



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

PLATENY DE BRITO PONCHET

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Agosto de 2016

PLATENY DE BRITO PONCHET

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Sistemas Embarcados

Orientador:

Professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra

Campina Grande, Paraíba
Agosto de 2016

PLATENY DE BRITO PONCHET

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Sistemas Embarcados

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais, Severina Mouzinho de Brito Souza e Cláudio Ponchet de Souza, que sempre lutaram para que eu tivesse um futuro digno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela minha vida e pelos dons que me foram confiados, sem os quais não teria tido êxito nesta caminhada.

Agradeço também aos meus pais, Severina e Cláudio, por sempre terem se dedicado, se esforçado e, apesar de todas as dificuldades, sempre me proporcionaram a melhor educação e liberdade para me dedicar somente a meus estudos.

Agradeço também a minha família e amigos, todos aqueles que me ajudaram de alguma forma a vencer todos os obstáculos que enfrentei na vida. E em especial, agradeço a minha namorada, Anna Prycilla, por estar me apoiando e me dando forças neste fim de curso.

Agradeço também ao Professor Chagas, por ter aceitado me orientar neste estágio, e a Eloi Rocha, por ter me dado a oportunidade de estagiar na Smartiks.

“Não perca mais tempo com o que não faz a vida valer a pena.”

Mensagem Brasil.

RESUMO

Neste relatório estão descritas as atividades desenvolvidas pelo aluno Plateny de Brito Ponchet durante a realização do estágio integrado na empresa SMARTIKS TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO LTDA – ME, localizada em Campina Grande – PB, sob orientação do professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra no período de 10 de março a 4 de julho de 2016. Ao longo do estágio, foi possível: avaliar e testar circuitos integrados de tecnologias recentes, implementar sistemas embarcados medidores de potência com conexão WiFi, desenvolver placa de circuito impresso, trabalhar com protocolo de comunicação HTTP e realizar experimentos com medição de potência em residências.

Palavras-chave: Smartiks, Sistema Embarcado, Medidor de Potência, WiFi.

ABSTRACT

This report describes the activities developed by the student Plateny de Brito Ponchet during the implementation of the Integrated Stage in SMARTIKS TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO LTD - ME, located in Campina Grande - PB, under Professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra from March 10 to July 4, 2016. During the stage, it was possible to: evaluate and test integrated circuits of recent technologies, implement embedded systems power meters with WiFi connection, develop printed circuit board, working with HTTP communication protocol and perform power measurement experiments in homes.

Keywords: Smartiks, Embedded Systems, Power Meter, WiFi.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Primeiro Smart Meter	18
Figura 2 - ACS712	19
Figura 3 – Arduino IDE.....	20
Figura 4 - SCT-013 30A.....	21
Figura 5 – ESP-12	22
Figura 6 - ESP-13	23
Figura 7 - CS5490	24
Figura 8 - Primeiro <i>Smart Meter</i> com esp8266 e CS5490.....	25
Figura 9 - Placa medidor monofásico	25
Figura 10 - ACS-758	26
Figura 11 - Medidor monofásico na caixa	26
Figura 12 - Primeiro medidor instalado.....	27
Figura 13 – Modelo da placa convertida do medidor monofasico.....	27
Figura 14 - Placa convertida do medidor monofásico	28
Figura 15 - Display OLED	29
Figura 16 - Bateria lipo.....	29
Figura 17 - Placa padrão medidor trifásico.....	30
Figura 18 - Esquemático medidor monofásico	33
Figura 19 - Esquemático medidor trifásico	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- PMIC (*Power Meter Integrated Circuit* – Circuito Integrado Medidor de Potência);
- IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos);
- HTTP (*Hypertext Transfer Protocol* – Protocolo de Transferência de Hipertexto);
- P&D (Pesquisa e Desenvolvimento);
- IDE (*Integrated Development Environment* – Ambiente de Desenvolvimento Integrado);
- RMS (*Root Mean Square* – Raiz do valor quadrático médio).

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de Ilustrações.....	ix
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	x
Sumário.....	xi
1 Introdução.....	12
2 Local do Estágio.....	13
3 O Estágio.....	14
3.1 Smart Grids.....	14
3.2 O Projeto.....	14
3.3 Objetivos do Projeto.....	16
3.4 Atividades Realizadas.....	17
3.4.1 Arduino Yun Invasivo Monofásico.....	17
3.4.2 Arduino Yun Não Invasivo Monofásico.....	20
3.4.3 ESP8266 Invasivo Monofásico.....	21
3.4.4 ESP8266 Não Invasivo Monofásico.....	27
3.4.5 ATmega328 Não Invasivo Trifásico.....	28
4 Conclusão.....	31
Referências.....	32
ANEXO A – ESQUEMÁTICOS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Ao decorrer do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, aulas teóricas e práticas são ministradas por professores experientes que fornecem o conhecimento necessário para a formação dos alunos. Tais conhecimentos torna possível a ação dos concluintes como engenheiros e dão a base necessária para acompanhar as novas tecnologias ou até mesmo desenvolve-las numa pós-graduação. O Estágio Integrado é o momento em que o estudante de Engenharia Elétrica pode pôr em prática tudo aquilo que aprendeu ao longo do curso e consolidar sua graduação.

Este relatório descreve as atividades desenvolvidas pelo aluno Plateny de Brito Ponchet durante a realização do estágio integrado na empresa SMARTIKS TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO LTDA – ME, sob orientação do professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra e supervisão do Cientista da Computação José Antônio Leal de Farias, no período de 10 de março a 4 de julho de 2016.

As atividades desenvolvidas no estágio foram: desenvolvimento de sistemas embarcados medidores de potência residencial; estudos sobre medição de potência de forma digital; implementação de redes de comunicação WiFi com protocolo HTTP em *hardware*; instalação dos medidores em quadros gerais de forma invasiva e não-invasiva; pesquisa de novas tecnologias na área de conversores analógicos-digitais, microcontroladores com suporte à conexão WiFi e sensores de corrente.

2 LOCAL DO ESTÁGIO

A experiência da Smartiks com P&D vem desde sua criação. Engenheiros da Smartiks frequentemente estão envolvidos em P&Ds com grandes empresas do setor elétrico brasileiro. A empresa foi criada a partir de um resultado de um projeto de pesquisa com a Chesf. Desenvolver soluções inovadoras e evoluir as já existentes inserindo mais inovação consistem nas principais atividades. Os softwares desenvolvidos são essenciais na tomada de decisão na maior empresa do setor elétrico brasileiro, o que demonstra a qualidade, complexidade e importância das soluções desenvolvidas.

A Smartiks possui capacidade reconhecida no desenvolvimento de soluções inteligentes para empresas de energia elétrica. Entre os principais projetos de P&D mantidos e evoluídos pela Smartiks, três merecem uma atenção especial:

- Tratamento inteligente de alarmes on-line de subestações e centros de controle;
- Determinação inteligente de ações para recomposição da rede de transmissão de energia;
- Geração automática de procedimentos de liberação e normalização de equipamentos de uma subestação de energia elétrica.

A experiência com P&D da Smartiks vai desde a concepção até a comercialização dos seus resultados. A Smartiks será a primeira empresa a receber uma licença de comercialização de um resultado de P&D na Chesf (o licenciamento foi aprovado pela diretoria da Chesf em setembro/2013).

O grande diferencial da Smartiks está em sua equipe e na sua capacidade de transformar em produto os resultados de projetos de P&D. A parceria com a academia faz com que a inovação seja parte de sua missão. Os sócios da Smartiks têm mais de 10 anos de experiência com P&D. Todas essas características fazem da Smartiks uma empresa com capacidade de executar a pesquisa e implanta-la no mercado.

3 O ESTÁGIO

Uma descrição detalhada do projeto e das atividades realizadas é apresentada a seguir.

3.1 SMART GRIDS

“O termo Smart Grid foi usado pela primeira vez em 2005 em um artigo escrito por S. Massoud Amin e Bruce F. Wollenberg, publicado na revista IEEE P&E, com o título de "Toward A Smart Grid". Existem várias definições para o conceito de redes inteligentes, mas todas convergem para o uso de elementos digitais e de comunicações nas redes que transportam a energia. Esses elementos possibilitam o envio de uma gama de dados e informação para os centros de controle, onde eles são tratados, auxiliando na operação e controle do sistema como um todo.” [1]

Estes dados não são utilizados apenas pelas empresas que fazem a geração, transmissão e distribuição de energia. Um dos principais objetivos é que o usuário final seja mais participativo e ajude a obter melhores resultados no quesito da eficiência energética e preservação do meio ambiente. Ele pode, por meio da visualização dos dados enviados pelos medidores eletrônicos, ter maior controle sobre seu consumo e reduzir seus custos mensais. Além disso, visualizando o que a concessionária de energia está oferecendo, o usuário tem mais segurança e confiança no serviço. No Brasil, os aspectos de medição de consumo relacionados a Smart Grids são praticamente inexistentes.

3.2 O PROJETO

Este projeto traz três inovações: (1) um adaptador para permitir o uso de abordagens de *smart grids* a medidores convencionais, o que acelerará a adoção de tecnologias smart grid no Brasil; (2) um dispositivo de tomada inteligente, que, em conexão com o adaptador e a plataforma, permitirá a utilização de informações detalhadas

de energia para a recomendação de ações de economia; (3) uma plataforma que facilite o desenvolvimento de aplicações de eficiência energética.

É fácil perceber que recursos energéticos estão cada vez mais escassos. Fenômenos naturais potencializam ainda mais essa observação. Para exemplificar, o nível de água do Rio São Francisco atingiu em 2013 níveis alarmantes em um período do ano que sucede o inverno. A necessidade de novas fontes de energia é eminente, entretanto o processo de criação de novas fontes é lento e oneroso. Para piorar ainda mais a situação, a população continua crescendo e consumindo cada vez mais, o que, juntamente com o baixo nível dos reservatórios e a necessidade de importar grande quantidade de energia, contribui para a ocorrência de novos apagões.

Qualquer solução que permita a redução do consumo pelos usuários do sistema elétrico merece uma atenção diferenciada. A redução do consumo pode ser realizada de diversas formas como, por exemplo, pela substituição de aparelhos por outros mais econômicos ou pela mudança de hábitos. Além da quantidade de energia consumida, é importante observar que o horário de consumo tem um grande impacto ambiental e econômico. Fazer com que o usuário utilize horários mais econômicos (durante o horário cuja tarifa é reduzida, de acordo com os novos mecanismos de tarifação, a “tarifa branca”) é importante por dois motivos: (1) reduz a demanda de energia em horários de pico, o que implica em uma menor sobrecarga no sistema elétrico e uma conseqüentemente redução do risco de problemas; e (2) adia e reduz a magnitude dos investimentos necessários para suportar as grandes demandas de energia em horários de pico.

Existem vários projetos de implantação de Smart Grids no Brasil. Todos os projetos tem como base a utilização de medidores digitais modernos (*smart meters*) para aquisição dos dados. O fato é que o custo desses medidores inviabiliza a compra e implantação em larga escala. Os projetos de implantação de Smart Grids concentram-se então em consumidores de grande porte (ou seja, consumidores industriais) ou cidades piloto. Não existe nenhuma solução no mercado para consumidores de pequeno porte, cujos medidores possuam uma alta frequência de coleta e com valor de mercado que viabilize uma implantação em larga escala.

É importante também notar que os medidores que estão sendo instalados atualmente ainda não são medidores inteligentes e tem uma vida útil de 10 a 15 anos. Desta forma, mesmo quando os medidores inteligentes se tornarem o padrão para a instalação, ainda existirá um ambiente onde a grande maioria dos medidores ainda será

do modelo convencional. Por outro lado, a plataforma a ser desenvolvida poderá ser integrada naturalmente aos outros modelos de medidor.

Com relação à segunda inovação, as tomadas inteligentes, existem várias soluções para medir o consumo individual de tomadas de energia e controlar o seu funcionamento. No entanto, as soluções existentes sofrem de dois problemas. Em primeiro lugar, são construídos a partir de uma combinação de vários componentes de hardware, o que torna sua construção viável para pequenas quantidades (por exemplo, centenas ou poucos milhares de unidades), mas o custo não é consideravelmente reduzido para grandes quantidades (por exemplo, dezenas ou centenas de milhares de unidades). Em segundo lugar, estas soluções não estão integradas com um ambiente de monitoramento de consumo e são utilizadas apenas para tarefas de automação doméstica.

A não existência no mercado brasileiro de medidores individuais construídos com uma alta taxa de integração, que permitiria uma utilização ubíqua e barata, está relacionada com a pouca quantidade de empresas no Brasil com conhecimento para geração de circuitos integrados.

Finalmente, não existe uma plataforma no mercado que viabilize o desenvolvimento de aplicações a partir dos dados coletados por medidores inteligentes. Em geral, as soluções são proprietárias, isto é, apenas os desenvolvedores do hardware podem desenvolver *softwares* para os medidores. No contexto de Smart Grids, onde grande parte do esforço está na camada de software, esta limitação torna-se uma deficiência considerável que dificulta consideravelmente o desenvolvimento de software para fins de eficiência energética. Esta plataforma também será útil para ambientes que usem outras tecnologias de medição inteligente.

3.3 OBJETIVOS DO PROJETO

Viabilizar a implantação de tecnologias de smart grids no Brasil através do desenvolvimento de *Smart Meters* e do desenvolvimento de uma plataforma que permitirá recomendações de eficiência energética de forma detalhada e automatizada não só para empresas e indústrias, mas também para a população em geral.

As atividades voltadas para a área de atuação do engenheiro eletricista são:

- Desenvolver *Smart Meters*, dispositivos que monitorem o consumo de energia elétrica de forma contínua, medindo tensão e corrente no local, e utilize a Internet para enviar as informações.
- Desenvolver um adaptador, a ser acoplado em tomadas de energia elétrica, que permite o monitoramento de dispositivos individuais.

3.4 ATIVIDADES REALIZADAS

As atividades realizadas são descritas divididas pelas seguintes etapas:

- Arduino Yun Invasivo Monofásico;
- Arduino Yun Não Invasivo Monofásico;
- ESP8266 Invasivo Monofásico;
- ESP8266 Não Invasivo Monofásico;
- Atmega328 Não Invasivo Trifásico.

3.4.1 ARDUINO YUN INVASIVO MONOFÁSICO

Como primeira atividade, esta teve o objetivo de validar a comunicação do medidor com o servidor implementado pela equipe de engenharia de software.

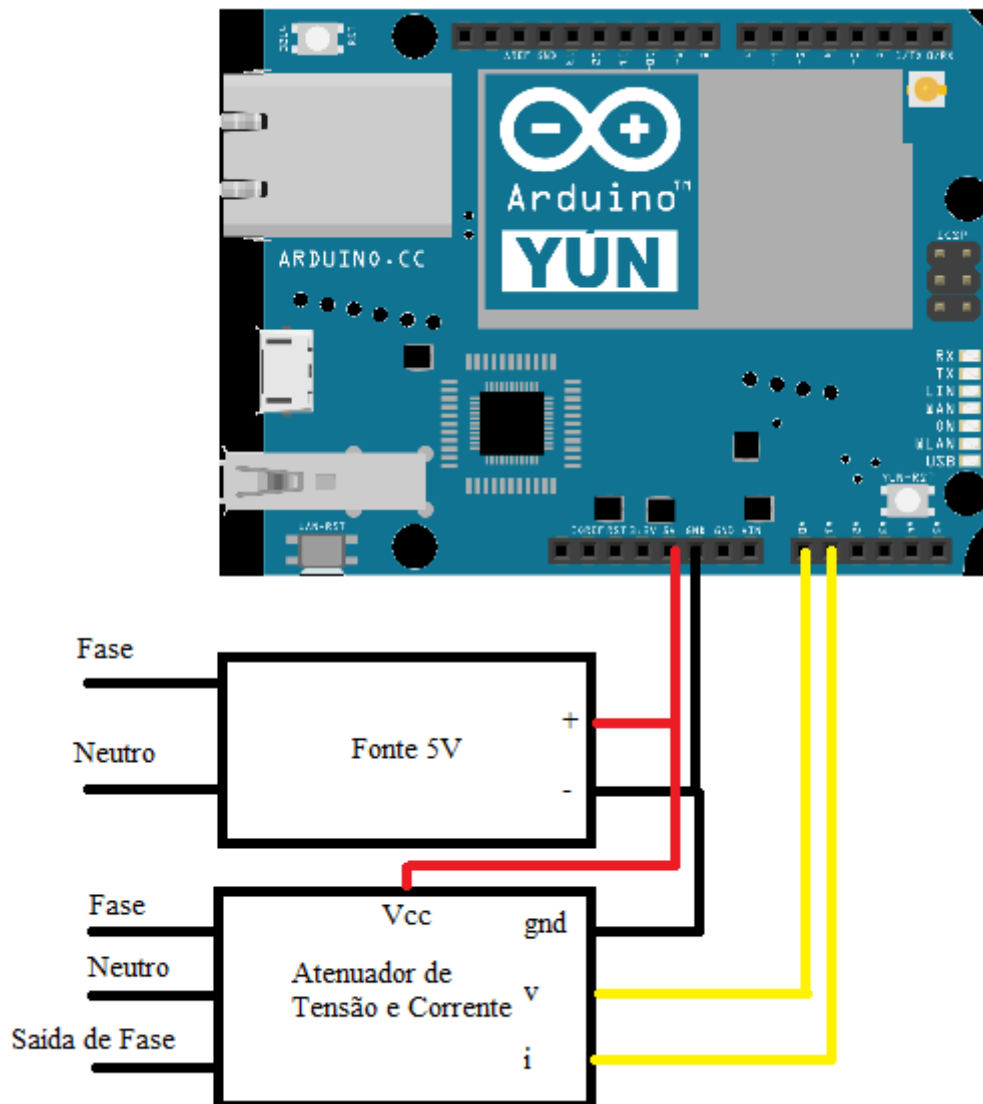
O Arduino Yun é um microcontrolador que possui dois processadores: o ATmega32u4 e o Atheros AR9331. O processador Atheros tem suporte ao sistema operacional OpenWrt-Yun, uma distribuição Linux baseada em OpenWrt. Esta placa possui as seguintes características:

- Suporte WiFi e Ethernet;
- Porta USB;
- Entrada para cartão micro-SD;
- 20 entradas/saídas digitais (dentre as quais 7 podem ser usadas como PWM e 12 como entradas/saídas analógicas).

Nesta etapa, o Arduino Yun foi utilizado tanto como módulo de comunicação WiFi como também conversor analógico digital para aquisição dos dados de tensão e corrente.

O circuito implementado é mostrado a seguir:

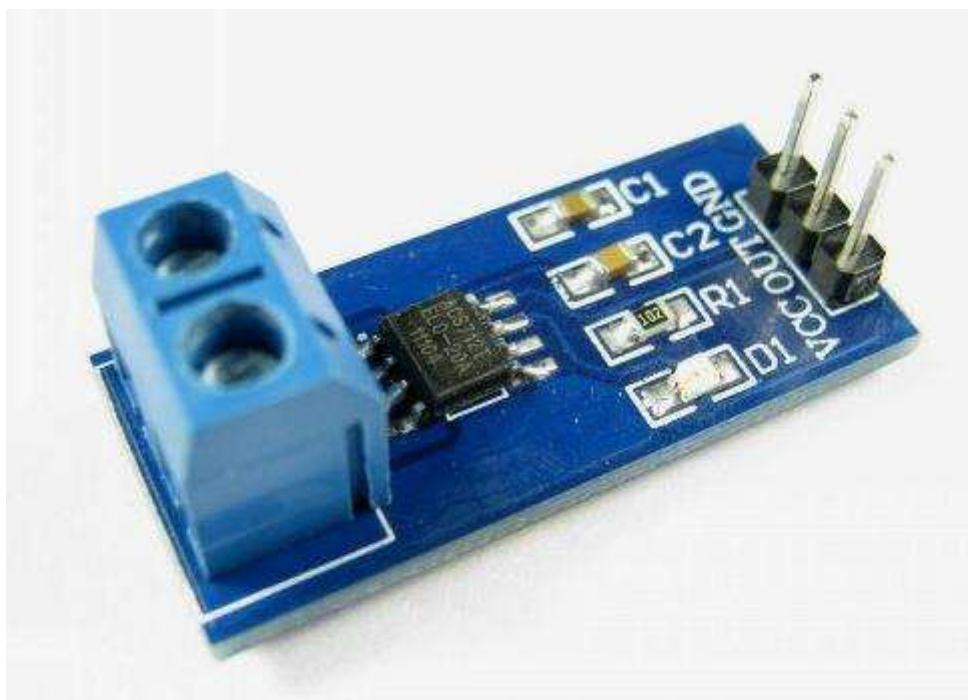
FIGURA 1 - PRIMEIRO SMART METER



Fonte: Elaborada pelo autor

O atenuador de tensão e corrente era formado por: um divisor de tensão para a tensão e uma adição de nível DC para corresponder com a especificação das entradas analógicas do Arduino Yun (0-5V); um ACS-712, sensor de corrente por efeito hall que, alimentado com uma fonte de tensão de 5V, fornece em sua saída uma tensão entre 0 e 5V proporcional a corrente em sua entrada.

FIGURA 2 - ACS712



Fonte: Site Embedded Lab¹.

Este medidor é chamado de invasivo, pois toda a corrente medida deve passar pelo sensor ACS712 (por isso existe uma entrada de fase e uma saída de fase na figura 1). Esta característica dificulta a instalação, dado que o condutor deve ser interrompido para que o medidor seja instalado.

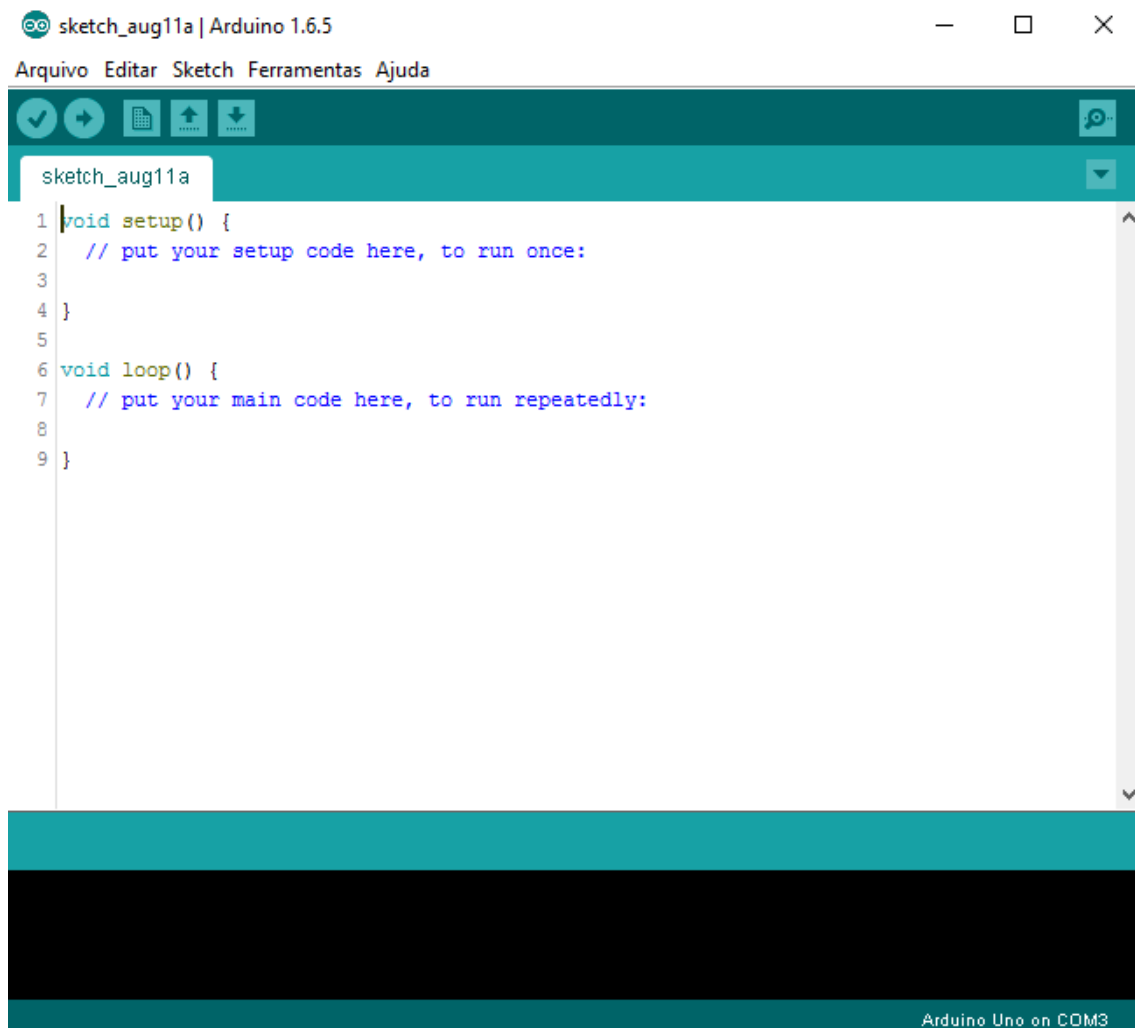
As grandezas calculadas eram: tensão RMS, corrente RMS, potência ativa, potência reativa e fator de potência. As saídas de tensão tanto do divisor de tensão quanto do ACS712 eram lidas por meio de conversão analógica digital das portas do Arduino Yun e as grandezas eram calculadas digitalmente por métodos de cálculo numérico no software do processador ATmega no Arduino Yun.

Em relação a comunicação, o processador Atheros com sistema Linux cuidava da conexão com a rede WiFi e da comunicação HTTP, sendo escravo do processador ATmega.

Para programar o Arduino Yun foi utilizada a Arduino IDE, um ambiente de edição de texto para escrever os códigos e com opções de verificação de erro, compilação e escrita do código na placa.

¹ Disponível em: <http://embedded-lab.com/blog/wp-content/uploads/2012/01/ActualModule.jpg>. Acesso em ago. 2016.

FIGURA 3 – ARDUINO IDE



Fonte: *print screen* da aplicação no sistema operacional Windows 10.

3.4.2 ARDUINO YUN NÃO INVASIVO MONOFÁSICO

Esta etapa veio de uma necessidade de facilidade na instalação, de que fosse de uma forma não invasiva (não precisando interromper o condutor). A alteração necessária para que o medidor se tornasse não invasivo foi utilizar transformador de corrente para coleta da corrente. O transformador utilizado foi o SCT-013 que tem as seguintes especificações:

- Corrente de entrada: 0-30A ou 0-100A
- Sinal de saída: Corrente/33mA
- Material do Core: Ferrite
- Dielétrico: 6000V AC/1min
- Taxa anti-chama: UL94-V0

- Plug de saída: 3,5mm
- Dimensão abertura: 13 x 13mm
- Temperatura de trabalho: -25 a +70°C
- Comprimento do cabo: 150cm

Ele tem uma interface do tipo *clamp-on*, o núcleo pode ser interrompido para que o mesmo seja posto ao redor do condutor.

FIGURA 4 - SCT-013 30A



Fonte: Site Hobbyist².

Este sensor possui a saída em forma de corrente, logo, um resistor precisou ser colocado como carga para que a tensão sobre ele pudesse ser medida com o Arduino Yun. O funcionamento do Arduino Yun continuou o mesmo descrito na etapa anterior.

3.4.3 ESP8266 INVASIVO MONOFÁSICO

Como foi dito, um dos principais objetivos do projeto é que a implantação do Smart Grid no Brasil seja facilitada por meio da introdução de Smart Meters de baixo custo. As etapas anteriores serviram de base para firmar que a ideia é possível de ser implementada e que os sensores respondem bem a necessidade do projeto mas o Arduino Yun possui um custo muito alto, não correspondendo as especificações de custo.

Dada essa informação, a atividade seguinte a eliminação do Arduino Yun do projeto foi buscar uma alternativa de microcontrolador WiFi de baixo custo que atendesse

² Disponível em: http://www.hobbyist.co.nz/sites/default/files/ux_a11051400ux0258_ux_c.jpg. Acesso em ago. 2016.

as especificações de custo. Por sugestão do supervisor do estágio integrado, José Antônio Leal de Farias, o microcontrolador a ser testado e avaliado foi o ESP8266, inicialmente encapsulado como ESP12 e depois como ESP13 (certificado), cujas características são as seguintes:

- Wireless padrão 802.11 b/g/n;
- Antena embutida;
- Modos de operação: STA/AP/STA+AP;
- Segurança WEP, WPA, TKIP, AES;
- Protocolo TCP/IP embutido (suporte ao HTTP);
- Portas GPIO: 11;
- Tensão de operação: 3,3V;
- Taxa de transferência: 110-460800bps;
- Conversor analógico digital (ADC);
- Distância entre pinos: 2mm;

FIGURA 5 – ESP-12



Fonte: Blog My Tech Weblog³.

³ Disponível em: <https://scargill.files.wordpress.com/2014/12/tmpf12d.jpg>. Acesso em ago. 2016.

FIGURA 6 - ESP-13



Fonte: Site esp8266⁴.

Além de atender a todas as especificações técnicas, este chip também atende as especificações de custo, custando menos que US\$ 2,00.

Para programar este chip foi utilizado o suporte do ESP8266 para a mesma plataforma de programação do Arduino Yun (Arduino IDE). Este suporte foi e continua sendo implementado e atualizado por várias pessoas ao redor do mundo, é código aberto e encontra-se no github.

Uma das limitações do ESP8266 é que ele possui apenas uma entrada analógica, forçando-nos a encontrar um chip conversor analógico-digital externo. Na busca por um conversor analógico-digital que atendesse a nossa especificação, encontramos uma linha de circuitos integrados chamados PMIC (*Power Meter Integrated Circuit* – Circuito integrado medidor de potência) que além de possuir conversores analógico-digitais também faz os cálculos de potência que antes eram feitos pelo Arduino Yun.

A primeira solução encontrada foi o chip CS5490 que possui as seguintes características:

- Dois conversores analógico-digitais diferenciais de 24 bits;
- Cálculos de: potência ativa, reativa e aparente; corrente e tensão RMS; fator de potência e medição de frequência da rede; tensão, corrente e potência instantânea;
- Calibragem digital em alta velocidade;

⁴ Disponível em: <http://www.esp8266.com/wiki/lib/exe/fetch.php?cache=&media=esp-13.jpg>. Acesso em ago. 2016.

- Códigos corretores de erro e proteção de escrita em registradores importantes;
- Interface de comunicação serial UART;
- Sensor de temperatura;
- Tensão de referência interna;
- Alimentação única de 3.3V;
- Consumo baixíssimo (<13mW);
- Encapsulamento de baixo custo.

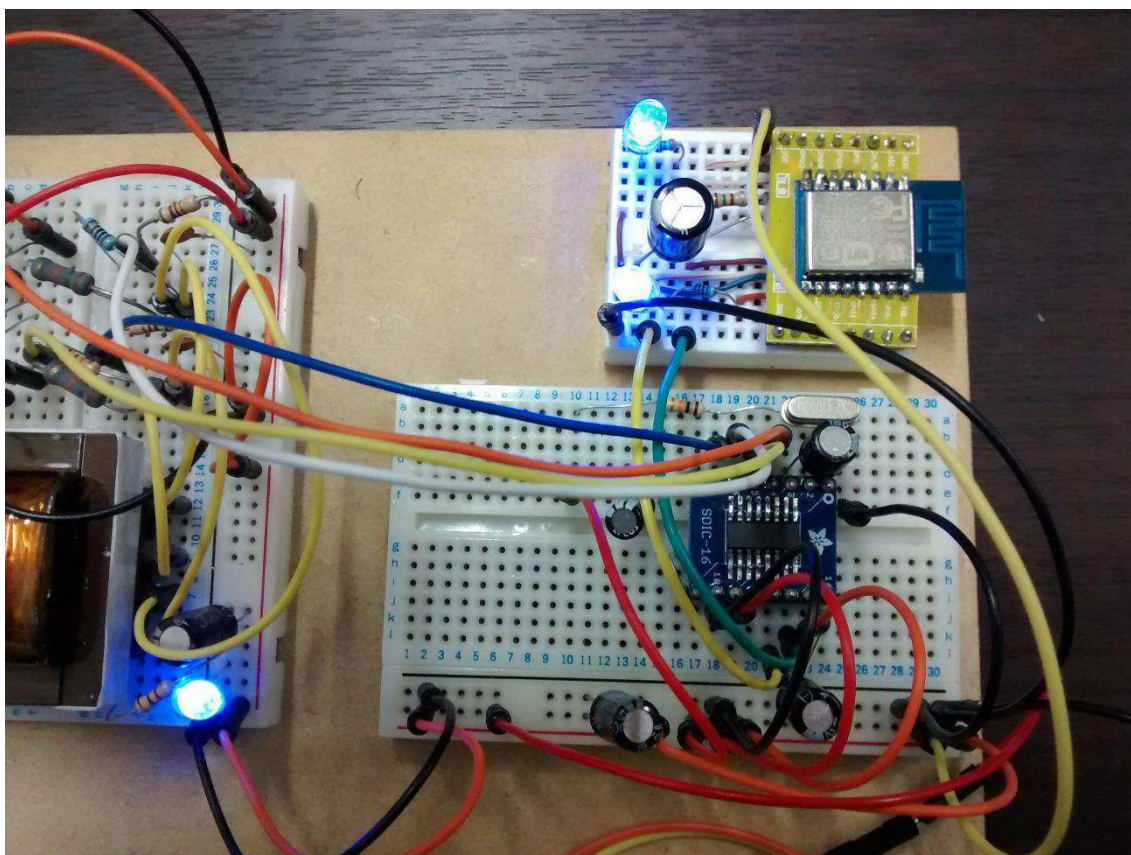
FIGURA 7 - CS5490



Fonte: Site Octopart⁵.

A primeira implementação do *Smart Meter* com ESP8266 e CS5490 foi em protoboard e encontra-se a seguir:

⁵ Disponível em: <http://sigma.octopart.com/41460041/image/Cirrus-Logic-CS5490-ISZ.jpg>. Acesso em ago. 2016.

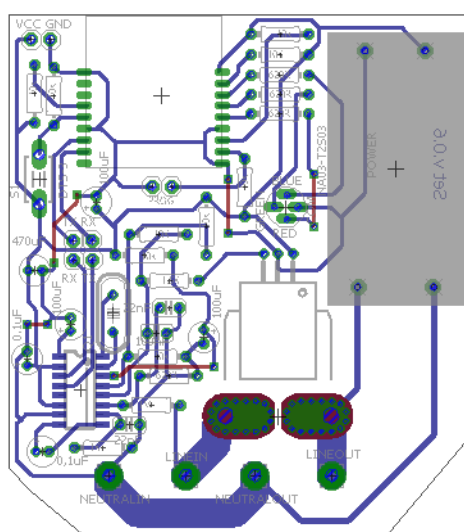
FIGURA 8 - PRIMEIRO *SMART METER* COM ESP8266 E CS5490

Fonte: Elaborada pelo autor.

Esta versão também foi implementada em placa padrão.

Após inúmeras versões e testes de funcionamento, decidiu-se fazer a primeira versão em placa de circuito impresso e pra isso foi escrito o esquemático do medidor monofásico (em anexo). A placa encontra-se a seguir:

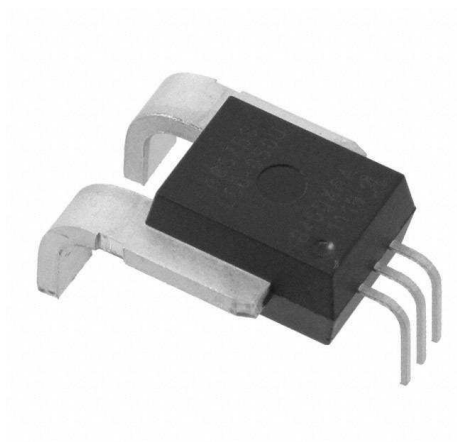
FIGURA 9 - PLACA MEDIDOR MONOFÁSICO



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esta placa utiliza o ACS758, que tem o mesmo princípio do ACS712 mas suporta correntes mais elevadas (0-100/150/200A).

FIGURA 10 - ACS-758



Fonte: Site Digikey⁶.

Para aumentar a capacidade de condução de corrente, as trilhas azuis mais largas da figura 8 foram reforçadas com condutores de 6mm e cobertas de solda. O resultado final após produção da placa foi:

FIGURA 11 - MEDIDOR MONOFÁSICO NA CAIXA

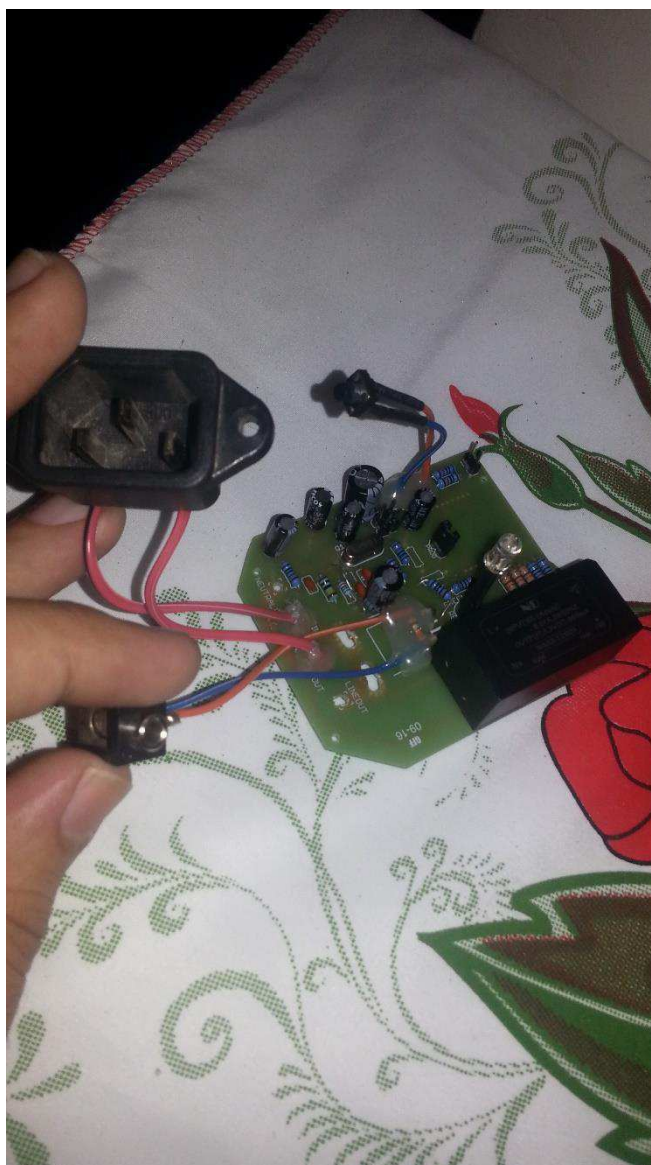


Fonte: Elaborada pelo autor.

O primeiro medidor na caixa foi instalado em um apartamento de um dos membros da equipe, como mostra a figura 11.

⁶ Disponível em: <http://media.digikey.com/Photos/Allegro%20Microsystems/ACS758LCB-50U-PFF-T.JPG>. Acesso em ago. 2016.

FIGURA 14 - PLACA CONVERTIDA DO MEDIDOR MONOFÁSICO



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.4.5 ATMEGA328 NÃO INVASIVO TRIFÁSICO

Uma vez vencido o medidor monofásico a atividade atual se concentra na implementação de um *Smart Meter* trifásico. Logo de início verificou-se que o CS5490 não atendia a esta etapa do projeto, dado que ele possui apenas 2 conversores analógico-digitais e são necessários 6. Pesquisando sobre possibilidades, foi encontrado o M90E36A da empresa Atmel que possui as seguintes características:

- Alimentação única de 3.3V;
- Interface SPI de 4 fios;
- Encapsulamento de baixo custo TQFP48;

- 7 Conversores analógico-digitais diferenciais de 24 bits;
- Cálculos de: potência ativa, reativa e aparente; tensão e corrente RMS; frequência; análise fourier para tensão e corrente; distorção harmônica total + ruído; fator de potência.

Além de novo PMIC, o medidor trifásico traz também um display para exibição local das medições como mostra a figura 15.

FIGURA 15 - DISPLAY OLED



Fonte: Site scarLiang⁷.

Com o objetivo de ser uma versão que avalie quedas de energia, foi colocado nela uma bateria lipo, mostrada na figura 16.

FIGURA 16 - BATERIA LIPO



Fonte: Blog Bricogeek⁸.

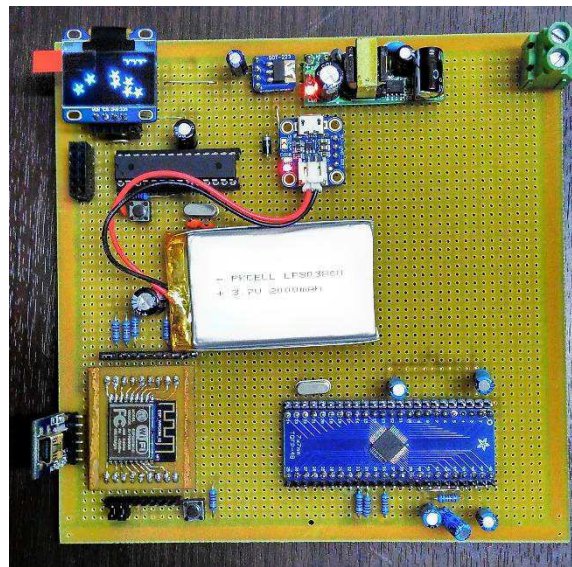
⁷ Disponível em: <https://oscarliang.com/ctt/uploads/2014/01/arduino-096-i2c-oled-display.jpg>. Acesso em ago. 2016.

⁸ Disponível em: <http://blog.bricogeek.com/img/cms/1651-55-129-large.jpg>. Acesso em ago. 2016.

Apesar das diferenças já citadas, o que mais difere a versão monofásica da trifásica é a mudança do microcontrolador principal. Com o objetivo de ser uma versão que não seja apenas WiFi, mas que possa ser facilmente convertida em Ethernet, Zigbee, etc., o ESP8266 passou a ser apenas módulo WiFi enquanto o microcontrolador principal passou a ser o ATmega328, por ser o mais barato da Atmel e ter muitas portas digitais, sendo capaz de se comunicar com vários módulos simultaneamente.

Esta versão ainda encontra-se em desenvolvimento e testes. O primeiro resultado em placa padrão é mostrado na figura 17.

FIGURA 17 - PLACA PADRÃO MEDIDOR TRIFÁSICO



Fonte: Elaborada pelo autor.

4 CONCLUSÃO

Com o estágio integrado comprovou-se que os conhecimentos adquiridos ao longo do curso são essenciais a formação de um engenheiro eletricitista. Os conteúdos básicos tornam a compreensão dos eventos uma atividade mais simples. Foi verificado também que as ênfases andam unidas, e o curso de engenharia elétrica da UFCG dá a base necessária para que um engenheiro formado em uma ênfase possa adquirir conhecimento facilmente em outra.

Além disso, sobre trabalhar com sistemas embarcados no Brasil, a falta de mercado local para compra de componentes dificulta e atrasa os testes e as pesquisas, mas com esforço e perseverança, tudo pode ser alcançado.

REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Smart Grid**. Grupo de trabalho de redes elétricas inteligentes. 2010.

Espressif Systems. Datasheet: ESPRESSIF SMART CONNECTIVITY PLATFORM: ESP8266. Publicação eletrônica. 2013.

Cirrus Logic. Datasheet: CS5490. Publicação eletrônica. 2013.

Atmel. Datasheet: M90E36A. Publicação eletrônica. 2015.

Allegro. Datasheet: ACS758. Publicação eletrônica. 2015.

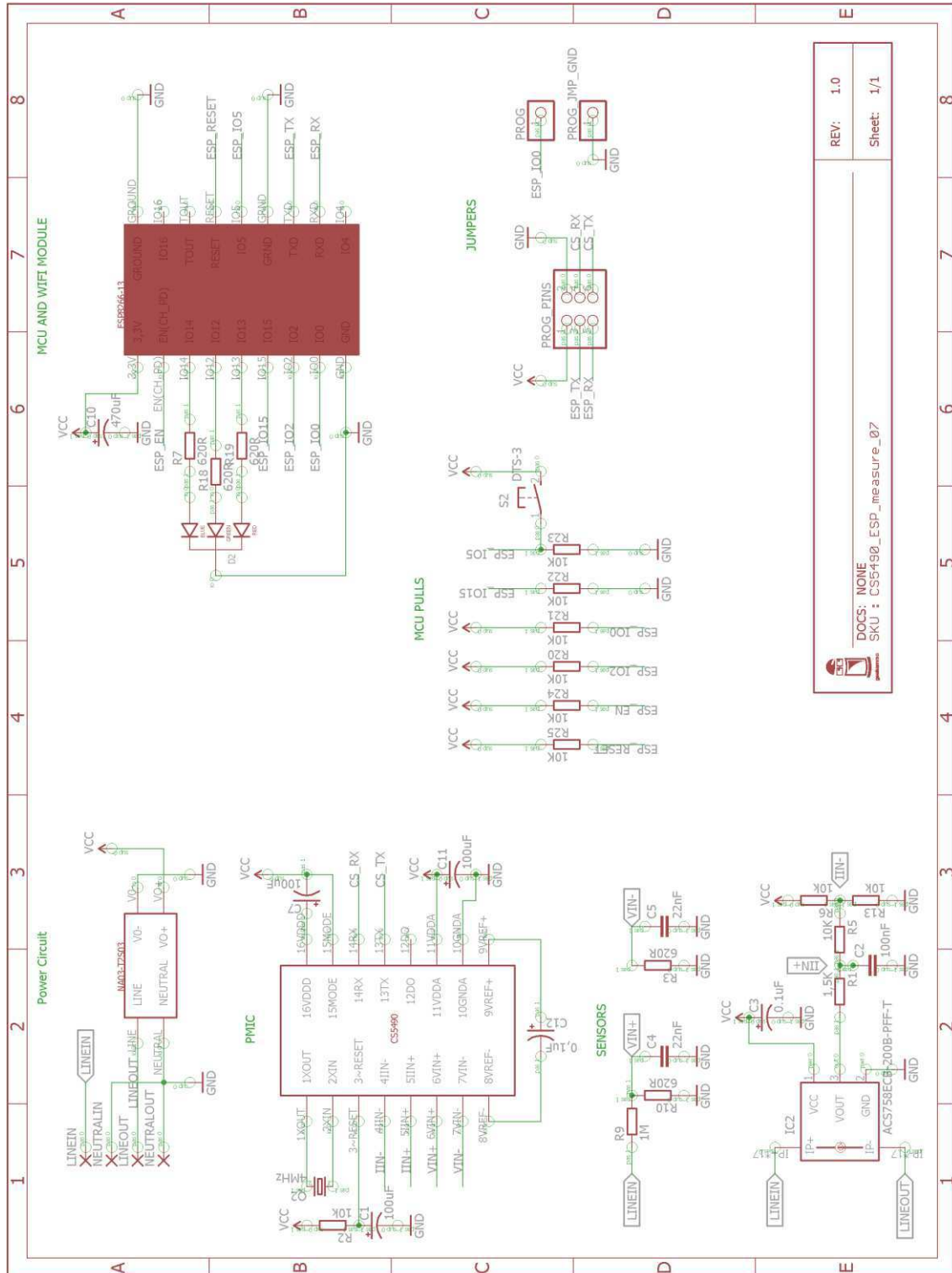
Allegro. Datasheet: ACS712. Publicação eletrônica. 2007.

Atmel. Datasheet: ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH. Publicação eletrônica. 2015.

Documentos do projeto da SMARTIKS TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO LTDA – ME.

ANEXO A – ESQUEMÁTICOS

FIGURA 18 - ESQUEMÁTICO MEDIDOR MONOFÁSICO

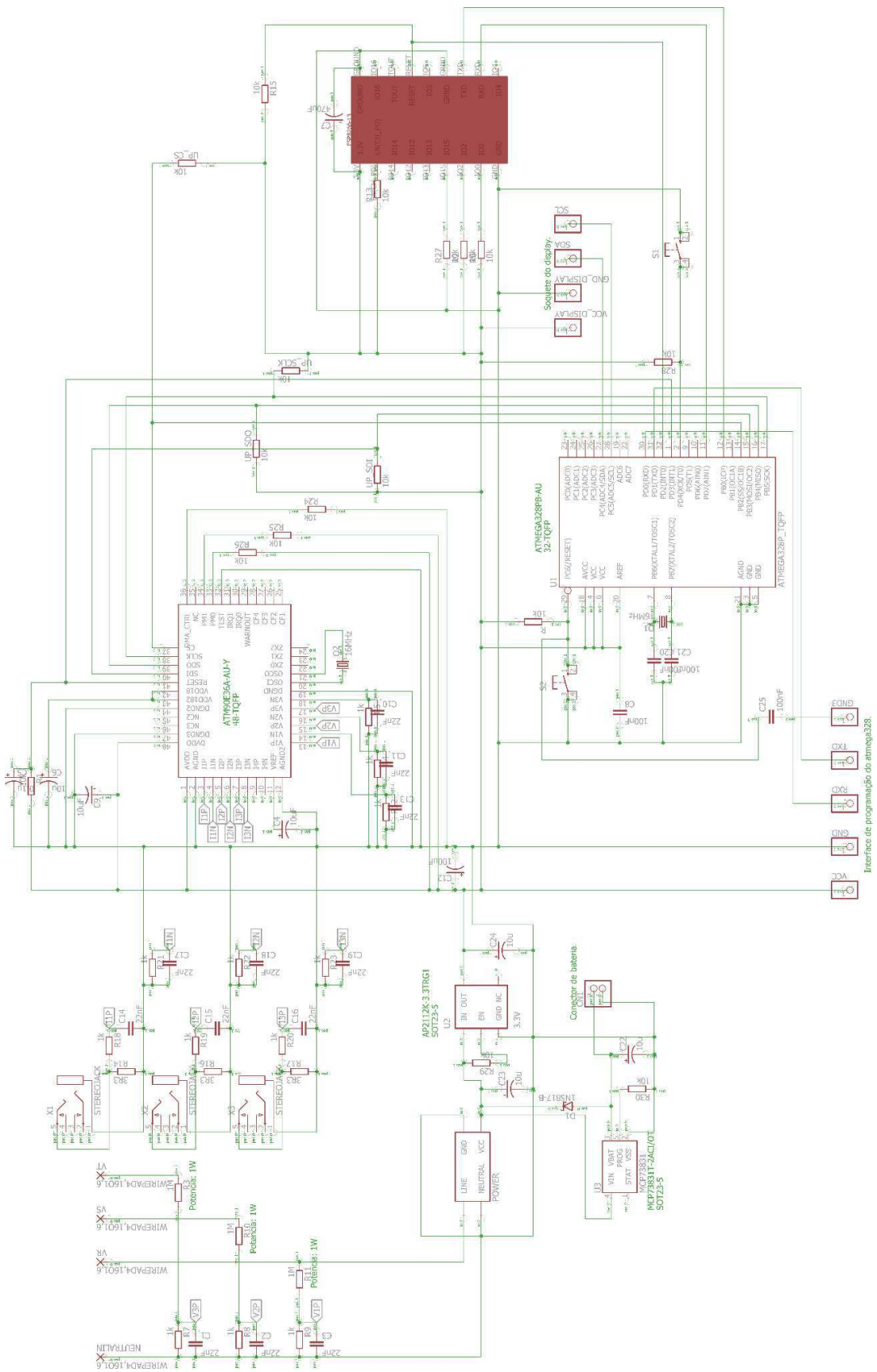


DOCS: NONE
SKU : CS5490_ESP_measure_07

REV: 1.0
Sheet: 1/1

Fonte: Elaborada pelo autor.

FIGURA 19 - ESQUEMÁTICO MEDIDOR TRIFÁSICO



Fonte: Elaborada pelo autor.