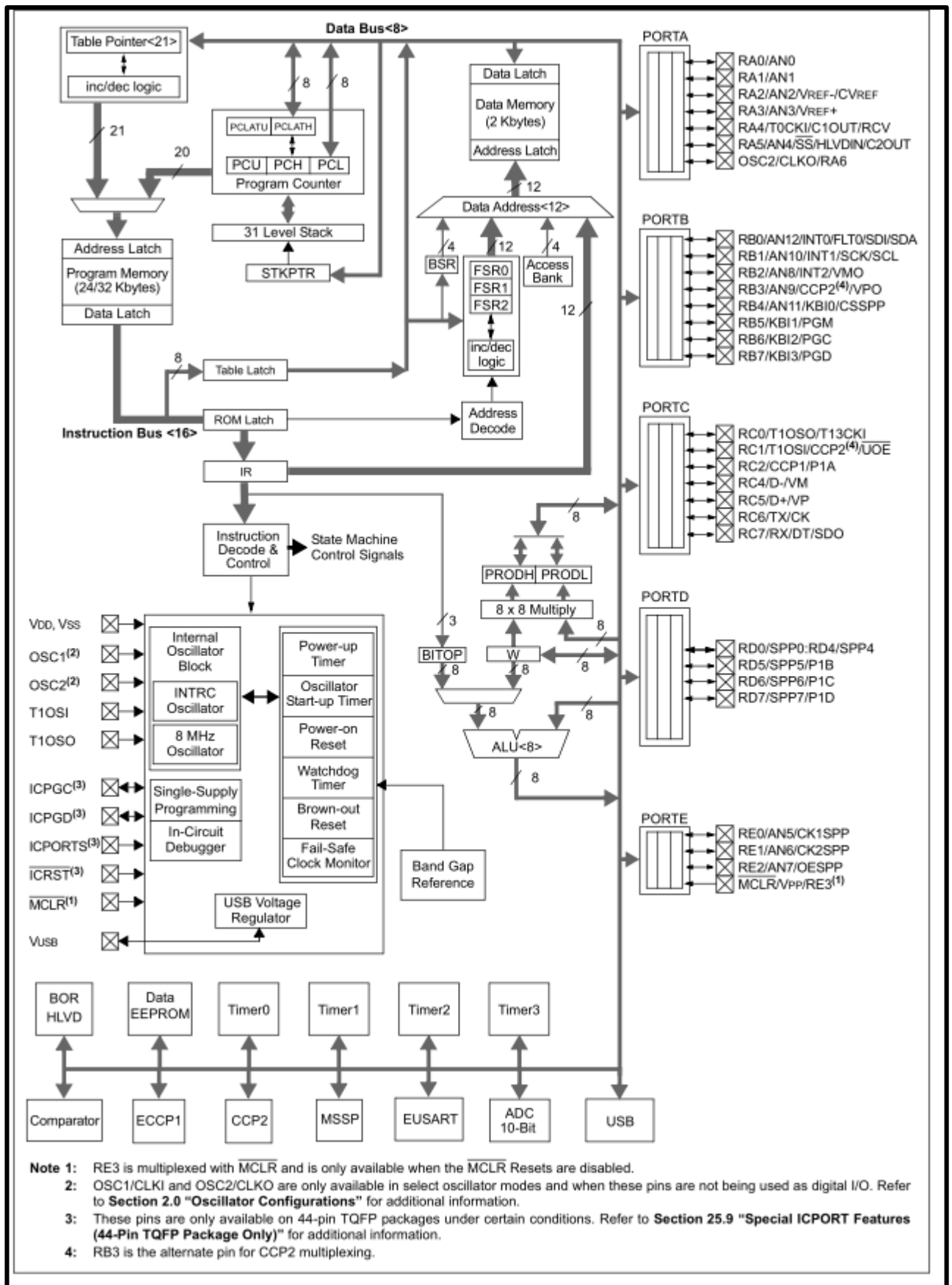


Figura 12: Diagrama de Blocos PIC18F4550

Fonte: PIC (2015)

2.2.6 MSP430F5529LP

O MSP-EXP430F5529LP (ou o "F5529 LaunchPad"), FIGURA 13, é um kit de desenvolvimento de baixo custo e simples para o microcontrolador MSP430F5529. Ele oferece uma maneira fácil de começar a desenvolver programas para o MSP430, com emulação on-board para a programação e depuração, bem como botões e LEDs em uma simples interface de usuário.

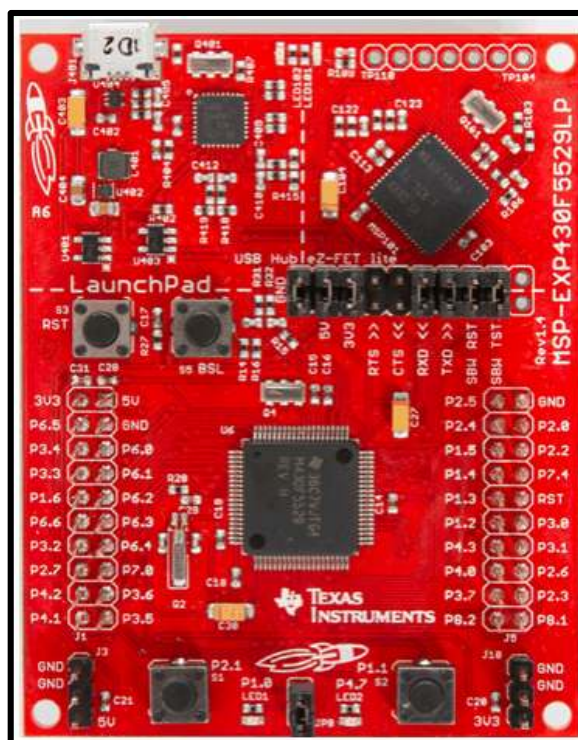


Figura 13: MSP430F5529LP (Launchpad)

Fonte: MSP430F5529LP (2015)

A rápida prototipagem é simplificada pela inserção de BoosterPacks. O MSP-EXP430F5529LP suporta uma ampla gama de BoosterPacks disponíveis. Pode-se adicionar rapidamente estes BoosterPacks para obter recursos como redes sem fio, telas gráficas, sensores diversos, e muito mais. Pode-se ainda projetar um BoosterPack próprio ou escolher entre muitos que são disponibilizados pela Texas Instruments ou desenvolvidos por terceiros.

O MSP430F5529 é um microcontrolador de 16-bits, tem memória flash de 128KB, 8 KB de RAM, velocidade de processamento de 25-MHz da CPU, USB integrada, e muitos periféricos para ser utilizados durante o desenvolvimento. (MSP430F5529LP, 2015).

Nas figuras 14 e 15 descrevem os recursos disponíveis no MSP430F5529LP e o diagrama funcional em blocos respectivamente.

Alguns dos aspectos-chave da arquitetura MSP430 são:

- **Baixo Consumo** – os MSP430 são *chips* conhecidos pelo seu consumo incrivelmente baixo (da ordem de $0,1\mu\text{A}$ para retenção dos dados na RAM, $0,8\mu\text{A}$ para funcionamentos no modo de relógio de tempo real e cerca de $250\ \mu\text{A}/\text{MIPS}$ em funcionamento normal) O baixo consumo é obtido graças aos diversos modos de funcionamento da CPU.
- **Baixa tensão de operação** – os MSP430 podem operar com tensões a partir de 1,8V até 3,6 Volts (a tensão mínima para programação da FLASH é 2,2V para os dispositivos da família 2xx e 2,7 para os demais).
- **Alta performance** – utilizando um barramento de dados de 16 bits (ao contrário da grande maioria dos seus competidores diretos, que são de 8 bits), diversos modos de endereçamento e um conjunto de instruções pequeno, mas muitíssimo poderoso, os MSP430 permitem realizar tarefas complexas com um código bastante pequeno e rápido.
- **Conjunto de instruções ortogonais** – a disponibilidade de qualquer modo de endereçamento para qualquer instrução e qualquer operando permite que se escrevam códigos pequenos e eficientes, facilitando a tarefa dos compiladores de linguagens de alto nível como a linguagem C.
- **Número reduzido de instruções** – arquitetura RISC com apenas 27 instruções físicas (*op-codes*) e mais 24 instruções emuladas (variações das 27 instruções que utilizam os geradores de constantes), resultando um conjunto de 51 instruções.
- **Grande quantidade de periféricos** – os *chips* MSP430 contam com um conjunto bastante extenso de periféricos internos, com uma ênfase especial para os conversores AD de até 16bits, conversores DA, comparador analógico, amplificador operacional programável, controladores de

DMA, *timers* com diversos modos de funcionamento (incluindo PWM), controlador de LCD, USARTs com capacidade de endereçamento, multiplicador por *hardware* com capacidade de executar operações de multiplicação e acúmulo, etc.

- **Facilidade de gravação e de depuração** – a utilização da interface JTAG (do acrônimo inglês *Join Test Action Group*) para gravação e depuração permite que o projetista realize a programação e a depuração do seu *software* diretamente na placa de aplicação, sem a necessidade de utilização de equipamentos dispendiosos como emuladores.
- **Diversos encapsulamentos** – desde o diminuto QFN de 24 pinos e seus 4 x 4 mm até encapsulamentos LQFP de 100 pinos. Os dispositivos das famílias 1xx, 2xx e 4xx não possuem versões com encapsulamento DIP. (PEREIRA, 2005).

Sua arquitetura RISC combina um conjunto reduzido de instruções (apesar de uma parcela dos especialistas em arquiteturas de processadores discordar de que seja *chips* RISC, pelo fato de possuírem instruções com larguras e, conseqüentemente, tempos de execução variáveis) com uma arquitetura de barramento clássica Von Neumann, permitindo que a CPU possua um espaço único de endereçamento de memória. (PEREIRA, 2005).

Desta forma, em tese, não há distinção entre memória de programa e memória de dados. Claro que, funcionalmente, esta afirmação não é verdadeira, já que alguns endereços são populados por registradores de acesso a periféricos, outros são utilizados para RAM de uso geral, enquanto outros endereços são preenchidos com memórias não voláteis do tipo ROMM, PROM ou FLASH, mais adequadas ao armazenamento do programa do usuário. (PEREIRA, 2005).

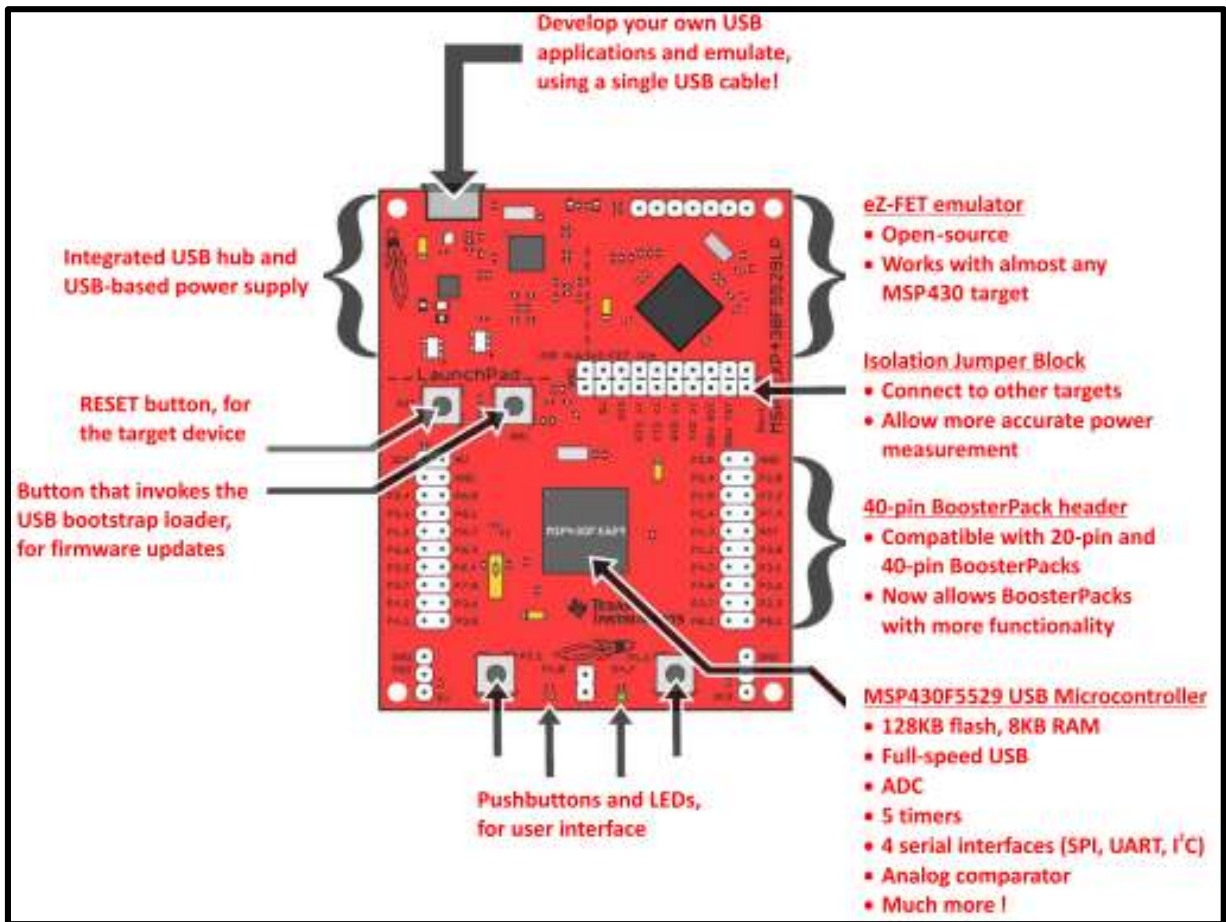


Figura 14: Recursos e controles do MSP430F5529LP

FONTE: MSP430F5529LP (2015)

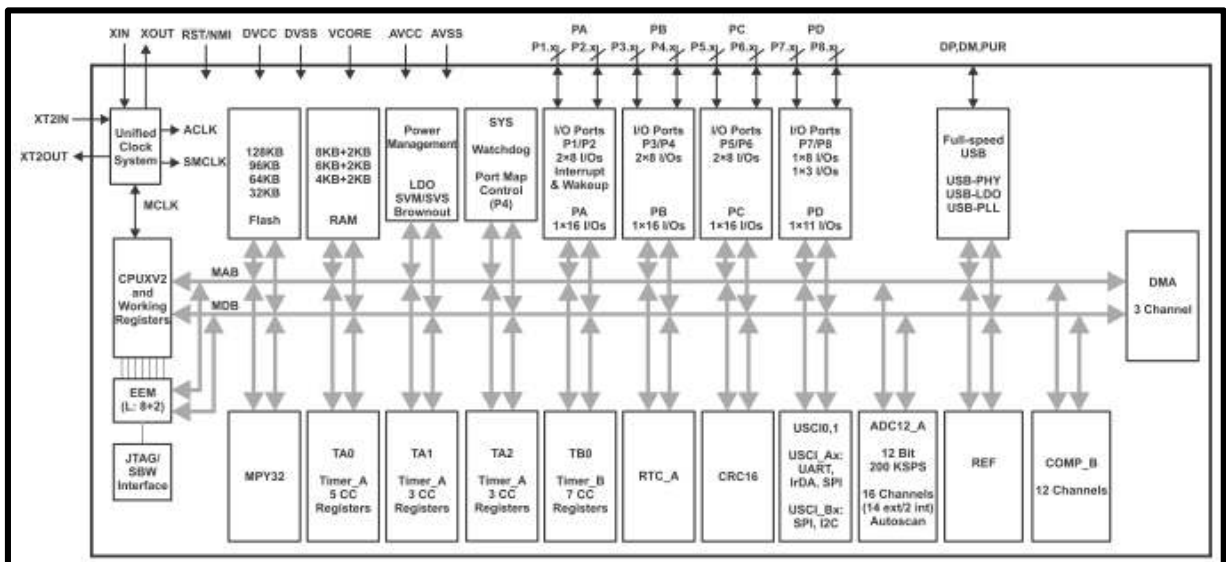


Figura 15: Bloco funcional do MSP430F5529

FONTE: MSP430F5529LP (2015)

2.3 REDES SEM FIO

2.3.1 Z-Wave

O Z-Wave é uma tecnologia desenvolvida especificamente para automação residencial por uma empresa dinamarquesa conhecida como Zensys. Hoje trabalham no desenvolvimento da tecnologia gigantes como Intel e Cisco. A rede Z-Wave pode ter até 232 dispositivos colocados a uma distância máxima de 30 m. Durante a instalação os dispositivos “aprendem” as melhores rotas para a troca de informações, pois as rotas para as informações foram otimizadas. Apesar de ser uma solução interessante principalmente para residências já construídas, a velocidade na transmissão dos dados é baixa, o que ainda inviabiliza a transmissão de imagem, som e outros dados. Ademais, para soluções que necessitem de mais que 30 dispositivos, a solução Z-Wave começa a ficar mais cara que um sistema cabeado. (TERUEL, 2009)

2.3.2 ZigBee

A tecnologia ZigBee vem sendo desenvolvida por um grupo de empresas como a Honeywell, Philips, Samsung, Motorola, Cisco Systems, Eaton, Crestron, Legrand, LG, NEC, Epson e Texas Instruments, e tem como principal característica o baixo consumo de energia. A transmissão de dados é via radiofrequência e o controle é descentralizado. Usa um protocolo de comunicação de mão dupla em uma rede em forma de malha onde os dispositivos trabalham juntos para a troca de dados. É uma rede com transmissão por radiofrequência de baixa largura da banda com tecnologia de controle de rede que opera no padrão de IEEE6 802.15.4, e tem 26 frequências que podem ser escolhidas nesta banda. Quando a rede é montada, escolhe automaticamente o canal mais tranquilo que encontrar e estabelece a comunicação naquele canal. A rede também tem a habilidade, sem intervenção de operador de mudar de canal.(TERUEL, 2009)

2.3.3 Wi-Fi

Falando em sistemas sem fio, BOLZANI,2004 diz que: “Nos últimos anos, a comunicação sem fio ganhou um espaço considerável no mercado de transmissão de dados, deixando de existir apenas nas comunicações de longa distância através de satélite, para fazer parte de ambientes locais. Essa tendência foi fortalecida pelo investimento de instituições e empresas no sentido de aplicar a transmissão sem fio em redes de computadores. Um padrão amplamente adotado é o IEEE802.11b, também conhecido como Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), que permite a interconexão de computadores a uma taxa de 11Mbps. No ambiente residencial, muitas soluções proprietárias tem sido usada para possibilitar a comunicação entre dispositivos inteligentes com o propósito de comando remoto, eliminando os fios e tornando mais flexível e prático o uso desses equipamentos. O bluetooth e HomeRF são exemplos dessas soluções. ”

2.3.4 CC3100BOOST

A Texas Instruments fez com que a conectividade se torne ainda mais fácil com as soluções *SimpleLink* Wi-Fi de nova geração. A família de produtos oferece Internet-on-a-chip, soluções Wi-Fi certificada solucionando dessa forma os desafios da indústria para aplicações embarcadas.

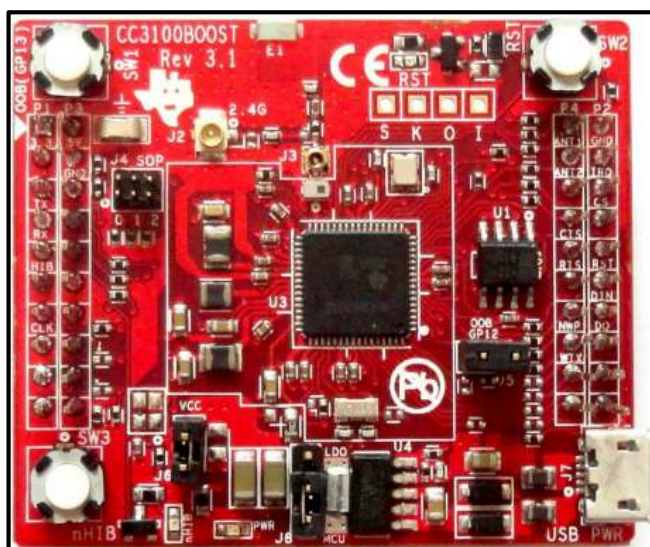


Figura 16: CC3100BOOST

FONTE: CC3100BOOST (2015)

Com o *SimpleLink* e o CC3100Boost, figura 16, a Texas Instruments possibilitou soluções:

- compatíveis com soluções ponto a ponto;
- o primeiro da indústria para aplicações em programa de solução Internet-on-a-chip com MCU dedicada ao usuário;
- projetos que funcionam com bateria de alimentação. Duração de mais de um ano com duas pilhas AA;
- não necessitando de experiência prévia em redes Wi-Fi.

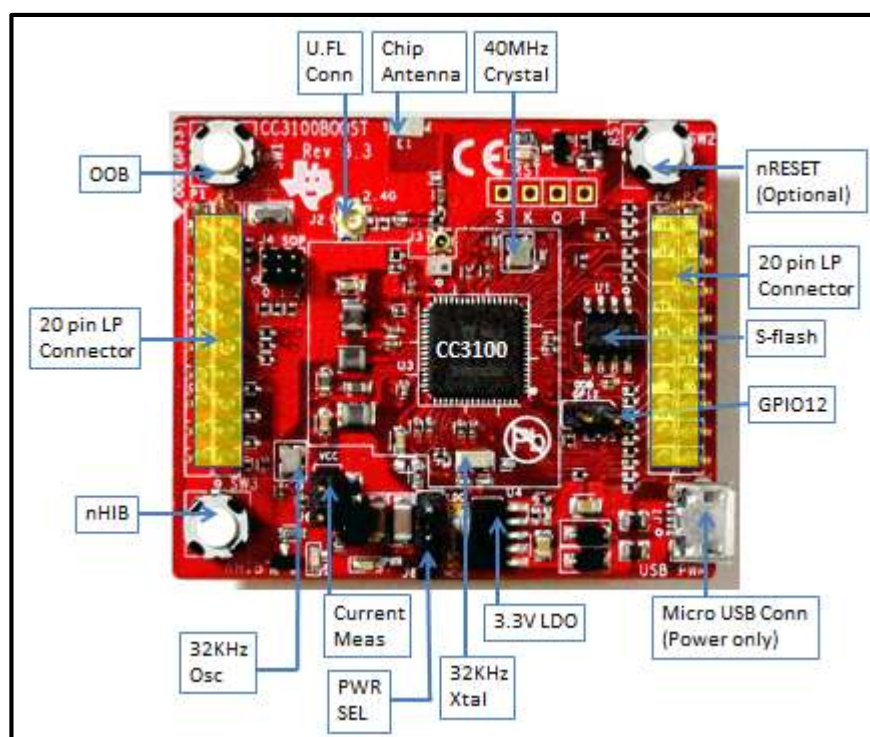


Figura 17 : Recursos e controles do CC3100BOOST

FONTE: CC3100BOOST (2015)

O CC3100 é um dispositivo Wi-fi, com um processador de Wi-Fi incorporado, servidor web on-chip e a pilha TCP / IP incorporada ao chip que se conecta facilmente a qualquer microcontrolador (MCU), como o MSP430F5529 ou MSP430FR5969 devido a uma UART simples ou SPI. A figura 17 apresenta os recursos disponíveis no CC3100BOOST. O código pode ser inserido diretamente no chip pois o mesmo possui 7kB de espaço podendo o código residir na MCU. A flexibilidade do projeto de hardware é assegurada pois o chip possui 64 pinos e tamanho de 9 × 9 mm em um encapsulamento QFN.

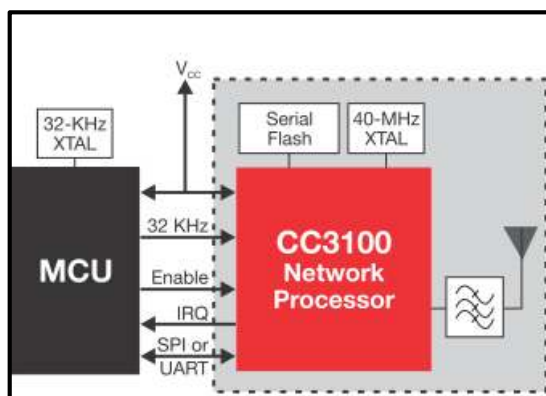


Figura 18: Diagrama de blocos do CC3100 BOOST

Fonte: CC3100BOOST (2015)

Incluem ainda Métodos de conexão flexível (provisionamento) Modo Access Point, WPS, Tecnologia SmartConfig entre outros. No lado da segurança, um mecanismo de criptografia de hardware incorporado, permite estabelecer um link TLS seguro em 200 ms.

A figura 18 apresenta o diagrama de blocos para o CC3100BOOST.

Projetado com rádio de baixa potência e modos de baixo consumo avançados, a família SimpleLink Wi-Fi faz com que a conectividade com a nuvem seja possível. Além disso, a solução contém vários protocolos da Internet em ROM incluindo mDNS, DNS, SSL / TLS e servidor HTTP. (CC3100BOOST, 2015).

3 PROJETO

A figura 19 ilustra de uma forma generalizada o funcionamento do sistema. O núcleo do sistema é o controlador (a direita na figura) sendo ele responsável pelo controle das cargas a ele associadas. A comunicação entre o controlador e o *smartphone* se dá através do roteador sem fio. O *smartphone* tem a função de servir como interface entre o usuário e o controlador. É através do *smartphone* que realizamos os ajustes necessários.



Figura 19: Visão Geral do Projeto

Fonte: Autoria Própria

3.1 ANÁLISE E DEFINIÇÃO DE NECESSIDADES

O Objetivo final deste trabalho é executar o projeto de um controlador que possa, através da rede sem fio (Wi-Fi), controlar cargas de uma residência, proporcionando conforto e bem-estar aos moradores e que possua um baixo custo financeiro. Para tanto, avaliando os microcontroladores acima apresentados foi definido que a melhor escolha seria a *launchpad MSP430F5529LP* em conjunto com o módulo *CC3100BOOST*. Dentre outros motivos podemos citar: a documentação dos kits estar disponível no site da Texas Instruments e ser de fácil acesso; a compatibilidade entre os módulos (mesmo

fabricante); facilidade para depurar o programa, a compra direto no site do fabricante e o custo do produto não ser muito elevado (launchpad MSP430F5529LP U\$12,99, CC3100BOOST U\$19,99 mais o custo do frete e impostos, pesquisa realizada em 24/04/2015 no site da Texas Instruments).

A figura 20 apresenta o diagrama estrutural do controlador.

O quadro 1 apresenta a lista de atuadores e sensores do controlador.

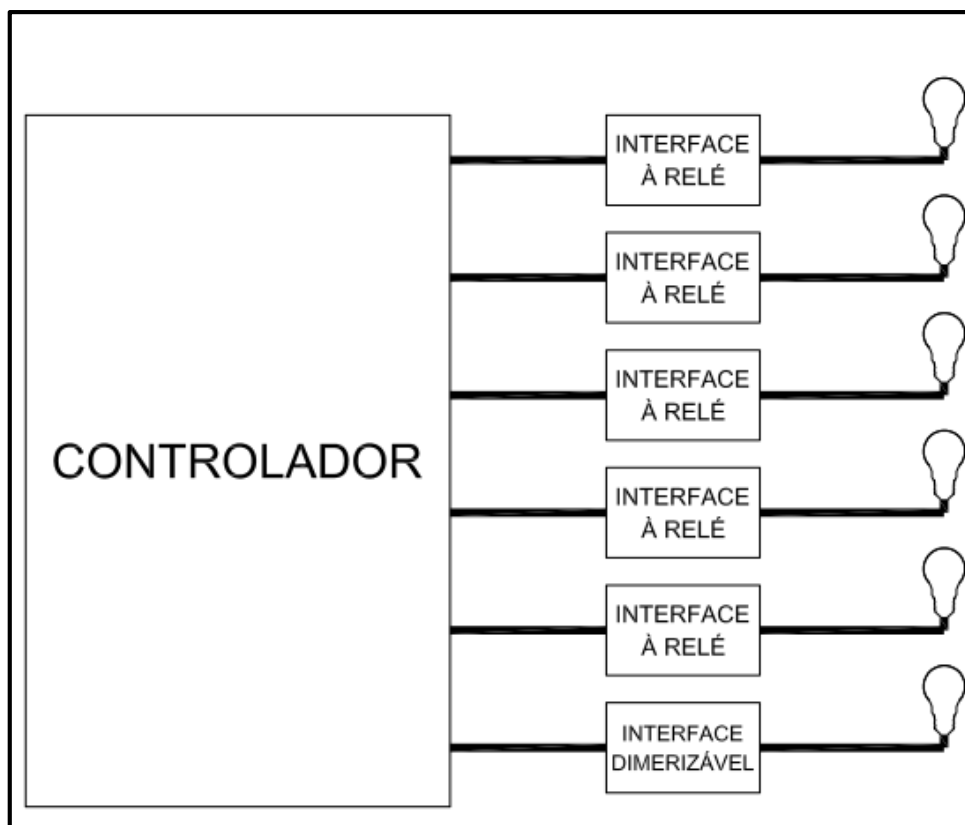


Figura 20: Diagrama Estrutural

Fonte: Autoria Própria

Numero	1	2	3	4	5	6	7
Aplicação	Lâmpada Sala	Lâmpada Sala de Estar	Lâmpada Suíte	Lâmpada Cozinha	Lâmpada Garagem	Lâmpada Sala do Home	Sensor de Passagem pelo "zero"
Código	L	E	U	O	G	D	S
Quantidade	1	1	1	1	1	1	1
Tipo de controle	ON/OFF	ON/OFF	ON/OFF	ON/OFF	ON/OFF	Dimmer	Digital

Quadro 1: Lista dos atuadores e sensores do controlador

Fonte: Autoria Própria

3.2 FUNÇÕES DE CONTROLE

O controlador possui basicamente 2 tipos de funções de controle e monitoração: função de comando de operação e função de medição. Estas funções podem ser visualizadas no quadro 2.

Nº	Funções de controle	Dispositivo de comando	Dispositivo de monitoração
1	Condições de ativação da saída 11	“Botão virtual L” através do acionamento na interface gráfica em Android	
2	Condições de ativação da saída 12	“Botão virtual E” através do acionamento na interface gráfica em Android	
3	Condições de ativação da saída 13	“Botão virtual U” através do acionamento na interface gráfica em Android	
4	Condições de ativação da saída 39	“Botão virtual O” através do acionamento na interface gráfica em Android	
5	Condições de ativação da saída 40	“Botão virtual G” através do acionamento na interface gráfica em Android	
6	Condições de ativação da saída 38	“Botão virtual tipo slider” através do acionamento na interface gráfica em Android	
7	Condição de verificação da passagem pelo “zero” da tensão.		Opto acoplador

Quadro 2: Lista das funções de controle e monitoração

Fonte: Autoria Própria

3.3 FLUXO DAS FUNÇÕES DE CONTROLE

A Figura 21 é a representação em forma de fluxograma do fluxo das funções de controle. As funções não foram otimizadas para utilizar a velocidade do controlador, pois basta que o controlador execute a função solicitada, já que o objeto de controle não exige rapidez nem precisão de tempo. Em caso de travamento do controlador, o mesmo pode ser reiniciado pressionando o botão de “reset” localizado no próprio controlador.

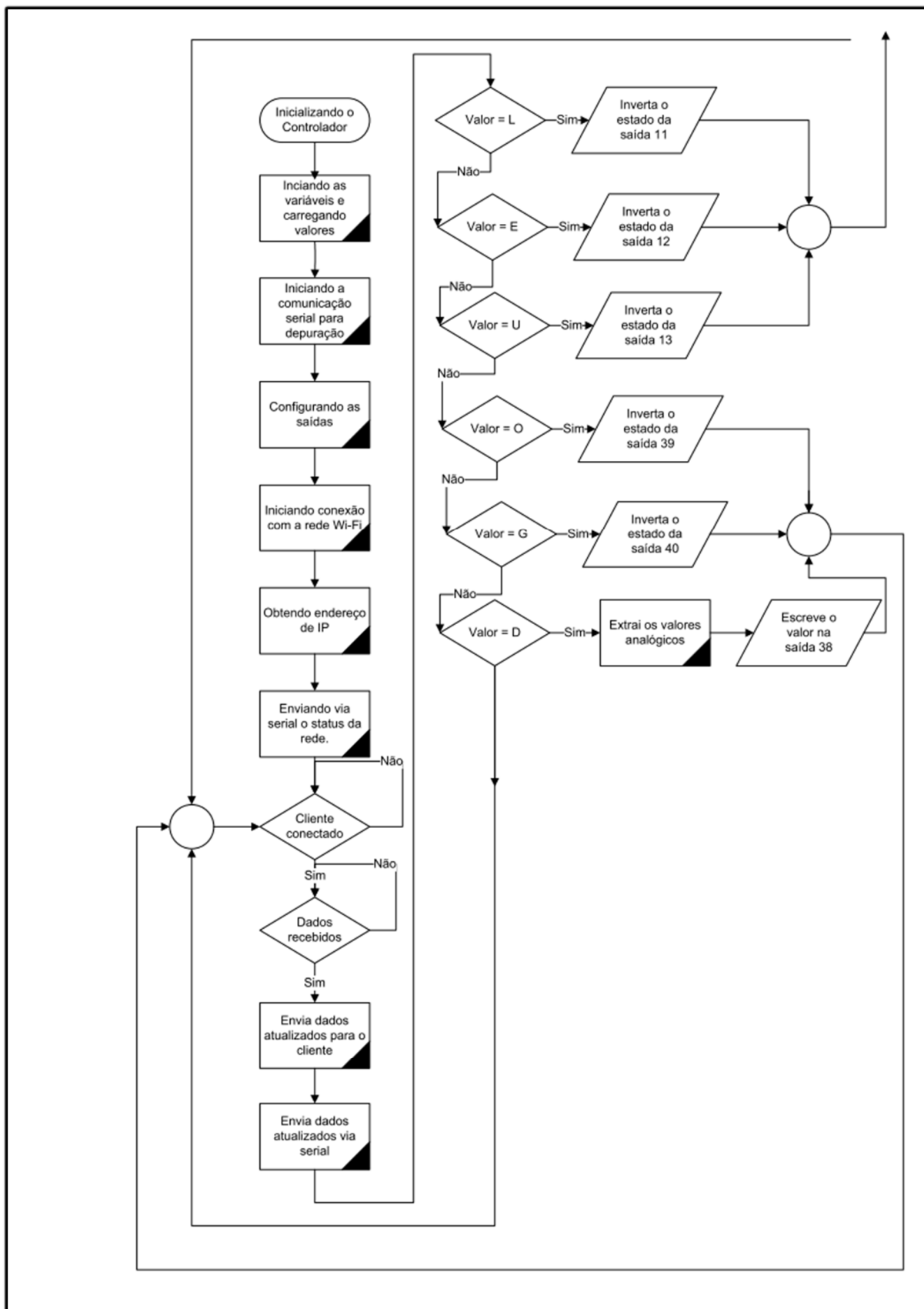


Figura 21: Fluxograma do Controlador

Fonte: Autoria Própria

3.4 ESTRUTURA DO PROGRAMA DO CONTROLADOR

Para a programação, propriamente dita, foi utilizado o *software* Energia que pode ser obtido gratuitamente no site <http://energia.nu/download/>

Energia é uma plataforma eletrônica open-source iniciada por Robert Wessels em janeiro de 2012 com o objetivo de trazer a pinagem e a arquitetura do Arduino para a LaunchPad MSP430 da Texas Instruments. A IDE Energia é multiplataforma e suportado no Mac OS, Windows e Linux. Energia usa o compilador mspgcc desenvolvido por Peter Bigot e baseia-se na pinagem e arquitetura do Arduino. O Energia inclui um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) que se baseia em Processing. (ENERGIA, 2015).

O código desenvolvido baseia-se em rotinas para inicializar o controlador; solicitar acesso a rede Wi-Fi do usuário; obter endereço de IP; aguardar a conexão de algum cliente; receber dados; analisar os dados recebidos e determinar a ação a ser tomada conforme pode ser observado no fluxograma da figura 21.

Para que o controlador possa realizar a comunicação com o Módulo CC3100BOOST que é o responsável pela comunicação, através da rede Wi-Fi, entre o controlador e o Cliente Android (Smartphone e/ou tablet), é preciso realizar alguns passos que estão descritos no vídeo disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=RpkwDhBqM2g>. Este módulo já vem de fábrica pré-configurado como um AP (access point), é preciso configurá-lo como uma estação WLAN. É necessário ter o módulo CC31XXEMUBOOST, figura 22, para realizar o procedimento descrito no vídeo acima.

Após esse procedimento o módulo CC3100BOOST estará apto para ser acoplado ao MSP4305529LP e poder desempenhar a função de estação WLAN a qual pretendemos. A figura 23 exemplifica o acoplamento correto entre os módulos CC31XXEMUBOOST CC3100BOOST.

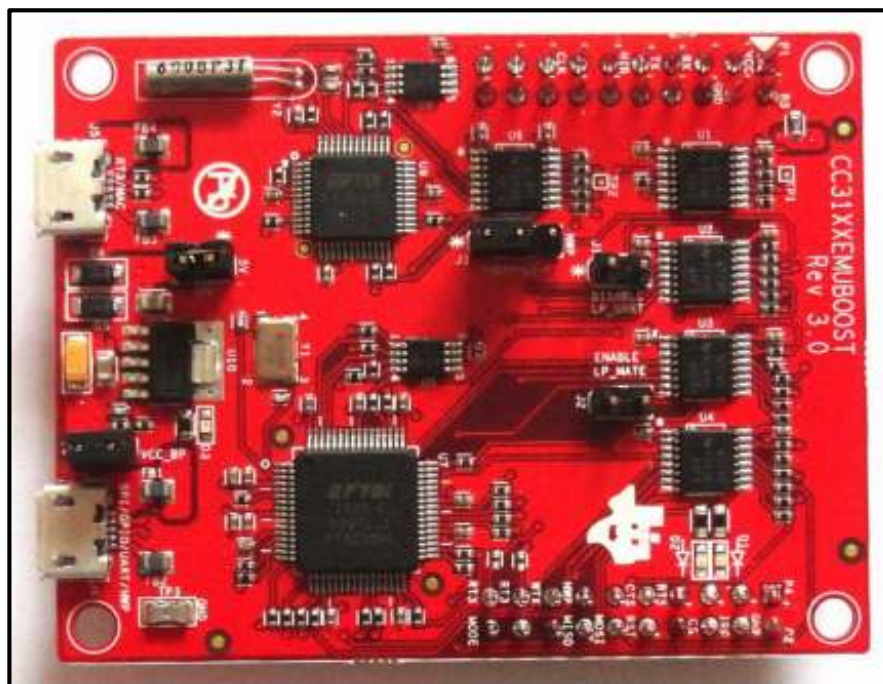


Figura 22: Módulo CC31XXEMUBOOST

FONTE: CC3100BOOST (2015)

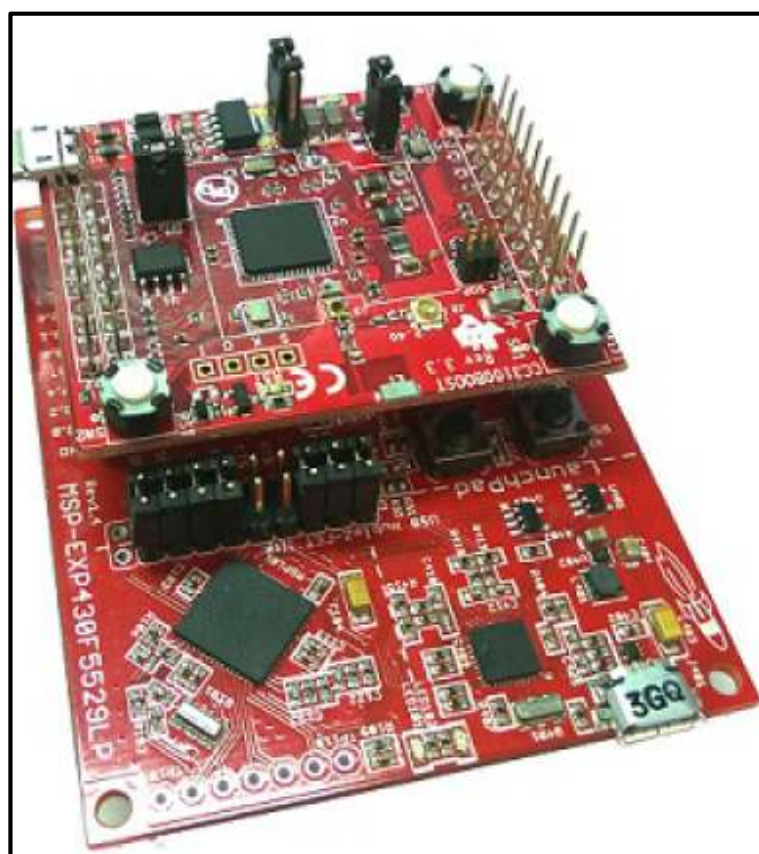


Figura 23: Acoplamento correto do módulo CC3100BOOST sobre o MSP430F5529LP

FONTE: CC3100BOOST (2015)

3.5 INTERFACE A RELÊ

A interface a relê é a responsável por acoplar as cargas de tensões alternadas (lâmpadas, tomadas, etc....) ao controlador e também possui a função de isolar os circuitos protegendo o controlador. É constituída basicamente por um opto-isolador e um relê de contatos reversíveis montada sobre uma PCI. Vide imagem abaixo:

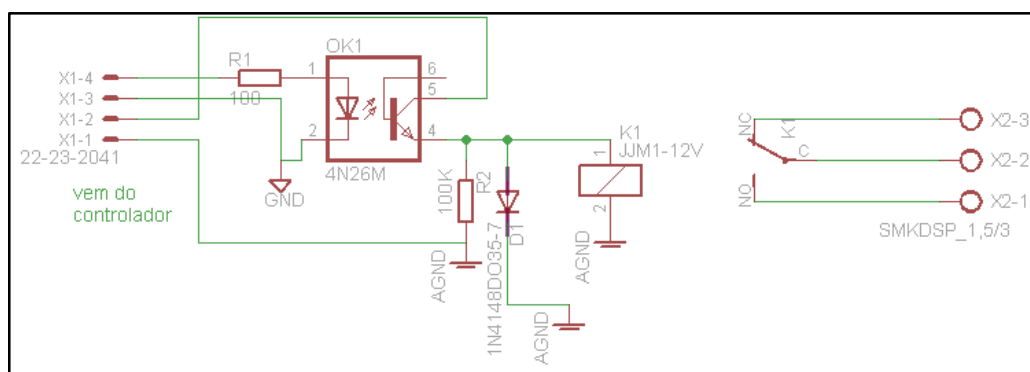


Figura 24 : Diagrama Interface à Relê

Fonte: Autoria Própria

3.6 INTERFACE DIMERIZÁVEL

A interface dimerizável é a responsável por acoplar cargas de tensão alternadas (lâmpadas que possam ser dimerizáveis) ajustando a sua intensidade luminosa. Esta interface tem também a função de enviar para o controlador, o instante que a senóide da rede alternada passa pelo ponto “zero”, desta forma podemos sincronizar o ponto de disparo do triac.

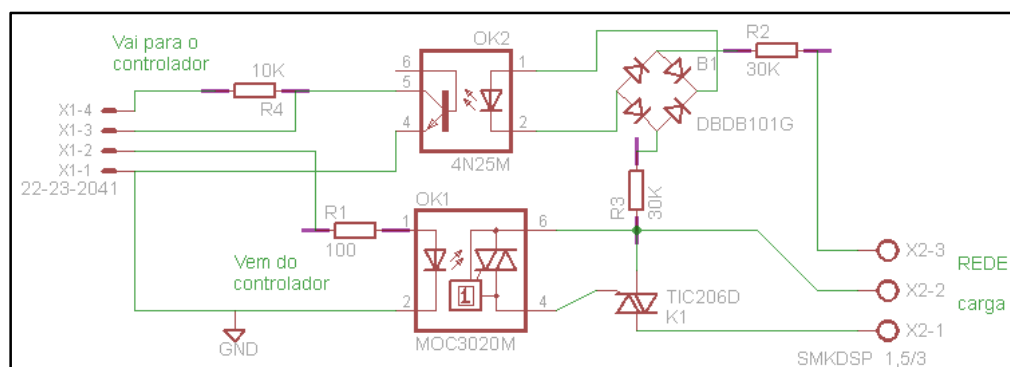


Figura 25: Diagrama de Interface dimerizável

Fonte: Autoria Própria

3.7 APLICATIVO ANDROID

No desenvolvimento do aplicativo em Android, foi utilizado o software App Inventor.

A primeira versão *trial* do App Inventor foi lançada em julho de 2010, apenas por convite. E a versão pública foi lançada em dezembro de 2010. Inicialmente a plataforma pertencia e era mantida pela Google, que abriu mão do projeto em 2011. Atualmente o App Inventor é mantido pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology). Para desenvolver o App Inventor, a Google se baseou em pesquisas anteriores em computação educacional e na experiência anterior da empresa em desenvolvimento em ambientes computacionais online. O App Inventor utiliza um editor baseado em blocos que é feito a partir da biblioteca Open Blocks para Java, a qual é distribuída pelo STEP (Scheller Teacher Education Program) do MIT. O STEP é fruto da tese de mestrado de Ricarose Roque e é distribuída sob a licença de software livre do MIT. (GALENO, 2013).

Uma grande vantagem desta plataforma, além da simplicidade de uso, é poder desenvolver e simular simultaneamente, ou seja, enquanto se está depurando o código, a interface é atualizada imediatamente.

O código visa enviar e receber dados do controlador a fim de se estabelecer o controle do módulo.

O aplicativo possui três telas gráficas. A primeira, figura 26, é onde se faz o login de acesso ao aplicativo, evitando que pessoas não autorizadas utilizem o mesmo. Na primeira utilização do aplicativo se faz necessário cadastrar um usuário e uma senha. Nas próximas utilizações o aplicativo exige a identificação do usuário, através do login e senha cadastrados anteriormente.



Figura 26: Tela inicial do aplicativo

Fonte: Autoria Própria

A segunda tela, figura 27, é onde efetivamente executa-se os comandos de controle para o controlador. Os ícones dispostos na tela são animados de tal forma que ao clicar sobre um ícone o mesmo muda a sua aparência.

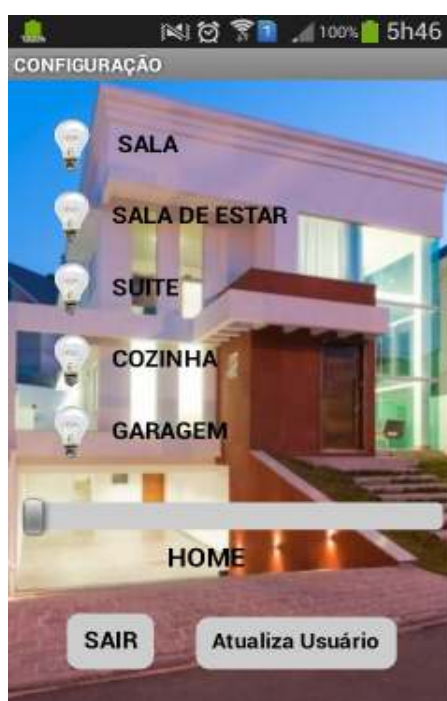


Figura 27: Tela de controle do aplicativo

Fonte: Autoria Própria

E a terceira tela, figura 28, é onde pode-se atualizar os dados de login e senha. Tem a função apenas de realizar a troca das informações cadastradas.



ATUALIZAÇÃO

Atualização de usuário

USUÁRIO: Digite o novo nome

SENHA: Digite a nova senha

SALVAR CANCELAR

Figura 28: Tela de Atualização de usuário

Fonte: Autoria Própria

4 EXECUÇÃO E TESTES

A Programação das lógicas e comunicação do controlador foi desenvolvido em linguagem “C”, de forma a poder integrar-se ao sistema android. Durante a programação foram previstos pontos de verificação e depuração do programa, esses pontos são enviados para uma porta serial e podem ser acessados de forma “on-line” através do software Energia que possui uma ferramenta específica para esse fim. Após a programação ser realizada de acordo com a figura 21 sucedeu-se os testes da lógica, que consistem em enviar valores para o controlador através da interface gráfica (smartphone) e verificar o comportamento das saídas a fim de validar a programação.

Tal procedimento é realizado da seguinte maneira:

Inicia-se o software Energia e utilizando a ferramenta Serial Monitor conecta-se o controlador ao computador.

O controlador ao iniciar as suas rotinas, envia para a serial as informações de depuração. Tais informações podem ser vistas no quadro 3 no campo de inicialização do Controlador.

No aplicativo clica-se sobre o ícone correspondente. Esse ícone envia o valor da variável para o endereço IP do controlador.

O controlador ao receber um valor analisa e toma a decisão de acordo com a lógica preestabelecida, mudando o estado das saídas digitais e alterando os parâmetros das saídas analógicas.

As informações alteradas são enviadas à serial para depuração.

Durante os testes pode-se verificar o acionamento das saídas através de leds e/ou lâmpadas correspondentes as saídas.

Os resultados podem ser verificados no quadro 3, onde os valores alterados foram destacados em verde.

Inicialização do Controlador	<pre> Conectando a rede: eliel ... Você está conectado na rede Aguardando o endereço IP Ok! IP obtido. SSID: eliel IP Address: 192.168.0.13 signal strength (RSSI):0 dBm Habilitando o Modulo na porta 80 </pre>
------------------------------	--

	<p>Modulo iniciado! Novo Cliente GET /L HTTP/1.1 User-Agent: Dalvik/1.6.0 (Linux; U; Android 4.2.2; GT-S7272 Build/JDQ39) Host: 192.168.0.13 Connection: Keep-Alive Accept-Encoding: gzip</p>
Enviando a variável L	<p>INFO</p> <p>HOME 0</p> <p>SALA ON</p> <p>SALA DE ESTAR OFF</p> <p>SUITE OFF</p> <p>COZINHA OFF</p> <p>GARAGEM OFF</p>
Enviando a variável E	<p>INFO</p> <p>HOME 0</p> <p>SALA OFF</p> <p>SALA DE ESTAR ON</p> <p>SUITE OFF</p> <p>COZINHA OFF</p> <p>GARAGEM OFF</p>
Enviando a variável U	<p>INFO</p> <p>HOME 0</p> <p>SALA</p>

	<p>OFF</p> <p>SALA DE ESTAR OFF</p> <p>SUITE ON</p> <p>COZINHA OFF</p> <p>GARAGEM OFF</p>
Enviando a variável O	<p>INFO</p> <p>HOME 0</p> <p>SALA OFF</p> <p>SALA DE ESTAR OFF</p> <p>SUITE OFF</p> <p>COZINHA ON</p> <p>GARAGEM OFF</p>
Enviando a variável G	<p>INFO</p> <p>HOME 0</p> <p>SALA OFF</p> <p>SALA DE ESTAR OFF</p> <p>SUITE OFF</p> <p>COZINHA OFF</p> <p>GARAGEM ON</p>

Enviando o valor “204” através do slider	INFO HOME 204 SALA OFF SALA DE ESTAR OFF SUITE OFF COZINHA OFF GARAGEM OFF
--	--

Quadro 3: Testes e informações do Controlador

Fonte: Autoria Própria

A interface gráfica foi desenvolvida em linguagem própria para android através do software App Inventor. Essa tela gráfica é responsável por implementar o controlador com o usuário. É a interface final com o usuário. Ela contém informações que podem ser traduzidas facilmente pelo usuário permitindo o controle total do cenário em questão. Por cenário entende-se: Um conjunto de ações pré-programadas que irão ocorrer de forma simultânea ou sequencial e que atuarão nos diversos sistemas instalados em uma residência (MURATORI; DAL BÓ, 2013).

A programação da interface gráfica foi desenvolvida para ser capaz de enviar valores para o controlador que o mesmo pudesse interpretar e executar as funções de controle conforme a tabela 2.

As interfaces a relê e dimerizável foram desenvolvidas através do software EAGLE obtido em (<http://www.cadsoftusa.com/download-eagle/>). Este software foi utilizado para o diagrama do projeto das interfaces. A prototipagem da PCI foi realizada em placa universal, como pode ser observado nas figuras 29, 30 e 31.

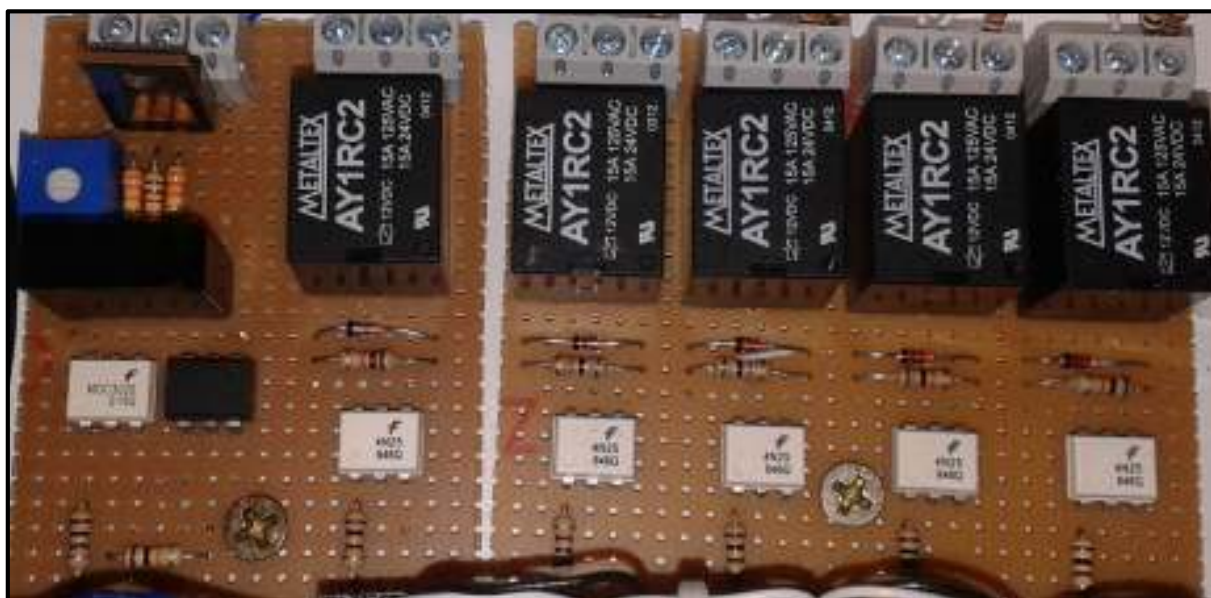
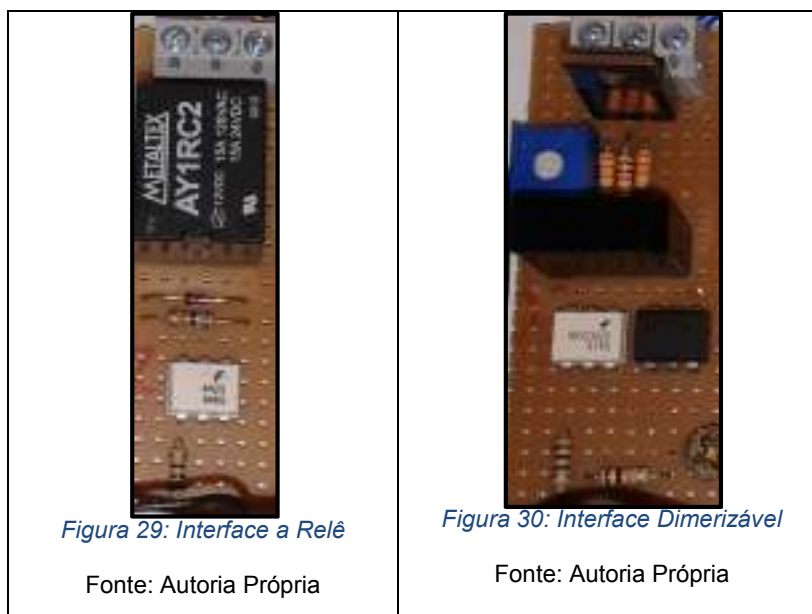


Figura 31: Conjunto com as interfaces

Fonte: Aatoria Própria

Foi construída uma maquete representativa como pode ser observado nas figuras 32 e 33. Ela possui o intuito de ilustrar o funcionamento do controlador e demonstrar melhor as funcionalidades do mesmo. Foram utilizados LEDs de cores diferentes para facilitar a demonstração dos cômodos da residência.



Figura 32: Maquete representativa

Fonte: Autoria Própria



Figura 33: Visão superior da Maquete

Fonte: Autoria Própria

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram abordados o projeto e o desenvolvimento de um controlador sem fio para automação residencial que fosse capaz de operar na rede sem fio (*Wi-Fi*) do usuário, que fosse possível realizá-lo a um custo acessível e que se diminui o impacto de obras de infraestrutura em projetos de *retrofitting*. Este objetivo foi alcançado.

Todos os objetivos específicos que anteriormente foram traçados (desenvolvimento da programação do microcontrolador MSP430F5529LP em conjunto com o módulo CC3100BOSST; programação da interface gráfica em Android; programação da interface lógica entre o controlador e a interface gráfica em Android; desenvolvimento de uma PCI para acomodar os componentes de interface entre o controlador e os equipamentos a serem controlados e o desenvolvimento de uma maquete representativa) foram cumpridos como pôde ser observado durante a execução do projeto.

O projeto mostrou-se viável técnica e economicamente, pois permitiram a sua realização e os testes demonstraram que a sua eficiência e a sua funcionalidade foram satisfatórias atendendo ao que foi proposto.

6 TRABALHOS FUTUROS

Sugestões e trabalhos futuros:

- Implementação de um calendário, ao qual pudéssemos programar as saídas para obedecer aos comandos em um horário específico. Por exemplo: Simular uma movimentação de pessoas mesmo durante a ausência do usuário.
- Desenvolver uma lógica em Android capaz de reconhecer todos os controladores conectados à rede, dessa forma a configuração dos controladores em conjunto com a interface gráfica seria facilitada.
- Inserir emissores de Infravermelho para comandar equipamentos diversos que se beneficiam dessa tecnologia como Tvs; Home Theater; aparelhos de ar condicionado.

REFERÊNCIAS

ARDUINO; **Arduino: o que é e pra que serve.** Disponível em <<http://br-arduino.org/2014/11/arduino-o-que-e-e-pra-que-serve.html>>. Acesso em: 22 mai. 2015.

ATMEL; **8-bit Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash.** Disponível em <<http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>>. Acesso em 22 mai. 2015.

BEAGLEBOARD; **What is BeagleBone Black?** Disponível em <<http://beagleboard.org/black>>. Acesso: em 22 mai. 2015.

BOLZANI, Caio Augustus M. **Residências inteligentes: Um curso de Domótica:** Livraria da Física, 2004

CC3100BOOST, **CC3100 SimpleLink™ Wi-Fi® and IoT Solution BoosterPack Hardware.** User Guide. Disponível em <<http://www.ti.com/lit/ug/swru371b/swru371b.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

CUBIEBOARD; **Cubieboard2 Allwinner A20 ARM Cortex A7 Dual Core Development Board.** Disponível em <<http://www.cubietruck.com/products/cubieboard2-allwinner-a20-arm-cortex-a7-dual-core-development-board>>. Acesso em 22 mai. 2015.

GALENO, ARTUR; GONÇALVES, TAINÁ. **Tutorial App Inventor.** Disponível em <<http://www.dai.ifma.edu.br/~mlcsilva/aulasdist/projeto5/TutorialAppInventor.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2015.

MICROCHIP; **PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet:** 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology. Disponível em <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2015.

MIYAGI, PAULO EIGI. **Controle programável:** Fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos. 1ª. Ed. São Paulo: Blucher, 1996.

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. **Automação Residencial - Conceitos e Aplicações**. Belo Horizonte: Educere, 2013.

PARKS ASSOCIATES; **Parks Associates**: 37% of U.S. broadband households plan to purchase one or more smart devices in the next 12 months. Disponível em <<http://www.parksassociates.com/events/connections-summit/media/cs-2015-pr4>>.

Acesso em: 15 jul. 2015.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores MSP430: Teoria e prática**: São Paulo: Érica, 2005.

RASPBERRY; **PRIMEIROS PASSOS COM O RASPBERRY PI**. Disponível em <<http://blog.filipeflop.com/embarcados/tutorial-raspberry-pi-linux.html>>.

Acesso: em 22 mai. 2015.

SILVEIRA, PAULO ROGÉRIO; SANTOS, WINDERSON E. dos. **Automação e Controle discreto**. 9ª ed. São Paulo: Érica, 1998.

TERUEL, EVANDRO CARLOS. **O que você precisa saber para automatizar sua residência**. Disponível em

<http://www.ppgia.pucpr.br/~santin/ee/2009/3/artigo_automacao_residencial.doc>.

Acesso em: 22 mai. 2015.