



Universidade Federal do Amazonas

Faculdade de Tecnologia
Engenharia Elétrica - Eletrônica

Sistema de Gerenciamento e Controle do Consumo de Energia Elétrica para Condicionadores de Ar Baseado em Internet das Coisas

Magno Aguiar de Carvalho

Manaus – Amazonas

Fevereiro de 2019

Magno Aguiar de Carvalho

Sistema de Gerenciamento e Controle do Consumo de Energia Elétrica para Condicionadores de Ar Baseado em Internet das Coisas

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica - Eletrônica da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Vicente Ferreira de Lucena Junior

Resumo

Palavras-chave: .

Abstract

Keywords: .

Sumário

Lista de Algoritmos	iii
Abreviações	iv
1 Introdução	1
1.1 Objetivo Geral	1
1.2 Objetivos Específicos	1
1.3 Organização do trabalho	1
2 Fundamentação Teórica	2
2.1 Internet das Coisas	2
2.2 Wi-Fi	2
2.3 Protocolo MQTT	2
2.4 Topologias de Medição	2
2.4.1 Métodos de medição de energia elétrica	2
2.5 Dispositivos de Chaveamento elétrico	2
3 Arquitetura	3
4 Desenvolvimento	4
4.1 <i>Hardware</i>	4
4.1.1 Componentes utilizados	5
4.1.2 Esquemáticos elétricos	6
4.1.3 <i>Layout</i> da PCB	6
4.1.4 Fabricação	6
4.1.5 Módulo placa de automação de refrigeração residencial	6

4.2	<i>Firmware</i>	6
4.2.1	Comunicação Wi-Fi e MQTT	7
4.2.2	Monitoramento de presença humana	7
4.2.3	Monitoramento da qualidade da energia elétrica	7
4.3	<i>Software</i>	7
4.3.1	Interação com a Placa de Automação de Refrigeração Residencial . . .	7
5	Testes e Avaliação de Desempenho	8
6	Conclusão	9
A	Esquemáticos Elétricos	10
	Referências Bibliográficas	13

Lista de Algoritmos

Abreviações

PCB - Placa de circuito impresso - do inglês *Printed Circuit Board*

USB - Barramento universal serial - do inglês *Universal Serial Bus*

I2C - Circuito inter-integrado - do inglês *Inter-Integrated Circuit*

UART - Receptor-transmissor universal assíncrono - do inglês *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*

MQTT - Protocolo de mensagens entre máquinas - do inglês *Message Queuing Telemetry Transport*

LED - Diodo emissor de luz - do inglês *Light-Emitting Diode*

OTA - pelo ar - do inglês *Over-The-Air*

Capítulo 1

Introdução

1.1 Objetivo Geral

1.2 Objetivos Específicos

1.3 Organização do trabalho

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1 Internet das Coisas

2.2 Wi-Fi

2.3 Protocolo MQTT

2.4 Topologias de Medição

2.4.1 Métodos de medição de energia elétrica

2.5 Dispositivos de Chaveamento elétrico

Capítulo 3

Arquitetura

Capítulo 4

Desenvolvimento

Este capítulo apresenta detalhadamente o que foi feito para desenvolver e implementar o sistema de gerenciamento e controle de um condicionador de ar, levando em conta 3 pilares principais: *Hardware*, *Firmware* e *Software*.

4.1 *Hardware*

O desenvolvimento do *hardware* iniciou-se com o levantamento dos circuitos elétricos necessários para cumprir as funções requeridas conforme a concepção do projeto, sendo eles: Circuito de Conexão com *Wi-Fi*, Circuito de Ativação do Condicionador de Ar e Circuito de Medição da Qualidade e Consumo da Energia Elétrica. O Circuito de Conexão com *Wi-Fi* é responsável por trocar informações com o aplicativo mobile, utilizando o protocolo MQTT. O Circuito de Ativação do Condicionador de Ar é responsável por permitir ou não a alimentação elétrica desse dispositivo. E o Circuito de Medição da Qualidade e Consumo da Energia Elétrica é responsável por realizar as medições provenientes da rede elétrica como tensão, corrente, fator de potência e frequência.

A elaboração da PCB contendo os circuitos foi dividida em 4 partes principais: a escolha dos componentes a serem usados em cada circuito, o desenvolvimento dos esquemáticos elétricos, o desenvolvimento do *layout* da placa de circuito impresso (PCB) e a prototipagem da PCB.

4.1.1 Componentes utilizados

Para realizar a escolha dos componentes foi levado em conta principalmente o custo, visando tornar o produto atrativo ao usuário final, ou seja, o consumidor.

Para suprir as funcionalidades do Circuito de Conexão com *Wi-Fi*, foi escolhido o módulo ESP12-F, representado na figura 4.1, que contém um microcontrolador juntamente com o circuito de radio-frequência (RF) para o *Wi-Fi* e um LED indicativo. O microcontrolador contido no módulo é o ESP8266EX, representado na figura 4.2, e suas principais características são [1]:

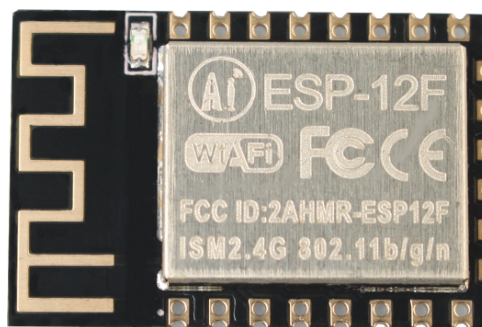


Figura 4.1: Módulo ESP12-F [2].



Figura 4.2: Microcontrolador ESP8266EX [3].

- Microprocessador de 32 bits;
- *Wi-Fi* integrado sob o protocolo 802.11 b/g/n, na frequência de 2.4GHz;
- Interface periféricas: UART, SDIO, SPI, I2C, I2S, GPIO, ADC e PWM;
- Tensão de operação: 2,5V a 3,6V;

- Corrente de operação: em média 80mA;
- Tamanho: 5 mm x 5 mm;
- 32 pinos;
- Interface de gravação tanto por UART, quanto por *over-the-air* (OTA).
- Até 4 perfis de baixo consumo de energia.

4.1.2 Esquemáticos elétricos

4.1.3 *Layout* da PCB

Para realizar o *layout* da PCB, foi necessário levar em conta os pontos críticos do circuito, que foram:

1. Apresentar tensão alternada de 110 ou 220 volts nominal, para alimentação do circuito mostrado nas Imagens A.2, A.3 e A.1, e os terminais de controle da contatora.
2. Apresentar um LED

4.1.4 Fabricação

4.1.5 Módulo placa de automação de refrigeração residencial

4.2 *Firmware*

Para elaboração inicial do *firmware*, foi utilizado o módulo NodeMCU Lolin, mostrado na figura 4.3, que contém um módulo ESP-12E porém com os circuitos de alimentação e gravação por interface USB já embutidos nele. Esta metodologia de utilizar um módulo pronto foi utilizada com intuito de diminuir o tempo gasto com a elaboração de um circuito para gravação do microcontrolador e também para permitir o desenvolvimento do *firmware* antes do término da fabricação, montagem dos componentes e testes elétricos da PCB.

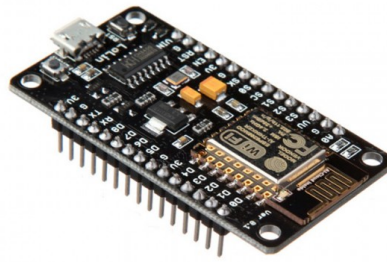


Figura 4.3: Módulo NodeMCU Lo11n.

4.2.1 Comunicação Wi-Fi e MQTT

4.2.2 Monitoramento de presença humana

4.2.3 Monitoramento da qualidade da energia elétrica

4.3 *Software*

4.3.1 Interação com a Placa de Automação de Refrigeração Residencial

4.3.1.1 Comunicação

4.3.1.2 Requisição de Ligar e Desligar o Aparelho Ar Condicionado

4.3.1.3 Requisição para Obtenção de Dados da Qualidade da Energia Elétrica

Capítulo 5

Testes e Avaliação de Desempenho

Capítulo 6

Conclusão

Apêndice A

Esquemáticos Elétricos

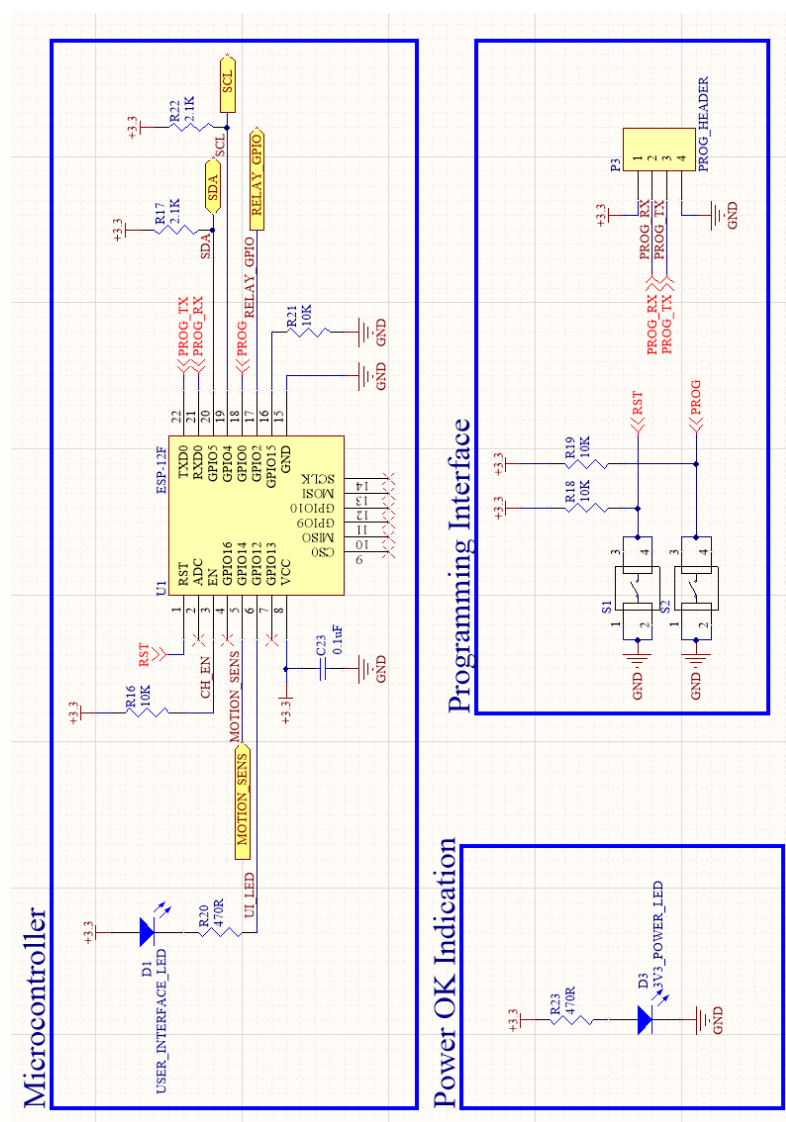


Figura A.1: Esquemático elétrico referente ao microcontrolador.

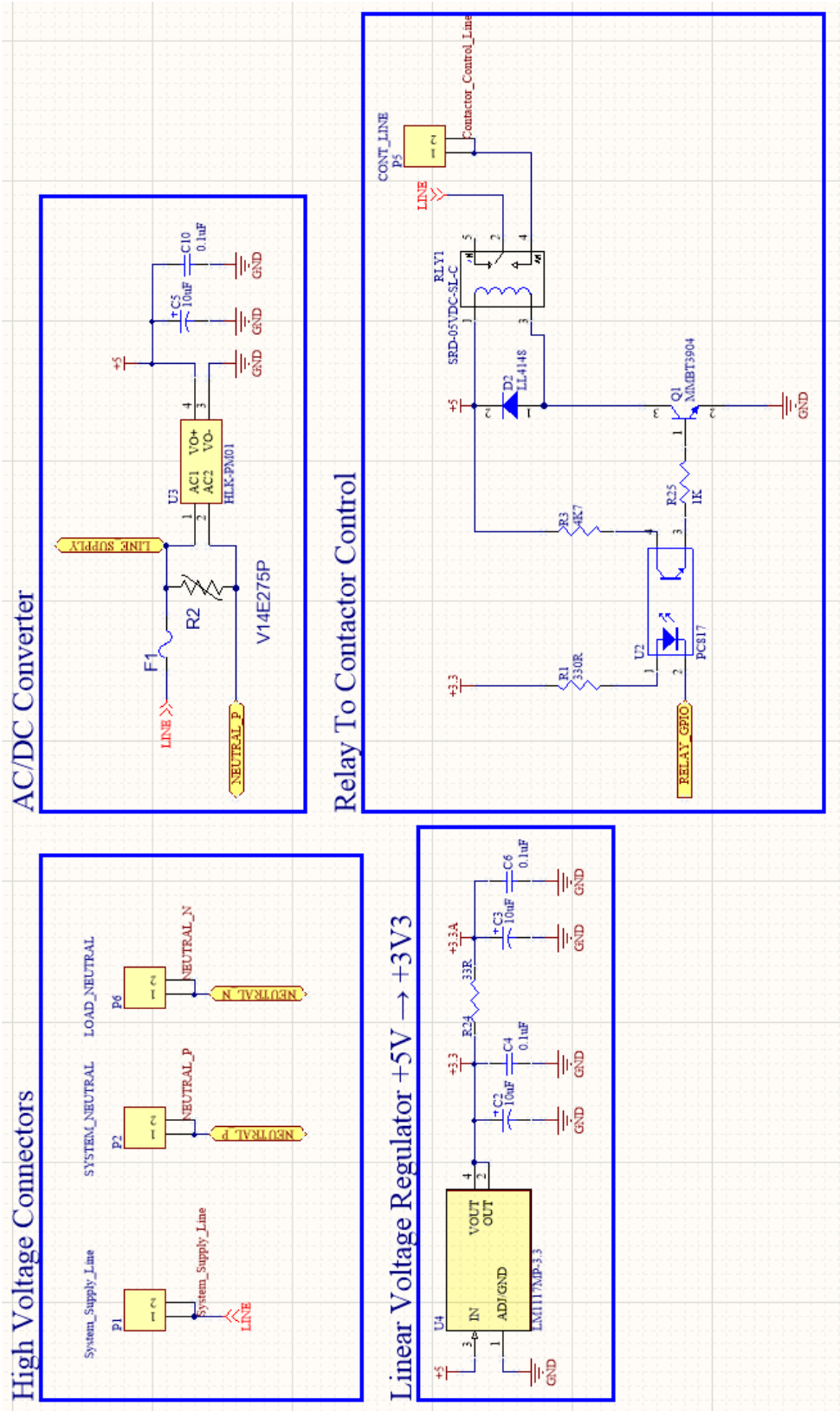


Figura A.2: Esquemático elétrico da alimentação do circuito.

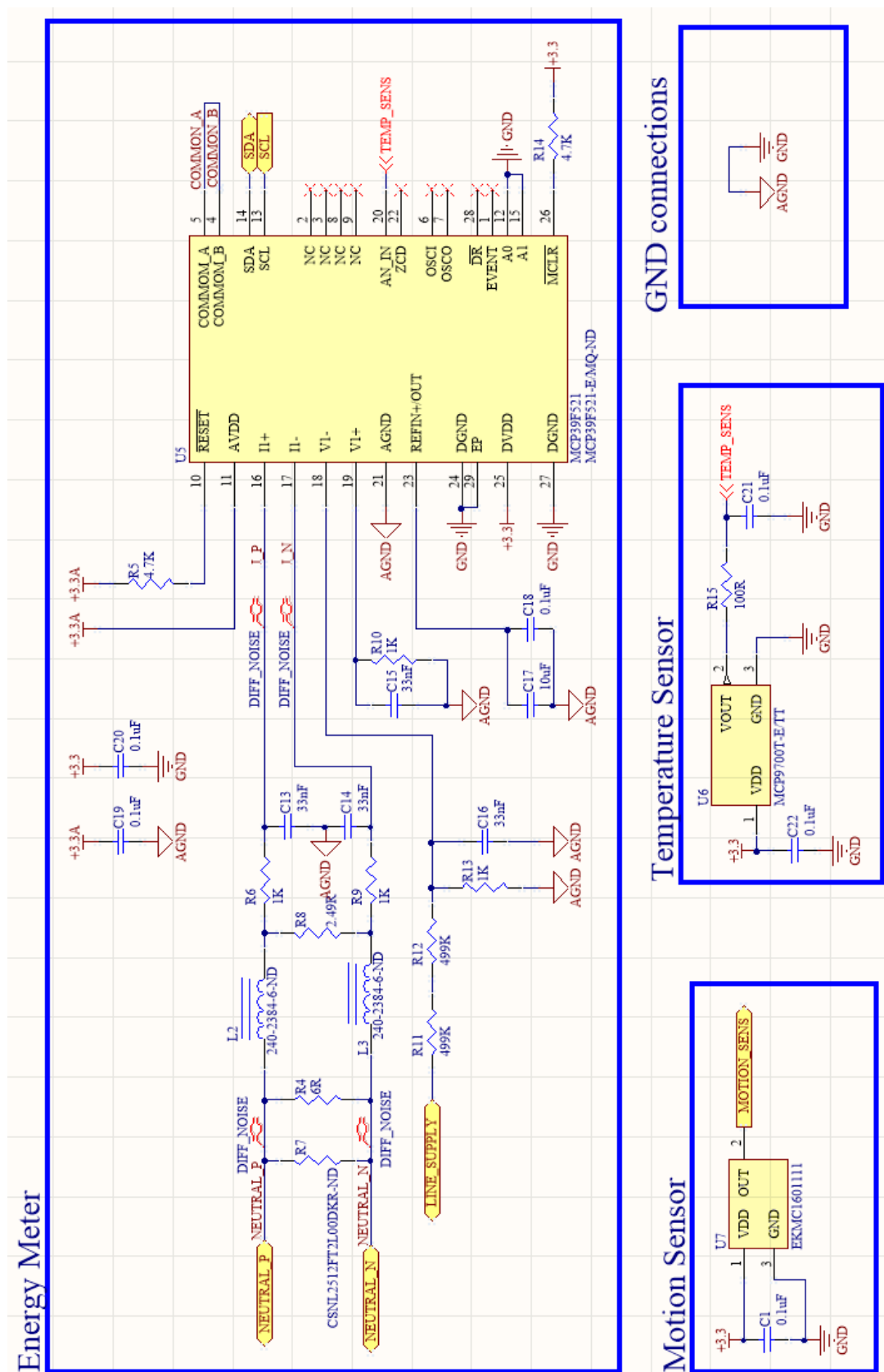


Figura A.3: Esquemático elétrico do sistema de medição da energia elétrica.

Referências Bibliográficas

[1] SYSTEMS, E. Esp8266ex datasheet. 2018.

[2] AI-THINKER. *ESP-12F WiFi*. 2017. Disponível em: <<https://www.ai-thinker.com/home>>.

[3] ELECTRONICS, D.-K. *ESP8266EX*. 2017. Disponível em: <<https://www.digikey.com/product-detail/en/espressif-systems/ESP8266EX/1904-1001-1-ND/8028408>>.