



COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

COORDENAÇÃO DE TCC

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE AUTOMAÇÃO
RESIDENCIAL MONITORÁVEL DE BAIXO CUSTO COM A
UTILIZAÇÃO DE ARDUINO**

**DEVELOPMENT OF A LOW-COST MONITORABLE HOME
AUTOMATION PROTOTYPE USING ARDUINO**

Ramon Conceição dos Santos¹, Pablo Fernandes Marinho²

¹Discente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Madre Thaís Ilhéus, Bahia. E-mail: ramonsantos86133@gmail.com.

²Docente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade Madre Thaís, Ilhéus, Bahia. e-mail: pablofernandes.eng@gmail.com.

RESUMO

No atual contexto, avanços tecnológicos melhoram significativamente a qualidade de vida da população, principalmente na área de automação residencial. No entanto, falta atenção à implementação destas tecnologias nas residências existentes, acarretando custos elevados para o cliente final. O protótipo explora métodos e ideias aplicadas em automação doméstica, interagindo assim o conceito homem máquina, focalizando processos e aspectos essenciais para implementação da modernização. Este trabalho propõe o desenvolvimento de implemento inovador e acessível, utilizando a plataforma de prototipagem, abrangendo uma revisão da literatura sobre automação residencial, destacando o papel do Arduino nesse contexto. O objetivo é criar uma solução de baixo custo que permita o monitoramento remoto de dispositivos residenciais. O desenvolvimento do protótipo é fundamentado em princípios de engenharia elétrica e programação. A metodologia inclui a seleção de componentes fáceis, a programação do Arduino e a implementação de sensores e atuadores para monitoramento. Dessa forma, o

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

projeto desenvolvido visa não apenas demonstrar a técnica do protótipo, mas também avaliar sua eficácia e aplicabilidade prática no âmbito da automação residencial, denotando importância na avaliação qualitativa com base nas necessidades do usuário, como monitoramento do consumo energético e acionamentos de dispositivos eletrônicos locais.

Palavras-chave: Automação residencial, domótica, monitoramento, modernização.

ABSTRACT

In today's world, technological advances have significantly improved people's quality of life, especially in the area of home automation. However, there is a lack of attention to the implementation of these technologies in existing homes, leading to high costs for the end customer. The prototype explores methods and ideas applied in home automation, thus interacting with the human-machine concept, focusing on processes and essential aspects for implementing modernization. This work proposes the development of an innovative and accessible implement, using the prototyping platform, covering a review of the literature on home automation, highlighting the role of Arduino in this context. The aim is to create a low-cost solution that allows remote monitoring of residential devices. The development of the prototype is based on electrical engineering and programming principles. The methodology includes selecting easy components, programming the Arduino and implementing sensors and actuators for monitoring. In this way, the project developed aims not only to demonstrate the technique of the prototype, but also to evaluate its effectiveness and practical applicability in the field of home automation, denoting the importance of qualitative evaluation based on user needs, such as monitoring energy consumption and activating local electronic devices.

Keywords: Home automation, home automation, monitoring, modernization.

1. INTRODUÇÃO

As formas elétricas têm sido uma força motriz do progresso científico e tecnológico desde a sua descoberta em meados do século XVIII, pois os fenômenos elétricos ganhavam notoriedade. Entretanto, os cientistas começaram a estudar a eletricidade no século XIX, levando ao desenvolvimento tecnológico global, tornando o mundo cada vez mais dependente da energia elétrica (FORP.USP, 2005).

Hoje, as especificações elétricas são cruciais para a nossa sociedade tecnológica, promovendo vários setores, como a automação residencial que evoluiu consideravelmente nesse período, passando de uma promessa futurista para uma realidade integrada em nosso cotidiano. Anteriormente, limitada a sistemas isolados, a atualização da era domótica é marcada pela interconexão fluida entre dispositivos inteligentes. Domótica é um conjunto de tecnologias existentes que são usadas para

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

administrar recursos em residências. A palavra "domótica" vem do francês "domotique", que surgiu na França, onde foram realizadas as primeiras experiências neste campo na década de 1980 (Barros, 2010).

O setor doméstico teve muitos benefícios devido às vantagens dos sistemas independentes, tais como: eficiência energética, custos e isolamento, possibilitados pelo desenvolvimento dos equipamentos e sistemas da automação. Assim, o conceito de domótica surgiu através da automatização dos ambientes residenciais (Bolzani, 2004). As casas modernas incorporam uma variedade de tecnologias, desde assistentes de voz até sensores e dispositivos de segurança, proporcionando não apenas conveniência, mas também eficiência energética.

A Internet das Coisas (IoT) significa que os dispositivos físicos estão conectados à internet, o que permite a coleta e a transmissão de dados. Originou-se na década de 1990, impulsionada pelos avanços tecnológicos (DIO Community, 2023). Atualmente, a Internet das Coisas (IoT) está amplamente presente em diversas áreas, como saúde, agricultura, indústria e casa inteligente, mudando a forma como interagir com o mundo natural. Ela continua a evoluir, impulsionada por inovações em sensores, conectividade e análise de dados. A gestão remota e a personalização das preferências dos usuários agora são facilitadas por plataformas domésticas centralizadas. Apesar dos avanços, desafios como consumo energético e interoperabilidade, persistem destacando a necessidade contínua de inovação e padrões comuns na automação.

Com o uso da automação é possível desenvolver meios de melhoria, que de alguma forma possa ser implementada nas matrizes energéticas do país, como por exemplo: sistemas *smart grids*, redes inteligentes que utilizam da tecnologia da informação e as técnicas de *smart metering* que apresentam em tempo real as formas de medições do consumo de energia elétrica.

Este trabalho busca desenvolver um protótipo de automação monitorável, de baixo custo, com a utilização de arduino, para tanto, alguns passos foram necessários para o desenvolvimento, tais como: estudos sobre a funcionalidade dos equipamentos existente na área de automação residencial; necessidade gerais e específicas dos usuários; funcionamento do arduino, enfatizando modo de atuação, formas de

comunicação, tipos de dispositivos compatíveis; estudo sobre a forma estrutural de como é realizado o consumo de energia residência; estudo sobre montagem de circuito eletrônico; forma estrutural da montagem do protótipo: elaboração do circuito via software e demonstração de seu funcionamento por fluxogramas; formas de comunicação via protocolo dos dispositivos, estudo sobre o funcionamento da rede de comunicação IoT e por fim, testes e validações do protótipo, mostrando a importância da sua funcionalidade.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Visando o entendimento deste trabalho, nessa seção serão relatados os principais tópicos para compreensão e desenvolvimento do mesmo, demonstrando conceitos e aplicações entorno da automação residencial atrelada a otimização do trabalho realizado contribuindo para a eficiência energética de forma indireta. Grandes autores foram consultados por meio de sites, literaturas e artigos, pois envolve conceitos e conexões de várias áreas, fazendo-se necessário o conhecimento.

2.1 Automação Residencial

Na automação residencial, sensores, atuadores e dispositivos de controle interagem com os equipamentos, recebendo e direcionando as informações dos sensores para as ações adequadas (Stevan Jr.; Farinelli, 2019). A classificação da interação do usuário pode ser dividida em três tipos: autônoma, integrada e inteligente. Os sistemas autônomos permitem conectar ou desconectar dispositivos de forma independente, enquanto os sistemas integrados possuem um único controle, já os sistemas inteligentes personalizam as necessidades do usuário (Silva, 2018).

Os projetos típicos de automação integrada incluem instalações elétricas, comandos universais de telecomunicações, gestão de energia, gestão de água e gás, acessórios e complementos, regulação automática, fechaduras elétricas, controle de acessos através de biométricos ou teclados, centros multimídia, atividades de rede, e intercomunicadores tradicionais e Telefones IP (Pazini, 2017).

Segundo Nunes (2002), a automação residencial é uma área de grande interesse atualmente, pois está ligada ao controle e automação da casa, agregando

maior conforto e segurança à vida das pessoas, possibilitando o controle e monitoramento de diversos aspectos de uma variedade de dispositivos possíveis, que podem ou não funcionar juntos.

Quando se fala em automação residencial considera-se qualquer integração de sistemas em ambientes residenciais através do uso de atuadores e sensores, sendo necessários onde há pessoas com necessidades especiais e idosos, pois são considerados facilitadores do evento. A princípio, devido à sua alta complexidade, a comodidade oferecida pela automação residencial foi considerada um símbolo de status e modernidade, sendo um dos principais fatores de atração do interesse dos usuários. Porém, há um consenso ao considerar a automação residencial como uma busca por conveniência, e um dos seus principais fatores de crescimento é a acessibilidade por meio da busca pela qualidade de vida.

As melhorias na qualidade de vida e os avanços na tecnologia refletem o aumento da procura pela automação residencial, resultando num aumento da cota econômica do mercado tecnológico (Cezar, 2020).

2.1.1 Conceitos sobre Domótica

A domótica pode ser dividida em 3 níveis de integração ou três graus de automação de uma edificação, sendo eles: nível I, composto por sistemas autônomos que operam de forma independente com base em funções pré-determinadas; nível II, sistemas integrados, compostos por dois ou mais sistemas autônomos trabalhando juntos sem a necessidade de uma localização central; e nível III, chamada de sistemas complexos, controla e gerencia a casa através de um computador ou smartphone com acesso à internet. Este último, por geralmente envolver maior complexidade operacional, exige que a casa seja projetada ou dotada uma estrutura mínima possível para a implantação do sistema (Vianna, 2018).

A Figura 1 mostra a arquitetura de funcionamento de um sistema de domótica.

Figura 1 - Arquitetura domótica



Fonte: SUA OBRA (2023).

A automação residencial modificou diretamente o significado de conforto e eficiência, a Tabela 1 apresenta uma análise comparativa entre as funcionalidades antes e depois da implementação da domótica em uma residência.

Tabela 1 - Comparativo das funcionalidades antes e depois da implementação

TAREFAS	APLICAÇÃO SEM DOMÓTICA	APLICAÇÃO COM DOMÓTICA
Acionamento do sistema de cargas	Realizado de forma manual e presencial	Realizado de forma remota e física
Acionamento do sistema de Iluminação	Realizado de forma manual e presencial	Realizado de forma remota e física
Acompanhamento do consumo de energia	Realizado de forma manual e presencial	Realizado de forma remota e em tempo real

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

2.1.2 Acessibilidade na automação residencial

Acessibilidade inclui a facilidade com que qualquer pessoa pode acessar e utilizar ambientes, produtos e serviços em diversas situações. Envolve um formato inclusivo e oferece uma variedade de produtos e serviços que abrangem as necessidades de diferentes grupos de pessoas (incluindo produtos e serviços de apoio), meios alternativos de adaptação, informação, comunicação, mobilidade e manipulação (Godinho, 2010).

Segundo Manzini (2005), a NBR 9050 define o termo “acessível” como espaço, edificação, mobiliário, dispositivo ou elemento urbano que pode ser acessado, ativado,

utilizado e vivenciado por todos, incluindo pessoas com deficiência. O termo "acessibilidade" refere-se à acessibilidade física e de comunicação. O conceito de acessibilidade enfatiza diretamente condições relacionadas a: edifícios, transporte, equipamentos, móveis e sistemas de comunicação. Estas condições estão expressas em diversas normas técnicas da ABNT (1997, a, b, c; 1999; 2004).

Como todos sabem, a vida das pessoas com dificuldades de locomoção não é nada fácil porque na maioria das vezes, dependendo do grau da sua dificuldade de locomoção, procuram sempre ajuda de terceiros para ajudá-las na realização das suas tarefas e no seu dia a dia. Com isso, ela acaba se tornando dependente, o que não é nada agradável. Nessa perspectiva, a automação residencial é vista como uma forma de diminuir essa dependência.

Existem vários aspectos que poderão ajudar a melhorar a vida destas pessoas, como a utilização de sensores de presença para iluminação, sendo eles utilizados para indicar a presença de um indivíduo através do seu movimento e também evitar que o deficiente físico se desloque para acionar o interruptor. A automatização de portas de janelas, pois as mesmas podem ser inacessíveis aos cadeirantes e tetraplégicos.

A Figura 2 demonstra o processo de automação sendo empregado ao conceito de acessibilidade.

Figura 2 - Automação empregada ao conceito de acessibilidade



Fonte: Domótica Usuarios (2014).

2.1.3 Internet das Coisas (IoT)

Segundo Souza (2016), o termo "internet das coisas", traduzido do inglês como "*Internet of Things*" é representado pela sigla "IoT", se refere principalmente a

dispositivos, sensores e objetos que estão conectados e interagem em uma rede, como internet.

Este conceito relativamente simples visa adicionar conectividade e permitir a interação com qualquer objeto ou dispositivo relevante. Atualmente, suas capacidades continuam a crescer à medida que a tecnologia de microcontroladores avança e os custos e o consumo de energia diminuem. Os sistemas IoT representam a conexão dos objetos eletrônicos que usamos todos os dias à Internet, para que os dispositivos possam ser controlados remotamente e também possam se tornar provedores de dados, capazes de coletar e processar informações sobre o local e a rede à qual estão conectados. Existem inúmeras oportunidades que valem a pena explorar (Oliveira, 2017).

Quando se fala em IoT na automação residencial, há um problema fundamental porque mesmo que o usuário esteja no mesmo ambiente do dispositivo, um link de internet indisponível pode inoperar todo o sistema. Portanto, esses dispositivos devem ter uma forma de ativação independente das comunicações de rede, ou devem ser tomadas medidas para mitigar problemas que possam tornar as comunicações indisponíveis, adicionar redundância e utilizar infraestrutura de rede confiável. (Carvalho, 2021).

Outra questão que deve ser visada é que esta abordagem técnica ainda está no seu início. Como resultado, existem muitos protocolos e interfaces de comunicação que não funcionam entre si, ou que dificultam a interoperabilidade e a comunicação entre dispositivos de diferentes implementações. Quando se tenta implementar inovações tecnológica baseada em IoT em outros equipamentos móveis como interfaces de comando, é evidente esta diversidade, pois é necessário instalar um grande número de aplicações, tornar uma automação difícil de usar e não integrada (Oliveira, 2017).

2.1.4. Os principais elementos da Internet das Coisas (IoT)

Segundo Dio Community (2023), a IoT consiste em vários elementos que trabalham juntos para permitir a conectividade e funcionalidade de dispositivos inteligentes, sendo eles:

- Dispositivos: sensores, atuadores, *wearables*, objetos inteligentes, entre outros, trabalhando em conjunto com processadores e capacitores de armazenamento coletando dados da rede para interagir com o ambiente;
- Conectividade: ocorre através Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, NFC (*Near Field Communication*), entre outras;
- Protocolos de comunicação: MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), CoAP (*Constrained Application Protocol*), e WebSocket;
- Computação em nuvem: esse processo ocorre na coleta de dados pelos dispositivos IoT, sendo enviados em nuvem, para seu processo de análise e armazenamento;
- Análise de dados: as informações úteis são extraídas a partir da coleta de dados. Esse processo pode ser em tempo real, algoritmos artificiais ou aprendizado de máquinas;
- Segurança: ocorre no processo de criptografia, controle de acesso, autenticação e monitoramento, protegendo assim a privacidade dos usuários;
- Interfaces de usuário: faz a interação entre os usuários e dispositivos, por aplicativos moveis, interface de voz, painel de controle, entre outros.

Trabalhando em conjunto, esses componentes essenciais da Internet das Coisas (IoT) permitem a conectividade, coleta, processamento e troca de dados entre dispositivos e sistemas conectados (DIO Community, 2023).

2.1.5 Sistemas *Smart Grids*

Segundo dados da GE Reports Brasil (2016), *smart grid* são redes inteligentes que integram os comportamentos e ações de todos os consumidores conectados, utilizando tecnologias digitais avançadas para monitorar e gerir o fornecimento de eletricidade. Coordenam as necessidades e capacidades de todos os produtores de eletricidade, operadores de rede, consumidores e participantes no mercado, garantindo a eficiência e minimizando os custos e os impactos ambientais.

Os sistemas energéticos globais enfrentam desafios como infraestruturas desatualizadas, crescimento contínuo da procura de energia, aumento da integração das energias renováveis, melhoria da segurança e redução das emissões de carbono. A tecnologia de rede inteligente oferece uma forma de enfrentar estes desafios e desenvolver um fornecimento de energia mais eficiente, acessível e sustentável (IEA, 2011).

A Tabela 2, apresenta diversos fatores que provam a relação entre esses conceitos.

Tabela 2 - Tabela comparativa entre a rede convencional e *smart grid*.

REDE CONVENCIONAL	SMAT GRID
Medidor Eletromecânico e Eletrônico	Medidor Digital
Comunicação em um Sentido	Comunicação em Duplo Sentido
Hierarquia de Transmissão	Sem Hierarquia
Geração de Energia Centralizada	Geração Distribuída e Convencional
Alguns Sensores	Muitos Sensores
Restauração Manual	Auto Restauração
Controle Manual	Controle Remoto
Controle Limitado	Controle Ilimitado
Falhas e <i>Black Outs</i>	Adaptativas
Sem Monitoramentos	Auto Monitorado
Poucas Escolhas aos Usuários	Muitas Opções aos Usuários

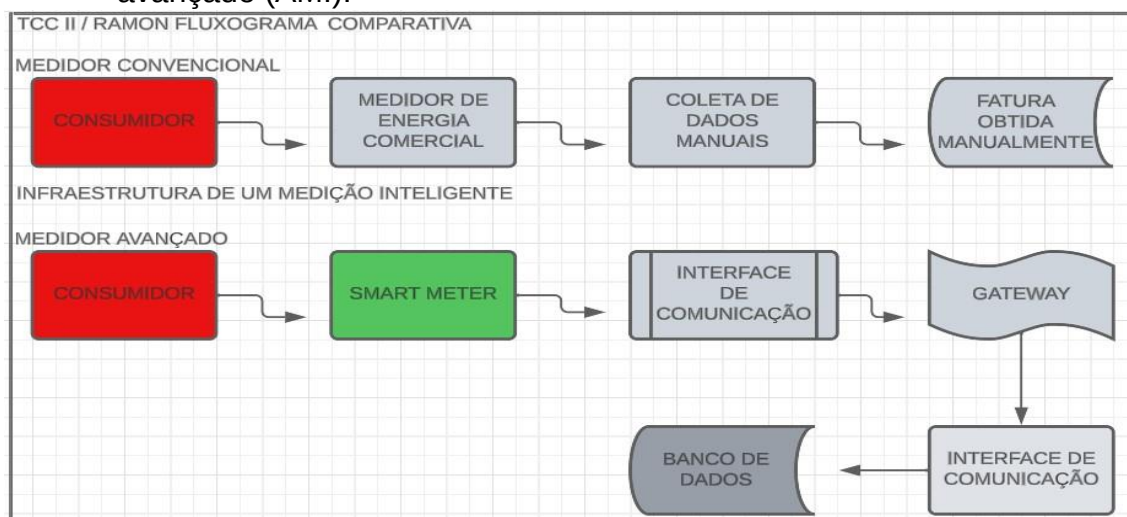
Fonte: Adaptada de Mandelman (2011)

2.1.6 Sistemas *Smart Meters*

Medidores inteligentes podem medir gases, umidade, temperatura e níveis de energia e enviar suas leituras para uma plataforma 24 horas por dia, fornecendo informações precisas sobre a residência e o fornecimento de energia, garantindo contas de serviço público mais precisas. Os medidores inteligentes integram dispositivos de monitoramento na nuvem, permitindo que você leia seu medidor usando um simples smartphone e obtenha uma compreensão mais profunda do seu consumo de energia. (Smart Energy DB, 2017).

No fluxograma (Figura 3) observa-se as diferenças estruturais entre a dinâmica da medição convencional em relação a infraestrutura da medição inteligente.

Figura 3 - Fluxograma do Medidor convencional em relação aos medidores avançado (AMI).



Fonte: Adaptado de Depuru et al. (2011).

A estrutura de medição dos medidores inteligentes é diferente dos medidores eletrônicos, a medição inteligente envolve o armazenamento de informações e sua disponibilização ao usuário. Como demonstrado na Figura 3, os *smarts meters* constitui as seguintes vantagens, de acordo a Smart Energy DB (2017):

- Medidores inteligentes economizam tempo: as leituras dos medidores são enviadas eletronicamente, garantindo visualização em tempo real aos consumidores;
- Os medidores inteligentes proporcionam maior controle sobre como a energia é usada: serve para rastrear gastos, planejar economia de energia inteligente, de modo a controlar o orçamento em tempos de pico, melhorando a economia;
- Os contadores inteligentes ajudam a reduzir as faturas de energia: através do monitoramento diário e da detecção do excesso de consumo de energia na residência.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Por meio de livros, artigos e normas reguladoras da área da automação residencial e elétrica, os estudos foram realizados para a elaboração e construção do projeto, com auxílio das ferramentas necessárias e instruções que normalizam o setor.

Desenvolveu-se um protótipo de baixo custo no seguimento da automação residencial utilizando IoT, comunicação por protocolo MQTT com o uso da ferramenta *Mosquitto Broker*, além do microcontrolador ESP8266.

Utilizou-se também o software Proteus, no qual são criados circuitos e testados componentes eletrônicos, utilizando um IDE para compilar o software, realizar lógica de programação e verificar o programa antes de enviá-lo ao microcontrolador. Uma vez validados e aprovados todos os processos, utilizou uma plataforma de prototipagem virtual para a criação da placa de circuito impresso utilizando EASYDE.

3.1 Software Proteus

Software de integração e simulação que aprimoram o conhecimento teórico e prático em eletrônica, proporcionando aos usuários uma forma de projetar e verificar suas aplicações. Com uma vasta biblioteca de componentes e ferramentas, essa plataforma reduz erros e oferece vantagens em relação aos laboratórios tradicionais (Proteus, 2023).

3.1.1 Plataforma EasyEDA

É um conjunto de ferramentas EDA baseado na web que permite aos engenheiros de hardware projetar, simular, compartilhar e discutir esquemas, simulações e placas de circuito impresso de forma pública e privada (EasyEDA, 2023).

3.1.2 Plataforma IDE

Arduino IDE é uma plataforma de programação que utiliza a linguagem C/C++ e possui uma estrutura simples, permitindo iniciantes criar programas rapidamente. Em resumo, é um programa simples de se utilizar e de entender com bibliotecas que podem ser facilmente encontradas na internet. As funções do Arduino IDE são basicamente três: permitir o desenvolvimento do software, de enviá-lo à placa para que possa ser executado e de interagir com a placa Arduino, assim vendo a execução do código escrito, permitindo ao programador verificar se a programação está correta antes que seja enviada para o microcontrolador escolhido (Arduino, 2023).

3.2 Desenvolvimento do Projeto

Para os dispositivos residenciais, sendo eles de energia elétrica, eletromecânica e eletrônica, a obtenção dos dados relativos ao monitoramento requer uma interligação entre os componentes mecânicos provenientes dos dispositivos e os componentes eletrônicos pertencentes ao equipamento de transmissão de dados. Esta interligação é obtida através do acoplamento de sensores à instalação elétrica, os meios de comunicação e transmissão onde está localizada a placa obtêm e encaminham informações através dos aplicativos com a utilização de protocolos de transmissão sem fio, sendo esses dados transmitidos das seguintes formas:

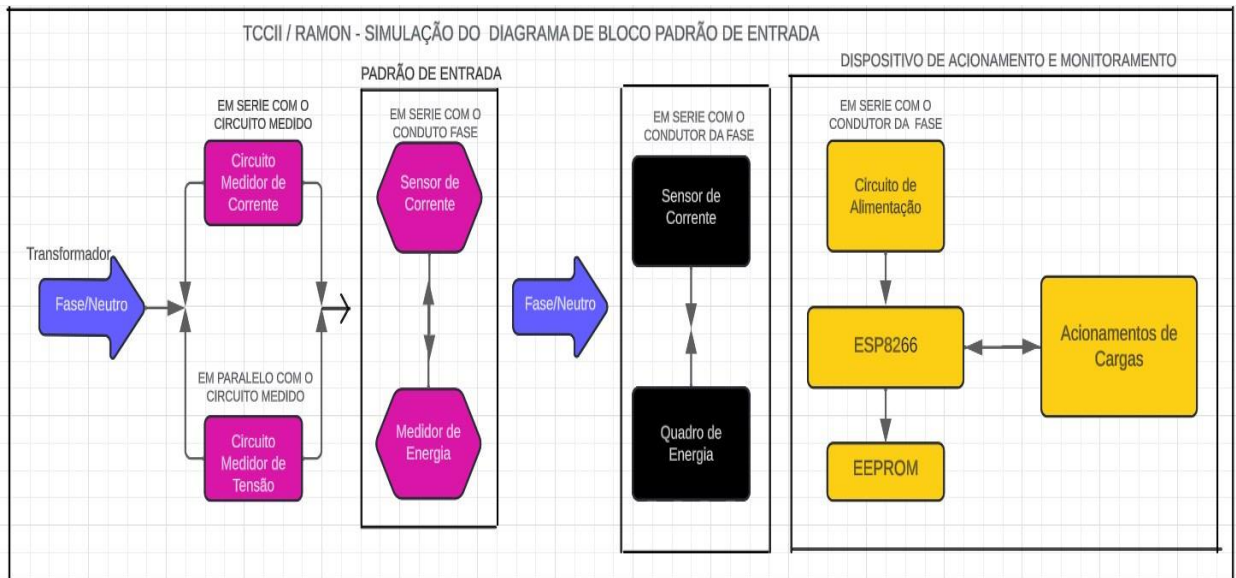
- **MQTT (*MG Telemetry Transport*)**: protocolo simples e leve projetado para dispositivos restritos com baixa largura de banda, alta latência ou redes não confiáveis. Ele minimiza a largura de banda da rede e os requisitos de recursos, garantindo confiabilidade e entrega. A segurança do protocolo pode ser aprimorada por meio de aplicativos que criptografam os dados enviados e recebidos (MQTT, 2023).
- **IFTTT (*If This Then That*)**: serviço web gratuito para criação de instruções simples (miniaplicativos) em serviços web como Gmail, Facebook, Telegram e Instagram. IFTTT fornece dados web específicos, operações controladas por API e informações sobre o clima ou o mercado. Consiste em um conjunto de tags e ações, como enviar uma foto do Instagram para o Dropbox. O miniaplicador pode automatizar tarefas como postar conteúdo nas redes sociais, enviar mensagens de marketing para empresas por meio de feeds RSS e até mesmo realizar automação residencial detectando movimento em uma sala (Carvalho, 2022).
- **Adafruit.IO**: serviço baseado em nuvem que permite aos usuários armazenar e recuperar dados sem gerenciá-los e conectá-los à Internet. Ele permite que os usuários controlem seus projetos, conectando a serviços da web e a outros dispositivos com suporte para Internet. Adafruit IO pode manipular e visualizar diversas fontes de dados, como sensores de temperatura e umidade e sensores de qualidade do ar. Também pode ser integrado ao IFTTT para conectar sensores a serviços da web. MQTT, ou *Message Queuing Telemetry*

Transport, é um protocolo de comunicação suportado pelo Adafruit IO. Os usuários podem usar bibliotecas ou clientes para MQTT, incluindo bibliotecas da Adafruit para Python, Node.js e Arduino (Adafruit, 2023).

- Google Assistente: Assistente virtual desenvolvido pelo Google, pode realizar tarefas diárias como ligar, enviar mensagens, pesquisar e conversar com usuários. Lançado em 2016, está disponível em vários idiomas e é compatível com dispositivos Android. Os usuários interagem com o Google Assistente principalmente por meio da fala natural, mas a entrada do teclado também é compatível. Dependendo da função os comandos podem variar, mas mesmo se você falar do seu jeito, ele provavelmente executará o comando, mas às vezes não saberá o que o usuário está dizendo ou confundirá algumas palavras, mas tudo bem, há entrada de texto para corrigir os erros (Google Assistente, 2023).
- Tasmota: Firmware alternativo para dispositivos baseados em ESP8266 e ESP32 com fácil configuração usando webUI, atualizações OTA, automação usando temporizadores ou regras, capacidade de expansão e controle totalmente local sobre MQTT e HTTP. Tratasse de um Sonoff Basic vinculado à nuvem (um dos primeiros dispositivos domésticos inteligentes baratos e acessíveis do mercado) um dispositivo controlado localmente se tornou um ecossistema completo para praticamente qualquer dispositivo baseado em ESP8266 (Tasmota, 2023).

Dando seguimento ao processo de desenvolvimento do projeto e visando a compreensão de como o sistema vai se comportar, o diagrama a baixo desmonta todo o processo do circuito elétrico desde a saída do transformador até o quadro de energia da residência até chegar no protótipo, sendo está representado pela Figura 4.

Figura 4 – Layout Diagrama de Bloco Padrão de Entrada



Fonte: Adaptado de Lucidchart (2023).

3.3 Materiais Utilizados

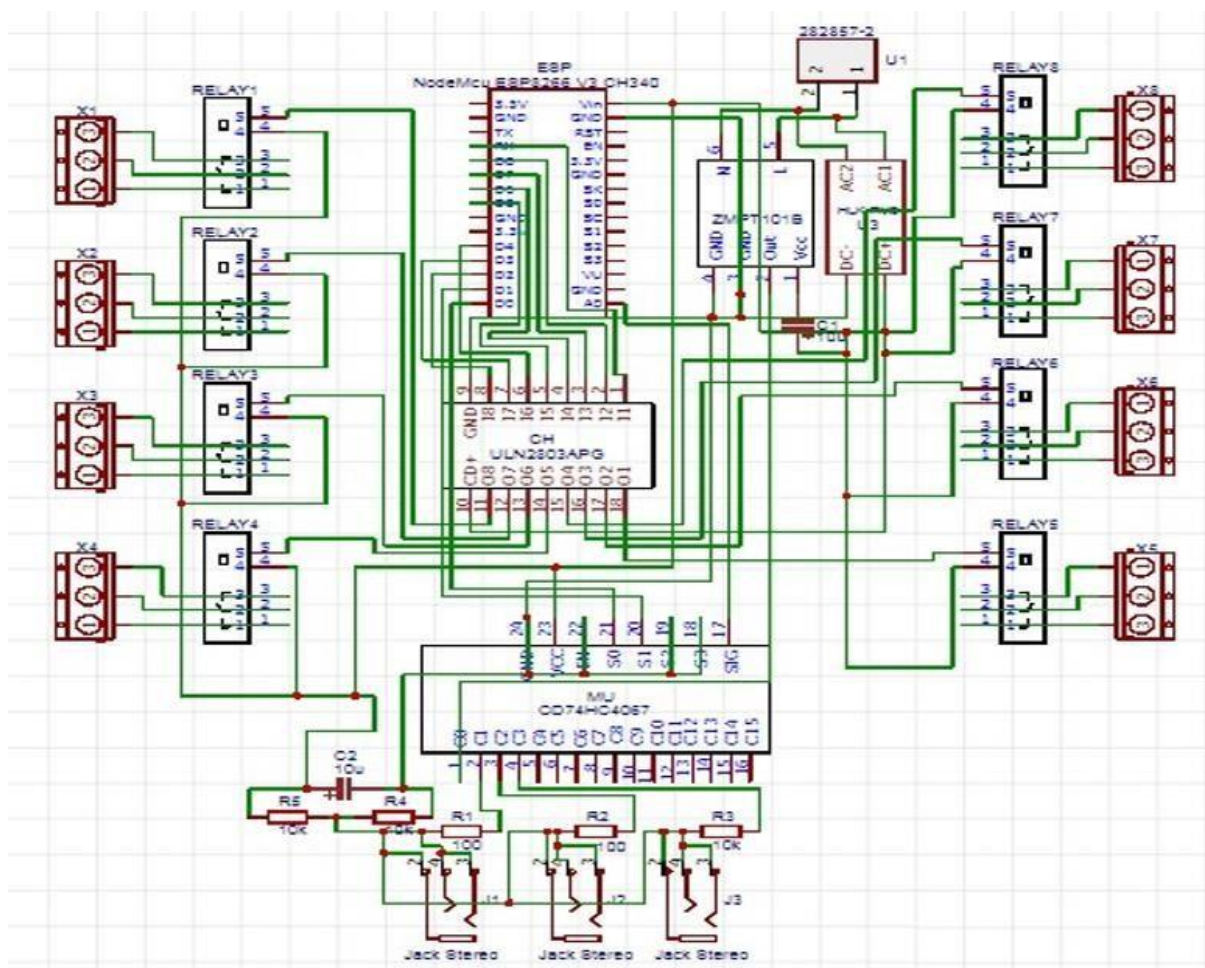
Para a realização projeto foram utilizados os componentes descritos conforme anexo A. Já o anexo B mostra o memorial de calibração dos dispositivos para que se obtenha os melhores resultados na sua execução do protótipo.

3.4 Aplicação dos Materiais Utilizados

Neste tópico serão apresentadas aplicações dos equipamentos que se fizeram necessários para a criação do protótipo gerando assim seu melhor desempenho, expressando a importância de cada dispositivo.

A Figura 5 ilustra a elaboração do diagrama do projeto.

Figura 5 – Layout do Diagrama Esquemático 2D do Protótipo



Fonte: Próprio Autor (2023).

Ao elaborar o diagrama do protótipo e obter simulações da funcionalidade do mesmo, serão demonstradas as aplicações de cada dispositivo utilizados para a sua confecção, sendo eles aplicados da seguinte forma:

- Conector Borne (KF128/KF301): utilizado para realizar a alimentação principal do circuito para que seja adquirida a tensão nominal da rede;
- Fusível (1A): dispositivo usado para proteger o circuito contra sobre corrente e curto circuito;
- Conector Jack P2: Utilizado para transmissão de sinais analógicos;
- Conector Múltiplo Borne 57A: utilizado para ligação dos cabos flexíveis do protótipo;
- Regulador de Tensão: responsável por regular a tensão de saída;

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

- Barra de Pinos 40 vias 11,2mm 180 graus: utilizada para acoplagem do multiplexador, para facilitar encaixe e manutenção;
- Barra de soquete header fêmea 40 vias 180 graus: utilizada para acoplagem do multiplexador, microcontrolador para facilitar encaixe e manutenção;
- Capacitor: utilizado como filtro para redução de possíveis ruídos do circuito;
- Caixa Metálica: representação do suporte onde estão alocadas as lâmpadas e tomadas do projeto, utilizada para alocar circuito;
- LEDs: diodo emissor de luz, usado para representar as lâmpadas da residência;
- Resistores: componentes elétricos que tem como finalidade limitar a corrente elétrica em um circuito, pode também transformar energia elétrica em energia térmica por meio do efeito Joule, foram utilizados também no circuito de lâmpadas e CI55;
- Relé 5V: componente de chaveamento rápido, através de bobinas magnetizadas que realizam a ação de acionar e desacionar uma carga, mediante a um pulso digital que transmite o comando para a bobina;
- Mini Fonte Hi-Link HLK-PM01: Micro Fonte variável AC/DC 127/220 AC – 5V DC que recebe em sua entrada a tensão nominal da rede e a transforma em tensão fixa contínua de 5V;
- Sensor de tensão (ZMPT101B): responsável por realizar a leitura da tensão de linha que entra nos seus terminais de Fase e Neutro, realiza o cálculo de parâmetro internamente e nos pinos de saída entrega a forma de onda com o resultado da Senoide em RMS, envia as informações para o Multiplex.
- Multiplexador analógico (CD74HC4067): transdutor de informação responsável por executar e transmitir as leituras das informações coletada por meio dos pinos de saída que está ligado diretamente a porta analógica do microcontrolador.
- Microcontrolador ESP8266: componente central que realiza diversas atividades como: conexão direta com a rede Wi-fi, recepção dos dados coletado através chip multiplexador, acionamento das portas digitais possibilitando direcionar os dados para o CI de carga.

- CI ULN 2803: usado no projeto como um CI direcionador de sinal, componente aplicado para executar a função de ordenar e projetar as cargas que será acionada quando o microcontrolador enviar o sinal de acionamento.
- CI555: aplicado ao circuito para executar sistema de proteção das bobinas dos relés, projetado para retarda a entrada do circuito de carga (Relé). Com tempo estimado em até 10 seg. Após esse tempo, o mesmo o circuito permite a passagem da energia e assim a carga executa sua atividade normal.

3.5 Orçamento do Protótipo

A Tabela 3 mostra o quantitativo com devidos custos do material utilizado para o desenvolvimento do protótipo, sendo essa base de dados referente aos custos de cada equipamento, o mês de junho do ano corrente.

Tabela 3 - Lista de Custos dos Materiais.

Material de Consumo	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
Cabo Flexível 2.5mm/0, 5mm:	und	2m	R\$ 0,89	R\$1,78
Cabo Flexível 1.5mm/0, 5mm:	und	3m	R\$0,59	R\$1,77
Espaguete Termo Retrátil 2.5MM	und	1	R\$ 1,50	R\$1,50
Rolo de Solda Estanho 500g 0,8mm	und	2	R\$9,99	R\$19,98
Régua 3 Tomadas 2p+t 10 ^a	und	1	R\$ 15,00	R\$15,00
Fita 3M	und	2	R\$7,00	R\$14,00
Parafuso de Aço para Metal	und	10	R\$0,25	R\$2,50
Tinta Spray Preta	und	1	R\$18,00	R\$18,00
Subtotal				R\$74,53
Material Permanente	Unid	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Sensor de Corrente SCT-013-030	und	1	R\$ 55,00	R\$55,00
NodeMCU ESP8266-12 V2	und	1	R\$30,00	R\$30,00
Mini Fonte Hi-link HLK-PM01 100~240VAC para 5V DC 600mA 3W	und	1	R\$ 39,99	R\$ 39,99
Tomada Fêmea com Porta Fusível	und	1	R\$ 36,70	R\$ 36,70
Sensor de Tensão ZMPT101B	und	1	R\$ 35,00	R\$35,00
Placa Padrão Tipo Ilha 15x15	und	1	R\$ 15,99	R\$ 15,99
Caixa Metálica 20x28	und	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Módulo Multiplexador Demultiplexador CD74HC4067 16 Canais	und	1	R\$ 16,99	R\$16,99
Conector Múltiplo Borne 57A 10mm ² Poliamida - S61363	und	1	R\$10,59	R\$10,59

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

ULN2803	und	1	R\$5,00	R\$5,00
Relê 5V 10A 5 terminais - 1 polo x 2 posições T73 - 10A em 125V	und	8	R\$2,99	R\$23,92
Barra de soquete header fêmea 40 vias 180 graus	und	2	R\$2,25	R\$4,50
Barra de Pinos 40 vias 11,2mm 180 graus	1	4	R\$0,65	R\$2,60
Regulador de Tensão L7805	1	1	R\$1,25	R\$1,25
Led Alto Brilho Azul	1	50	R\$0,25	R\$12,50
Conector Jack J2 Áudio 3.5mm	1	4	R\$2,50	R\$10,00
Conector Borne KF-301 2T	1	8	R\$0,85	R\$6,80
Conector Borne KF-128 2T	1	2	R\$0,85	R\$1,70
CI 555	1	1	R\$1,50	R\$1,50
Fusível 1 Ampere	1	2	R\$0,35	R\$0,70
Diodo 1N4007	1	2	R\$0,25	R\$0,50
Capacitor Poliéster 104k 250V	1	2	R\$ 0,99	R\$1,98
Capacitor Eletrolítico 10uF	1	2	R\$0,15	R\$0,30
Capacitor Cerâmico 33pF	1	2	R\$0,20	R\$0,40
Resistor 100K 5% (1/4W)	1	1	R\$0,9	R\$0,90
Resistor 470K 5% (1/4W)	1	1	R\$0,9	R\$0,90
Resistor 6.5k 5% (1/4W)	1	10	R\$0,9	R\$0,90
Resistor 1K 5% (1/4W)	1	10	R\$0,9	R\$0,90
Subtotal				R\$ 363,5
SUBTOTAIS				
Material de Consumo				R\$ 74,53
Material Permanente				R\$ 363,50
TOTAL GERAL				R\$ 438,03

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

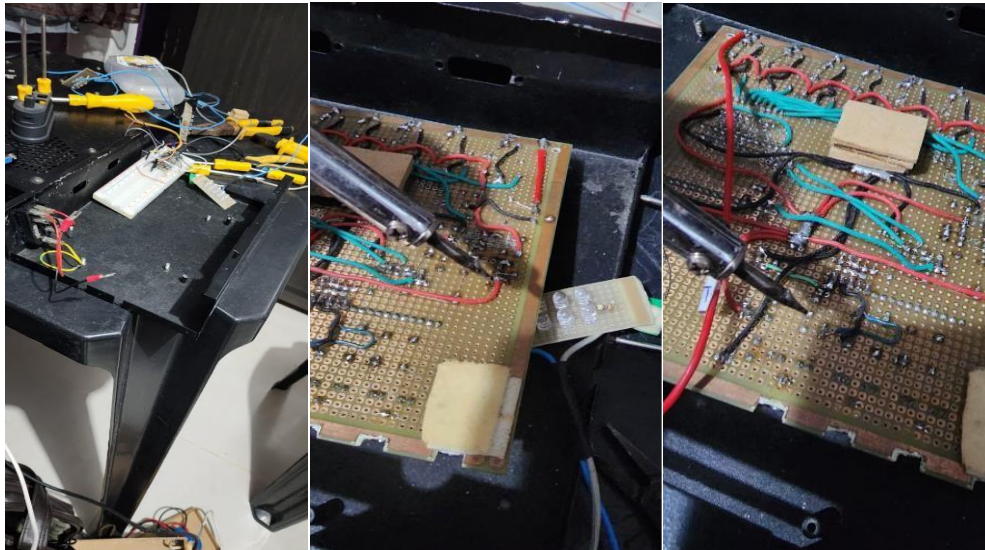
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao finalizar a construção do protótipo na bancada, sendo validados todos os dispositivos e suas conexões, os testes iniciais foram realizados usando a placa ESP8266 para iniciar os trabalhos com o microcontrolador. Isso permitiu a conexão ao Wi-Fi e a comunicação com a nuvem por meio de MQTT. Todos os comandos da placa sendo eles acionamento de cargas, iluminação e reconhecimento dos sensores foram configurados pelo software tasmota, que possibilita de forma mais rápida e didática os parâmetros de funcionamento.

A Figura 6 demonstra o processo de montagem da placa.

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

Figura 6 - Placa do Protótipo em Processo de Montagem

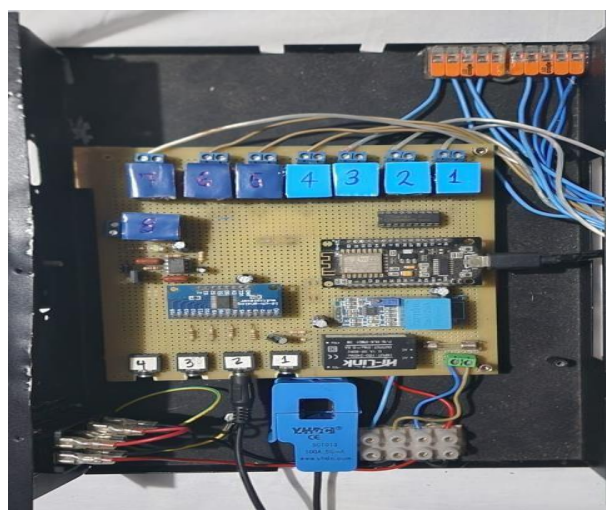


Fonte: Própria Autor (2023).

O protótipo eletrônico constitui 8 saídas digitais, sendo 4 destinadas a controle de iluminação e 4 para controle de cargas variáveis, possui 4 entradas para sensores analógicos podendo ser expandido para até 128 saídas digitais e 16 analógicas gerando uma plataforma robusta e de fácil interligamento, podendo ser adaptada para diversas instalações exigidas no mercado.

Depois de ter realizado a parte de confecção da placa, o protótipo foi montado Figura 7.

Figura 7- Protótipo Montado

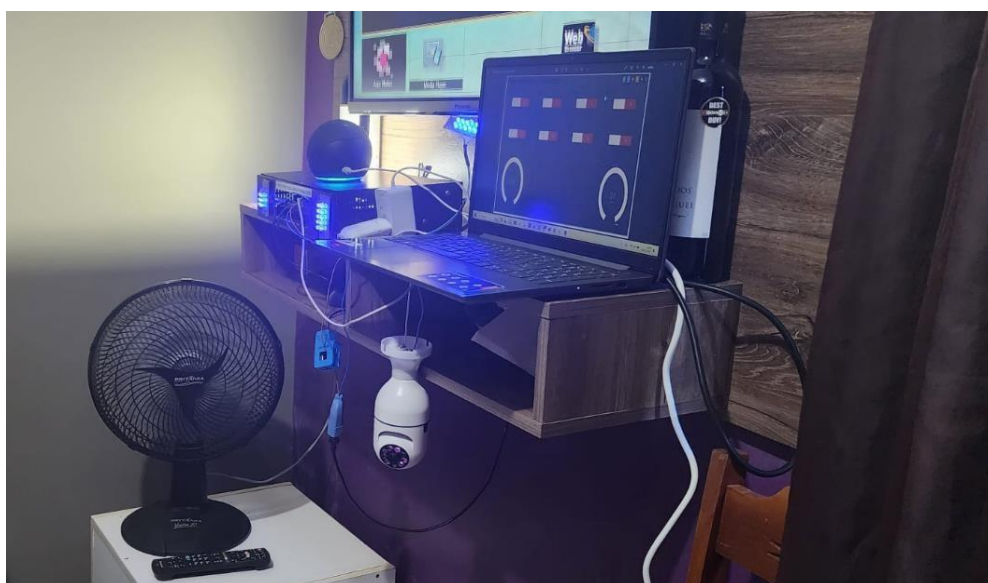


Fonte: Próprio Autor.

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

A seguir pode-se visualizar o protótipo em seu estado final com 8 ambientes totalmente controlado, sendo eles 4 para iluminação e 4 pontos de controle de cargas variáveis, televisão, ventilador, câmera de monitoramento e a alexa, além de um sensor de corrente controlando o sistema monofásico com as cargas conectadas. O notebook com a tela de controle (*Dashboard*) aberta para acompanhar o monitoramento. Foram obtidos resultados significativos no comando dos aparelhos (controle de cargas variáveis e iluminação) e no monitoramento de corrente e tensão e potência em KW/h, sempre dependentes de um ponto de conexão de internet para sincronismo de comandos e monitoramento de dados. A Figura 8 demonstra o protótipo em funcionamento.

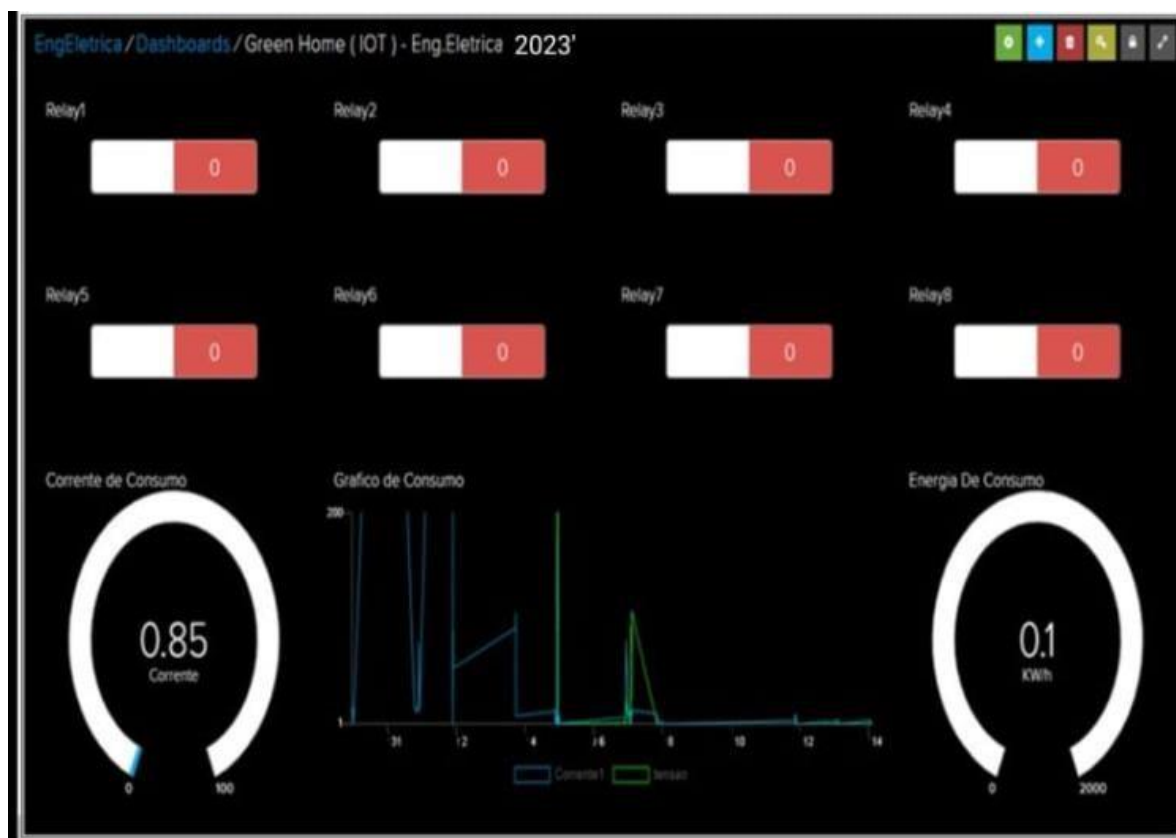
Figura 8 – Protótipo em Funcionamento



Fonte: Próprio Autor (2023).

A Figura 9 mostra que possível visualizar as cargas utilizadas pelos pontos ativos e identificar onde um ponto de energia está ligado, podendo racionar de forma inteligente o consumo dentro da residência, assim como ter uma visão preliminar de falha no sistema, considerando o consumo do ponto acionado.

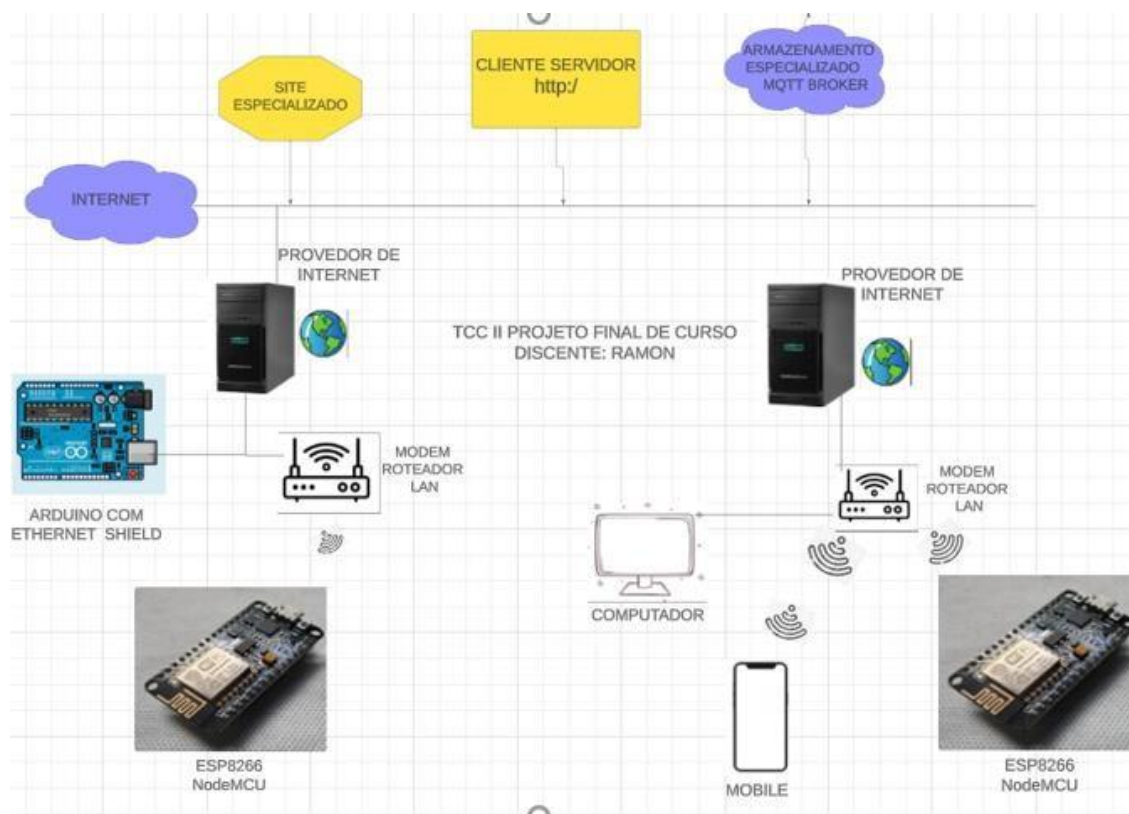
Figura 9 – Layout do Monitoramento do sistema em operação pelo software Adafruit.IO



Fonte: Próprio Autor (2023).

O sistema de automação interligado com o monitoramento do consumo de energia elétrica particular é um dispositivo portátil que deve ser acoplado em ambientes com rede wi-fi para comunicação dos dispositivos, visando a automação de todos os equipamentos que constitui a residência. Dando o processo de início a configuração, a Figura 10 demonstra a interface da estrutura de rede IoT, ilustrando seu funcionamento no sistema.

Figura 10 – Layout Interface da estrutura de rede IoT



Fonte: Adaptada de Peixoto (2021).

Os equipamentos podem ser comandados por alguns aplicativos derivados da IoT, sendo eles Alexa, Tasmota ou *IoT MQTT Panel* que usam protocolo compatíveis para se comunicar com os dispositivos. Essas ferramentas são responsáveis por toda parte de acionamento e monitoramento dos equipamentos da automação. Já na parte de monitoramento do consumo, o sensor foi instalado na entrada do quadro de energia na caixa de disjuntores de uma residência. O sensor de corrente funciona como um alicate amperímetro (por isso é não invasivo) e o sensor de tensão realiza ligação em paralelo com a entrada de cada fase.

No caso deste dispositivo, para efeito de testes implementou-se somente para entrada monofásica. O sistema executa a coleta dos dados em tempo real, pois através do dispositivo wi-fi integrado ao microcontrolador, os dados são direcionados e são enviados para uma nuvem na internet, podendo ser acessados através do aplicativo MQTT e acionado por meios do IFTTT. A confecção do equipamento se

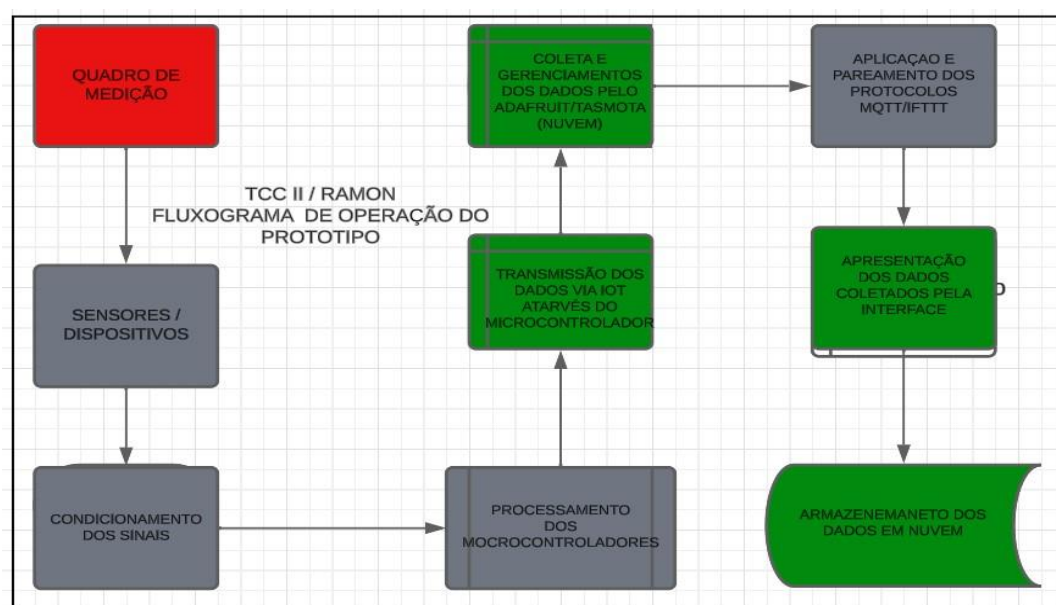
*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

divide em duas partes, a primeira de todas é a análise do hardware envolvendo a coleta de dados feita pelos sensores de corrente e pelos sensores de tensão, armazenando-os e processando-os no microcontrolador.

O protótipo deve estar posicionado ao lado da caixa de distribuição da residência onde seja possível realizar o acionamento de cargas e a coleta das informações de consumo total em KW/h e corrente em ampére. O microcontrolador precisa ser alimentado com uma tensão contínua com 5V, que será fornecida por meio de uma mini fonte chaveada que converte tensão alternada em tensão contínua de 5V estável ou por meio da porta USB, através do cabo utilizado para carregar telefone celular tipo “C”.

O sistema pode ser representado pela Figura 11 que mostra o fluxograma de funcionamento do circuito abaixo:

Figura 11 - Fluxograma de funcionamento do sistema



Fonte: Adaptado de Lucidchart (2023).

Em comparação com sistemas preestabelecidos no mercado com mesmo seguimento da automação residencial, foi notório a diferença de preços em relação fabricação e comercialização do produto. Comparando com equipamentos já reconhecidos neste ramo que seus valores finais contemplam preços extremamente

acima da realidade de grande parte da população. O protótipo construído além de ser bastante eficaz, promove os melhores desempenhos por se comunicar por mais de um protocolo, executando também as mesmas funcionalidades com o diferencial que é seu baixo custo e fácil didática, trazendo economia e acessibilidade que tantas pessoas procuram.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em estudos e pesquisas realizadas pode-se avaliar que o projeto proposto facilitará ao usuário ter acesso às informações da automatização e do consumo de energia de sua residência e monitorar a mesma com maior comodidade, rapidez e baixo custo. A inserção deste protótipo na sociedade também contribuirá na economia de energia gasta por cada habitante, diminuindo assim os danos ambientais causados na criação de novas hidrelétricas para suprir o consumo de energia elétrica.

Visando o melhor aproveitamento da energia e buscando a otimização do trabalho realizado ao simplificar tarefas reduzindo a intervenção humana contribuindo para um uso mais eficiente da energia, o projeto consiste na aplicação de novos métodos e tecnologia disponível de plataforma de inovação para prototipagem e desenvolvimento para novo produto. Usando IoT, o objetivo do protótipo foi realizado, possibilitando ao usuário monitorar todas as funções de sua casa de qualquer lugar, de onde estiver através da plataforma de comunicação em icloud (programação em nuvem) obtida por meio um serviço web e comandada por meios de componentes eletrônicos em que virá fazer o acionamento e monitoramento de toda sua plataforma residencial.

O projeto desenvolvido buscou trazer para realidade uma forma rápida e prática para facilitar o cotidiano do usuário, realizar uma economia de energia e melhor aproveitamento dos custos e gastos da residência. Por meio da plataforma IoT, o projeto pretende manter a casa conectada ao servidor web, se preocupando, principalmente, com a segurança dos dados e bens materiais que terá em sua residência. Para que o trabalho seja realizado, o usuário precisará realizar cadastro em alguns sites que virá fazer a comunicação necessária para a sua utilização.

A parte de monitoramento da residência contará com sensores de corrente nos principais circuitos da casa onde será captado e mostrado em sua plataforma o nível de consumo em tempo real do (w/s) watt por segundo do ambiente. Com base nessas informações, o usuário observará e acompanhará seu consumo por meio de dados gráficos.

A parte de automação dos equipamentos residenciais será realizada através de comandos que acionaram as portas digitais destinadas ao mesmo, e na lógica de programação realizada pelo programador que ficará alocada na memória do microcontrolador, onde o mesmo irá receber o sinal do usuário e processar a informação direcionando para a porta digital pré-selecionada em sua programação, fazendo assim o direcionamento do sinal para poder ser executado.

Para trabalhos futuros, o projeto conta com a possibilidade de ser modulado o que significa que pode ser adequado as necessidades e vontade do usuário possibilitando: ampliação do número de sensores de corrente, que pode ser ampliada para controlar todo o circuito elétrico da residência; periférico de acionamento, pode ser expandido para controlar até 128 comandos de cargas, exemplo: tomadas, lâmpadas, eletrodomésticos entre outros; alertas de ocorrência, como sendo um sistema residência controlado, existindo a possibilidade de atualização do mesmo, para que na ocorrência de uma não conformidade envie um alerta ao usuário informando sobre o problema, além do ponto da residência que se encontra, para que o circuito possa tomar as devidas correções e, assim evitar desperdícios de energia.

Ainda assim, tem-se também a ampliação no controle do ambiente, realizar controle de até 15 sensores como de temperatura, luminosidade, umidade, dentre outras necessidades e a assistente virtual pode ser aprimorada para que possa aprender com o usuário e gerar sua própria rotina, ao entender o hábito de quem a comanda para que possa oferecer a melhor experiência e comodidade sempre.

REFERÊNCIAS

- ADAFRUIT. **Compreendo a Interface do adafruit.IO**. 2023. Disponível em: <<https://learn.adafruit.com/welcome-to-adafruit-io>>. Acesso em: 10 set. 2023.
- ARDUINO. **Editor Web do Arduino**. 2023. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/software>>. Acesso em: 18 ago. 2023.
- AUTOCOREROBOTICA. **Sensor de Tensão ZMPT101B**. 2023. Disponível em: <<https://www.autocorerobotica.com.br/buscar?q=Sensor+de+Tens%C3%A3o+ZMPT101B>>. Acesso em: 18 ago. 2023.
- BARROS, A. **Edifícios Inteligentes e a Domótica**: proposta de um projecto de automação residencial utilizando o protocolo x-10. 2010. 135 f.
- BAUDAELETRONICA. **Componentes Eletrônicos**. 2023. Disponível em: <<https://www.baudaeletronica.com.br/buscar?q=componente+eletronico>>. Acesso em: 20 set. 2023.
- BLOGMASTERWALKERSHOP. **Componentes Eletrônicos**. 2023. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/?s=calibra%C3%A7%C3%A3o%20de%20sensor>>. Acesso em: 10 set. 2023.
- BLOG.AMDS4. **Industrial Comparação Shunts, Transformadores e Transdutores**. 2023. Disponível em: <<https://blog.amds4.com.br/comparacao-shuntstransformadores-e-transdutores/>>. Acesso em: 10 out. 2023.
- BOLZANI, C. A. M. **Residenciais Inteligentes**. São Paulo, SP: Livraria de física, 2004. 332 p. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 14.
- CARVALHO, C. **Internet das coisas: Entenda o que é e como funciona**. 2021. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/internet/230884-internetcoisasentenda-funciona.htm>>. Acesso em: 10 out. 2023.
- CARVALHO, D. T. P. **O que é IFTTT e como utilizar; veja guia**. 2022. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/software/256707-ifttt-utilizar-veja-guia.htm>>. Acesso em: 20 out. 2023.
- CASADAROBOTICA. **Componentes Eletrônicos**. 2023. Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/loja/produto.php?loja=650361&IdProd=921>>.

Acesso em: 29 ago. 2023.

CEZAR, E. R. S. **A DOMÓTICA CRIANDO CONFORTO E SEGURANÇA**. Revista Ubiquidade, [s. l], v. 3, n. 2, p. 20-29, 2 jul. 2020. Semestral. Disponível: <<https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaUbiquidade/issue/view/210>>.

Acesso em: 20 out. 2023.

CURTOCIRCUITO. **Componentes Eletrônicos**. 2023. Disponível em: <<https://curtocircuito.com.br/led-alto-brilho-azul-5mm.html>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

DEPURU, S.S.S.R., et al. **Smart meters for power grid** — Challenges, issues, advantages and status. Power Systems Conference and Exposition (PSCE), IEEE/PES. 2011.

DIO COMMUNITY. **O que é IoT, a internet das coisas que dá vida aos eletrodomésticos: Como a Internet das Coisas pode nos ajudar nas tarefas diárias?**. 2023. Disponível em: <<https://www.dio.me/articles/o-que-e-iot-a-internetdas-coisas-que-da-vida-aos-eletrrodomesticos>>. Acesso em: 18 set. 2023.

DOMOTICAUSUARIOS. **Creada REDD@, Red de Demostradores de Domótica Accesible**. 2014. Disponível em: <<https://domoticausuarios.es/creada-redd-red-dedemostradores-de-domotica-accesible/>>. Acesso em: 05 out. 2023.

EASYEDA. **Uma Fácil Experiencia de EDA**. 2023. Disponível em: <<https://easyeda.com/pt>>. Acesso em: 10 out. 2023.

ELETRODEX. **Componentes Eletrônicos**. 2023. Disponível em: <https://www.eletrodex.net/loja/busca.php?loja=900872&palavra_busca=PLACA+PADRA+TIPO+ILHA>. Acesso em: 05 ago. 2023.

ELETRONWORLD. **Componentes Eletrônicos**. 2023. Disponível em: <<https://eletronworld.com.br/o-ci-555/>>. Acesso em: 18 ago. 2023.

FORP.USP. **HISTÓRICO DA ELETRICIDADE**. 2005. Disponível em: <https://www.forp.usp.br/restauradora/pg/metrologia/metrologia_eletric/hist_elet.htm>. Acesso em: 05 set. 2023.

GE REPORTS BRASIL. **Você sabe o que é Smart Grid? Tire suas dúvidas no GE Reports Brasil!** 2016. Disponível em:

<<https://gereportsbrasil.com.br/voc%C3%AAsabe-o-que-%C3%A9-smart-grid-tire-suas-d%C3%BAvidas-no-ge-reports-brasil191fc22998c4>>. Acesso em: 11 ago. 2023.

GODINHO, F. **O moderador da lista da acessibilidade**. 2010.

GOOGLE ASSISTENTE. **Pronto para ajudar, onde quer que você esteja**. 2023. Disponível em: <https://assistant.google.com/intl/pt_br/>. Acesso em: 11 out. 2023.

IEA. International Energy Agency. **Smart Grids – Technology Roadmap**. França, 2011.

MANDELMAN, M. **Análise Crítica da Matriz Energética Brasileira e a Implementação de “Smart Grid”**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – UNITAU, Taubaté, 2011.

MANZINI, E. J. **Inclusão e acessibilidade**. Revista da Sobama. v. 10, n.1, p. 31- 6, dez. 2005.

OLIVEIRA, S. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2017. Cap. 1. p. 17-19. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=E8gmDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=internet+das+coisas&ots=5QN_gbra05D&sig=>>. Acesso em: 20 ago. 2023.

MASTERWALKERSHOP. **Resistores**. 2023. Disponível em: <<https://www.masterwalkershop.com.br/resistor-de-1k-cr25-5-14w-10-unidades>>. Acesso em: 10 set. 2023.

MERCADOLIVRE. **Componentes Eletrônicos**. 2023. Disponível em: <[https://lista.mercadolivre.com.br/tomada-f%C3%AAsa-com-portafus%C3%ADvelinterruptor#D\[A:Tomada%20F%C3%AAsa%20Com%20Porta%20Fus%C3%ADvel%20Interruptor\]](https://lista.mercadolivre.com.br/tomada-f%C3%AAsa-com-portafus%C3%ADvelinterruptor#D[A:Tomada%20F%C3%AAsa%20Com%20Porta%20Fus%C3%ADvel%20Interruptor]>)>. Acesso em: 20 ago. 2023.

MQTT. **MQTT: o padrão para mensagens IoT**. 2022. Disponível em: <<https://mqtt.org/>>. Acesso em: 08 set. 2023.

NUNES, R. J. C. **Análise Comparativa de Tecnologias para Domótica**. 2002. Disponível em: <<http://domobus.net/docs/>>. Acesso em: 08 set. 2023.

OPENENERGYMONITOR. **Processo de Calibração de Sensores**. 2016. Disponível em: <<https://openenergymonitor.org/>>. Acesso em: 11 out. 2023.

PAZINI, P. H. M.; LOPES, L. F. B.. **Automação residencial de baixo custo com utilização de sistema desenvolvido em Arduino**. Revista de Pós-Graduação Faculdade Cidade Verde, v. 3, n. 1. Maringá, 2017.

PEIXOTO, J. A. **ESP8266 NodeMCU: do piscado à internet das coisas**. Porto Alegre: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Uergs), 2021. 201 p.
Disponível em: <<https://pt.calameo.com/books/005647350c64b126c49b1>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

PROTEUS. **Design e simulação de PCB facilitados**. 2023. Disponível em: <<https://www.labcenter.com/>>. Acesso em: 10 out. 2023.

ROBOCORE. **NodeMCU ESP8266-12 V2**. 2023. Disponível em: <<https://www.robocore.net/wifi/nodemcu-esp8266-12-v2#descricao>>. Acesso em: 20 out. 2023.

SILVA, C. A.; MIRANDA, V. L. D.. **Automação residencial com inteligência artificial**. Revista Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade na Engenharia Elétrica, Bebedouro SP, v. 1, n. 1, p. 48 - 70, Centro Universitário UNIFAFIBE. Bebedouro, 2018.

SOUZA, M. V.. **Domótica de baixo custo usando princípios de IoT**. 2016. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Software, Pós-graduação em Engenharia de Software, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/22029/1/MarceloVarelaDeSouza_DISERT.pdf. Acesso em: 05 out. 2023.

SMART ENERGY DB. Sistema de Gerenciamento via internet – Energia Elétrica e Utilidades. 2017. Disponível em: <https://smartenergy.com.br/>. Acesso em: 05 out. 2023.

STEVEN JR., S. L.; FARINELLI, F. A.. **Domótica: Automação residencial e casas inteligentes com Arduino e ESP8266**. São Paulo: Érica, 2019.

SUA OBRA. **Segurança e tecnologia residencial: veja a domótica**. 2023.
Disponível em: <https://www.suaobra.com.br/dicas/seguranca-e-tecnologiarresidencial-veja-a-domotica>. Acesso em: 11 ago. 2023.

TASMOTA. **Firmware de código aberto para dispositivos ES**. 2023. Disponível em: <<https://tasmota.github.io/docs/>>. Acesso em: 29 out. 2023.

VIANNA, Gabriel Pereira. **DOMÓTICA: AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM BAIXO CUSTO UTILIZANDO O ARDUINO**. 2018. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário Unifacvest, Lages, 2018. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/ddb87-6_gabriel_viana.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.

ANEXO A

O Anexo A, demonstra todos os dispositivos utilizados na construção do protótipo, apresentando assim suas funcionalidades.

NodeMCU ESP8266-12 V2 (Figura 12): placa de desenvolvimento que combina o chip ESP8266, uma interface usb-serial e um regulador de tensão 3,3V. A programação pode ser feita usando LUA ou a IDE do Arduino, utilizando a comunicação via cabo micro-usb (ROBOCORE, 2023).

Figura 12 - NodeMCU ESP8266-12 V2



Fonte: Próprio Autor (2023).

Composto por um chip Espressif que facilita a forma de compilação e comunicação por meio da entrada USB, abrindo oportunidade de ser programado através da IDE do ARDUINO, a mesma disponibiliza meio de comunicação serial e Wi-Fi abrindo formas de prototipagem (ROBOCORE, 2023).

Sensor de tensão ZMPT101B (Figura 13): capaz de detectar tensão alternada ou fazer a medição do valor de tensão. Possui diversas aplicações nas mais diversas áreas, sendo principalmente utilizado na automação residencial por ser capaz de ser

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

aplicado em projetos de monitoramento de tensão ac, se uma lâmpada está acesa ou apagada entre outras aplicações (AutoCore Robotica, 2023).

Figura 13 - Sensor de Tensão ZMPT101B



Fonte: Próprio Autor (2023).

Módulo Multiplexador Demultiplexador CD74HC4067 16 Canais (Figura 14): o Módulo Multiplexador CD74HC4067 CMOS Analógico Digital 16 Canais para arduino é um módulo eletrônico com a finalidade de multiplicar as conexões, especialmente em projetos que exigem maiores quantias de pinos do micro controlador utilizando 4 pinos digitais para controlar o fluxo de 1 pino para outros 16, permitindo ser utilizado em qualquer direção, inclusive serial e outras interfaces digitais. Muito mais que apenas ler sinais analógicos, pode ser utilizado em qualquer direção, de forma a apresentar diferentes modos de ligação e funcionalidades de acordo com a necessidade do programador (MasterWalker Shop, 2023).

Figura 14 - Módulo Multiplexador Demultiplexador CD74HC4067 16 Canais



Fonte: Próprio Autor (2023).

Mini Fonte Hi-link HLK-PM01 100~240VAC para 5V DC 600mA 3W (Figura 15):

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

funciona com tensões de entrada entre 100 e 240V AC e é capaz de fornecer até 600mA em uma tensão de 5 +/- 0.1V, o que é perfeitamente compatível com a faixa de operação segura da maioria dos microcontroladores especificados para 5V. Não é necessário qualquer outro circuito externo para a sua operação, apenas sendo recomendado o uso de um fusível na entrada. Este módulo é um componente ideal para sistemas de monitoramento ou automação residencial com baixo consumo (Cada da Robotica, 2023).

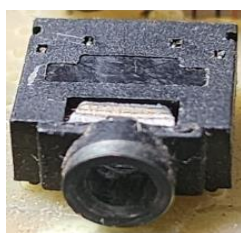
Figura 15 - Mini Fonte Hi-link HLK-PM01 100~240VAC para 5V DC 600mA 3W



Fonte: Próprio Autor (2023).

Conector Jack J2 Áudio 3.5mm (Figura 16): normalmente utilizado em projetos onde é necessária a conexão de fones de ouvido e caixas de som com esse tipo de conexão, ou até mesmo como forma de ligação de outros componentes eletrônicos, como o sensor de corrente não invasivo 30A (CASADAROBOTICA, 2023).

Figura 16 - Conector Jack J2 Áudio 3.5mm



Fonte: Próprio Autor (2023).

ULN2803 (Figura 17): trata-se de um moderno e compacto circuito Integrado utilizado para as mais diversas finalidades, em geral trata-se de um componente eletrônico que reúne outros diversos componentes capazes de executar tarefas avançadas. Muito compacto, o Circuito Integrado (CI) ULN2803 pode ser aplicado em diversos modelos de placa, possuindo 18 terminais para conexão, os quais são

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

especificados no datasheet disponível para download logo abaixo (EletronWorld, 2023).

Figura 17 - ULN2803



Fonte: Próprio Autor (2023).

CI555 (Figura 18): basicamente consiste em um circuito de grande versatilidade e diversas aplicações. Com pode projetar, por exemplo, temporizadores e osciladores. Esse CI opera em duas configurações distintas: Monoestável e Astável. Além disso, é biestável (EletronWorld, 2023).

Figura 18 - CI 555



Fonte: Próprio Autor (2023).

Sensor De Corrente (SCT-013-030) (Figura 19): uma ótima opção se você está buscando um equipamento para medir corrente até 30A e que não seja invasivo. Muito usado em projetos para monitoramento de corrente, proteção de motores AC, iluminação e dentre outros (Curto Circuito, 2023).

Figura 19 - Sensor de Corrente SCT-013-030



Fonte: Próprio Autor (2023).

Relé 5V 10A 5 terminais - 1 polo x 2 posições T73 - Corrente 10A em 125V (Figura 20): de 5V e corrente de contatos de 10A, possuindo 5 terminais, dos quais 2 são para a bobina, 1 é comum, outro é NA (Normalmente aberto) e outro NF (Normalmente fechado) em relação ao comum. Este relé pode chavear até 10A em 125V (Casa da Robótica, 2023).

Figura 20 - Relé 5V 10A 5 terminais - 1 pólo x 2 posições T73 - Corrente 10A em 125V



Fonte: Próprio Autor (2023).

Regulador de Tensão L7805 (Figura 21): Como o próprio nome sugere, é capaz de regular a tensão de saída em seu terminal, conferindo maior funcionalidade durante a criação de projetos eletrônicos, principalmente no caso de placas de circuito impresso (Casa da Robótica, 2023).

Figura 21 - Regulador de Tensão L7805



Fonte: Próprio Autor (2023).

Diodo 1N4007 (Figura 22): retificador 1N4007 da família 1N40XX é o que suporta a maior tensão reversa, por isso pode substituir todos os demais retificadores desta série, que são respectivamente 1N4000, 1N4001, 1N4002, 1N4004, 1N4005 e 1N4006 (Casa da Robótica, 2023).

Figura 22 - Diodo 1N4007



Fonte: Próprio Autor (2023).

Fusível 1A (Figura 23): Fusíveis de vidro com terminais de latão niquelado. Fusíveis de ação rápida de acordo com IEC60127-2-2D. Tamanho 5x20mm (Baú da Eletrônica, 2023).

Figura 23 - Fusível 1A



Fonte: Próprio Autor (2023).

LED de alto brilho 5mm Azul (Figura 24): tem as mesmas características que um led difuso, trata-se de um componente eletrônico bipolar, já que possui dois terminais: o ânodo e o cátodo. O terminal cujo comprimento maior é o terminal positivo e uma vez instalado errado, não há passagem de corrente elétrica, portanto, não ativando o LED. A grande vantagem em relação ao led difuso é a maior luminosidade e o menor consumo de energia (Curto Circuito, 2023).

Figura 24 - Led Alto Brilho Azul

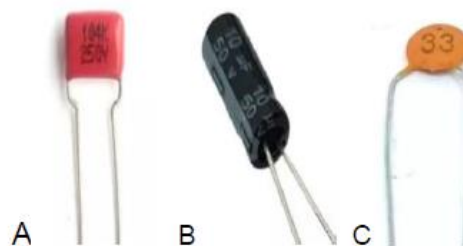


Fonte: Próprio Autor (2023).

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

Capacitores (Figura 25): são elementos reativos que reagem à passagem de corrente através do acúmulo de cargas elétricas, ou seja, o capacitor é capaz de armazenar energia eletroestática. O material dielétrico utilizado para isolar as placas geralmente dá o nome ao capacitor (cerâmica, poliéster, mica e etc.). Pode-se dizer que a principal função de um capacitor é acumular cargas elétricas em um circuito para posteriormente descarregar estas mesmas cargas (Casa da Robótica, 2023).

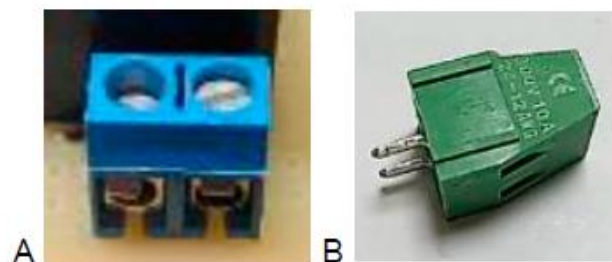
Figura 25 – Capacitores (A) Poliéster 104k 250V, (B) Eletrolítico 10Uf e (C) Cerâmico 33pF



Fonte: Próprio Autor (2023).

Conector Borne (Figura 26): a principal finalidade do conector Borne é tornar-se um terminal para fácil e rápida conexão com fios, sejam de energia ou de informação, possuindo 2 vias para fixação dos fios. Na parte inferior do conector Borne existem pequenos terminais ideais para serem soldados em placas de circuito impresso. Importante destacar ainda que em cada via do conector Borne existe um parafuso Philips que após ser colocado o fio deve ser apertado para um encaixe seguro (Eletródex, 2023).

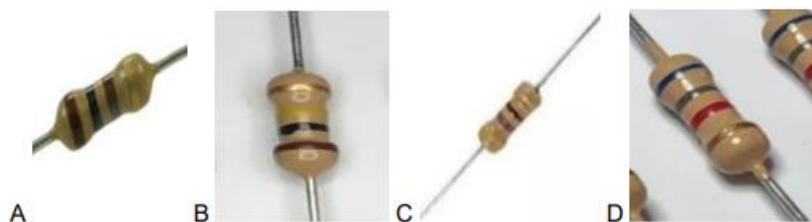
Figura 26 - Borne (A) KF-301 2T e (B) KF-128 2T



Fonte: Próprio Autor (2023).

Resistores (Figura 27): os resistores podem ser fixos ou variáveis. Neste último caso, são chamados de potenciômetros ou reostatos. O valor nominal é alterado ao girar um eixo ou deslizar uma alavanca. Um resistor ideal é um componente com uma resistência elétrica que permanece constante independentemente da tensão ou corrente elétrica que circula pelo dispositivo. O valor de um resistor de carbono pode ser facilmente identificado de acordo com as cores que apresenta na cápsula que envolve o material resistivo, ou então usando um ohmímetro (MasterWalker Shop, 2023).

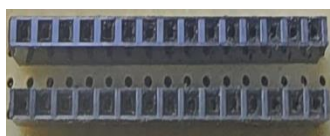
Figura 27 - Resistores (A) 1K 5%, (B) 100k 5%, (C) 470K 5%, e (D) 6.5K 5%



Fonte: Próprio Autor (2023).

Barra de soquete header fêmea 40 vias 180 graus (Figura 28): a barra de soquete header 40 pinos DIP é uma opção para facilitar o desenvolvimento do seu protótipo, pois a utilização do mesmo possibilita conexões de forma simples, rápida e muito prática em casos de alterações e reparos no circuito. Esta barra de é ainda uma opção para criar soquetes personalizados de qualquer tamanho pois o mesmo pode ser cortado no tamanho de sua preferência (Casa da Robótica, 2023).

Figura 28 - Barra de soquete header fêmea 40 vias 180 graus



Fonte: Próprio Autor (2023).

Barra de Pinos 40 vias 11,2mm 180 graus (Figura 29): além de ser compatível com as protoboards mais usuais do mercado, seu espaçamento padrão de 2,54mm permite o uso tanto em protoboard como em placas de circuito impresso. Permite

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

ainda ser facilmente destacada, dando mais flexibilidade e autonomia, com a utilização apenas da quantidade necessária (Casa da Robótica, 2023).

Figura 29 - Barra de Pinos 40 vias 11,2mm 180 graus



Fonte: Próprio Autor (2023).

Conector Múltiplo Borne 57A 10mm² Poliamida - S61363 (Figura 30): manufaturados em polipropileno ou poliamida. Material auto extingüível conforme Norma IEC 60695-2 (8502C). Terminais em latão de alta condutância. Parafusos de aperto tipo prisioneiro (Baú da Eletrônica, 2023).

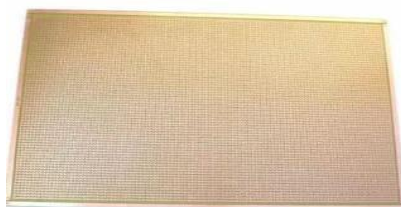
Figura 30 - Conector Múltiplo Borne 57A 10mm² Poliamida - S61363



Fonte: Próprio Autor (2023).

Placa Padrão Tipo Ilha 15x15 cm (Figura 31): este tipo de placa circuito impresso padrão é um dos modelos mais eficientes para ser aplicado em produtos que ainda estão em fase experimental e não possuem layout definitivo, possibilitando fácil alteração dos circuitos, através da mudança do curso das trilhas (Casa da Robótica, 2023).

Figura 31 - Placa Padrão Tipo Ilha



Fonte: Próprio Autor (2023).

Tomada Fêmea Com Porta Fusível Interruptor (Figura 32): tomada AC painel 10A macho com porta fusível e interruptor - uma solução inteligente e conveniente para o seu sistema elétrico. Combinando funcionalidade e segurança, essa tomada de

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

painel é projetada para fornecer um desempenho excepcional em suas necessidades de alimentação elétrica. Com seu design robusto e durável, esta tomada é ideal para uma variedade de aplicações residenciais e comerciais (Mercado Livre, 2023).

Figura 32 - Tomada Fêmea com Porta Fusível Interruptor



Fonte: Próprio Autor (2023).

Caixa Metálica Reaproveitada Preta (Figura 33): Caixa de Alumínio com Chassis de Ferro para fixação de componentes.

Figura 33 - Caixa Metálica Reaproveitada Preta



Fonte: Próprio Autor (2023).

ANEXO B – MEMORIAL DE CALIBRAÇÃO

O Anexo B, tem como objetivo, demonstra os calibramentos dos dispositivos para que os mesmos obtenham na sua execução resultados mais exatos, tornando assim o índice de erro praticamente nulo.

Memorial de Calibração

O Sensor de Tensão AC 0 a 250V Voltímetro ZMPT101B trata-se de um módulo de alta precisão que tem por sua finalidade a detecção da existência de tensão alternada excedendo a função de um voltímetro realizando a medição e dos valores de tensão em um circuito elétrico.

Este sensor de tensão é de extrema importância para o desenvolvimento de projeto de automação residencial ou industrial, pois é capaz de informa com precisão a existência de cargas em utilização, informação se uma lâmpada está acesa ou apagada, se o motor está ligado ou desligado de forma independente sem a presença ou monitoramento de uma aplicação em Web, nuvem, por interruptor ou botões. Possibilitando a implementação de projetos que tenha por sua finalidade monitorar valores de tensão alternada, sendo útil como em aplicações de voltímetro, recomendada pelo fabricante o uso da biblioteca EmonLib. Ferramenta que facilitará exibição dos valores coletados (Blog MasterWalker, 2023).

A Tabela 4 ilustra as especificações e característica do sensor de tensão.

Tabela 4: Especificações e características do O Sensor de Tensão AC 0 a 250V Voltímetro ZMPT101B.

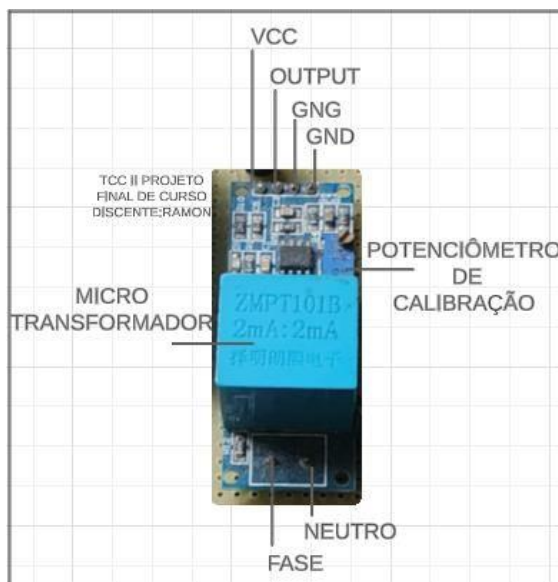
ESPECIFICAÇÕES	CARACTERÍSTICAS
Transformador	ZMPT101B
Tipo de sensor	detector de tensão / voltímetro
Tensão de alimentação do módulo	5 a 30VDC
Tensão de entrada	0 a 250VAC
Corrente de entrada nominal	2mA
Corrente de saída nominal	2mA;
Proporção	1000:1000
Faixa linear	0-1000V
Linearidade	0,2%
Isolamento tensão	4000V
Precisão de leitura	±1%
Temperatura de operação	-40° a 70° Celsius
Dimensões	22mm(L) X 20mm(A) X 51mm(C)
Peso	20g

Fonte: Blog MasterWalker (2023).

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

A Figura 34 a seguir ilustra a pinagem do sensor de tensão e a forma de ligação do mesmo.

Figura 34 - Pinagem do Sensor de Tensão



Fonte: Próprio Autor (2023).

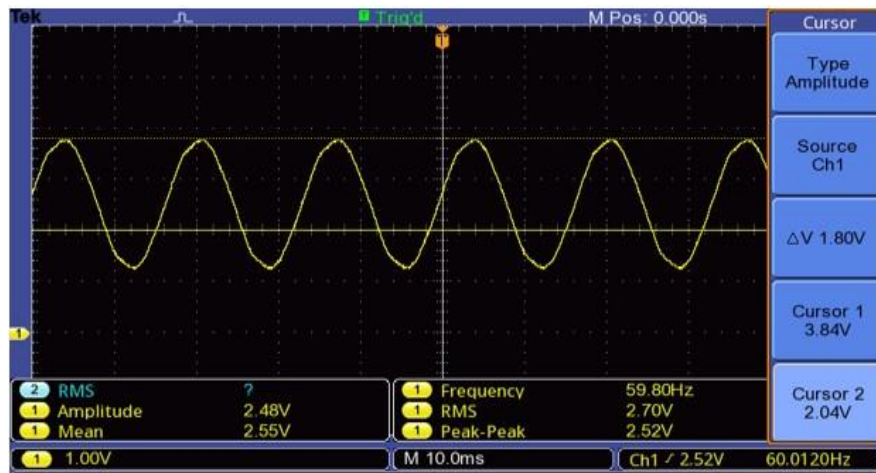
Para que o protótipo atue de forma correta, foi realizado calibrações no dispositivo para que os mesmos na sua operação obtenham resultados mais exato possível, sendo essas calibrações demonstrada abaixo.

Modo de calibração do sensor de tensão:

Para garantir o uso correto do sensor, use um osciloscópio e um multímetro com um seletor de conjunto dimensionado em uma escala de tração modificada. Adquira a resistência à tração dos fios de entrada nos conectores dos sensores Fase e Neutro. Se não for obtida uma forma de onda senoidal correta, ajuste a curva de calibração para obter uma forma de onda perfeita (Blog MasterWalker, 2023).

A Figura 35 a seguir demonstra as formas de ondas pelo osciloscópio.

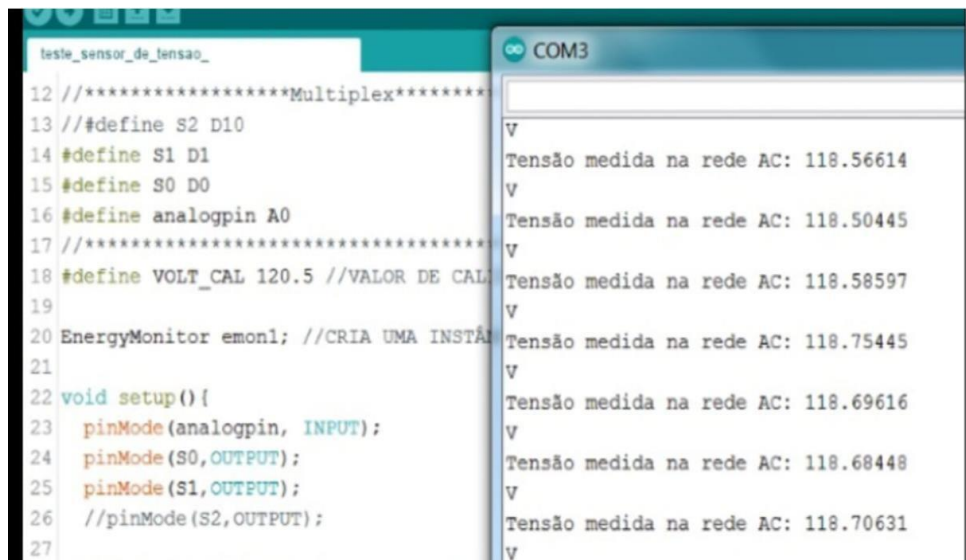
Figura 35 - Calibração do Sensor de tensão com auxílio do osciloscópio



Fonte: Próprio Autor (2023).

Após a calibração da forma de onda é necessário que abra a ferramenta de programação juntamente com biblioteca EmonLib. A Figura 36 demonstra esse processo na aba de ferramentas da biblioteca EmonLib.

Figura 36 - Calibração da tensão de rede



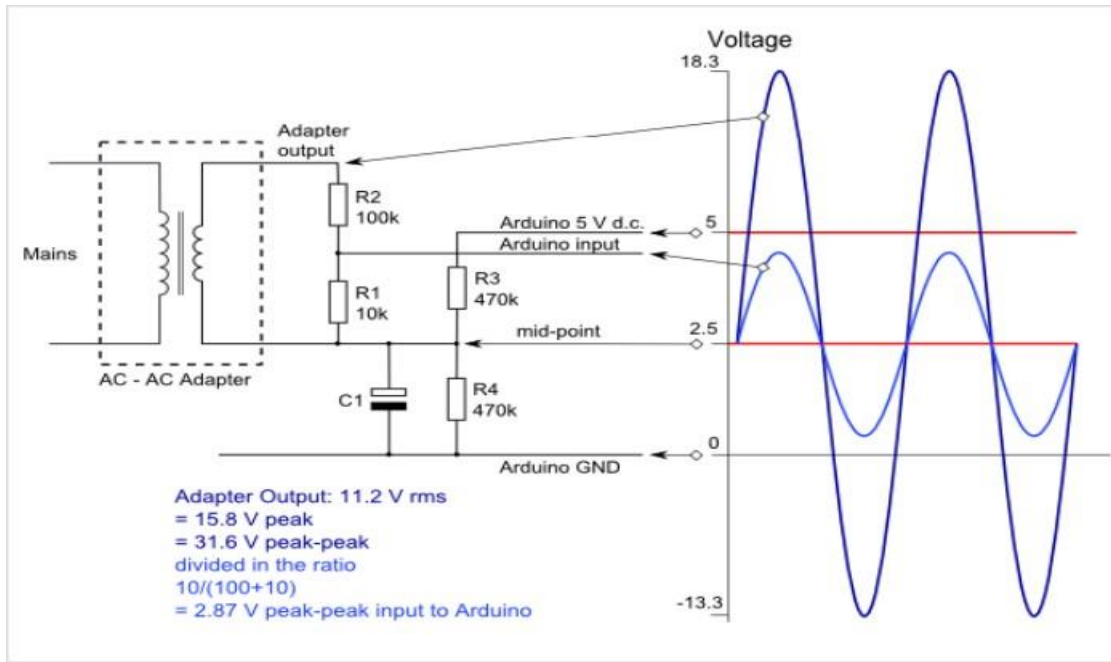
Fonte: Próprio Autor (2023).

O valor de tração do sensor é determinado através do monitor serial Arduino IDE. Quanto maior o valor, mais próximo estará da entrada do sensor ou da tração da linha. O pino de saída do sensor é conectado à entrada analógica do microcontrolador

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

e aos pinos de coleta de dados do sensor. A figura 37 demonstra o diagrama de coleta dos sensores.

Figura 37- Diagrama de coleta dos sensores



Fonte: Adaptado de Open Energy Monitor (2016).

Os resistores R_1 e R_2 formam um divisor de tensão que diminui a tensão CA do adaptador de energia. Os resistores R_3 e R_4 fornecem o viés de tensão. O capacitor C_1 fornece um caminho de baixa impedância ao terra para o sinal AC. O valor não é crítico, entre 1 μ F e 10 μ F será satisfatório. R_1 e R_2 precisam ser escolhidos para fornecer uma saída de voltagem de pico de 1V. Para um adaptador CA-CA com uma saída de 9V RMS, uma combinação de resistor de 10k para R_1 e 100k para R_2 seria adequada, conforme Equação 1:

$$V_{PicoOUT} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{PicoIN} = \frac{10K}{10K + 100K} \times 12,7V \quad (1)$$

Portanto:

$$V_{PicoOUT} = 1,15V \quad (2)$$

A polarização de tensão fornecida por R_3 e R_4 deve ser metade da tensão de alimentação do microcontrolador. Como tal, R_3 e R_4 precisam ser de igual resistência. Maior resistência, reduz o consumo de energia. Para uma bateria, onde o baixo consumo de energia é importante, usamos resistores de 470k para R_3 e R_4 e para se ter uma melhora na resolução do arduino, fazendo com que a corrente fique dentro da faixa de operação de tensão, deve-se utilizar a metade da tensão máxima do arduino: 2,5V. Portanto: Se o microcontrolador estiver funcionando a 5V, a forma de onda resultante terá um pico positivo de:

$$P_{Positivo} = 2,5 + 1,15 = 3,65V \quad (3)$$

Já a forma de onda resultante do pico negativo será:

$$P_{Negativo} = 2,5 - 1,15 = 1,35V \quad (4)$$

Satisfazendo os requisitos de tensão de entrada analógica do microcontrolador. Isso também deixa algum "espaço livre" para minimizar o risco de excesso ou de baixa tensão. A combinação de 10k e 100k, R1 e R2 funciona bem alimentado a 3,3V, com um pico positivo de 2,8V e um pico negativo de 0,5V.

Sensor de corrente SCT-013:

Segundo dados Blog.Amds4 (2023), transformadores de corrente (CTs) são sensores que medem corrente alternada (CA). Eles são particularmente úteis para medir o consumo ou a geração de eletricidade em toda a instalação. O tipo de núcleo dividido pode ser preso ao fio vivo ou neutro que entra na instalação, sem a necessidade de fazer nenhum trabalho elétrico de alta tensão.

Como qualquer outro transformador, um transformador de corrente tem um enrolamento primário, um núcleo magnético e um enrolamento secundário. No caso de monitoramento de toda instalação, o enrolamento primário é o fio vivo ou neutro que entra na instalação, que é passado pela abertura no TC. O enrolamento secundário é feito de muitas voltas de fio fino alojado dentro da caixa do transformador. A corrente alternada que flui no primário produz um campo magnético no núcleo, que induz uma corrente no circuito de enrolamento secundário. A corrente no enrolamento secundário é proporcional à corrente que flui no enrolamento primário:

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

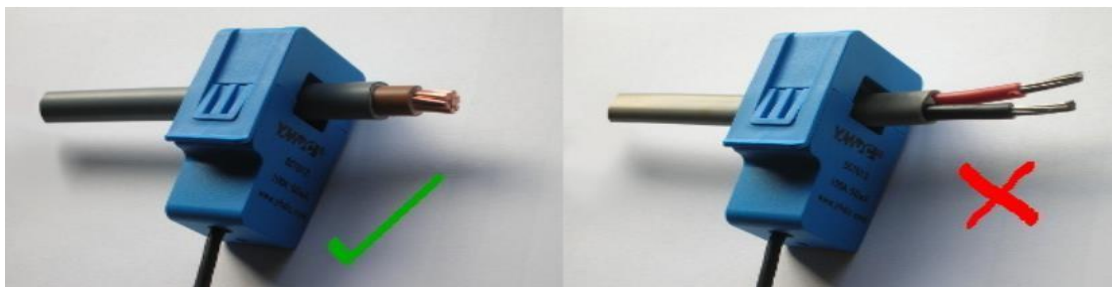
$$EU_{\text{Secundário}} = CT_{\text{transformaRatio}} \times I_{\text{Primário}} \quad (5)$$

$$CT_{\text{turnRatio}} = \frac{GIRA_{\text{primário}}}{GIRA_{\text{secundário}}} \quad (6)$$

O número de voltas secundárias no TC utilizado é de 2000, então a corrente no secundário é um 2000 da corrente no primário. Normalmente, essa relação é escrita em termos de correntes em ampére por exemplo, 100:5 (para um medidor de 5A, escala de 0 - 100A). A relação para o TC acima seria normalmente escrita como 100:0,05.

Nota de Segurança: Um TC nunca deve estar aberto quando conectado a um condutor de corrente, pois é potencialmente perigoso em um circuito aberto. Alguns TCs possuem proteção embutida, como os diodos Zener, enquanto outros possuem resistência embutida, tornando-os inseguros em um circuito aberto. Forma correta de utilização do transformador atual deve ser instado em um fio de transporte de corrente. A Figura 38 ilustra a forma correta de utilizar o sensor de corrente.

Figura 38 - Posicionamento correto para coleta



Fonte: Open Energy Monitor (2016).

Resistor de Carga:

Um TC de "saída de corrente" precisa ser usado com um resistor de sobrecarga. O resistor de sobrecarga completa ou fecha o circuito secundário do TC. O valor da carga é escolhido para fornecer uma tensão proporcional à corrente secundária. O valor da carga precisa ser baixo o suficiente para evitar a saturação do núcleo do TC (Open Energy Monitor, 2016).

Cálculo do Resistor de Carga:

Se o sensor CT é um tipo de "saída de corrente", como o *YHDC SCT-013-000*, o sinal de corrente precisa ser convertido em um sinal de tensão com um resistor de sobrecarga. Se for um TC de saída de voltagem, pode pular este passo e deixar de fora o resistor de sobrecarga, já que o resistor de sobrecarga está embutido no TC.

Escolha o intervalo atual que você deseja medir:

O CT *YHDC SCT-013-000* tem um intervalo de corrente de 0 a 100A. Para este exemplo, vamos escolher 100A como a nossa corrente máxima. Converta a corrente máxima de RMS em corrente de pico, multiplicando por $\sqrt{2}$.

$$I_{p1} = I_{rms} \times \sqrt{2} = 100A \times 1,414 = 141,4A \quad (7)$$

Divida a corrente de pico pelo número de voltas no TC para fornecer a corrente de pico na bobina secundária.

O CT *YHDC SCT-013-000* tem 2000 voltas, portanto a corrente de pico secundária será:

$$I_{p2} = \frac{141,4}{2000} = 70,7mA \quad (8)$$

Para maximizar a resolução da medição, a tensão no resistor de sobrecarga na corrente de pico deve ser igual a metade da tensão de referência analógica do micro controlador (K/2). (K= valor igual a metade da tensão de referência analógica do microcontrolador).

Se você estiver usando um arduino rodando a 5V: K/2 será de 2,5 Volts. Então a resistência ideal será: Resistência de sobrecarga ideal = (K/2).

$$CP_{secundário} = \frac{2,5V}{70,7mA} = 35,4 \text{ ohms} \quad (9)$$

Esse valor de resistência não é comum. Os valores mais próximos de cada lado de 35Ω são 39Ω e 33Ω. Escolha sempre o valor menor ou a corrente de carga máxima criará uma tensão maior que K. Recomendamos uma carga de $33 \pm 1\%$. Em alguns casos, o uso de dois resistores em série será mais próximo do valor de carga ideal.

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

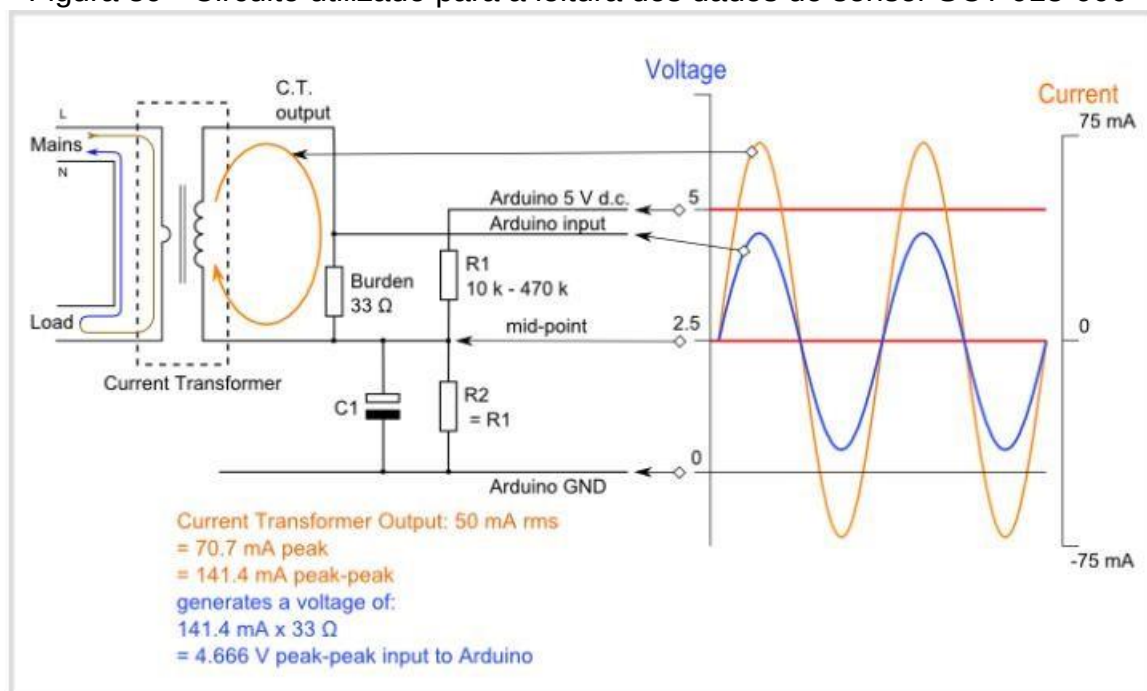
Quanto mais distante do ideal for o valor, menor será a precisão. Aqui estão os mesmos cálculos acima, em uma forma mais compacta:

$$R_{carga} = \frac{K \times CT}{2\sqrt{2} \times I_{p1}} \quad (10)$$

Finalizado a parte do cálculo de resistor de carga, a figura 39 a seguir demonstra um circuito de coleta sendo utilizados para leitura dos dados.

Circuito e coleta:

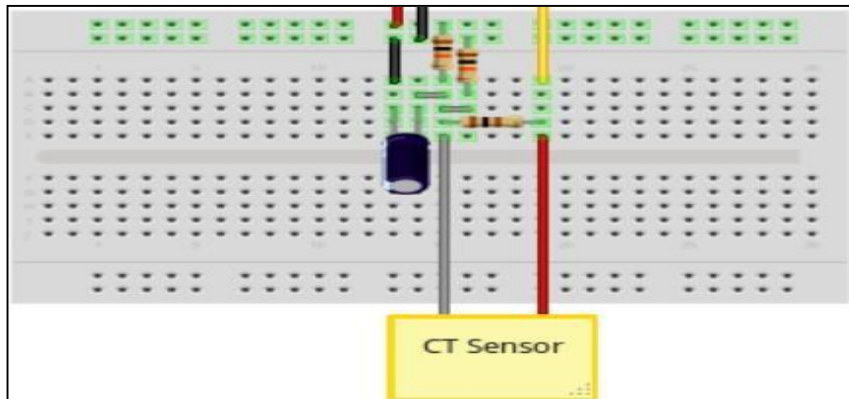
Figura 39 - Circuito utilizado para a leitura dos dados do sensor SCT 013-000



Fonte: Adaptado de Open Energy Monitor (2016).

Os resistores R1 e R2 no diagrama de circuito acima são um divisor de tensão que fornece a fonte de 2,5V. O capacitor C1 tem uma baixa reatância - algumas centenas de ohms - e fornece um caminho para a corrente alternada para contornar o resistor. Foi utilizado um capacitor com o valor de 10 μF. Em uma protoboard (placa de ensaio para montagem de circuitos), o circuito ficará como na Figura 40:

Figura 40 - Circuito do sensor de corrente



Fonte: Open Energy Monitor (2016).

Eletrônica de coleta de corrente:

- 1 x sensor CT YHDC SCT-013-000;
- 1 x Resistência de carga 18 Ohms se a tensão de alimentação for 3.3V, ou 33 Ohms se a tensão de alimentação for 5V;
- 2 x 10k Ohm resistências (ou qualquer par de resistor de valor igual até 470k Ohm);
- 1 x Capacitor 10uF.

Porque calibrar:

É difícil fabricar alguma coisa com precisão absoluta. Em termos gerais, quanto mais preciso algo é fabricado, mais caro ele é. Considere a entrada de corrente como um “exemplo” relativamente simples. Se assumir, por enquanto que não se tem os erros no esboço, temos 3 fatores físicos que contribuirão para a incerteza no valor que lemos para a corrente. Esses são:

- A taxa de transferência do transformador de corrente;
- O valor do resistor de carga;
- A precisão com que a tensão de carga é medida.

A calibração é um meio que busca corrigir a primeira delas e, se executada regularmente, também corrigirá a segunda. A menos que você seja capaz de remover

ou proteger seu dispositivo de influências externas, geralmente há muito pouco que você pode fazer para combater seus efeitos.

Uma avaliação completa das fontes de erro na medição. No pior dos casos, a medição de potência real ou aparente pode estar com erro de aproximadamente 13,36% sem calibração com a calibração contra um multímetro de preço razoável, a precisão deve ser em torno de 8%.

Método de Calibração:

Isso se aplica igualmente ao emonPi, ao emonTx, ao emonTx Shield e a uma placa do Arduino, ou a uma versão personalizada ou de protótipo).

Você vai precisar de:

- Um multímetro ou voltímetro para medir sua tensão de rede;
- O mesmo multímetro ou um amperímetro para medir a corrente;
- Uma carga resistiva. por exemplo, uma chaleira, aquecedor elétrico, etc.

Pontos a ter em conta:

- A carga deve aproximar a corrente, mas menor que o máximo que o medidor pode medir;
- Usar uma pequena carga de teste, como uma lâmpada de 40, 60 ou 100 W, não produzirá resultados corretos (Open Energy Monitor, 2016).

Se você não tiver um multímetro ou não tiver certeza de poder medir sua rede com segurança, poderá usar um medidor de energia plug-in. Nesse caso, no procedimento a seguir, você usa as leituras do medidor de energia para tensão e corrente, em vez do multímetro. Se você não possui nenhum medidor, veja abaixo os coeficientes de calibração comuns.

Segundo dados da Open Energy Monitor (2016), o processo de calibração é dado da seguinte forma: medição da tensão da rede e ajuste da constante de tensão 127.0 em linhas como esta: `emonTx.power1 = ct1.calcIrms(1480) * 127.0;` ou `const byte Vrms = 220;`

Para o valor médio que você lê ou ajusta a constante de calibração de tensão 162.5 Voltagem em linhas como: `ct1.voltageTX(162, 1.7);` ou `const float Vcal = 284.9667;` para que a voltagem informada pela `emonTx` seja a mesma que você mediu com o seu medidor. O novo coeficiente de calibração pode ser calculado por: $\text{Nova calibração} = \text{calibração existente} \times (\text{leitura correta} \div \text{Monitor Serial lido})$:

Após, insere-se o medidor em série com a carga e prenda o transformador de corrente em um dos condutores. Conecte à rede elétrica, meça a corrente e ajuste a constante de calibração atual 111.1 (ou 90.9 ou 60.6) em linhas como está: `ct1.currentTX(1, 111.1);` Resistor de (18 Ohms) ou `const. float Ical = 90.9;` Resistor de (22 Ohms).

Para que a corrente reportada seja a mesma que você mede. Verifique as instruções do seu medidor, caso haja um limite de tempo para fazer a medição. Se houver, você deve fazer a medição rapidamente e dar tempo suficiente para que o medidor esfrie antes de repetir.

Se você estiver usando a entrada de tensão, com a carga conectada ajuste a calibração do ângulo de fase 1.7 em linhas como está: `ct1.voltageTX(236.39, 1.7);` ou `const float phase_shift = 1.7;` de modo que a potência real e a potência aparente leiam o mesmo valor (e o fator de potência é o mais próximo possível de 1,00). Seu medidor não é necessário para isso. O coeficiente de calibração de fase não deve normalmente sair do intervalo 0.0 - 2.0.

Verifique a calibração de tensão novamente. Pode ser necessário um pequeno ajuste se a calibração do ângulo de fase for alterada significativamente. Verifique novamente a calibração do ângulo de fase.

Calibração teórica do Sensor CT:

- $\text{Relação CT / Resistência de sobrecarga} = (100\text{A} / 0.05\text{A}) / 18 \text{ Ohms} = 111.1;$
- $\text{Relação CT / Resistência de sobrecarga} = (100^a / 0.05\text{A}) / 22 \text{ Ohms} = 90.9;$
- $\text{Relação CT / resistência de sobrecarga} = (100\text{A} / 0.05\text{A}) / 120 \text{ Ohms} = 16,67;$
- $\text{Relação CT / resistência de sobrecarga} = (100\text{A} / 0.05\text{A}) / 33 \text{ Ohms} = 60.6.$

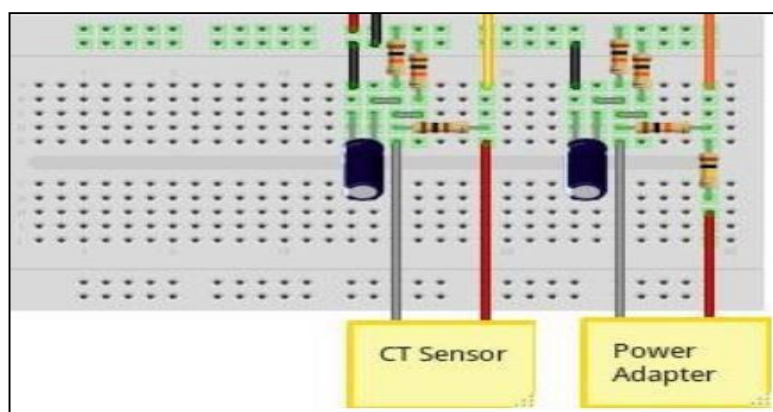
Na prática:

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

A TC tem uma precisão declarada de $\pm 3\%$. O resistor de carga do TC é um componente de tolerância de 1%, portanto, o erro total deve ser menor que 4%. Portanto, o intervalo esperado para a calibração do CT para o primeiro é de 106,66 a 115,54 (58,18 a 63,02 para o segundo), desde que a referência interna tenha sido calibrada com precisão. Como o firmware do microcontrolador não usa a referência interna por padrão, um adicional de 1% deve ser adicionado para a tolerância do regulador de tensão e, portanto, o intervalo esperado deve ser de 79,42 a 86,37.

A Figura 41 ilustra a atuação simultânea do sensor de tensão e corrente.

Figura 41 - Circuito do sensor tensão e corrente ligado em simultaneamente



Fonte: Open Energy Monitor (2016).

Segundo dados da Open Energy Monitor (2016), as formas de detecção de tensão e corrente é dada por:

Eletrônica de detecção de tensão:

- 1x Adaptador de Alimentação AC-AC de 9V;
- 1x100kOhm resistor para redutor de tensão de redução;
- 1x 10kOhm resistor para redutor de tensão de redução;
- 2x 470kOhm (para divisor de tensão, qualquer par de resistor de valor correspondente a 10K);
- 1x 10uF capacitor.

Eletrônica de detecção de corrente:

- 1x sensor CT SCT-013-000;

*Artigo Científico apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Elétrica - Faculdade Madre Thaís, dezembro de 2023.*

- 1x Resistência de carga 18 Ohms se a tensão de alimentação for 3.3V ou 33 Ohms se a tensão de alimentação for 5V;
- 2x 470kOhm (para divisor de tensão, qualquer par de resistor de valor correspondente a 10K);
- 1x 10uF capacitor.

Multiplexador analógico (CD74HC4067): transdutor de informação responsável por executar e transmitir as leituras das informações coletada por meio dos pinos de saída que está ligado diretamente a porta Analógica do microcontrolador.

Microcontrolador ESP8266: componente central que realiza diversas atividades como: conexão direta com a rede Wi-fi, recepção dos dados coletado através chip multiplexador, acionamento das portas digitais possibilitando direcionar os dados para o CI de carga.

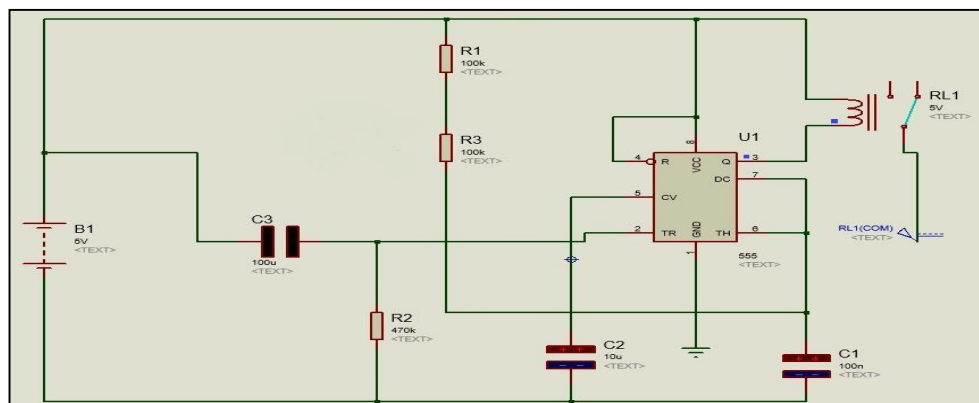
CI ULN 2803: usado no projeto como um CI direcionador de sinal, componente aplicado para executar a função de ordenar e projetar as cargas que será acionada quando o micro controlador enviar o sinal de acionamento.

CI555: aplicado ao circuito para executar sistema de proteção das bobinas dos relés, projetado para retarda a entrada do circuito de carga (Relé). Com tempo estimado em até 10 seg. Após esse tempo, o mesmo o circuito permite a passagem da energia e assim a carga executa sua atividade normal.

Memorial de Cálculo:

Inserido ao projeto um circuito temporizador (Figura 42) para realizar a proteção das cargas evitando o acionamento indesejado dos relés em caso de estados aleatório durante o processo de inicialização do projeto. O tempo determinado para acionamento foi de 5 segundos, tempo suficiente para o microcontrolador iniciar e manter a comunicação com a nuvem e obter informação dos estados das chaves.

Figura 42 - Circuito temporizador



Fonte: Próprio Autor (2023).

Cálculo:

$$T = 1,1 \times R \times C;$$

$$T = 1,1 \times 470K \times 10\mu F; T$$

$$= 5,17 \text{ segundos.}$$