

Desenvolvimento de dispositivo para medida e análise de campo magnético utilizando sensor magnetorresistivo

Luciano Salerno (lsalerno@ucs.br)¹Karen Fiuza (kfiuza@ucs.br)²Alexandre Mesquita (amesquit@ucs.br)²

1– Graduando do curso de Engenharia Eletrônica, Universidade de Caxias do Sul/CARVI.

2– Professores do curso de Engenharia Elétrica e Eletrônica, Universidade de Caxias do Sul/CARVI.

Resumo: O trabalho apresenta as etapas e o desenvolvimento de um dispositivo medidor de campo magnético, para aplicação em atividades práticas dos laboratórios de engenharia elétrica e eletrônica da Universidade de Caxias do Sul (UCS). O dispositivo de medida é constituído basicamente por um sensor magnetorresistivo (AMR), uma bateria de 9V, que alimenta o sensor, amplificador de instrumentação INA125 para amplificação e condicionamento do sinal de tensão elétrica gerado pelo sensor, e um voltímetro digital de bancada para apresentar a tensão elétrica do dispositivo. Para validação das medidas, foi utilizado um conjunto de bobinas de Helmholtz da Pasco Scientific®, composto por duas bobinas circulares, paralelas, cada uma contendo 200 espiras. Os resultados indicam erro relativo da ordem de 2% entre os dados adquiridos pelo dispositivo desenvolvido, o conjunto educacional e o modelo teórico, conforme referências bibliográficas.

Palavras-Chaves: Medição de campo magnético, Magnetorresistência, Instrumentação Eletrônica.

Abstract: Stages and development is shown in the present work for a magnetic field measuring device, which is intended to be used at Universidade de Caxias do Sul electrical engineering and electronics laboratories – UCS vineyard region – utilizing as element an anisotropic magnetoresistive (AMR) sensor. The measuring device is built by a 9V battery, which feeds the sensor; an operational instrumentation amplifier INA125, that conditions and amplifies the electric voltage signal generated by the sensor; and a digital bench voltmeter to display the device electrical voltage readings. We used an educational kit known as Helmholtz coil for measurement validation. Which consists of two circular parallel coils, each containing 200 turns and manufactured by Pasco Scientific®. Matlab® software was used for data process, indicating 2% relative error between the data acquired by the developed device, the educational kit and the theoretical model, according to bibliographic references.

Keywords: Measurement of magnetic field, Magnetoresistance, Electronic Instrumentation.

Introdução

Sensores magnéticos são utilizados a mais de 2.000 anos. As primeiras aplicações foram para busca de direção ou navegação. A tecnologia para detectar campos magnéticos evoluiu impulsionada pela necessidade de uma melhor sensibilidade, menor tamanho e compatibilidade com sistemas eletrônicos[1].

O planeta Terra se assemelha a um dipolo magnético cujo eixo dos polos magnéticos possui uma inclinação de 11° em relação ao eixo dos polos geográficos, e cujo módulo varia entre 0,2 e 0,6 Gauss [2].

O efeito de magnetorresistência foi descoberto por William Thomson em 1856, embora ele não tenha conseguido diminuir o valor da resistência elétrica de nenhum material mais do que 5%, sendo posteriormente chamado de magnetorresistência ordinária (MRO). No decorrer dos anos pesquisadores descobriram materiais que dispõem de características de magnetorresistência gigante, colossal e de efeito túnel. Tais sensores são constituídos em sua maioria constituídos por uma película fina de Permalloy (NiFe) depositada sob um substrato de silício e modelados para formar arranjos de resistências[2][3].

Usualmente estas resistências são ligadas numa configuração chamada de ponte de *Wheatstone*, de modo que a magnitude e a direção de um campo ao longo do eixo seja medido [2][3][4]. Nessa classe de sensores destacam-se os chamados sensores anisotrópicos magnetorresistivos (AMR), capazes de detectar campos magnéticos gerados por uma corrente contínua, posição angular ou linear, bem como o deslocamento no campo magnético da Terra, além de sua magnitude e direção [4][5].

Proposta

O trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo que efetue a medida da intensidade de campo magnético em um conjunto de bobinas de Helmholtz, utilizando como elemento de captura de campo um sensor magnetorresistivo anisotrópico (AMR).

O motivo da escolha do sensor de campo KMZ10B deve-se ao baixo custo comparado com outros sensores magnetorresistivos, confiabilidade e sua faixa de sensibilidade de 4 kA/m [5].

A figura 1 ilustra o encapsulamento do sensor onde as setas H_x e H_y indicam os eixos de medida de campo.

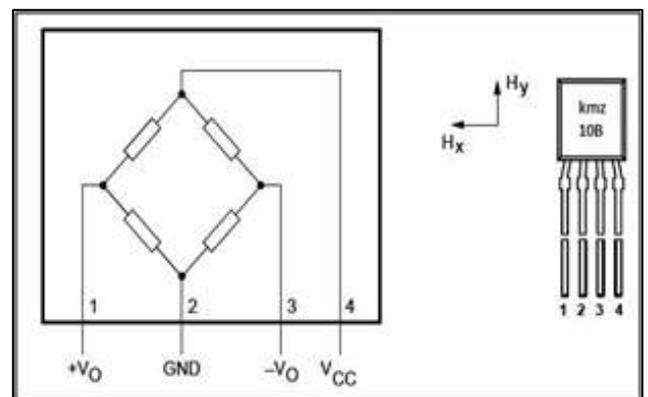


Figura 1 - (Fonte: Philips Semiconductors)

Desenvolvimento

O desenvolvimento do dispositivo compreendeu-se na instrumentação e aquisição dos sinais.

Na etapa de instrumentação foi utilizado o circuito integrado INA125P (Texas Instruments), que possui um circuito interno com referência de tensão de precisão e configuração externa de ganho para amplificação do sinal do sensor, seguindo as informações técnicas indicadas pelo fabricante [6].

A figura 2 apresenta o diagrama de blocos do dispositivo medidor: fonte de alimentação, sensor magnetorresistivo, amplificador de instrumentação e condicionador do sinal INA125P, multímetro de bancada para apresentação da tensão no medidor.

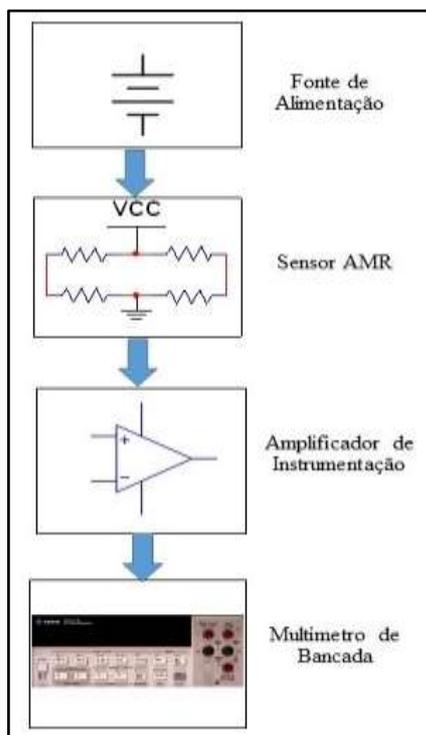


Figura 2 - (Fonte: O Autor)

Metodologia

A metodologia para validação do dispositivo desenvolvido consistiu na utilização de um kit educacional da marca Pasco Scientific® para medição de campo magnético com a finalidade de comparar os resultados. Tal kit é composto por bobinas de *Helmholtz*, sonda de medição por efeito hall, interface de aquisição, software de visualização.

As bobinas de *Helmholtz* produzem um campo magnético conhecido em certa região do espaço.

O arranjo é constituído de duas bobinas idênticas, dispostas simetricamente ao longo de um eixo comum separadas por uma distância (R) igual ao raio da bobina. Para os testes experimentais e posterior validação do dispositivo

definiu-se fundo de escala de 100 Gauss e resolução de 0,050 gauss no sensor de efeito Hall [7].

A figura 3 ilustra o arranjo de *Helmholtz*, cada uma das bobinas do kit educacional Pasco Scientific® apresenta características conforme a ficha técnica do fabricante: 200 espiras de fio esmaltado, raio de 0,105 m e suporta até 2,0 A de corrente elétrica. [7].

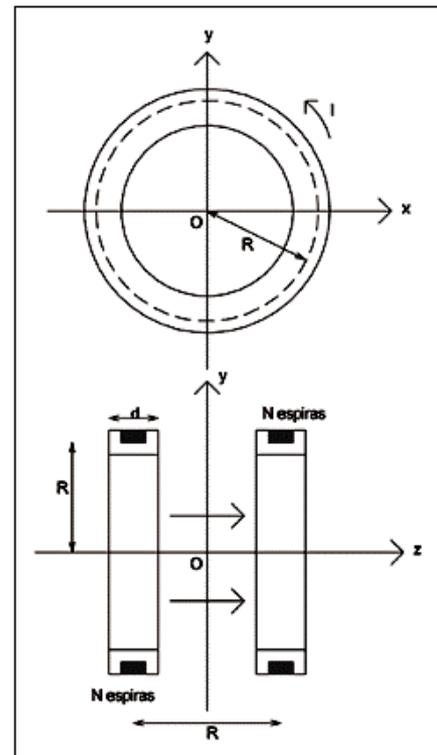


Figura 3 – (Fonte: The Helmholtz Coil[8])

A expressão teórica, desenvolvida a partir da Lei de Biot-Savart [9], para cálculo do campo magnético gerado por cada uma das bobinas em um ponto ao longo do eixo x é expressa por:

$$B = \frac{N \cdot \mu_0 \cdot I \cdot R^2}{(R^2 + dx^2)^{3/2}}$$

Onde N é o número de espiras em cada bobina, a constante μ_0 é a permeabilidade magnética no vácuo, I é a corrente que circula em ambas no mesmo sentido, R o raio da bobina, dx a distância do ponto de medida em relação ao centro de cada bobina. Se as correntes I estiverem em sentidos opostos nas bobinas o campo magnético será nulo no ponto O (zero).

Na figura 3 é ilustrado o dispositivo desenvolvido realizando a leitura de campo magnético no ponto central das bobinas, simultaneamente com a sonda hall do kit educacional.

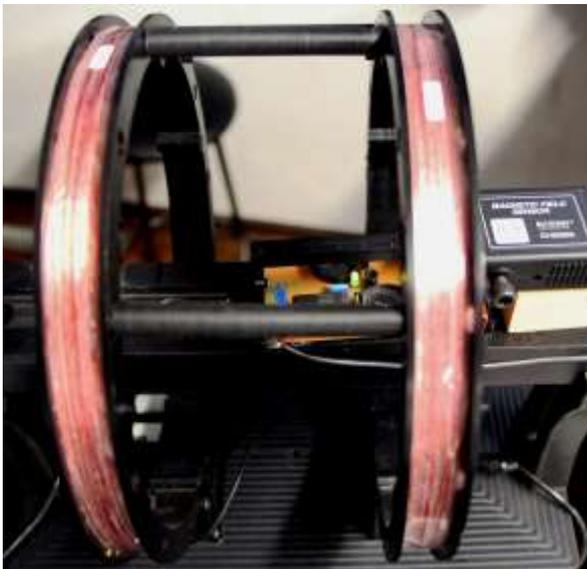


Figura 3 – (Fonte: Os Autores.)

Uma fonte de alimentação simétrica fornece a corrente para o circuito, dois multímetros foram utilizados para monitorar a tensão e a corrente nas bobinas. A corrente inserida nas bobinas é ajustada em aproximadamente 633 mA, de maneira que o campo magnético no ponto central entre as bobinas seja de 1mT, conforme o modelo teórico. As medidas foram realizadas a partir do ponto central, sendo o dispositivo deslocado ao longo de x a cada 0,02652 m.

Resultados e Discussões

O dispositivo desenvolvido mediu o campo magnético ao longo do eixo x das bobinas e transferiu estas informações para um multímetro, onde foram anotadas e efetuadas a relação de tensão (V) por campo (B), conforme ficha técnica do fabricante do sensor.

A tabela 1 expressa o valor médio da leitura de aquisição de campo magnético em cada ponto ao longo do eixo x, sendo utilizada a sonda do kit educacional e os valores comparados com o valor teórico.

Dx cm	Teórico (mT)	Kit (mT)	Disposit.(mT)
7,8	1,0710	1,0520	1,0550
5,2	1,0880	1,0720	1,0810
2,6	1,0920	1,0790	1,0870
0	1,0920	1,0820	1,0900
-2,6	1,0920	1,0790	1,0890
-5,2	1,0880	1,0720	1,0820
-7,8	1,0710	1,0520	1,0550

Tabela 1

Foi utilizado o software Matlab® para efetuar a modelagem matemática e plotagem dos gráficos. A figura 5 ilustra os gráficos onde a linha contínua ilustra o modelo teórico, a linha tracejada, dispositivo desenvolvido e a linha pontilhada, o kit educacional.

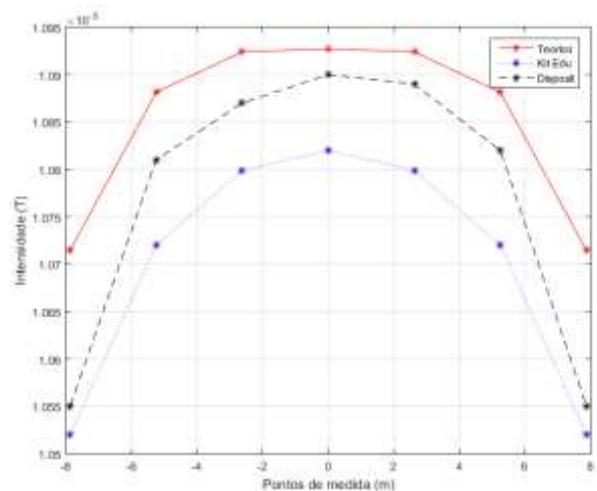


Figura 5 - (Fonte: O Autor)

A estimativa de erro relativo foi encontrada utilizando a equação 2 [10]. Erro percentual ou relativo é o erro que afeta a grandeza medida expresso como porcentagem do valor medido da grandeza. Portanto, o erro relativo percentual numa medida x com erro absoluto Δx será dado por:

$$(\Delta \bar{x})_r \Big| = \frac{\Delta \bar{x}}{x} * 100\%$$

O erro A corresponde aos dados experimentais adquiridos com o kit educacional, e o erro B corresponde aos dados adquiridos com o dispositivo desenvolvido.

$$\text{Erro A} = 1,39 \%$$

$$\text{Erro B} = 0,72 \%$$

Conclusão

Apresentou-se neste trabalho um projeto eletrônico de um dispositivo para medida de campo magnético com base no equacionamento básico, o que permitiu determinar o campo gerado no centro geométrico das bobinas.

As medidas realizadas utilizando o dispositivo desenvolvido foram coerentes com o modelo teórico e os valores adquiridos pelo sensor de efeito Hall, os resultados obtidos com o dispositivo portátil mostraram-se similares aos teóricos, bem como do kit educacional conforme tabela I e o gráfico comparativo da figura 5.

Os próximos passos na direção da conclusão do projeto consistem em:

- Projeto e construção de uma fonte de corrente controlada com realimentação.
- Aprimoramento do software gerador de gráficos e integração a um sistema de banco de dados com análise detalhada de erros inerentes ao processo de aquisição dos dados.

Agradecimentos

Sinceros agradecimentos aos colegas Francisco Teloken (Eng. Eletrônica) e Fabiano Rodrigues (Eng. Mecânica) pelo fundamental apoio e conhecimentos compartilhados na realização deste projeto.

Referências Bibliográficas

[1] MICHAEL J. CARUSO, DR. CARL H. SMITH, TAMARA BRATLAND, ROBERT SCHNEIDER. A New Perspective on Magnetic Field Sensing. SSEC Nonvolatile Electronics, Inc. (1998)

[2] CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE
https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetorresistencia/wiki/Campo_magneticoterrestre. (Acesso em 06/06/2016)

[3] MAGNETORESISTIVE SENSORS FOR MAGNETIC FIELD MEASUREMENT - Philips Electronic Semiconductors. (2000)

[4] BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO V.; Instrumentação e fundamentos de medidas. Rio de Janeiro: LTC, 2011. Vol. 2. ISBN 978-85-216-1879-9.

[5] KMZ10B MAGNETIC FIELD SENSOR - Philips Electronic Semiconductors. (1998)

[6] TEXAS INSTRUMENTS - Ina125p
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina125.pdf> Acesso em 08/06/2016.

[7] PASCO SCIENTIFIC® -
<https://www.PascoScientific.com/prodCatalog/ex/ex-5540magnetic-fields-of-coils-experiment/index.cfm>
Acesso em 09/06/2016.

[8] ROBERT, RENÊ -The Helmholtz Coil - Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 1, Março, 2003

[9] TIPLER, P. A. Física, vol. 2, 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.