

MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL MONOFÁSICO NÃO INVASIVO EM TEMPO REAL

Vítor Lobo da Fonseca. CPF: 108.442.024-44. Email: vitorlobof@gmail.com

Francisco José Costa Araujo. CPF: 006.932.004-72. Email: francisco.araujo@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

RESUMO: Este trabalho é uma paráfrase. O trabalho original desenvolveu um sistema medidor de consumo de energia elétrica residencial monofásico, não invasivo, em tempo real, fornecendo os valores de potência consumida e seu valor monetário, de acordo com a tarifa informada pelo usuário, através da interface homem-máquina. Os dados fornecidos pelo equipamento foram coletados e comparados aos do medidor instalado pela concessionária de energia.

Este trabalho mostra um meio de verificar se a energia contratada está sendo entregue e pode também ajudar na economia de energia, através da descoberta de um possível vazamento de energia, que está gerando desperdício. Além disso, o equipamento é de baixo custo, tornando sua obtenção viável.

PALAVRAS-CHAVE: Medidor de consumo, energia elétrica, protótipo, Arduino, tempo real.

NON-INVASIVE SINGLE-PHASE RESIDENTIAL POWER CONSUMPTION METER IN REAL TIME

ABSTRACT: This work is a paraphrase. The original work developed a monophasic, non-invasive, real-time residential power consumption meter, providing the consumed power values and their monetary value, using the tariff informed by the user, through the man-machine interface. The data provided by the equipment were compared to those of the meter installed by the energy concessionaire.

This work shows a way to verify if the hired energy is being delivered properly. It also can help to avoid energy waste, since would be able to notice any waste immediately. Besides that, the equipment is low cost, making the acquirement viable.

KEYWORDS: Measure spending, electric energy, prototype, Arduino, real-time.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica tem grande utilização, por ser facilmente conversível em outras formas de energia (mecânica, luminosa, etc.). Por apresentar tais características a sociedade se tornou altamente dependente da energia elétrica, ela é necessária em vários setores essenciais, como o alimentício, a comunicação e a educação. Por ser algo essencial à vida contemporânea, se faz necessário utilizá-la de forma eficiente e evitar desperdício o máximo possível.

Mesmo com a grande presença da energia elétrica no dia a dia do cidadão atual, o consumidor residencial muitas vezes não tem noção do quanto está gastando ao utilizar aparelhos eletrônicos. Deste fato deriva a importância do aparelho mostrado neste artigo. Não se acompanha o consumo de energia elétrica em tempo real, por descaso com o tema ou pelo preço inacessível de equipamentos que realizem esta medição, que tornam economicamente mais interessante desperdiçar energia do que utilizar o equipamento. Segundo um levantamento feito pela Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Conservação de Energia, cerca de 50 mil Giga-Watts/hora por ano que deixaram de ser consumidos e representariam R\$ 12,6 bilhões a menos na conta de luz de todos os consumidores do País (a preços de 2014) [1].

Uma das provas de que o consumo descontrolado de energia elétrica junto as condições climáticas do momento influenciam em seu preço final, é o sistema de Bandeiras Tarifárias, criado em 2015 por regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica [2]. Este sistema faz com que o

valor da conta de energia varie conforme as condições de geração do sistema energético do país, e busca sensibilizar a sociedade sobre a responsabilidade do consumo racional, sinalizando quando há escassez na oferta.

Um dispositivo capaz de monitorar o consumo de energia em tempo real teria um grande efeito no combate ao desperdício de energia, já que ele seria identificado instantaneamente. Uma diminuição do desperdício é interessante para o consumidor, pois isto implica em uma conta de energia mais barata e muitos consumidores adotando boas práticas no uso da energia elétrica será benéfico à matriz elétrica do país e ao meio ambiente.

FUNDAMENTAÇÃO

Para lidar com problemas sociais uma ação conjunta de toda a sociedade é imprescindível, campanhas de conscientização tem seu valor, mas a realidade é que a melhor forma de fazer os cidadãos responderem da maneira certa a um problema é através de um incentivo econômico. Este projeto visa ser um destes incentivos, tornando possível que o cidadão veja em tempo real o seu dinheiro sendo gasto com desperdício de energia e naturalmente adote melhores práticas para deixar de ter tais gastos.

A eficiência energética é uma maneira eficaz e barata de poupar os recursos naturais e diminuir os custos da produção da energia elétrica, ao reduzir os desperdícios. Dessa forma, caso este projeto possa progredir e se torne de ampla utilização, ele pode nos ajudar a viver de maneira mais sustentável.

METODOLOGIA

O protótipo foi criado a partir da plataforma Arduino [5]. É primordial para o projeto reduzir custos o máximo possível, então medidores de consumo de energia serão pesquisados para comparar valores. Foi estabelecida uma pesquisa entre os principais fabricantes de produtos similares, e seus orçamentos, exposta na Tabela 1.

Para a confecção do protótipo utilizamos uma placa Arduino, um sensor de corrente não invasivo, um voltímetro, um visor LCD para a visualização dos resultados e interação com o usuário e um teclado matricial para a entrada de dados (valor do KWh). O sensor de corrente escolhido será o SCT - 013 - 000, da YHDC [9], que é não invasivo, ou seja, não é necessário modificar o circuito para realizar sua instalação, pois ele funciona como um amperímetro. O sensor escolhido é ideal para ser utilizado em projetos de automação residencial, proteção de motores, dentre outras aplicações

Tabela 1: Comparação entre equipamentos existentes.

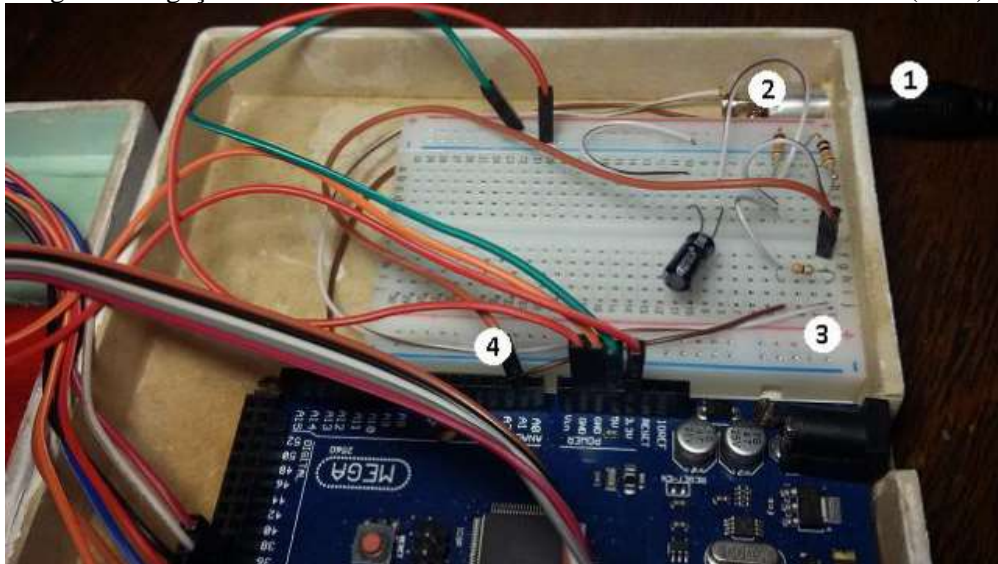
Equipamento	Valor*	Informações técnicas
PZEM-061	R\$ 140,00	Visor
		Consumo de energia (kWh)
		Interface amigável e leitura facilitada
KMC 11D50	R\$ 200,00	Visor
		Consumo de energia (kWh)
Kill a Watt	R\$ 20,00	Visor
		Consumo de energia (kWh)
		Interface amigável e leitura facilitada
Snapgrid	R\$ 1800,00	Visor
		Consumo de energia (kWh)
		Consumo de dinheiro (R\$)
		Consumo periódico
Proposto	R\$ 120,00*	Interface amigável e leitura facilitada
		Visor
		Consumo de energia (kWh)
		Consumo de dinheiro (R\$)
		Interface amigável e leitura facilitada

Utilizou-se um teclado matricial membrana 4x3. No caso deste projeto, será usado para que o usuário informe ao programa o valor do KWh. Para o desenvolvimento do projeto na fase de prototipagem, os materiais utilizados e equipamentos foram: 1 placa Arduino Mega 2560 [5];

resistores e capacitores; 1 conector P2 fêmea; 1 teclado matricial 4X3; 1 display LCD Nokia 5110; 1 sensor de corrente YHDC 100A SCT - 013; 1 bateria de 9V; protoboard e Multímetro.

Utilizando a tensão informada pelo usuário (consumidor residencial), será desenvolvida a programação para calcular a potência do circuito e sua energia consumida em um período de tempo.

Figura 1: Ligação do medidor de corrente ao Arduino. Fonte: Vasconcelos (2017)



A Figura 1 mostra a ligação para obtenção dos valores de corrente. O medidor de corrente não invasivo é conectado através de Plug P2 macho (1) no plug P2 fêmea (2) que está conectado à protoboard (3), que por sua vez é ligada ao Arduino na porta analógica A1 (4). Na Figura 2 foi elaborado o diagrama eletrônico para ligação do protótipo.

O sensor de corrente SCT-013-000 possui uma variação de corrente na saída que precisa ser convertido para uma variação de tensão para que o Arduino possa realizar a leitura. Então um resistor de carga é utilizado. O cálculo do valor do resistor é feito da seguinte maneira: determinar o valor máximo de corrente medido pelo primário do sensor: 100 A. Converter o valor máximo de corrente RMS para o valor de pico:

$$I_{P1} = I_{RMS} \cdot \sqrt{2} = 100\sqrt{2} = 141,4 \text{ A}$$

Calcular o valor de pico no secundário, tendo 2000 como número de voltas:

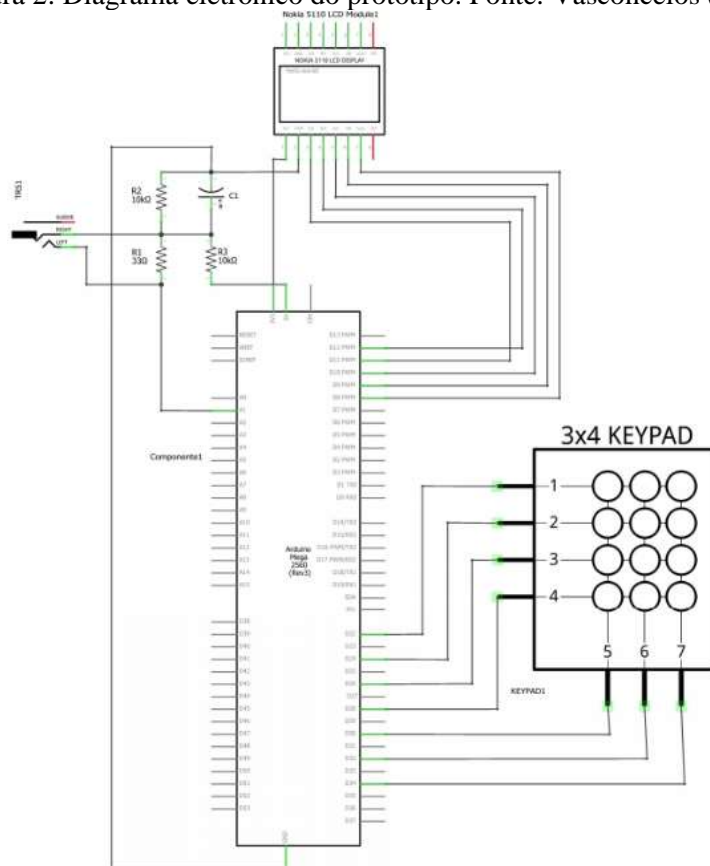
$$I_{P2} = \frac{I_{P1}}{\text{voltas}} = \frac{141,4}{2000} = 0,0707 \text{ A}$$

Para se ter uma melhora na resolução de medição, no momento do pico de corrente, a tensão através do resistor de carga deve ser igual à metade da tensão máxima do Arduino: 2,5 V. Então:

$$R_{\text{Carga}} = \frac{2,5}{I_{P2}} = \frac{2,5}{0,0707} = 35,4 \Omega$$

Um resistor de 35,4 Ω não é comum, por isso o valor mais próximo indicado é de 33 Ω , conforme exposto por Vasconcelos (2017).

Figura 2: Diagrama eletrônico do protótipo. Fonte: Vasconcelos (2017)



O PROGRAMA

A implementação do código do programa a ser inserido no Arduino pretende:

- I. Obter os dados provenientes da entrada analógica do Arduino, onde o sensor de corrente está conectado.
- II. Solicitar, através da Interface Homem-Máquina, os valores da tensão e do preço do kWh, e armazená-los na memória.
- III. Realizar o cálculo do consumo de energia elétrica e o consumo em Reais(R\$), utilizando os dados informados nos tópicos A e B.
- IV. Exibir os dados no Display LCD. Foram utilizadas as bibliotecas já existentes: OpenEnergyMonitor: possui funções responsáveis pelos cálculos de corrente. Nela existem funções relacionadas aos cálculos de corrente, além de funções para sua calibração; Nokia 5110 Basic: Responsável pela exibição dos dados no visor LCD Nokia 5110; Keypad: Permite a implementação do teclado matricial membrana 4x3 ao Arduino. Os códigos estão expostos a seguir, e em Vasconcelos (2017):

TESTES REALIZADOS

Os equipamentos utilizados nos testes do protótipo desenvolvido foram um secador de cabelo (2000 W), um ferro de passar roupas (1200 W), uma sanduicheira (750 W) e uma lâmpada incandescente (60 W), além do multímetro para medição da tensão. Foi coletada uma amostragem por segundo durante 10 segundos. A Tabela 2 informa os dados fornecidos pelos fabricantes e os obtidos pelo protótipo, bem como o erro percentual em cada amostragem.

Como pode ser verificado, o erro máximo obtido na fase de testes foi de 2,25%, e o mínimo de 0,35%. Entretanto, em todos os equipamentos utilizados nos testes, o erro máximo foi obtido no primeiro segundo. A média de erros foi de 1,01%. Os valores obtidos se aproximam dos valores informados pelos fabricantes, portanto, é possível ter uma excelente noção do consumo elétrico utilizando os dados fornecidos pelo protótipo.

Tabela 2: Dados de potência dos equipamentos em teste, obtidos dos fabricantes (Pot informada) e do protótipo (Pot obtida).

Secador de cabelo			Ferro de passar roupas		
Pot informada (W)	Pot obtida (W)	Erro (%)	Pot informada (W)	Pot obtida (W)	Erro (%)
2000	1955	2,25	1200	1175,3	2,05
2000	1988,5	0,58	1200	1188,6	0,95
2000	1985,6	0,72	1200	1185,8	1,18
2000	1983,7	0,81	1200	1187,7	1,03
2000	1983,6	0,82	1200	1188,2	0,98
2000	1982,1	0,9	1200	1188,6	0,95
2000	1982,3	0,89	1200	1195,8	0,35
2000	1982,5	0,88	1200	1193,5	0,54
2000	1982,7	0,86	1200	1193,4	0,55
2000	1983,3	0,84	1200	1191,1	0,74
Sanduicheira			Lâmpada incandescente		
Pot informada (W)	Pot obtida (W)	Erro (%)	Pot informada (W)	Pot obtida (W)	Erro (%)
750	742,2	1,04	60	58,7	2,17
750	743,2	0,91	60	59,1	1,5
750	743,3	0,89	60	59,7	0,5
750	740,1	1,32	60	59,5	0,83
750	739,8	1,36	60	59,3	1,17
750	739,8	1,36	60	59,4	1
750	740,4	1,28	60	59,4	1
750	740,3	1,29	60	59,6	0,67
750	739,6	1,39	60	59,7	0,5
750	742,3	1,03	60	59,6	0,67

Quando não há carga, o sensor ainda detecta uma corrente de cerca de 0,1 A. Dependendo da tensão informada, esta leitura incorreta pode significar um erro significativo no momento dos cálculos de potência, energia consumida e seu valor monetário. Para a correção, o código do programa sofreu alterações para fazer com que o sensor leia correntes superiores ao ruído e ignore as inferiores, igualando-as a zero.

CONCLUSÃO

O protótipo montado conseguiu ler o consumo de energia em tempo real de maneira satisfatória. O erro médio foi de 1,01%, margem aceitável, os valores lidos são bem próximos dos reais, informados na conta de luz. Se necessário, é possível alcançar diminuir a margem de erro através de um sensor de tensão for utilizado. O aparelho também foi satisfatório em relação aos custos, apresenta uma interface amigável, conseguindo cumprir sua função auxiliando na diminuição do desperdício de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

- [1] ABESCO. Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Desperdício de energia gera perdas de R\$ 12,6 bilhões. 2015. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/novidade/desperdicio-de-energia-gera-perdas-de-r-126-bilhoes/> Acesso em: 08 set. 2017.
- [2] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. A Tarifa de Energia Elétrica. 2017b. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas> Acesso em: 04 set. 2017.
- [3] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Como é composta a tarifa. 2017c. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false Acesso em: 04 out. 2017.
- [4] ARDUINO. Arduino Mega. (2019a) Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega> Acesso em: 14 jul. 2019.
- [5] VASCONCELOS, T. L. B. de; Medidor de consumo de energia elétrica residencial monofásico não invasivo. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Estácio de Sá, unidade Campos dos Goytacazes – RJ, Campos dos Goytacazes – RJ, 2017.