



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-10066-PRE/5611

**ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM RECEPTOR DIGITAL
PARA A ESTAÇÃO INPE-CRN**

Wallace Alves de Andrade Rocha*
Manoel Jozeane Mafra de Carvalho

*UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq

Seminário de Iniciação Científica do INPE (SICINPE 2003).

INPE
São José dos Campos
2003



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM RECEPTOR DIGITAL PARA A ESTAÇÃO INPE-CRN

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Wallace Alves de Andrade Rocha (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: wallace@crn.inpe.br

Manoel Jozeane Mafra de Carvalho (INPE, Orientador)
E-mail: manoel@crn.inpe.br

Maio de 2003

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 2 – O QUE É SDR

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA

3.1 – GNURADIO

3.2 – PSPECTRA

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 – RESUMO DE CLASSES QUE COMPÕEM O GNURADIO

4.2 – FLUXO DE DADOS GRAUDIOSOURCE

4.3 – A APLICAÇÃO FMDEMOD

4.4 – SOFTWARES DESENVOLVIDOS COMO SIMULAÇÃO

4.5 – APRESENTAÇÃO DE PROJETO

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.3 – CONCLUSÕES SOBRE O GNURADIO

5.4 – TRABALHOS FUTUROS

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O projeto consiste em Pesquisa e desenvolvimento de um sistema para demodulação e tratamento de sinais de rádio através de software, para ser empregado em estações de recepção de satélite, visando barateamento, simplificação e flexibilização do equipamento utilizado nesse processo.

CAPÍTULO 2 – O que é SDR

SDR, do inglês *Software Defined Radio* quer dizer sistema de rádio baseado em software, basicamente, em sistemas desse tipo, substituem-se módulos de hardware convencionais, como filtros, demoduladores e componentes de interpretação de sinais e dados, por módulos em software capazes de realizar operações matemáticas sobre o sinal de rádio obtido através de placa de aquisição de dados simulando cada módulo em hardware.

Sistemas SDR, possibilitam uma grande flexibilidade, permitindo grandes adaptações a novas tecnologias sem a necessidade de substituição de equipamentos, além de facilitar conceitos como uso de múltiplos canais demodulados simultaneamente.

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa fundamenta-se em materiais presentes na Internet, e análise de softwares similares para outras aplicações de livre distribuição e código aberto, para embasamento teórico e possível aplicação de bibliotecas existentes no sistema a ser desenvolvido.

3.1 – GNURADIO

O Gnuradio é um projeto atualmente em desenvolvimento pelo grupo GNU, de licença livre para utilização, estudo, e modificação. É direcionado para processamento de sinais em computadores pessoais, sob Linux. O Gnuradio pode ser uma ferramenta prática para desenvolvimento e testes.

3.2 – PSPECTRA

O Pspectra é um conjunto de bibliotecas desenvolvidas em C++, que implementam módulos de processamento de sinais, é utilizado como base no projeto do Gnuradio, desenvolvido pelo MIT - Massachusetts Institute of Technology.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E ANÁLISES

O Gnuradio, baseado na estrutura do Pspectra, é um conjunto de bibliotecas em C++. Com sua programação orientada a objetos, a visão modular é obrigatória. Um sistema mais simples de modulação, por exemplo, tem módulos carregados em memória como instâncias de classes que implementam as funções desses módulos.

O fluxo de dados entre módulos do Gnuradio se dá de uma maneira única. Uma saída de um módulo é conectada a entrada de um módulo seguinte através de uma função *connect*. Considera-se por cada processamento um bloco de dados, então os módulos são processados sequencialmente disponibilizando o bloco de dados para o módulo seguinte, e então inicia-se o processamento do próximo bloco de dados. Esse gerenciamento de fluxo é realizado pela estrutura VrMultiTask que o Gnuradio herda do Pspectra.

4.1 RESUMO DE CLASSES QUE COMPÕEM O GNURADIO

Abaixo é mostrado um resumo das classes que compõem o Gnuradio com uma breve descrição do que implementa cada uma delas, qualquer dessas classes pode ser usada na construção de uma aplicação Gnuradio.

Note que o Pspectra também está incluído no resumo, justamente por ser usado como base no desenvolvimento do Gnuradio

- Gnu
 - Atsc – classes que implementam demoduladores para o padrão atsc de TV digital
 - Codecon – demonstração de um receptor de fm usando FI de 5 MHz numa placa de 20 MHz
 - Gen_interpolator_taps – Métodos numéricos para interpolação e integração
 - Práxis – algoritmo em Fortran para refinamento de raízes
 - Simpson – Regra dos trapézios para integração
 - Fct – Gera tabela de valores MMSE FIR
 - Lib
 - Dtv – Contém código para transmitir e receber HDTV em formato ATSC
 - Gr
 - Gr_fir??? – Implementam filtros FIR (baixo nível), os sufixos ???, presentes nos nomes dos arquivos indicam o tipo de argumentos de entrada e saída.
 - GrFIRfilter??? – Implementam filtros FIR (alto nível)
 - GrFreqXlatingFIRfilter??? – Transformação de frequência e seleção de canal (Filtragem)
 - Qa* - Classes que implementam testes para os filtros, usando a biblioteca de testes cppunit (biblioteca específica para testes de software científico).
 - Grio – Classes de entrada e saída
 - GrAudioSource, GrAudioSink – Entrada e saída na placa de som do sistema.
 - GrBitSource – Usa entrada binária que pode ser aleatória ou em arquivo.

- GrFFTSink (AVG) – Computa a FFT de um sinal e mostra no display gráfico.
- GrMC4020Buffer.h – Implementa Buffer para ser usado em aquisição de dados por placa.
- GrMC4020Source.h – Entrada pela placa MC4020
- GrNoiseSource – Gera ruídos de alguns tipos
- GrSimpleScopeSink – Mostra um sinal no display gráfico
- GrTCPSynk – Saída por TCP
- I2c – controla entrada e saída por i2c
- Microtune – Controla Módulo de sintonização microtune 4937
- Ppio – Controle de entrada e saída usando porta paralela.
- VrChirpSource
 - reed-solomon – Codifica e decodifica dados no formato reed-solomon, biblioteca externa
- Pspectra – Desenvolvido pelo MIT
 - Amps – Demodulação de mensagens do padrão amps (celular)
 - Áudio – Implementa alguns padrões de compressão de voz
 - Perf – Acrescenta ao kernel do linux capacidade de aproveitamento de funções de processadores
 - Vr
 - VrMultitask, VrConect – Suporte multitarefa
 - VrGui
 - VrGui – Classe base da interface gráfica
 - VrIO – Similar ao GrIO com menos opções de entrada e saída, acrescentando o protocolo UDP, e suporte à AR5000
 - Vrp
 - Alguns filtros
 - ComplexFIRfilter
 - IIR
 - RealFIRfilter
 - CascadeFilter
 - Modulação e demodulação
 - AM
 - FSK

4.2 – FLUXO DE DADOS GRAUDIOSOURCE

O Gnuradio apresenta alguns exemplos de aplicações básicas, uma delas é a audiosink, que simplesmente capta um sinal de áudio da placa de som e mostra seu espectro utilizando a FFT.

Existem basicamente dois módulos rodando sobre um suporte multitarefa (VrMultitask), um módulo de obtenção de dados (GrAudioSource) Que simplesmente obtém os dados da placa e os disponibiliza, e um módulo GrFFTSynk, que chama a biblioteca FFTW para computar os dados recebidos, e mostra estes dados na interface gráfica disponibilizada pela biblioteca do PSpectra.

Essa multitarefa inicia os módulos e entra num laço chamando o método process, que faz com que uma determinada quantidade de dados seja obtida e processada por vez.

A flexibilidade de uma aplicação Gnuradio é notável, no caso dessa aplicação por exemplo, caso se deseje fazer uma demodulação em vez de uma FFT, substitui-se apenas o segundo módulo por um outro que realize a operação correspondente, de acordo com as necessidades, e então faz-se a conexão do primeiro módulo com o segundo da mesma maneira.

4.3 – A APLICAÇÃO FMDEMODO

Outro exemplo, esse mais complexo que o anterior é o FmDemod, que implementa um demodulador de FM utilizando uma placa de aquisição de dados. O diagrama de blocos que representa essa aplicação é mostrado na figura 1.

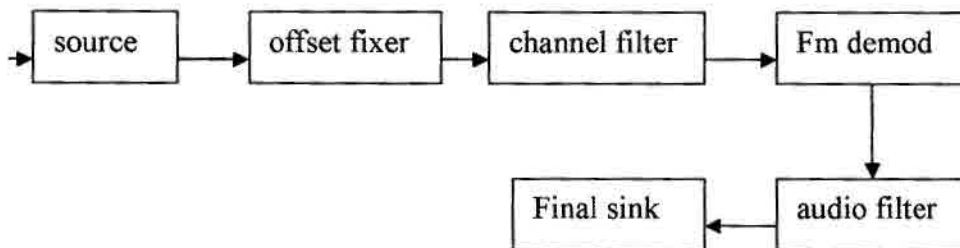


Figura 1: exemplo de demodulação de FM

Nesse exemplo o sinal é obtido da placa AD a 20Msps, o sinal de entrada é pré-sintonizado a uma frequência de 5,75MHz, é passado para o *offset fixer* ainda a 20Msps, do tipo short (inteiro de 16 bits), e em seguida é passado para o *channel filter* ainda com essa configuração, esse realiza a filtragem faz o batimento do sinal para a frequência zero, que terá agora 160 Ksps, do tipo complexo, passa pelo FmDemod, que realiza a demodulação, resultando um sinal de 160Ksps do tipo float, passa então por um filtro FIR (Audio Filter) e resulta num sinal de 32 Ksps do tipo short, que é finalmente reproduzido na placa de som.

4.4 – SOFTWARES DESENVOLVIDOS COMO SIMULAÇÃO

- Software modulador para sinais analógicos, implementado em C++
 - Desenvolvido para simulação de modulação de fase, gera sinais aleatórios em formato de vetores, e em seguida realiza modulação de fase desses sinais, disponibilizando o resultado em arquivo para posterior teste com demoduladores.
- Software modulador para sinais digitais, simulando e modulando dados de uma PCD – Plataforma de Coleta de Dados, implementado em C++ e LabView
 - Desenvolvido para simular o sinal de uma PCD, de acordo com os padrões de modulação ARGOS, gera o conjunto de bits a ser enviado pela PCD, codifica, modula, e salva em arquivo para teste de softwares de demodulação digital, e interpretação de sinais digitais.

4.5 – APRESENTAÇÃO DE PROJETO

No dia 28/11/2002 foi realizada apresentação no auditório do CRN sobre a pesquisa desenvolvida, com o objetivo de trazer ao conhecimento da equipe do CRN o projeto que vem sendo desenvolvido. A apresentação abordou temas sobre SDR, com seus conceitos, vantagens e desvantagens, mostrando também alguns exemplos de software existentes (Gnuradio, SPUC e PSpectra), como essas técnicas podem ser trazidas para as necessidades do INPE.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.3 – CONCLUSÕES SOBRE O GNURADIO

O Gnuradio tem alto potencial para aplicações domésticas, sendo hoje utilizado para recepção de FM, e outras, já para a aplicação em uma estação de recepção, o software da GNU deixa a desejar nos aspectos de trabalho multitarefa. O mesmo não suporta por exemplo plataformas multiprocessadas, tornando o trabalho com interpretações de dados de satélites difícil de ser realizado em tempo real.

5.4 – TRABALHOS FUTUROS

O próximo passo do projeto está centrado na apresentação de solução para o problema proposto expondo quais partes do gnuradio podem ser aproveitadas, e quais devem ser reestruturadas e/ou desenvolvidas de forma a possibilitar uma aplicação que atenda os requisitos de multitarefa, flexibilidade e robustez.

Enfim, devemos trabalhar no desenvolvimento de software demodulador de acordo com a solução estudada, com interface com usuário para utilização em estação de recepção, com opções de configuração de acordo com o tipo de recepção e capacidade de trabalho com placa de aquisição de dados em tempo real, visto que a aquisição da placa para ser usada na aplicação foi realizada pelo INPE.