

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

SOLUÇÃO PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS MULTIPONTO SÍNCRONA

AUTORES:

Gabriell J. M. de Araujo¹, Álvaro M. Avelino², Rodrigo E. F. da Silva², José A. De Paiva³, André L. Maitelli², Andres O. Salazar², Adrião D. D. Neto²

E-mails: gabriell@dca.ufrn.br, alvaro@dca.ufrn.br, refs@dca.ufrn.br, josealvaro@cefetrn.br, maitelli@dca.ufrn.br, Andrés@dca.ufrn.br, adriao@dca.ufrn.br

INSTITUIÇÃO:

Departamento de Engenharia de Petróleo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Departamento de Informática
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

SOLUÇÃO PARA A AQUISIÇÃO DE DADOS MULTIPONTO SÍNCRONA

Abstract

This paper shows a solution based on GPS and DSP for the synchronous data acquisition at various points in a industrial plant. The system, initially designed for the acquisition of pressure data rate 2kbauds/s is easily modified to acquire other magnitudes, since it has current as standard input (4 to 20 mA). Data is stored in a computer or other dispositivo allowing RS-232 communication.

Keywords: Data acquisition system, synchronous acquisition, DSP, GPS.

1 Introdução

A intervenção direta dos humanos sobre os processos industriais diminui ano após ano. O trabalho manual passa cada vez mais a ser exclusividade das máquinas. Neste cenário, os processos tornam-se mais rápidos e a necessidade de conhecê-los minuciosamente aumenta. O conhecimento profundo sobre uma aplicação é a primeira etapa para a sua automação. É, também, uma questão de segurança, uma vez que o processo automatizado não dispõe da habilidade humana de encontrar soluções diante ao inesperado.

Os sensores instalados nas malhas disponibilizam toda a informação necessária ao monitoramento e controle dos processos. Contudo, até chegar a sala de controle, os sinais obtidos por meio dos sensores passam por vários procedimentos de adequação. “Um sistema de aquisição de dados é um conjunto de elementos inter-relacionados que se coloca entre o processo e seu observador, visando à aquisição, análise e apresentação dos dados” (França, 1997).

“A aquisição de dados depende fortemente das características do processo, sendo a quantidade de dados e a frequência de amostragem dos sinais os principais aspectos” (SERRANO et al., 2001). Tais aspectos são consideráveis para todos os sistemas de aquisição. Outros, como o sincronismo entre aquisições em pontos distribuídos, têm relevância para algumas aplicações singulares. Sendo, assim, incomum encontrar soluções comerciais que realizem aquisição de dados multiponto síncrona. Além disso, as soluções comerciais tendem a ser generalistas, de forma a atender a maior parcela do mercado. Desta forma, muitos dos recursos que encarecem o equipamento acabam não sendo utilizados. A solução proposta neste artigo foi idealizada e aplicada com sucesso no estudo de escoamento multifásico em oleodutos, visando a detecção e localização de vazamentos (AVELINO et al., 2009).

As informações estão organizadas no texto da seguinte forma: a seção 2 descreve os componentes do sistema. A seção 3 mostra como o sincronismo entre os pontos de aquisição foi alcançado. A seção 4 descreve as conexões e comunicações entre os equipamentos. E, por fim, a seção 5 mostra os resultados obtidos no estudo de escoamento multifásico em duto.

2 O sistema de aquisição de dados

O sistema é dividido em três módulos básicos: transdutor, circuito condicionador e conversor A/D. O transdutor é o equipamento que converte a grandeza de processo em sinal elétrico. O sistema proposto neste artigo utiliza transdutor de pressão para corrente (4 a 20 mA). A aquisição é feita utilizando o conversor A/D do DSP TMS320F28335. Para adequar o sinal de saída do transdutor à entrada do conversor A/D utiliza-se um circuito de condicionamento de sinais.

2.1 Transdutor

O transdutor piezoresistivo PTX 7800 da Druck foi utilizado na aplicação de detecção de vazamentos. Entre as vantagens deste transdutor destaca-se: o excelente tempo de resposta (1 ms), a boa exatidão (0,25% F.E.) e a proteção intrínseca. Contudo, a ideia deste trabalho é que o sistema de aquisição de dados seja genérico, admitindo transdutores das diversas grandezas e com diversos tipos de saída. É óbvio que o PTX 7800 pode ser substituído por qualquer outro transdutor que tenha corrente como saída, mas transdutores com outro tipos de saída exigirão alterações no circuito de condicionamento de sinais. A subseção a seguir traz algumas soluções.

2.2 Circuito de condicionamento de sinais

A função básica do circuito de condicionamento é adequar o sinal de saída do transdutor à entrada do conversor A/D. Como a saída do transdutor é corrente e a entrada do conversor A/D é tensão. O primeiro condicionamento realizado é a conversão de corrente para tensão. O range de tensão deve ser compatível com os limites do conversor A/D. Para isso, utiliza-se uma carga adequada. Em alguns casos é necessário o uso de diodo zener para proteger as entradas do conversor A/D.

Outra função importante do circuito de condicionamento é a filtragem analógica do sinal. Durante a amostragem, o espectro do sinal é replicado como mostra a Figura 1. Para evitar a sobreposição de frequências, conhecida como Efeito Aliasing, utiliza-se um filtro passa-baixa que corta as componentes de frequência superiores a metade da taxa de amostragem.

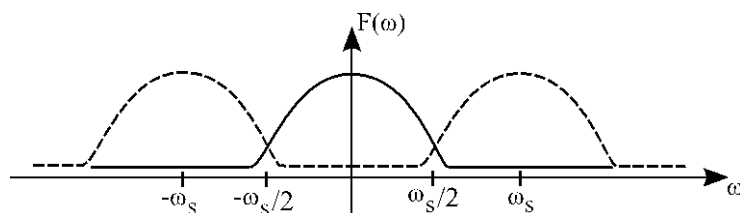


Figura 1. Replicação do espectro devido à amostragem do sinal.

O circuito é mostrado na Figura 2. As etapas de condicionamento são isoladas, entre si, por meio de seguidores de referência (buffers). A carga utilizada na conversão corrente-tensão foi de 270 Ω . Resultando num range de 1,08 a 5,40 V. Para compatibilizar com o range do conversor A/D, que é de 0,0 a 3,0 V, utilizou-se um divisor de tensão.

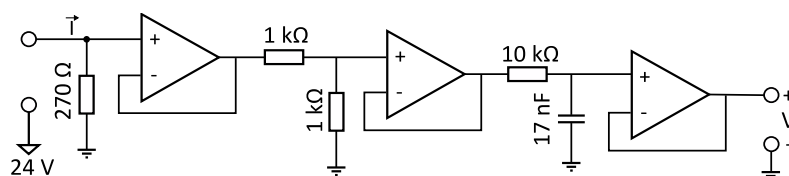


Figura 2. Circuito de condicionamento de sinais.

A utilização de uma carga menor evitaria o divisor de tensão. Entretanto, o sistema foi desenvolvido visando a aplicação em ambientes explosivos. Os equipamentos instalados em tais ambientes não podem produzir qualquer centelha ou efeito térmico capaz de dar ignição nos gases ou poeira que compõem a atmosfera explosiva. Equipamentos com esta capacidade são denominados intrinsecamente seguros e podem ser instalados nas zonas classificadas (com risco de explosão). Os equipamentos que não tem este tipo de proteção, que é caso do circuito de condicionamento, são instalados nas zonas não classificadas, ou seja, sem risco de explosão. Para separar os equipamentos das duas zonas é necessária uma barreira de proteção. A barreira de proteção zener utilizada exigia uma carga mínima de 250 Ω .

O circuito de condicionamento é bastante genérico. Basta descartar a etapa de conversão corrente/tensão que já se torna compatível com os transdutores de saída tensão (1,0 a 5,0 V). Neste caso, o range do conversor A/D pode ser melhor aproveitado modificando as cargas do divisor tensão. Já a carga e o capacitor da etapa de filtragem devem ser escolhidos tendo em vista a taxa de amostragem desejada, para isso deve-se utilizar a Equação 1.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

A taxa de aquisição desejada era de 2 kbauds/s. Para reduzir o Efeito Aliasing era necessário que o maior componente de frequência não ultrapassasse 1 kHz. Assim, a carga e a capacitância do filtro foram fixadas em 10 k Ω e 17 nF, respectivamente, como mostra a Figura 2. Com estes valores, a frequência de corte é estabelecida em torno de 936,2 Hz.

2.3 Conversor A/D

Neste trabalho utilizamos o processador digital de sinais TMS320F28335 da Texas Instruments que dispõe de conversor A/D interno de 12 bit e três interfaces de comunicação serial. O conversor A/D transforma o sinal de tensão (0,0 a 3,0 V) em valores digitais inteiros (0 a 4095) (TEXAS, 2007). A Equação 2 expressa a transformação.

$$V_{DIGITAL} = \frac{tensão}{3} \cdot 4095 \quad (2)$$

O DSP realiza a aquisição de uma amostra em 80 ns. O tempo entre as aquisições, dependendo da aplicação, pode ser utilizado para o envio de informações a um dispositivo de armazenamento externo ou para o processamento dos dados em tempo real. No primeiro caso, utilizando comunicação RS-232 com taxa de transferência de 115.200 bits/s, atingiu-se a taxa de aquisição máxima de 2 kbauds/s. Contudo, se o objetivo não é armazenar os dados, e sim processá-los em tempo real, a taxa de aquisição pode atingir valores bem mais elevados. O limite passa a ser o tempo de processamento dos algoritmos.

O DSP tem rotinas para salvar contexto. Então, se uma determinada tarefa está sendo realizada e ocorre uma interrupção, a tarefa pára momentaneamente, reiniciando no mesmo ponto, ao término da interrupção. Desta forma, as interrupções periódicas para aquisição de dados não atrapalham o processamento realizado no laço principal. O desenvolvedor pode considerar que o espaço de tempo para o processamento é contíguo. O problema é que as interrupções não são utilizadas apenas para as aquisições. À medida que a aplicação cresce, novas interrupções são criadas para atender a necessidades específicas. As interrupções tornam a programação mais modular. Em contra partida, é preciso determinar quais interrupções são prioritárias, e em que momento devem ser habilitadas e desabilitadas.

Quanto ao hardware, o conversor A/D conta com 16 canais. Portanto, é possível adquirir sinais de até 16 transdutores simultaneamente. Entretanto, é importante observar que a taxa de amostragem diminui à medida que o número de sinais convertidos aumenta. Outro recurso importante do DSP é o GPIO (General Purpose Input/Output). Os GPIOs são pinos que não têm uso específico, podem ser utilizados como entrada ou saída digitais. Uma aplicação clássica para GPIOs é o cálculo do tempo de execução de partes do código, como uma interrupção, por exemplo.

Adquirir dados de forma simultânea através dos vários canais A/D de um mesmo DSP não é uma tarefa complexa, também não é o objetivo deste trabalho. A proposta é adquirir em pontos

distribuídos, não importando a distância entre os transdutores. Para isso, utiliza-se um DSP em cada ponto de captura de dados e, conectados aos DSPs, elementos que promovem o sincronismo.

3 Sincronismo nas aquisições

Os elementos que garantem o sincronismo entre as estações são aparelhos de posicionamento global (GPS). O modelo adotado foi o ET332 da Globalsat (GLOBALSAT, 2008). O fabricante garante um atraso máximo de 1 μ s em relação ao horário dos satélites.

Quando é ligado, o GPS pode demorar até 42 s para fornecer, de forma confiável, as informações obtidas dos satélites. O protocolo de comunicação NMEA0183 é utilizado na troca das mensagens. Por default, o GPS envia, a cada segundo, cinco mensagens: GGA, GLL, GSA, GSV e RMC. O horário global está contido na mensagem RMC. As outras mensagens são desabilitadas.

Um exemplo de mensagem RMC é mostrado a seguir, o horário (16h 12min 29s 487ms) está destacado. Note que, além do horário, a mensagem contém os dados de posicionamento global, que podem ser utilizados para calcular a distância entre os pontos de aquisição.

\$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,,*10

A troca de mensagens com o GPS é estabelecida por meio da interface de comunicação serial B (SCIB) do DSP. As seguintes configurações foram adotadas: taxa de transmissão de 4800 bps, 1 bit de parada, nenhum controle de fluxo e paridade.

Uma vez capturado o horário, pode-se utilizar a interrupção de conversão, que é periódica, para incrementar um relógio interno no DSP, evitando, assim, a comunicação desnecessária com o GPS. É obvio que um relógio implementado em DSP não é, nem de longe, tão preciso quanto o horário fornecido pelos satélites. Porém, os testes mostraram que o acúmulo dos pequenos atrasos só é relevante após meses. Então, o GPS não precisa ser consultado muito periodicamente.

4 Arquitetura do sistema

O sistema de aquisição de dados foi projetado de forma que a placa de condicionamento assumisse, também, o papel de elemento de distribuição da alimentação, como mostra a Figura 3. Com isso, foi possível alimentar o GPS e o DSP com uma única fonte.

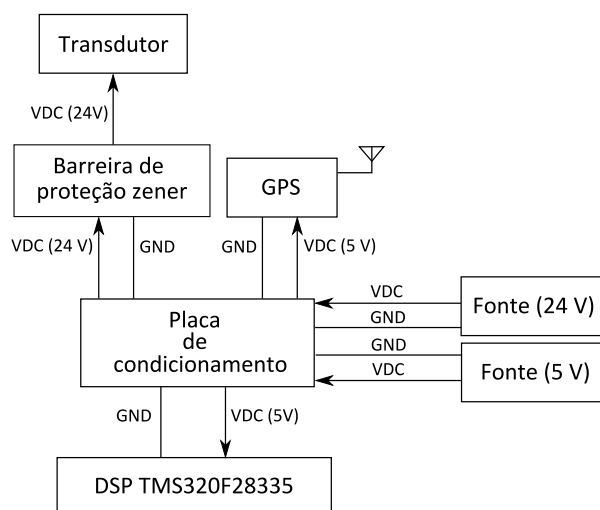


Figura 3. Alimentação dos equipamentos.

Um dos maiores desafios no desenvolvimento do sistema foi estabelecer a comunicação entre os equipamentos. Para controlar o fluxo das mensagens foi necessário o uso de três interrupções: duas

de envio e uma de recepção. A interface serial A (SCIA) do DSP foi utilizada para enviar os dados ao dispositivo de armazenamento, enquanto que a interface B foi utilizada para comunicar com o GPS. A Figura 4 sintetiza a arquitetura do sistema.

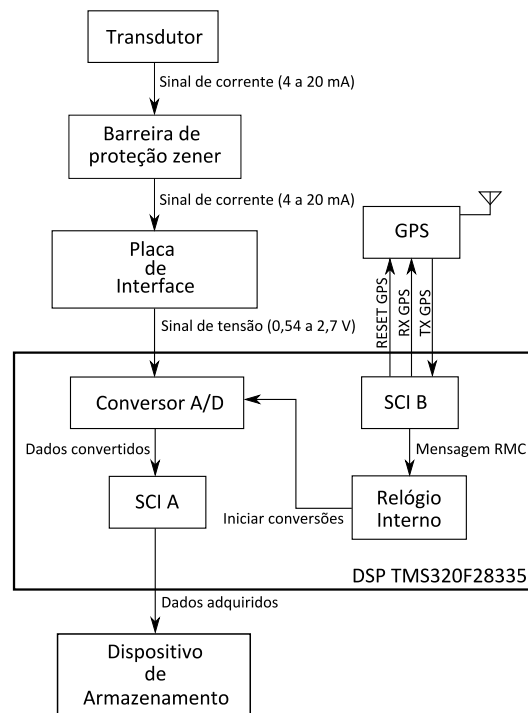


Figura 4. Arquitetura do sistema.

Analisando a arquitetura é fácil descrever o funcionamento do sistema. O transdutor traduz a pressão em sinal de corrente. A barreira de proteção zener, que separa as zonas classificada e não-classificada conduz o sinal até a placa de condicionamento. A placa de condicionamento converte a corrente em tensão, adequada ao range do conversor A/D e filtra analogicamente o sinal, o que reduz o efeito aliasing. Enquanto isso, o DSP se comunica com o GPS, requisita a mensagem RMC e desabilita as demais. No instante em que o DSP recebe uma mensagem RMC válida, o que pode demorar no máximo 42 s, um relógio interno captura a hora e passa a utilizar a interrupção da conversão A/D para atualizá-la. A interface serial B é desabilitada, deixando o GPS em espera por possíveis requisições futuras para correção da hora. A interrupção de conversão inicia no instante em que o DSP captura a hora do GPS. Entretanto, os dados não são enviados ao dispositivo de armazenamento. Os dados são capturados apenas durante intervalos de tempo predefinidos no DSP. O DSP conta com vetores que indicam a hora de início e a duração de cada intervalo de armazenamento dos dados. Para sincronizar os diversos pontos de aquisição é necessário que os vetores sejam definidos iguais em todos os pontos.

Quanto ao dispositivo de armazenamento, a única exigência é que admita comunicação RS-232. Nos testes foram utilizados os seguintes parâmetros: taxa de transmissão de 115.200 bps, 1 bit de parada, nenhum controle de fluxo e paridade.

É importante observar que a arquitetura apresentada na Figura 4 descreve um único ponto de aquisição. Cada ponto de aquisição é autônomo, ou seja, não troca informações com os demais. Assim, é possível aumentar o número de pontos indefinidamente. Esta autonomia, entretanto, tem um preço: os vetores que definem o horário e a duração de cada aquisição devem ser preestabelecidos individualmente em cada um dos pontos. Uma solução para o problema é utilizar a interface de comunicação serial C do DSP para comunicar com um elemento central que informaria os vetores a todos os pontos.

5 Estudo de escoamento: uma aplicação

Como foi mencionado em outras partes do texto, o sistema de aquisição de dados foi desenvolvido para o estudo de escoamento multifásico em oleodutos visando à detecção e localização de vazamentos.

O sistema de detecção de vazamentos, proposto em (AVELINO, 2009), baseia-se na análise espectral dos sinais de pressão capturados nas extremidades do duto. A idéia é que, durante os vazamentos, ondas com componentes de frequência específicos percorrem a tubulação. A presença de tais componentes de frequência no sinal de pressão indica a ocorrência dos vazamentos.

Localizar o ponto de vazamento é mais complicado, afinal, é necessário conhecer a velocidade de propagação das ondas. Alguns trabalhos mostram que a velocidade depende entre outros fatores, do BSW e da viscosidade do fluido. O sistema de aquisição de dados proposto neste artigo é fruto da necessidade de mensurar a velocidade de propagação das ondas. A velocidade só poderia ser estimada simulando um vazamento e monitorando o duto em dois pontos distintos que, obrigatoriamente, teriam de estar sincronizados.

Os vazamentos foram simulados no oleoduto que interliga as Estações Coletoras do Estreito A e B, ambas pertencentes a Unidade Operacional RNCE da Petrobras. O duto de 16" de diâmetro está localizado no município de Alto do Rodrigues, Rio Grande do Norte. As simulações foram realizadas por meio da abertura de válvulas nas estações. Os pontos de aquisição, também localizados nas estações, estavam separados entre si por uma distância de 10 km. Os resultados das aquisições mostraram que a onda indicadora de vazamento alcançava maior velocidade no sentido oposto ao fluxo da mistura multifásica. Os vazamentos realizados em ET-B, estação de injeção do fluido, demoraram aproximadamente 11,1 s para serem sentidos em ET-A, estação de recepção. Ao passo que, os vazamentos em ET-A levaram 8,8 s para serem sentidos em ET-B.

A Figura 5 mostra os sinais de pressão capturados em ET-A (preto) e ET-B (vermelho) durante uma simulação de vazamento na primeira estação. A pressão de ET-A geralmente está na faixa de 14 a 16,5 bar, enquanto que o sinal de ET-B ocupa a faixa de 18 a 24 bar. Para facilitar a visualização dos gráficos, o sinal de ET-B teve seu nível DC reduzido em 3 bar.

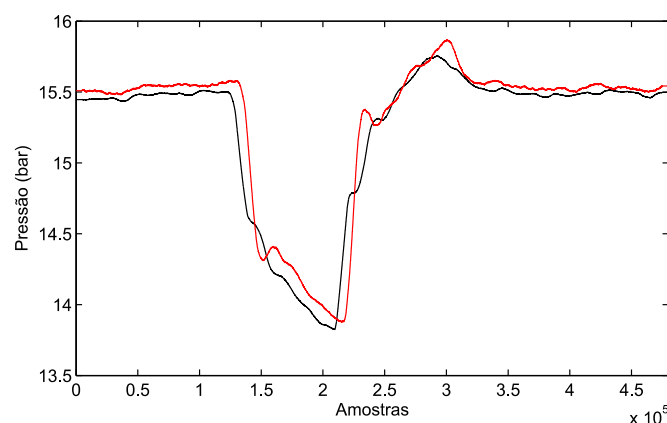


Figura 5. Atraso na propagação da onda no sentido contrário ao fluxo.

A Figura 6 mostra os resultados que foram obtidos durante a simulação realizada em ET-B. Mas, desta vez, o sinal capturado em ET-B está em preto e o sinal de ET-A em vermelho.

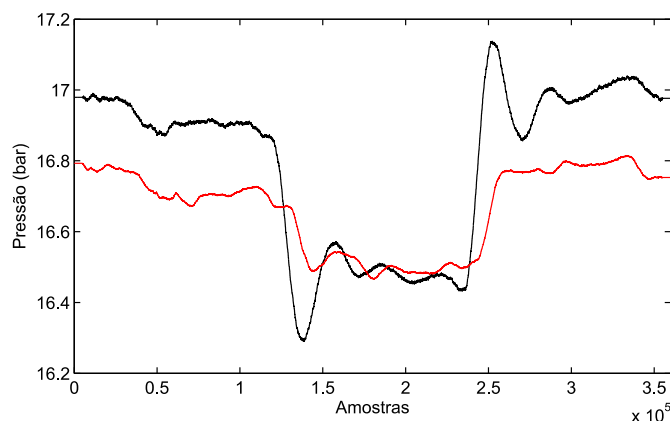


Figura 6. Atraso na propagação da onda no sentido do fluxo.

Além da questão do atraso, as Figuras 5 e 6 mostram, também, que a atenuação do sinal é maior no sentido do fluxo.

Os resultados obtidos na aplicação de detecção de vazamentos creditaram o sistema de aquisição de dados como uma importante ferramenta para mapear o comportamento de fluidos em malhas de dutos. Em novembro de 2010, o sistema de detecção entrou em funcionamento. À pedido da Petrobras, o sistema de aquisição de dados multiponto síncrona foi incorporado como ferramenta.

6 Conclusões

As contribuições para a aplicação de detecção de vazamentos foram enormes. Os resultados mostram que o sistema de aquisição de dados é preciso e genérico, uma vez que pode ser utilizado com os mais diversos transdutores. Trata-se de uma poderosa ferramenta para mapear o comportamento das grandezas físicas de processos complexas.

Agradecimentos

À Agência Nacional de Petróleo, ao Laboratório de Automação em Petróleo (LAUT), ao Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo (LAMP), ao CENPES e a Unidade Operacional RNCE da Petrobras.

Referências

- AVELINO, Á. M. et al.. **Real time leak detection system applied to oil pipelines using sonic technology and neural networks**. In: 35th Annual Conference of IEEE, 2009, Porto. p. 2109-2114.
- GLOBALSAT, Technology Corporation. **GPS engine board ET-332 user guide**. Taiwan: GlobalSat, 2008. Disponível em: <<http://www.globalsat.com.tw>>. Acesso em: 19 Maio 2011.
- FRANÇA, José Alexandre de. **Sistema de aquisição de dados baseado em microcontrolador**. Campina Grande: UFPB. 1997.
- TEXAS, Instruments Incorporated. **TMS320x2833x analog-to-digital converter (ADC) module reference guide**. Dallas: Texas, 2007. Disponível em: <<http://focus.ti.com/lit/ug/spru812a/spru812a.pdf>>. Acesso em: 19 Maio 2011.
- SERRANO, J. et al.. **GEODAS: An industrial experience with component frameworks for data acquisition and analysis systems**. In: 27th Euromicro Conference, 2001, Warsaw. p. 72-79.