

PROJETO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO, MONITORAMENTO E ACIONAMENTO REMOTO DE UMA CARGA ELÉTRICA

Ábner C. P. Pacheco¹, Adriel A. de Souza², Brenda D. Martins³, Danilo P. Neves⁴, Mateus F. Silva⁵,
Sérgio F. de Paula Silva⁶

^{1,2,3,4,5,6} – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia - MG

¹abnercezar3@gmail.com, ²adrielalves001@gmail.com, ³brenda_dias@outlook.com, ⁴danilopereiranvs@gmail.com,

⁵mateuseng.ufu@gmail.com, ⁶s.ferreiradepaula@ufu.br

Resumo - O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto de um sistema de medição, monitoramento e acionamento remoto de uma carga elétrica. O intuito do sistema é proporcionar maior controle sobre cargas instaladas em ambientes industriais ou comerciais, a fim de aumentar a eficiência energética da instalação. No sistema, foi utilizada a plataforma BeagleBone® Black recebendo valores de tensão e corrente de sensores instalados entre a rede elétrica e a carga. O monitoramento é feito através de um computador ou smartphone conectado a mesma rede da BeagleBone® Black, que opera como um servidor, hospedando o site do sistema.

Palavras-Chave – Medidor de Energia, BeagleBone Black, Monitoramento e Acionamento Remoto, Servidor Web.

DESIGN OF A SYSTEM FOR MONITORING OF ELECTRIC POWER CONSUMPTION

Abstract - The objective of this paper is to present the design of a system for measuring, monitoring and remote driving of an electrical load. The system intention is to allow a bigger control over loads installed in industrial environment. In the system, the development platform BeagleBone® Black was used receiving the voltage and current values from sensors installed between the electrical power supply and the load. The monitoring is done by a computer or smartphone connected to the same local network as the BeagleBone® Black, which works as a server, hosting the system website.

Keywords - Power Meter, BeagleBone Black, Remote Monitoring and Driving, Web Server.

I. INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações de um país que busca o desenvolvimento e a afirmação na economia mundial é, sem dúvida, a obtenção de fontes de energia que supram sua

demanda energética atual, mas que também possam ser expandidas para atender as gerações futuras.

Especificamente com relação à energia elétrica, o Brasil, com seu já conhecido potencial hidráulico, após adquirir um certo domínio no uso da tecnologia das usinas hidrelétricas e sua consequente aplicação na construção de usinas de grande potência, nunca teve grande necessidade de procurar outras formas de ampliar sua matriz energética. No entanto, até mesmo o grande potencial hidráulico brasileiro começa a dar os primeiros sinais de saturação.

Diante deste cenário, pesquisadores têm procurado não somente novas fontes de energia [1], mas também métodos que otimizem o uso da mesma. Portanto, o estudo de práticas e tecnologias que motivem e melhorem a eficiência energética do sistema elétrico brasileiro se mostra de extrema importância.

Seguindo esta tendência, este trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema portátil de monitoramento remoto que permita ao usuário acompanhar o consumo de um certo equipamento elétrico, além de ligar ou desligar o mesmo remotamente.

A projeção é que o sistema esteja em um aparelho portátil e seja instalado entre a rede elétrica e o equipamento a ser monitorado. A comunicação com o sistema supervisor se dará por meio de tecnologia Wi-Fi. O sistema supervisor mostrará o consumo em determinados intervalos de tempo, histórico de consumo e a opção de desligamento.

Para explicitar o projeto, este trabalho está dividido da seguinte forma: na seção II é apresentado os componentes utilizados e toda a parte de sensoriamento para obtenção dos parâmetros elétricos do equipamento a ser monitorado; Na seção III é feita a descrição das rotinas utilizadas para cálculo do consumo, armazenamento dos dados e atuação no equipamento; Os testes e resultados obtidos com o sistema operando são apresentados na seção IV, e por fim, as considerações finais na seção V.

II. HARDWARE E SENSORIAMENTO

O início do projeto se deu com a escolha dos componentes do hardware do sistema. Embora seja o primeiro protótipo, optou-se por componentes até certo ponto robustos para que os testes pudessem ser realizados em equipamentos reais sem grandes limitações, mas que também respeitassem as dimensões pretendidas para o sistema final.

Assim como um medidor tradicional, o deste projeto possui três circuitos principais:

- Circuito para aquisição dos valores de tensão.
- Circuito para aquisição dos valores de corrente.



XIV CEEL - ISSN 2178-8308
03 a 07 de Outubro de 2016
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

- Microcontrolador responsável por receber os valores medidos e calcular a energia consumida.

Especificamente neste sistema, o microcontrolador terá ainda a função de enviar via Wi-Fi os dados para serem exibidos para o usuário em um computador, além de receber do mesmo o comando para ligar ou desligar o equipamento.

A. Microcontrolador

Diante das necessidades deste projeto, foi escolhida a plataforma BeagleBone® Black vista na Fig. 1. Como mostrado na Fig. 2, ela possui processador ARM® Cortex-A8 1GHZ o que possibilita aquisição de sinais com excelente taxa de amostragem em sua entrada AD (Analogico-Digital) de 12 bits.

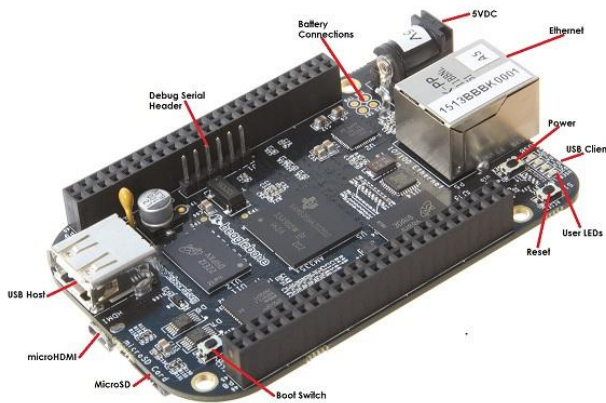


Fig. 1. BeagleBone Black. [2]

	Feature
Processor	Sitara AM3358BZCZ100
Graphics Engine	1GHz, 2000 MIPS
SDRAM Memory	SGX530 3D, 20M Polygons/S
Onboard Flash	512MB DDR3L 800MHZ
PMIC	4GB, 8bit Embedded MMC
Debug Support	TPS65217C PMIC regulator and one additional LDO.
Power Source	Optional Onboard 20-pin CTI/JTAG, Serial Header
PCB	miniUSB USB or DC Jack
Indicators	5VDC External Via Expansion Header
HS USB 2.0 Client Port	3.4" x 2.1"
HS USB 2.0 Host Port	6 layers
Serial Port	1-Power, 2-Ethernet, 4-User Controllable LEDs
Ethernet	Access to USB0, Client mode via miniUSB
SD/MMC Connector	Access to USB1, Type A Socket, 500mA LS/FS/HS
User Input	UART0 access via 6 pin 3.3V TTL Header. Header is populated
Video Out	10/100, RJ45
Audio	microSD, 3.3V
Expansion Connectors	Reset Button Boot Button Power Button
Weight	16b HDMI, 1280x1024 (MAX)
Power	1024x768, 1280x720, 1440x900, 1920x1080@24Hz w/EDID Support
	Via HDMI Interface, Stereo
	Power 5V, 3.3V, VDD_ADC(1.8V) 3.3V I/O on all signals
	McASP0, SPI1, I2C, GPIO(69 max), LCD, GPMC, MMC1, MMC2, 7 AIN(1.8V MAX), 4 Timers, 4 Serial Ports, CAN0, EHRPWM(0,2),XDMA Interrupt, Power button, Expansion Board ID (Up to 4 can be stacked)
	1.4 oz (39.68 grams)
	Refer to Section 6.1.7

Fig. 2. Especificações da BeagleBone Black. [3]

Outra característica importante da BeagleBone® Black é o fato de ela ser compatível com o sistema operacional Debian [4] e possuir armazenamento interno de 4Gb, permitindo que ela opere como um servidor local e armazene todos os resultados das medições realizadas, não necessitando de armazenamento externo como um banco de dados online. Além disso, o sistema operacional Debian faz com que o

acesso aos dados gravados seja feito de forma direta por um computador através de comunicação Wi-Fi, que é o objetivo do projeto. Porém, para isso, foi necessário instalar na BeagleBone® Black o Adaptador Wireless USB TL-WN725N, pois como mostra a Fig. 1, ela possui apenas entrada ETHERNET e não sistema de comunicação Wi-Fi como o desejado. Após a instalação, o adaptador wireless se mostrou totalmente compatível, evidenciando mais uma vantagem do sistema operacional Debian.

Para o acionamento da carga, foi escolhido um Módulo Relé 30A 240Vac, que será acionado por uma saída digital da BeagleBone® Black de acordo com o comando do usuário.

B. Circuito de aquisição de tensão

O primeiro parâmetro a ser obtido para o cálculo da potência é a tensão da rede elétrica que alimenta a carga.

Como mostrado na Fig. 2, a entrada AD da BeagleBone® Black aceita valores de 0V a 1.8 V, e portanto, os circuitos de aquisição devem tratar os sinais para que fiquem nesta faixa de tensão.

Para isso, o circuito de aquisição foi montado de acordo com o esquema mostrado na Fig. 3.

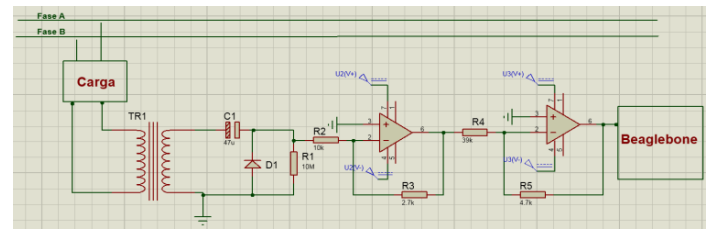


Fig. 3. Circuito de aquisição da tensão.

Um transformador abaixador foi conectado em paralelo à rede elétrica para reduzir a tensão para 18Vrms, ou seja, de -25,46V a +25,46V em valores de pico. Esse sinal de tensão passa por um circuito grampeador para que seja convertido em um sinal senoidal de 0V a 50,92V. O último estágio é um circuito atenuador, que reduz os valores do sinal de tensão, ficando entre 0V e 1,67V, valores compatíveis com a entrada da BeagleBone® Black.

C. Circuito de aquisição da corrente

Para realizar a medição da corrente da carga, foi utilizado o sensor de corrente ACS712-30 que suporta valores de corrente instantânea entre -30A e +30A. A saída do sensor é um valor de tensão entre 0V e 5V, proporcional a corrente medida. Para ajustar esse sinal, utilizou-se um circuito atenuador como mostrado na Fig. 4, obtendo-se assim, um sinal entre 0V e 1,8V compatível com a entrada da BeagleBone® Black.

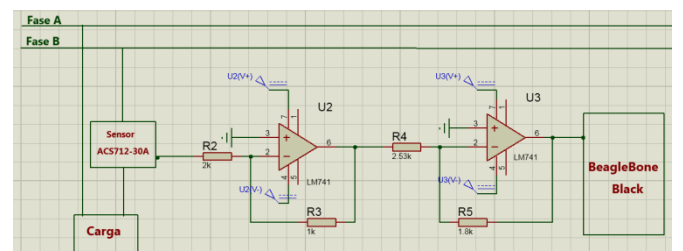


Fig. 4. Circuito de aquisição da corrente.

III. SOFTWARE E COMUNICAÇÃO

A. Cálculo da potência

A principal função do software aplicado na BeagleBone® Black é calcular a potência consumida pela carga. Com os sinais de tensão e corrente obtidos dos circuitos de aquisição, esse cálculo é feito utilizando-se as equações padronizadas para instrumentos de medição definidas pela IEEE [5]:

$$p = v * i$$
$$P = \frac{1}{kT} \int_{\tau}^{\tau+kT} p dt$$

Onde:

p – Potência instantânea calculada.

v – Tensão instantânea medida.

i – Corrente instantânea medida.

P – Potência ativa.

T – Período da potência instantânea.

τ – Tempo inicial.

k – Constante de integração.

Os valores de tensão e corrente instantâneos são obtidos dos sensores e a entrada AD da BeagleBone® Black reconhece como um número entre 0 e 4095. No software, esse número é convertido em valores de Volts e Amperes, e em seguida, é calculada a potência instantânea. A taxa de amostragem conseguida foi de cerca de 15 amostras por ciclo de onda, ou seja, uma amostra a cada 1ms aproximadamente. Por fim, a potência ativa é calculada considerando esse período de amostragem.

O processo é repetido a cada minuto e a potência ativa calculada é armazenada em um arquivo na própria BeagleBone® Black para posteriormente ser apresentada no site.

B. Comunicação Wi-Fi

Após a instalação do Adaptador Wireless USB RTL8188CUS, a BeagleBone® Black estava apta a realizar a comunicação via Wi-Fi. Porém, para que ela funcionasse como um servidor e armazenasse o site do sistema, foi instalado o servidor Apache.

O Servidor Web Apache é um software de servidor amplamente utilizado na construção de sites em todo o mundo. Sua função é interpretar os comandos do código de programação do site armazenado em um computador e enviar para o computador que está solicitando acesso ao site, e este por sua vez, monta a página da web para o usuário [6].

Após a instalação do Servidor Web Apache, o site do sistema do medidor de energia foi programado em HTML e hospedado na BeagleBone® Black, em seguida, esta foi conectada a uma rede local através de um roteador. O acesso ao site pode ser feito por meio de um computador ou smartphone conectado a mesma rede local, bastando para isso, acessar o endereço de IP fixo que foi atribuído à BeagleBone® Black.

C. Site

A interface do site vista na Fig. 5, quando acessada, apresenta a potência consumida pela carga no momento, além das formas de onda de tensão e corrente obtidas pela amostragem realizada, o histórico de potência consumida nas últimas 24h e a opção de ligar ou desligar a carga.

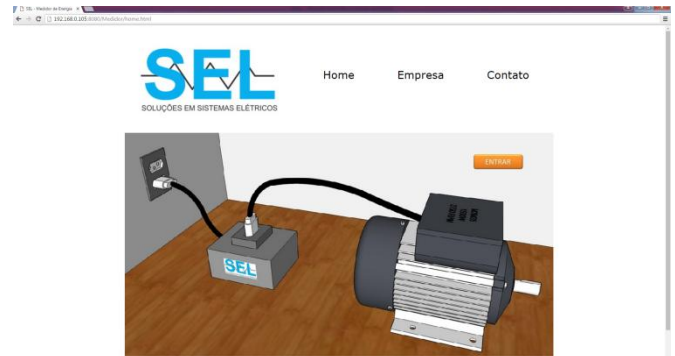


Fig. 5. Página inicial do site.

IV. TESTES E RESULTADOS

Após o agrupamento de todos os elementos do sistema, o protótipo do medidor de energia foi finalizado como mostrado nas Fig. 6 e Fig. 7. Passou-se, então, à realização dos primeiros testes do sistema.



Fig. 6. Vista exterior do medidor.



Fig. 7. Vista do interior do medidor.

A. Teste de medição

O primeiro teste de medição foi realizado com uma carga resistiva de potência nominal igual a 100W. As formas de ondas obtidas com a amostragem de tensão e corrente são apresentadas nas Fig. 8 e Fig. 9 respectivamente. O valor da potência calculada foi de 93,4W.

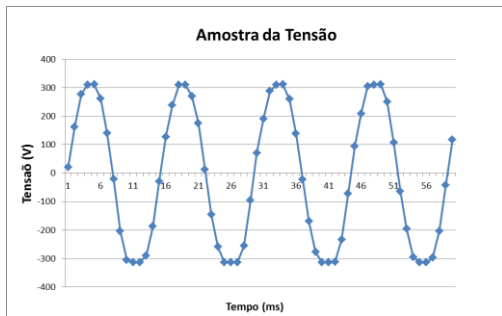


Fig. 8. Forma de onda da tensão.

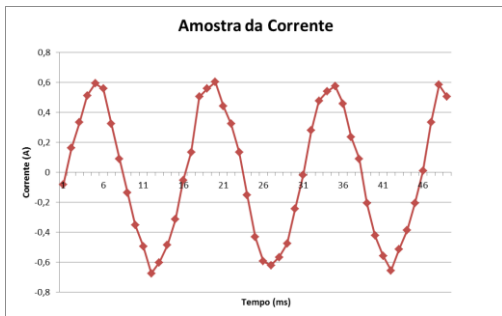


Fig. 9. Forma de onda da corrente.

B. Teste de acionamento.

O acionamento da carga é feito através de dois botões colocados no site na Fig. 10.

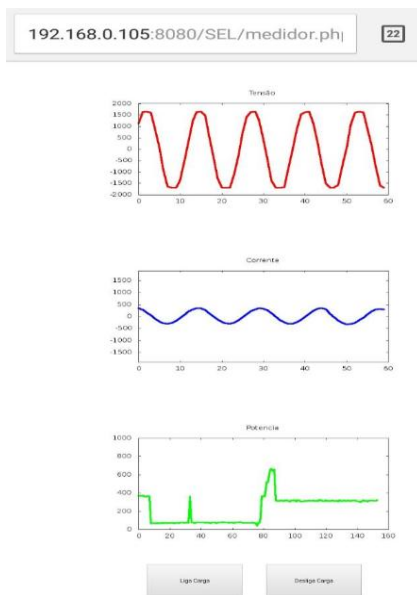


Fig. 10. Demonstração dos botões de acionamento no site.

O acionamento se mostrou eficiente, apenas limitado pelo tempo de abertura ou fechamento do relé.

V. CONCLUSÕES

Até o momento, os resultados obtidos com os testes do sistema se mostraram satisfatórios. Os circuitos de aquisição operaram de forma bastante eficiente, adequando os sinais dos sensores à entrada AD da BeagleBone® Black. Com

relação ao software, a taxa de amostragem foi menor do que o esperado dado o poder de processamento da BeagleBone® Black, prejudicando um pouco a precisão do medidor. Quanto a comunicação Wi-Fi, o funcionamento foi satisfatório após a instalação do adaptador e a configuração de IP fixo no roteador para acessar a BeagleBone® Black.

Para modificações futuras, planeja-se melhorar o site do sistema, mostrando maiores informações da carga, recebendo dados de mais de um medidor ao mesmo tempo e fazendo a comunicação via Internet para permitir o acesso fora da rede local.

REFERÊNCIAS

- [1] HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. *Energia e meio ambiente*. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- [2] BeagleBoard. *BeagleBone Black Key Component Locations*. Acedido em 01 de Julho de 2016, em: <http://elinux.org/Beagleboard:BeagleBoneBlack>
- [3] BeagleBoard. *BeagleBone Black Features*. Acedido em 01 de Julho de 2016, em: <http://elinux.org/Beagleboard:BeagleBoneBlack>
- [4] Molloy, D. (2014). *Exploring BeagleBone: Tools and Techniques for Building with Embedded Linux*. New York: Wiley, 978-1118935125, 568pp.
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers (2000). *IEEE Trial-Use Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions*. Acedido em 01 de Julho de 2016, em: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=985671>
- [6] The Apache Software Foundation. *Apache HTTP Server Project*. Acedido em 01 de Julho de 2016, em: <http://httpd.apache.org>