

## IMPLEMENTAÇÃO EM DSP DE UM SISTEMA PARA ANÁLISES LOFAR E DEMON

**Paulo Antonio Andrade Esquef**  
**Paulo Sérgio Ramirez Diniz**  
**Antonio Carlos Moreirão de Queiroz**

COPPE/UFRJ  
Caixa Postal 68504  
Rio de Janeiro, R.J., 21945-970  
Fone: (021) 2605010  
Fax: (021) 2906626  
E-mails: {esquef, diniz, acmq}@lps.ufrj.br

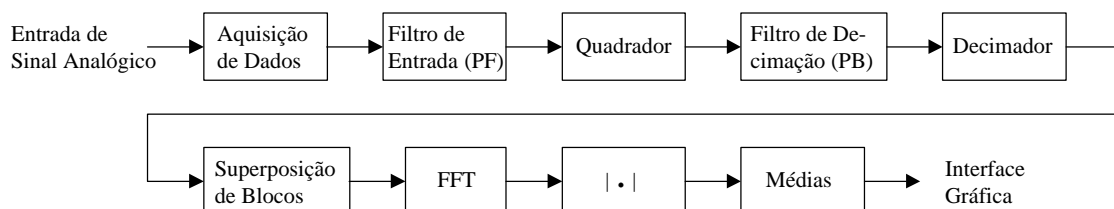
### ABSTRACT

*This work presents some implementation aspects related to a LOFAR/DEMON analysis system, designed to run on the ADSP 21062 from Analog Devices Inc. controlled by a Host Graphic Interface. The system performs data acquisition and LOFAR/DEMON analysis and outputs periodograms ready to be presented online by a graphic interface.*

### 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema para análises LOFAR/DEMON [1] e aspectos relacionados a sua implementação, utilizando o ADSP21062 da Analog Devices Inc. [2]. O sistema implementado consiste de um programa mestre de interfaceamento gráfico, que controla o DSP. O processamento dos sinais é realizado integralmente no DSP desde a aquisição proveniente de uma fonte analógica até a entrega à interface dos periodogramas calculados. A interface gráfica além de exibir os resultados dos sinais processados no DSP, permite o ajuste dos principais parâmetros de processamento, dentre os quais, podem ser citados: filtros de entrada, de decimação e o fator de decimação, no caso da análise DEMON; o tipo de janelamento, o número de pontos da FFT, o número de médias de espectros, para o cálculo do periodograma, etc.

Um diagrama esquemático do processamento realizado no DSP é mostrado a seguir:



Nas seções subseqüentes serão abordados aspectos relacionados à aquisição de dados e ao cálculo do periodograma de trechos do sinal adquirido.

## 2. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

A aquisição de dados é realizada através da placa de aquisição AD-1847 da Analog Devices Inc. [2]. acoplada ao DSP e que possui as características destacadas a seguir:

- Sistema de conversão A/D-D/A duplo e integrado em um único *chip*.
- Utilização de conversores  $\Sigma\Delta$  que conferem ao sistema altas velocidades de conversão mesmo a uma precisão numérica de 16 *bits*.
- Programação por *software* de parâmetros como frequência de amostragem, ganho, seleção de fontes de entrada de sinal analógico e seleção de saídas.
- Compatibilidade da interface digital com os DSP's da *Analog Devices Inc.* da família ADSP-21xx.

O AD-1847 pode ser programado para adquirir dados utilizando diversas taxas de amostragem. Como o sinal a ser adquirido para a análise tem banda entre 0 Hz e 10 kHz, após filtragem analógica, utilizou-se a menor taxa de amostragem disponível acima de 20 kHz, no caso 27,42857 kHz.

O ajuste de ganho de entrada de sinal do AD-1847 possui 16 níveis com resolução de 1,5 dB.

As seleções de ganho, frequência de amostragem e fonte de entrada (*mic* ou *input line*) podem ser alteradas durante o processo de aquisição sem interromper o processamento. A configuração da placa de aquisição AD-1847 foi implementada através de uma rotina escrita em linguagem de programação C. Isso facilitou bastante a integração da aquisição de dados `a rotina que realiza a análise LOFAR/DEMON, também escrita em C.

O esquema de aquisição é projetado de modo que, a cada dado adquirido, ocorre uma interrupção de DMA que direciona a execução do processamento para uma função destinada a acumular os dados adquiridos em um *buffer*. Para a análise LOFAR os dados são diretamente armazenados no *buffer*, enquanto que para a análise DEMON, os dados são filtrados amostra-a-amostra inicialmente pelo filtro de entrada (em geral um filtro passa-faixa), pela operação quadrado, pelo filtro de decimação e pelo decimador antes de serem armazenados no *buffer*.

Para o *buffer* de aquisição adotou-se um esquema duplo de modo que enquanto uma de suas metades está sendo preenchida os dados da outra metade estão sendo processados.

O esquema de aquisição garante que não há perda de dados se todo o processamento relativo a um bloco for realizado em um tempo menor que o tempo necessário para preencher uma metade do *buffer* de aquisição, que depende de seu tamanho e da taxa de amostragem utilizada. Tomando como exemplo a análise LOFAR para dar uma idéia dos limites de tempos de processamento envolvidos tem-se: se a taxa de amostragem utilizada for 20 kHz e uma metade do *buffer* de aquisição tiver tamanho 1024, o tempo necessário para preencher tal metade é de 51,2 ms. A operação que consome maior tempo de processamento é a computação da FFT, que no caso de um bloco de 2048 amostras necessita de aproximadamente 130000@40MHz ciclos de relógio ou 3,3 ms para ser realizada. Além disso, o tempo gasto para a interface gráfica ler um bloco de 1024 pontos é de aproximadamente 10 ms. É necessário ainda considerar que o processamento principal é interrompido

periodicamente para a aquisição de dados e que os limites de tempo relacionados à pintura do periodograma na interface gráfica também contam no processo. Por precaução, foi implementado um sinalizador de perda de dados para a interface gráfica.

### 3. COMPUTAÇÃO DO PERIODOGRAMA

A computação do periodograma relacionado aos blocos adquiridos requer um esquema de superposição associado ao bloco de entrada, janelamento do bloco de entrada, computação da DFT do bloco de entrada e a computação de médias dos módulos das DFT's obtidas.

Dado um trecho de  $N$  amostras segmentado em  $L$  blocos de  $M$  amostras, seu periodograma, segundo Welch [3], é dado por

$$S_w(k) = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L S_{w_i}(k),$$

onde cada

$$S_{w_i}(k) = \frac{1}{E_w} \left| \sum_{n=0}^{M-1} w(n) x_i(n) e^{-j \frac{2\pi kn}{M}} \right|, \text{ com } k = 0, 1, \dots, M-1 \text{ e } i = 1, 2, \dots, L$$

é o módulo da FFT de um bloco  $x_i(n)$  janelado por  $w(n)$  e

$$E_w = \sum_{n=0}^{M-1} w^2(n)$$

é a energia da janela.

A superposição dos blocos de entrada da análise LOFAR/DEMON antes da computação da FFT é implementada através de dois blocos de tamanhos idênticos ao tamanho da FFT a ser computada, denominados bloco de entrada e bloco auxiliar de entrada.

O bloco auxiliar de entrada guarda as amostras finais do bloco de entrada anteriormente processado e essas amostras são copiadas no início do próximo bloco de entrada a ser processado. Usualmente, se adota uma superposição de 50% para o bloco de entrada, entretanto, o esquema implementado permite variar o percentual de superposição entre 0% e 100%, entretanto, para não sobrecarregar o processamento e, portanto, evitando perda de dados, não é aconselhável adotar superposição maior que 75%.

Os multiplicadores necessários ao janelamento do bloco de entrada,  $w(n)$ , já normalizados pela energia da janela, são carregados previamente como parâmetros de processamento.

A computação da DFT é realizada pelas funções `rfft512`, `rfft1024`, `rfft2048` e `rfft4096` — pertencentes a uma biblioteca do próprio DSP [4] —, que permitem computar *radix-two*-FFT's respectivamente de 512, 1024, 2048 e 4096 pontos de blocos de entrada de mesmos tamanhos.

Para computar o periodograma basta então acumular em um *buffer* de saída um certo número de módulos de FFT subsequentes e dividir cada amostra do *buffer* de saída pelo número de médias de espectros definida para o cálculo do periodograma.

#### 4. INTEGRAÇÃO COM A INTERFACE GRÁFICA

A interface gráfica foi implementada em linguagem C visual e além de exibir os periodogramas ao longo do tempo exerce as seguintes funções listadas a seguir:

- Abrir e inicializar a placa do DSP;
- Carregar o programa executável na memória do DSP;
- Escrever na memória do DSP parâmetros de processamento como tamanho de FFT e superposição, coeficientes dos filtros, fator de decimação, etc;
- Iniciar execução do processamento no DSP;
- Monitoramento de sinalizadores de eventos;
- Controlar fluxo de execução do processamento no DSP;
- Ler da memória do DSP dados processados;
- Fechar placa do DSP.

A execução dessas funções é viabilizada pela *Host Interface Library* [5], que contém um conjunto de funções escritas em linguagem C que possibilitam o controle do DSP por um sistema mestre, nesse caso, o sistema da interface gráfica.

A interface gráfica oferece adicionalmente recurso de processamento *offline*, prescindindo da placa do DSP para o processar os sinais a serem analisados, que, neste caso, são lidos de arquivos. Também já foi implementado um sistema *offline* para classificação automática de contactos usando rede neuronal.

A Figura 1 mostra duas telas correspondentes às análises LOFAR e DEMON.

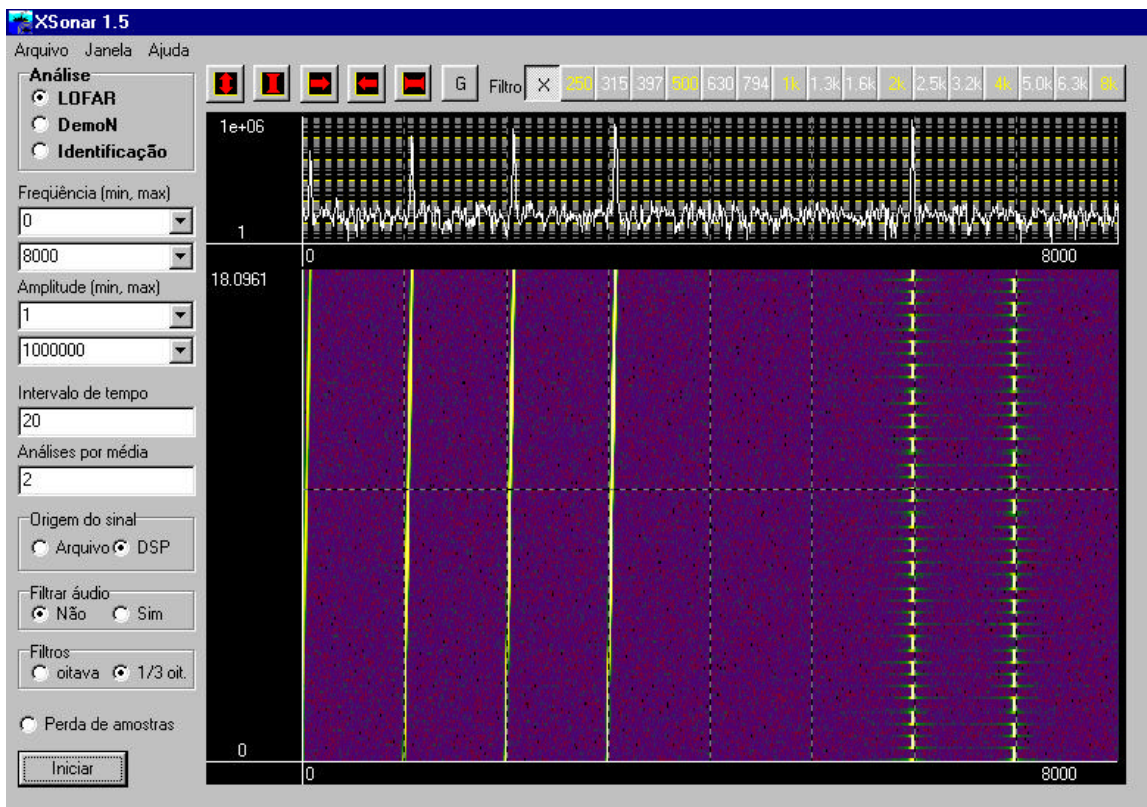
#### 5. CONCLUSÕES

Este trabalho abordou aspectos relacionados à implementação de um sistema para análises LOFAR/DEMON, utilizando o ADSP-21062 da Analog Devices Inc.. No sistema implementado, o DSP é controlado por um sistema mestre de interfaceamento gráfico, que além de exibir os resultados dos sinais processados no DSP permite o ajuste de diversos parâmetros de processamento. Essa forma flexível de implementação permite investigar as configurações de processamento que melhor realizam as análises pretendidas a despeito da diversidade de características dos sinais a serem analisados.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Richard O. Nielsen, “Sonar Signal Processing”, Artech House (1991).
- [2] ADSP-2106x SHARC User’s Manual. Second Edition, Analog Devices Inc. (1996).
- [3] Leland B. Jackson, “Digital Filters and Signal Processing”, Third Edition, Kluwer Academic Publishers (1996).
- [4] ADSP-21000 Family C Runtime Library Manual, Analog Devices, Inc. (1995).
- [5] ADSP-2106x EZ-LAB Development System Manual, Analog Devices, Inc. (1996).

(a)



(b)



Figura 1: Telas da interface gráfica. (a) Análise LOFAR, (b) análise DEMON.