



CONSTRUÇÃO DE UM MAGNETÔMETRO *FLUXGATE* A PARTIR DE PLACAS DE DESENVOLVIMENTO: A CRIAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO GEOMAGNÉTICA DO DISTRITO FEDERAL (BRASIL CENTRAL)

Pedro Araújo de Oliveira¹, Elder Yokoyama^{1*}

1- Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília- DF, Brasil.

*Corresponding author: eyokoyama@unb.br

ABSTRACT

Development boards, microcontrollers, are just two of the many designations given to boards that have become popular in embedded systems. These boards facilitate greatly the development of projects that involve sensors, servo- motors and other automation devices. Besides, these boards have a relative low cost and a good durability. In geophysics, the use of these boards can greatly facilitate the operation in the fieldwork, optimizing the data acquisition during the survey. The development boards can be used to coupling many different sensors (magnetic sensors, accelerometers, geophones etc.) in the same control system. This study proposes to develop a fluxgate magnetometer using the connection of a magnetic sensor with a development board. At second moment, the study intends to establish a new geomagnetic station in the Federal District (Brazil) to observe high frequency variations in the Earth's magnetic field.

Keywords: Magnetometer, fluxgate, geomagnetic station, development board

RESUMO

Placas de desenvolvimento, microcontroladores, são apenas dois dos muitos nomes dados para placas que se popularizaram em projetos embarcados. Elas facilitam em muito a construção de um projeto que envolva sensores, servo-motores e outros projetos de automação. Na geofísica não é diferente. O uso dessas placas pode facilitar muito a operação em atividades de campo, como a montagem de sistemas de automação na hora de executar sequências de operações nos equipamentos. Outra aplicação é o acoplamento de sensores como medidores magnéticos, geofones e outros equipamentos, todos acoplados a placas de desenvolvimento. O presente projeto propõe justamente isto: um sensor magnético conectado a um microcontrolador, isto é, um magnetômetro. Pretende-se com ele estabelecer uma estação geomagnética no Distrito Federal e observar variações de alta frequência do campo magnético da Terra.

Palavras-chave: Magnetômetro, fluxgate, estação geomagnética, placa de desenvolvimento

Controladores eletrônicos

O uso de placas de desenvolvimento, conhecidas também como microcontroladores, tem crescido bastante por seu baixo custo e operação simples. Tais placas têm portas digitais e analógicas programáveis em várias linguagens. A proposta é gerenciar sensores e componentes eletrônicos por meio de um algoritmo criado pelo operador. Este é gravado no microcontrolador, sendo executado automaticamente. É possível, porém, usar um computador hospedeiro para programá-lo e obter dados em tempo real. A alimentação pode ser via USB ou por baterias e transformadores. Seu uso é recomendado em projetos onde a portabilidade é necessária.

Existem também placas similares que contêm processadores multifunção. Por isso elas podem executar sistemas operacionais, sendo também chamadas de microprocessadores. Estes são utilizados quando se necessita de maior capacidade de processamento. Pode-se usá-los como computador hospedeiro, mediante programação e monitoramento de mais de um microcontrolador. Muitos microprocessadores possuem portas digitais e analógicas, gerenciando componentes eletrônicos sem auxílio de microcontroladores.



Motivação

Modo geral, os equipamentos usados em estudos geofísicos são constituídos de sensores ligados a módulos eletrônicos. Muitos têm baixo poder de processamento e apresentam alto consumo de energia. Mesmo com tecnologia obsoleta, a maioria é vendida a preços elevados, chegando a dezenas de milhares de dólares. É preciso notar que a obsolescência está na eletrônica do equipamento e não nos sensores que os integram. Assim, dependendo da necessidade, pode-se substituir os módulos eletrônicos por microcontroladores ou microprocessadores. As vantagens dessa substituição são amplas, principalmente no tocante à redução de custos. Ao se utilizar, por exemplo, uma placa de prototipagem, não há a necessidade de desenvolvimento de um módulo específico para o equipamento. Outra vantagem: dependendo dos objetivos do projeto, informações colhidas pelos sensores através de placas de desenvolvimento e *Shields* diversos podem ser lidas via telefone celular, lançadas em domínios de rede e gravadas em *pen drive* ou cartões SD. Essas placas estão amplamente disponíveis no mercado a preços baixos. Um exemplo é o microprocessador *Raspberry pi*, vendido a 35 dólares pela Allied Eletronics, revendedora oficial da marca.

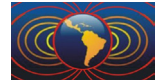
Em razão dos fatos, estamos desenvolvendo um magnetômetro com dois sensores magnéticos ligados a uma placa de desenvolvimento. Os sensores são um magnetorresistivo e um *fluxgate*. O sensor magnetorresistivo é a bússola digital *HMC5883L*, fabricada pela Honeywell. A bússola possui três eixos perpendiculares entre si, por meio dos quais é possível medir a intensidade do campo magnético. A desvantagem desse sensor é a baixa precisão, próxima de 2 mili-Gauss. Por causa disso, o sensor deve ser usado, primordialmente, para obter a direção do campo e não para aferir a intensidade. Com as informações obtidas por meio do sensor e valendo-se de operações matemáticas, calculamos com segurança a direção do vetor magnético. Feito isso, o sensor *fluxgate* é posicionado na direção de maior intensidade a fim de medir o campo magnético da Terra (CMT). O sensor utilizado é o FLC-100, fabricado pela Stefan-Mayer. Esse arranjo diminui custos, pois nos magnetômetros do tipo *fluxgate* são empregados, via de regra, três sensores perpendiculares entre si, pelo fato serem vetoriais. Sabendo a direção do campo principal, pode-se direcionar apenas um eixo para realizar a medida, eliminando a necessidade de se utilizar mais de um componente.

Obtendo êxito em testes de laboratório, o equipamento será utilizado para aferir as variações de alta frequência do campo magnético terrestre no Distrito Federal, por um período aproximado de três meses. As aferições serão realizadas na Fazenda Água Limpa (FAL-UnB), localizada no Park Way, área afastada de ruídos magnéticos provenientes de linhas de transmissão, de residências, de edifícios, de rodovias.

Varições de Alta Frequência do Campo Magnético da Terra

O campo magnético da Terra (CMT) observado em superfície é, de fato, a conjunção entre o campo magnético interno, o campo magnético externo e o campo crustal (*e.g.*, Fowler, 1997). O campo interno é gerado no núcleo do planeta, o externo é essencialmente gerado pelo Sol e o campo crustal é gerado pela magnetização remanescente das rochas que constituem a crosta. Para o estudo do campo magnético terrestre é necessário entender sua composição e variação. O CMT varia em diferentes escalas de tempo, de milissegundos a bilhões de anos. As variações de curto período de tempo estão associadas à interação entre o campo magnético interno e o campo externo. As principais variações conhecidas deste tipo são: a variação diurna, as micropulsações e as tempestades geomagnéticas.

Rotineiramente, as micropulsações e as tempestades geomagnéticas são mensuradas através de magnetômetros instalados em Observatórios Geomagnéticos. Os magnetômetros usados nesses observatórios são os do tipo precessão de prótons e os do tipo *fluxgate*. No Brasil, existem quatro Observatórios Geomagnéticos em funcionamento: Vassouras (RJ), Tatuoca (PE), Pantanal (MT) e Santa Maria (RS). Esse número de observatórios é relativamente pequeno dado à extensão territorial do país, criando uma vacância de dados em algumas regiões como, por exemplo, a centro-norte. Um dos fatores preponderantes para esse reduzido número de observatórios é o alto custo dos magnetômetros, tanto em relação à compra quanto à manutenção. Dentro deste panorama, outra forma de monitorar variações do CMT é a construção de uma estação geomagnética. Uma estação tem um custo menor em relação a um observatório, uma vez que não faz



medidas absolutas do campo magnético. Todavia, os gastos para construção de uma estação geomagnética ainda são altos, visto que normalmente ela se utiliza de magnetômetros importados, que chegam a custar até dezenas de milhares de dólares. Uma maneira de diminuir esses custos seria o desenvolvimento de tecnologia nacional no âmbito universitário.

Assim, o presente projeto visa desenvolver uma estação geomagnética que possa monitorar as variações do CMT observadas no Distrito Federal.

Materiais e Métodos

O magnetômetro será constituído de um sensor eletroresistivo e um *fluxgate*. Eles serão gerenciados pela placa de desenvolvimento *BlackBoard VI.0*, da marca RoboCore.

O sensor eletroresistivo tem saída digital de sinal e a comunicação deve ser feita via protocolo I²C (Inter-Integrated Circuit). O protocolo I²C é um barramento de comunicação serial usado para conectar periféricos de baixa velocidade a diversos dispositivos como placas-mãe, microcontroladores e sistemas embarcados. Tanto a unidade de controle quanto os periféricos devem possuir implementação e suporte I²C, seja via *hardware* ou via *software*. A implementação via *software* se dá através de um método chamado bit-bang, onde o funcionamento do protocolo é emulado bit a bit. O protocolo I²C tem dois tipos de dispositivos: Master e Slave. O Master é a unidade de controle responsável por coordenar todos os Slaves, que são os periféricos. Há apenas duas linhas de comunicação: a SDA e a SCL. SDA (Serial Data) é o pino que efetivamente transfere os dados e SCL (Serial Clock) serve para temporização entre os dispositivos. Assim, tanto o envio quanto a recepção de informações são realizados utilizando-se a linha SDA, ou seja, uma linha bidirecional de comunicação, ora enviando, ora recebendo dados. O Master nesse arranjo é a placa *BlackBoard VI.0* e o Slave é o módulo *HMC5883L*. Empregando a linguagem C++, foi feito o *script* para comunicação com o sensor, que utiliza o método bit-bang.

Para programação e leitura das medidas em tempo real, estamos utilizando uma placa microprocessadora como computador hospedeiro. A placa em questão é a *Raspberry Pi 2*. Ela tem 1 *Gigabyte* de memória *RAM* e um processador de quatro núcleos com *clock* de 900 MHz, sendo possível, via *overclock*, chegar a 1,3 GHz. O sistema operacional é o *Raspbian*, baseado no *Debian Linux*, porém otimizado para as características de *hardware* da *Raspberry*. Os dados seriais são passados do microcontrolador ao computador via USB.

Resultados Já Obtidos

Pelo programa *Arduino IDE* é possível visualizar os dados em tempo real. Eles aparecem em uma janela serial, gerando as seguintes informações: *raw data* do sensor, o valor de intensidade do campo em cada uma das componentes, a direção do vetor nos planos X-Y, X-Z e Y-Z e o sentido e intensidade do CMT.

Além de ser possível acompanhar os valores medidos pela janela serial, no *software Arduino IDE*, os valores de intensidade do CMT e o azimute do sensor são plotados diretamente em um visor de cristal líquido (similar ao de uma calculadora simples), com 16 colunas e 2 linhas. Com o visor é possível transportar o equipamento sem a necessidade de um computador hospedeiro, pois a alimentação pode ser feita por uma bateria pequena de 9 volts. Assim, o equipamento ganha portabilidade.

O *software* e o circuito eletrônico do magnetômetro e seus componentes ainda se encontram em fase de desenvolvimento. A partir dos dados obtidos, fizemos (e continuamos a fazer) diversas alterações no *software* e no circuito do conjunto, com o objetivo de melhorar a precisão de medida.

Referencias

- D. I. Gordon, R. E. Brown, Recent Advances in Fluxgate Magnetometry, 1972. *IEEE Trans. On Magn.*, 8, 1, 76-83.
- Flower C. M. R., The Solid Earth: An Introduction to Global Geophysics, Cambridge University Press., New York, 472 pp.
- NXP Semiconductors N.V., 2014. UM10204 I²C-bus specification and user manual Rev. 6. User manual, 64pp, 4 abril 2014.