

SENSOR DE CORRENTE ELÉTRICA VARIÁVEL NO TEMPO PARA ENSINO DE ELETRICIDADE

Luiz Eduardo Schardong Spalding – spalding@upf.br

Universidade de Passo Fundo - PPGECM

Passo Fundo - RS

Guilherme Dionisio – guidionisi@gmail.com

Carlos Ré Signor – caiosignor@gmail.com

Júlio Cesar Santos – juliosantos@upf.br

José Antônio O. de Figueiredo – jose.figueiredo@passofundo.ifsul.edu.br

IFSul Passo Fundo

Resumo: Este texto apresenta o sensor de corrente elétrica e sua utilização com um software feito na plataforma Arduino. O ensino de eletricidade, quer seja no ensino médio ou na graduação, exige alguns instrumentos para que se possa observar como as tensões e as correntes elétricas variam no decorrer do tempo. Para diminuir custos, facilitar a montagem e manter a segurança, o protótipo de um sensor utilizando princípios de eletromagnetismo foi desenvolvido nos programas de mestrado em computação aplicada com a colaboração dos alunos e professores do mestrado em ensino de ciência e matemática, ambos da Universidade de Passo Fundo. Os resultados mostram que as formas de onda de correntes elétricas de equipamentos residenciais podem ser visualizados com mais facilidade do que nos trabalhos anteriores deste mesmo grupo de pesquisas. O sensor já é fabricado por empresas em processo de licenciamento de tecnologia com a Universidade de Passo Fundo.

Palavras-chave: ensino de eletricidade, sensor de corrente alternada, Arduino

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2017, a dissertação de mestrado de Guilherme Dionisio (Dionisio, 2017), com o título “Atividade experimental para o estudo dos fundamentos do eletromagnetismo e da corrente elétrica alternada”, apresentou à comunidade acadêmica a aplicação do produto educacional: “Visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada de eletrodomésticos”. Nesta proposta, aplicada em turmas do ensino médio, um dos exemplos de eletrodomésticos utilizado foi um ventilador de mesa. A Figura 1 mostra como o sensor toroidal foi utilizado no circuito elétrico para gerar uma tensão proporcional à corrente do ventilador.

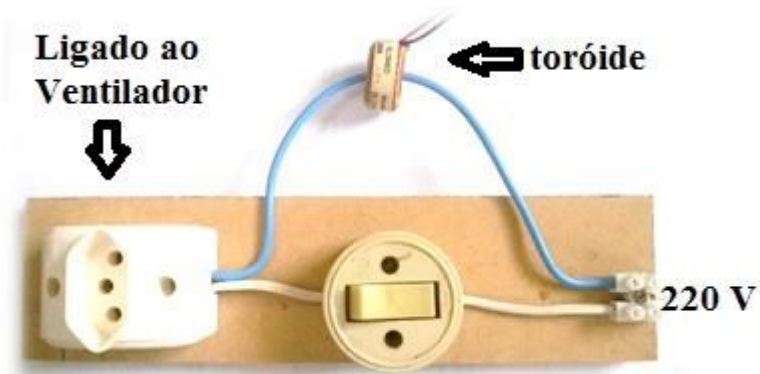


Figura 1: Material utilizado para fazer as capturas das formas de onda da corrente elétrica no produto educacional de Guilherme Dionisio, em 2017.

Os dois terminais do toróide eram ligados a um circuito elétrico montado sobre uma matriz de contatos, como mostra a Figura 2.

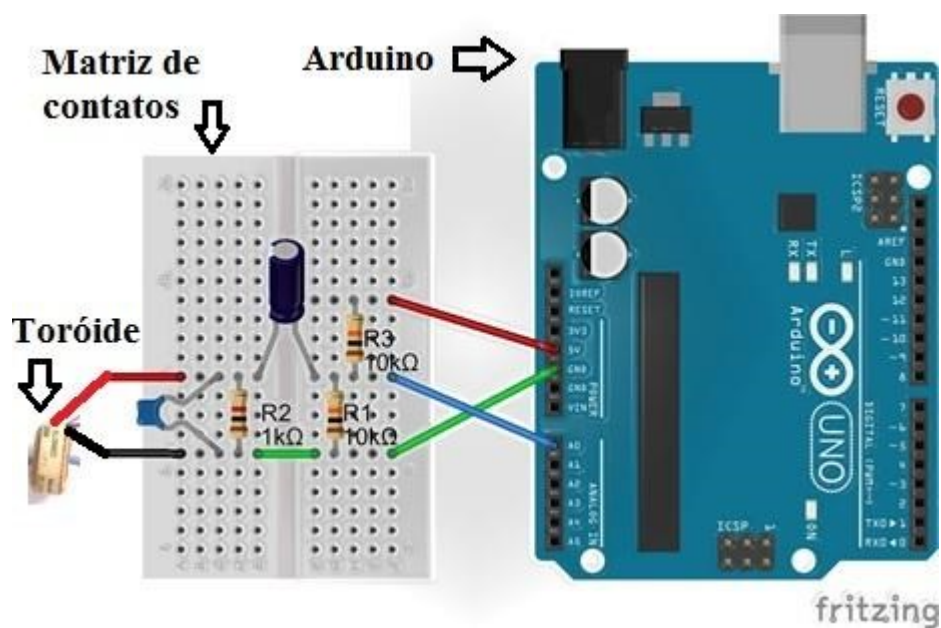


Figura 2: A matriz de contatos é utilizada para acomodar e interligar os diversos componentes eletrônicos.

O Arduino fornece a alimentação para o circuito e recebe o sinal de tensão proporcional à corrente que circula no condutor que atravessa o toróide (Figura 1). Com este método e materiais foi obtida a forma de onda do ventilador residencial de mesa, conforme a Figura 3.



Figura 3: Forma de onda da corrente elétrica de um ventilador residencial de mesa, obtido pelo circuito eletrônico da Figura 2, mostrando que o circuito indutivo do motor do ventilador faz com que a forma de onda não seja uma senóide perfeita.

Na Figura 3, os valores do eixo vertical ainda não foram convertidos na unidade de corrente elétrica (Ampéres). Eles são apresentados em valores digitais, de 0 a 1023, pois o conversor analógico/digital do Arduino é de dez bits ($2^{10} = 1024$). Esta conversão é um dos assuntos tratados pelo professor.

Este trabalho inicial, da dissertação do Guilherme, foi importante para que aulas fossem ministradas no anos de 2017 e 2018, quando a equipe pôde verificar que as expectativas de problemas eram reais. As expectativas iniciais apontavam que a replicação deste circuito para que fosse disponibilizado para outros professores seria um problema. Há, também dificuldades de fazer uma boa conexão dos fios na matriz de contatos, além de erros de montagem, pois as peças são muito pequenas. Também há contatos indesejados entre os componentes montados na placa, pois eles se deslocam de suas posições para todos os lados, podendo provocar curto circuitos e atrapalhando o foco da explicação do fenômeno da corrente elétrica. Além destes problemas, há uma dificuldade de aquisição de alguns componentes eletrônicos em municípios menores. Por estas razões, a equipe de pesquisa do programa de mestrado em ensino de ciências e matemática fez um parceria com alunos e professores do curso de mestrado em computação aplicada, ambos da UPF. Nesta parceria, o protótipo de um sensor de corrente foi planejado para atender as necessidades de dois programas de pós-graduação: o de ensino de ciências e matemática e o de computação aplicada.

2 METODOLOGIA

A partir das dificuldades encontradas nos testes iniciais, ainda em 2016, assim como nos primeiros dois anos de utilização do produto educacional de Guilherme Dionisio, professores e alunos fizeram adaptações em um dos produtos originados na dissertação de mestrado em computação aplicada da UPF (Figueiredo, 2016). Cabe destacar que o mestrando José Figueiredo também necessitava medir corrente alternada, mas tinha como objetivo medir consumo de energia elétrica em aplicação com internet das coisas (Internet of Things-IoT).

Para a aplicação em ensino de eletricidade e eletromagnetismo, o sensor precisou das seguintes adaptações:

1. Substituir o toróide ferromagnético utilizado por Guilherme por um toróide de material nanocristalino, que possui maior permeabilidade magnética. Isto permite utilizar menos espiras do que o anterior para medir uma mesma corrente. Isto reduziria o custo de fabricação e também a possibilidade de enrolamento de apenas 100 espiras (ou menos), ao contrário das 500 do toróide usado por Guilherme. Com esta redução não é necessário o uso de máquinas especiais de enrolamento.
2. Este toróide necessita de um circuito condicionador de sinais com filtro de 720 Hz para permitir a medida de correntes produzidas pelas fontes chaveadas. Estas fontes produzem frequências harmônicas de 60Hz com valor significativos até 720 Hz. As fontes chaveadas, atualmente, estão em vários equipamentos residenciais como televisores, rádios, carregadores de celulares, computadores, entre outros.
3. No desenho da placa, deve ser facilitada a posição de um resistor de ganho, de forma que este possa ser substituído por outro. Isto permite que a captura dos valores de corrente sejam realizadas em faixas mais estreitas. Por exemplo, o resistor de ganho normal é de 1,0 kOhms o que facilita medir correntes de até 1,0 A de pico. Para medir correntes mais altas, como de um aparelho de micro-ondas, somente é necessário substituir este resistor por um de 12 kOhms.

Além destas melhorias acima, para que os professores de Física e Eletricidade pudessem usar este sensor, é necessário colocá-lo à venda, junto com o cabo de energia (com um plugue e tomada), em uma caixa para que possa ser facilitar o uso e a aquisição.

Para estas ações, a Universidade de Passo Fundo possui setores de apoio como:

- a. Agecom, ou Agência de Comunicação, que pode fazer a proposta de layout visual da caixa e da acomodação das peças dentro desta.

- b. UPFtec, ou agência de transferência de tecnologia, que pode realizar a relação entre a UPF e as empresas que poderiam fabricar e vender o sensor aos professores.
- c. Setor de fabricação mecânica, que possui infraestrutura para fazer cortes a laser, propondo formatos e materiais para acomodação das peças dentro da caixa.
- d. Setor de eletrônica, que possui técnicos e softwares para fazer assessoria na escolha dos melhores circuitos de condicionamento de sinais, das peças e do layout da placa de circuito impresso.

Estabelecidos estes materiais, as estruturas disponíveis e as estratégias, as ações foram efetivadas e os resultados são apresentados a seguir.

3 RESULTADOS

Considerando a comparação da Figura 2 com a Figura 4, abaixo, a montagem ficou muito facilitada. Agora o professor não necessita fazer a montagem da matriz de contatos. É necessário apenas conectar Vcc, Vout e GND. A placa do sensor foi colada ao toróide que agora possui apenas 100 voltas. Na parte inferior da placa há uma posição do resistor de ganho, que pode facilmente ser substituído. Um resistor e um capacitor limitam a frequência de corte em 4,5 kHz e não 720 Hz, como era a proposta original.

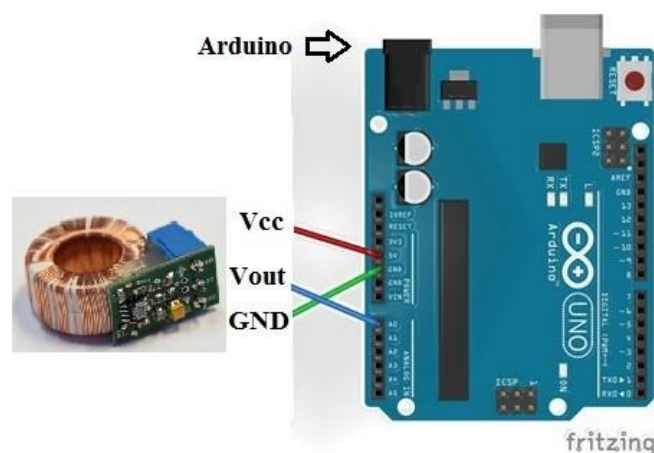


Figura 4: A matriz de contatos da Figura 2 foi substituída pelo sensor de corrente, facilitando a tarefa dos professores e alunos. Nesta ilustração, Vcc é uma tensão de 5,0 Volts, GND é zero Volts e Vout varia entre 0 (zero) e Vcc dependendo da corrente que circula no condutor que é inserido no interior do toróide.

Em relação à preocupação com a embalagem e forma de oferecimento do produto, a Agecom fez as propostas de etiqueta que é apresentadas nas Figuras 5 e 6.



Figura 5: A estampa da caixa, valoriza as pesquisas dos programas stricto-sensu da UPF.



Figura 6: Vista interna da caixa Ela permite a boa acomodação de até seis sensores de corrente.

Os testes com o novo sensor apresentaram o mesmo resultado verificado na imagem da Figura 3, quando utilizamos para medir a corrente do mesmo ventilador doméstico. O software de aquisição para a placa Arduino, utilizado por Guilherme (Dionisio, 2017) foi mantido na forma original, como está na sua dissertação.

4 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Trabalhos que realizam medidas de grandezas físicas usando a plataforma Arduino estão cada vez mais presentes no ensino. Um destes trabalhos (Cavalcante, 2011) influenciou a equipe quando apresentou formas simples de trabalhar com Arduino. Outros pesquisadores também foram nesta mesma linha e apresentaram propostas muito úteis ao ensino, como a medição da aceleração da gravidade (Cordova, 2016). Baseado nestas iniciativas e resultados otimistas de outros pesquisadores, a nossa equipe mantém a utilização da plataforma Arduino até que outra se mostre com condições similares ou melhores.

Nesta aplicação, fomos além do uso da plataforma Arduino e usamos também circuitos eletrônicos para alcançar nossos objetivos. Isto nos preocupou, pois sabíamos das dificuldades das escolas em reproduzir material eletrônico. Mesmo com estas dúvidas resolvemos apostar, pois entendemos que este sensor pode ser muito útil nas escolas para o ensino da eletricidade. A concepção do sensor, portanto, não foi uma escolha tão simples, nem na decisão de fazê-lo, nem nas decisões de como fazê-lo.

Uma das decisões que a equipe teve que fazer foi em relação a manter a ideia original do sensor trabalhar com filtro de 720 Hz ou com uma frequência maior. A decisão de mudar a frequência de corte do filtro para 4,5 kHz ocorreu quando os testes mostraram que com a frequência de corte em 720 Hz, o sensor introduziu uma defasagem de cerca de 20 graus da corrente medida pelo sensor em relação à corrente verdadeira, medida com um osciloscópio e um resistor série. Nas aplicações para medir energia, esta defasagem pode atrapalhar.

Na dissertação do Guilherme, não era importante a medida do valor em Amperes, pois o seu foco era mostrar as formas de onda. Agora, como este sensor é vendido com calibração, já é possível fazer o cálculo verdadeiro da corrente eficaz, utilizando a informação de ganho do sensor, que vem junto com ele no momento da compra.

Finalizando, o novo sensor, bem como as ações para que pudessem ser disponibilizados aos professores, estão sendo avaliadas nestes meses finais de 2018 e espera-se que novas melhorias sejam realizadas no decorrer de 2019. As empresas que estão aptas a oferecer o produto em parceria com a UPF já estão realizando a fabricação de 100 sensores. Eles devem chegar aos pontos de venda, inclusive na internet, em dezembro de 2018, O vídeo de lançamento já foi concluído, mas possivelmente será re-editado para incluir mais algumas imagens, tornando-o mais efetivo para compreensão dos professores.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. Rev. Bras. Ensino Fís. São Paulo, v. 33, n. 4, p. 4503, dez. 2011.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 38, n. 2, e2308, 2016.

DIONISIO, Guilherme. Atividade experimental para o estudo dos fundamentos do eletromagnetismo e da corrente elétrica alternada. 2017. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2017.

FIGUEIREDO, José Antônio Oliveira de. Aquisição de grandezas elétricas: definição, arquitetura, método e validação. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade de Passo Fundo, 2016.