

Desenvolvimento de magnetômetro fluxgate com processamento digital de sinais.

Plínio R. Lima COPPE/UFRJ, Luiz C.C. Benyosef* OBSERVATÓRIO NACIONAL, Brazil

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper were reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

A fluxgate magnetometer using digital processing of signals is being developed in the LDSM/ON and its simulation works is finished. This instrument uses ring-core sensors built using amorphous materials from CoFeSiB alloys. The digital processing is proceeded by a comercial dsp kit.

Introdução

O magnetômetro fluxgate é provavelmente o mais versátil e usual dos instrumentos vetoriais, de rotina, utilizados em geomagnetismo de maneira geral. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de magnetômetro fluxgate utilizando circuito com processamento digital de sinais, estando completa a primeira parte correspondente à simulação do circuito na placa dsp. Este tipo de circuito tem a vantagem mostrar o sinal do sensor fluxgate, substituindo determinados circuitos analógicos por rotinas matemáticas executadas num processador digital de sinais (DSP) de alto desempenho, ocasionando uma série de vantagens: baixo peso, ampla faixa de medida, consumo de energia que depende da taxa de amostragem, melhoria da resolução da medida, confiabilidade e flexibilidade.

Teoria de funcionamento

O sensor fluxgate, também denominado de "sensor de núcleo magneticamente saturado", tem seu funcionamento baseado na modulação do campo magnético de prova com a permeabilidade variável do núcleo.

Na sua forma mais elementar o núcleo do sensor é construído utilizando materiais de alta permeabilidade magnética de base NiFeMo, do tipo mumetal, ferrite, permalloy e mais recentemente por materiais magnéticos amorfos de base cobalto. O núcleo é envolto por dois sistemas de enrolamentos, com fios de pequeno diâmetro, conforme a figura 1.

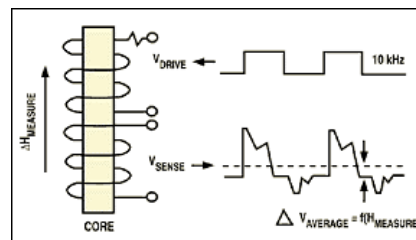


Figura 1 - Configuração básica do sensor fluxgate. Mudanças na permeabilidade relativa " μ_r " do material causam uma variação de fluxo magnético B, induzindo nas " n_s " espiras do secundário uma tensão.

Partindo da Lei da indução e fazendo as devidas considerações com os parâmetros magnéticos envolvidos na magnetização do núcleo, encontramos a denominada equação característica, ou fundamental, do sensor fluxgate:

$$V_{SEC} = n_s \cdot A \cdot B_{ex} (1 - D) \frac{(d\mu_r / dt)}{[1 + D(\mu_r - 1)]}$$

Por esta equação pode-se verificar que o sinal de tensão induzido nas n_s espiras do secundário depende, além deste próprio número, das propriedades magnéticas do material do núcleo, especialmente da permeabilidade relativa e do fator de desmagnetização, que está intimamente interligado com a geometria e com as dimensões do núcleo/sensor.

A figura 2 mostra o diagrama de um circuito analógico desenvolvido no LDSM/ON - Laboratório de Desenvolvimento de Sensores Magnéticos do Observatório Nacional e utilizado em magnetômetros ali construídos. Neste diagrama uma fonte alimenta um circuito, excitando isoladamente o núcleo com uma frequência de 7.0 KHz. Um sinal, puro, de 14 KHz vai gerando para um demodulador com detector de fase que compara este sinal com o segundo harmônico da excitação, que é induzido nas n_s espiras da bobina sensora. Para garantir estabilidade o sistema trabalha com técnica de realimentação.

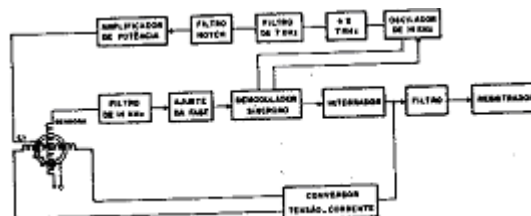


Figura 2 - Diagrama em blocos de um circuito fluxgate analógico.

Circuito de Controle Digital

Para o desenvolvimento do circuito digital foi utilizado um kit digital de desenvolvimento. Trata-se de uma ferramenta de desenvolvimento baseada em DSP de ponto fixo. Este kit contém os softwares: Assembler, Linker, Compilador C, ambiente de programação além da placa de avaliação com interface integrada de emulação JTAG, cabo paralelo, fonte de alimentação e documentação associada.

Com esta ferramenta pode-se realizar todo o desenvolvimento do código que deve ser transferido para o DSP, entrar e editar os códigos de programa, para fazer a compilação e construção de um arquivo executável e, finalmente, para tirar eventuais bugs que possam aparecer no seu código.

No magnetômetro de processamento digital o elo entre o circuito e o sensor é completamente controlado através de um computador e as partes analógicas - como o filtro e o detector de fase - são substituídas por algoritmos, a partir da digitalização - com o uso de um conversor analógico-digital rápido (ADC) - do sinal de segunda harmônica da frequência de excitação ($2f$). O sinal de frequência $2f$ e os diversos valores médios são calculados em tempo real de forma síncrona. O sinal de saída do sensor é amostrado com um conversor analógico-digital (ADC) para, depois, passar por um DSP com o objetivo de extrair o valor de campo magnético e gerar o sinal de realimentação do sensor, o qual é convertido em um sinal analógico por um DAC, conforme mostra a Figura 3.

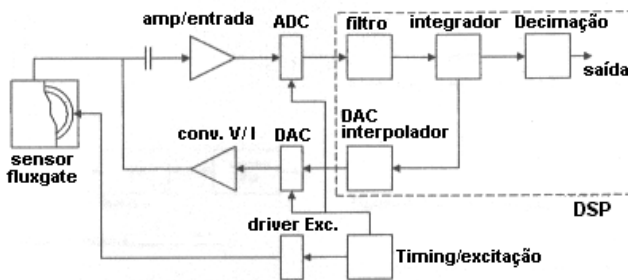


Figura 3 - Diagrama em Blocos do circuito digital

Resultados

A simulação realizada teve como objetivo mostrar as principais etapas, com software, para a filtragem digital de sinais, uma vez que o filtro é necessário para isolar no fluxgate a componente de $2a$ harmônica do sinal induzido. Foram programados um gerador de ondas senoidais e um filtro passa-baixa que filtra o sinal de entrada e apresenta apenas uma das duas frequências na saída. Os resultados encontram-se na Figura 3.

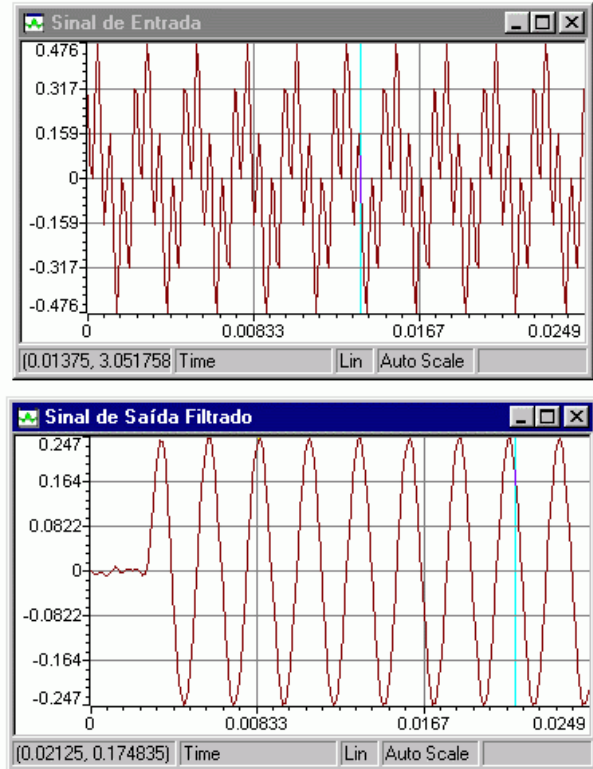


Figura 3 - Resultados da simulação com filtro passa-baixa.

Conclusões

Conclui-se por este trabalho a viabilidade de construir magnetômetros, do tipo fluxgate, com processamento digital utilizando um circuito com DSP compatível com os melhores instrumentos analógicos.

A seqüência será a montagem de um protótipo, utilizando DSP, para fazer medição das variações do campo geomagnético, ambiente, em três direções ortogonais (X,Y,Z). Serão utilizados três sensores com núcleos independentes, de geometria toroidal, com diâmetro: 18.0 mm e largura: 2.0 mm, construídos com material magnético amorfo de base CoFeSiB e produzidos no LDSM/ON. Este equipamento deverá ter condições para registrar, na presença de campos geomagnéticos de 30.000 nT, variações na faixa de frequência de dc até 1.0 Hz, com resolução mínima de 0.1 nT.

Este trabalho é a primeira etapa de um projeto de grande envergadura que visa substituir os magnetômetros fluxgate, analógicos, que equipam os observatórios magnéticos brasileiros pelos similares digitais.

Agradecimentos:

À FAPERJ pelo suporte prestado ao LDSM/ON, onde está sendo realizado este trabalho. Também queremos agradecer a IMBEL pelo apoio técnico, especialmente na eletrônica de controle.

Referências

Auster, H. U.; Lichopoj, A.; Rustenbach, J. et al.

Concept and first results of a digital fluxgate magnetometer. . Meas. Sci. Technol. 6 pags. 477 - 481 - 1995.

Auster, H.U.; Fornacon, K.H.; Auster, V. et al.

Progress in the Development of Digital Fluxgate Magnetometers. Revista Geofísica no 48, págs. 121 a 131-1998

Benyosef, L.C.C. e Novak, M. A. - Magnetômetros de Núcleos Saturados - Revista de Instrumentação e de Física Aplicada da Soc. Bras. de Física - Vol. 11, Núm. 3, págs. 131-137 - 1996.

Benyosef, L.C.C.; Teodósio, J.R.; Taranichev, V.E.

and Jalnin, B.V - Improvements on CoFeSiB Amorphous Ribbon for Fluxgate Sensor Cores - Scripta Metallurgica et Materialia, Pergamon-Elsevier Science Volume: 33 (9) - Págs. 1451-1454. November 1, 1995

Cadorin, E. A., Benyosef, L.C.C. e Pedro P.M.L.

Canázio - Magnetômetro de Núcleo Saturado para Registro de Campos Magnéticos de Três Componentes (X,Y,Z), Revista Militar de Ciência e Tecnologia, vol. XVII, - págs. 42 a 48 - 2000.

Nielsen, O.V.; Petersen, J.R.; Primdahl, F.; Brauer, P.;

Hernando,, B. Fernandez, A.; Merayot, J.;Ripka, P. Development, Construction and Analysis of the "Orsted" fluxgate magnetometer. Meas. Sci. Technol. 6 pags. 1099-1115 - 1995.

Pedersen, E. B.; Primdahl, F.; Petersen, J.R. et al.

Digital fluxgate magnetometer for the Astrid-2 satellite. Meas. Sci. Technol. 10 pags. N124 - N129 - 1999.

Texas Instruments Inc. - TMS320C54x DSP Design Workshop, Student Guide, may/2000.