



CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CRSPE/INPE - MCT

IDENTIFICAÇÃO

Título do Projeto:

Implementação do Sistema de Eletrônica de Correlação do Protótipo Radiointerferômetro – 151 MHz

Protocolo:

022575/2002-2

Equipe Executora do Projeto:

Bolsista:

Noli José Kozenieski – Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Orientador:

Dr. Nelson Jorge Schuch – Unidade Regional Sul de Pesquisas Espaciais - RSU/INPE

Colaboradores:

Eng. Eletrônico Rubens João Andermann - Unidade Regional Sul de Pesquisas Espaciais - RSU/INPE

Delx Castanga Lunardi - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Thiago Brum Pretto - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Local de Trabalho

Laboratório de Eletônica de Santa Maria - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRESPE/INPE - MCT

Observatório Espacial do Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - OES/INPE – MCT.



SUMÁRIO

IDENTIFICAÇÃO	1
RESUMO.....	6
Capítulo 1	7
1.1. INTRODUÇÃO.....	7
1.2. OBJETIVOS DO PROJETO “IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ELETRÔNICA DE CORRELAÇÃO DO PROTÓTIPO RADIOINTERFEROMETRO – 151 MHZ.”	8
1.3. OBJETIVOS DESSE TRABALHO	8
Capítulo 2.....	9
DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	9
2.1. PROJETO RADIOASTRONOMIA.....	9
2.1.1. OBJETIVO DO PROJETO “RADIOASTRONOMIA”	10
2.1.2. RADIOTELESCÓPIO.....	10
2.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DO CLFST – RADIO INTERFERÔMETRO.....	11
2.1.3. O RADIOINTERFERÔMETRO DO PROJETO RADIOASTRONOMIA.....	12
2.1.4. FUNÇÕES DO RADIOTELESCOPIO.....	14
2.1.5. CARACTERÍSTICAS DO LOFAR – RADIO INTERFERÔMETRO.....	15
2.1.6. TÉCNICAS DE RADIOINTERFEROMETRIA.....	17
2.1.8. TÉCNICAS DE SÍNTESE DE ABERTURA COM A ROTAÇÃO DA TERRA.....	18
2.1.9. SELEÇÃO DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO RADIOINTERFERÔMETRO.....	18
Capítulo 3	22
MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1.10. SISTEMA DE CORRELAÇÃO DIGITAL DO RADIOINTERFERÔMETRO.....	22
3.2. LINGUAGEM C.....	22



3.2.1. CARACTERÍSTICAS DA LINGUAGEM C.....	23
3.2.2. ESTRUTURA DE UM PROGRAMA EM C.....	23
3.2.3. DIRETIVAS DE COMPILAÇÃO.....	24
3.2.4. DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS.....	24
3.2.5. ESTRUTURAS DE CONTROLE.....	24
3.2.6. CRIAÇÃO, COMPILAÇÃO E EXECUÇÃO	25
3.2.6.1. CRIAÇÃO DO PROGRAMA.....	25
3.2.6.2. COMPILAÇÃO.....	26
3.2.6.3. EXECUÇÃO DO PROGRAMA.....	26
3.2.7. MODELO DE COMPILAÇÃO DA LINGUAGEM C.....	27
3.2.7.1. PRÉ-PROCESSADOR.....	28
3.2.7.2. COMPILADOR.....	28
3.2.7.3. ASSEMBLER.....	28
3.2.7.4. LINKER.....	28
3.2.7.5. UTILIZAÇÃO DE BIBLIOTECAS.....	29
3.3. ORCAD 9.....	29
3.4. CIRCUITOS DIGITAIS.....	30
3.4.1. ÁLGEBRA BOOLEANA.....	31
3.4.2. POSTULADOS DA ÁLGEBRA DE BOOLE.....	31
3.4.2.1 – POSTULADOS DA SOMA BOOLEANA.....	31
3.4.2.2 – POSTULADO DO PRODUTO BOOLEANO.....	31
3.4.2.3 - POSTULADO DO COMPLEMENTO	31
3.4.3. TEOREMAS DE “DE MORGAN”.....	32
3.4.4. PORTAS LÓGICAS.....	32
3.4.4.1. PORTA INVERSORA (NOT).....	33
3.4.4.2. PORTA “E” (AND).....	33
3.4.4.3. PORTA “OU” (OR).....	33
3.4.4.5. PORTA “NÃO OU” (NOR).....	33
3.4.4.6. PORTA “OU EXCLUSIVA”.....	34
3.4.4.7. PORTA “NÃO OU EXCLUSIVA”.....	34
3.4.5. MÉTODOS DE SIMPLIFICAÇÃO DE FUNÇÕES BOOLEANAS.....	34



3.4.5.1. MÉTODO DE KARNAUGH.....	35
3.4.5.2. MÉTODO DE QUINE-MCCLUSKEY.....	35
3.4.6. CIRCUITOS COMBINACIONAIS TÍPICOS MSI.....	36
3.4.7. CIRCUITOS ARITMÉTICOS.....	37
3.4.8 CIRCUITOS CODIFICADORES E DECODIFICADORES.....	37
3.4.8.1. DECODIFICADORES.....	37
3.4.8.2. CODIFICADORES.....	38
3.4.9. MULTIPLEXADORES.....	38
3.4.10. DEMULTIPLEXADORES.....	38
3.4.11. CIRCUITOS COMPARADORES DE MAGNITUDE.....	39
3.5. ARQUITETURA DE COMPUTADORES.....	39
3.5.1. INTERUPÇÕES.....	40
3.5.2. ESTRUTURAS DE INTERCONEXÃO.....	40
3.5.3. INTERCONEXÃO COM BARRAMENTO (<i>Bus Interconnection</i>).....	41
3.2.3.1. LINHAS DE DADOS.....	42
3.5.3.2. LINHAS DE ENDEREÇAMENTO.....	42
3.2.3.3. LINHAS DE CONTROLE.....	42
3.5.3.4 OPERAÇÃO DE UM BARRAMENTO.....	43
3.5.3.5. HIERARQUIAS DE MÚLTIPLOS BARRAMENTOS.....	43
3.5.3.6. MÉTODO DE ARBITRAÇÃO.....	45
3.5.3.7. CONTROLE DE TEMPO.....	45
3.5.3.8. TIPO DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS.....	45
3.5.4. BARRAMENTO PCI (<i>Peripheral Component Interconnect</i>).....	46
3.5.4.6 CARACTERÍSTICAS.....	46
3.2.4.7. ESTRUTURA DO BARRAMENTO.....	46
3.2.4.8. COMANDOS PCI.....	47
3.5.4.9. TRANSFERENCIA DE DADOS.....	47
3.5.4.10. ARBITRAÇÃO.....	48
3.5.5. MEMÓRIA.....	48
3.5.5.1. MÉTODOS DE ACESSO.....	48
3.5.5.2. DESEMPENHO.....	49



3.5.5.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	49
3.5.5.4. MEMÓRIA PRINCIPAL.....	50
3.5.6. DISPOSITIVOS DE I/O.....	50
3.5.6.1. FUNÇÕES DO MÓDULO.....	51
3.5.6.2. TÉCNICAS DE OPERAÇÃO.....	51
3.5.7. DMA (Direct Memory Access).....	51
3.6. PROJETO DA PLACA DE QUISIÇÃO.....	52
3.6.1. COMUNICAÇÃO.....	53
3.6.2. CLICLOS DE OPERAÇÃO EM 32 BITS.....	55
3.6.3. PLATAFORMA DE PROTATIPAÇÃO.....	56
Capítulo 4.....	58
RESULTADOS E ANÁLISES.....	588
4.1. RASTREIO ELETRONICO.....	58
Capítulo 5.....	63
CONCLUSÃO.....	63
AGRADECIMENTOS.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65



RESUMO

Este relatório visa descrever as atividades vinculadas ao programa do INPE – PIBIC – MCT, desenvolvidas pelo bolsista **Neli José Kozenieski**, acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, durante o período de **Agosto de 2002 à Julho de 2003**, no projeto **“Implementação do Sistema de Eletrônica de Correlação do Protótipo Radiointerferômetro – 151 MHz”**, junto ao Unidade Regional Sul de Pesquisas Espaciais, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/CEP/INPE-MCT.



CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento deste Relatório é basicamente composto pelo desenvolvimento teórico e prático, de atividades visando dar início à construção de uma placa de aquisição de dados usada em sistema de correlação.

No desenvolvimento teórico foi feito uma extensa revisão bibliográfica sobre o Projeto Interferômetro, circuitos digitais, linguagem de programação, simulação de circuitos via software e arquitetura de computadores.

O desenvolvimento prático foi contemplado com atividades de campo, como o rastreamento de radiofrequências no Observatório Espacial do Sul, como também teve início o projeto da placa de aquisição com fixação de parâmetros, métodos e elaboração de propostas sobre componentes para confecção da placa.

Nos radiotelescópios modernos, as principais parcelas de um correlacionador (incluindo linhas de atraso, multiplicadores e integradores) são implementadas digitalmente via *software*, hoje a velocidade de processamento dos computadores permite que a correlação seja realizada em tempo real pela diferença encontrada entre dados analisados digitalmente e analisados de forma contínua pelos correlacionadores analógicos. Visando uma correlação via *software*, necessitamos do desenvolvimento de uma placa para a aquisição dos dados, processamento em tempo real.

A opção pelo uso da técnica digital deve-se a facilidade de replicação dos circuitos, redução de custo e tempo necessários para a replicação e a possibilidade de controle do Sistema diretamente via software.



1.2. OBJETIVOS DO PROJETO “IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ELETÔNICA DE CORRELAÇÃO DO PROTÓTIPO RADIOINTERFERÔMETRO –151 MHz”

Construção de um sistema de correlação para um radiointerferômetro de Síntese de Abertura com a Rotação da Terra, operando em baixas frequências, via parceria entre o INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, a UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM e a FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS - FINEP, através da construção de laboratórios e áreas de apoio adequados à execução de atividades técnico-científicas para implantação no País de técnicas Radiointerferométricas.

1.3. OBJETIVOS DESSE TRABALHO

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo teórico sobre interferometria, arquitetura de computadores, circuitos digitais, *software* Orcad 9 e programação em linguagem C.

Possibilitar ao aluno bolsista, embasamento teórico para dar início ao projeto de uma placa de aquisição de dados para implementação do Radiointerferômetro Protótipo, que opera na frequência de 151,5 MHz, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRESPE/INPE–MCT, município de São Martinho da Serra/RS.



CAPÍTULO 2

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

2.1. PROJETO “RADIOASTRONOMIA”

Radioastronomia é o estudo de corpos celestes por meio das ondas de rádio naturais por eles emitidas.

Em 1930, Karl Jansky começou a observar ondas vindas do espaço na frequência de 20,5 MHz . E em 1938 Reber repetiu a experiência com ondas de 160 MHz.

Estes estudos nos revelam muitas coisas sobre o Sistema Solar, nossa própria Galáxia, Radiogaláxias, Quasares e Cosmologia Observacional, pois muitos fenômenos no Universo mostram-se melhor em uma porção do Espectro Eletromagnético, e pouco ou de modo nenhum em outras partes do Espectro. O céu visto aos “olhos” da radiofrequência difere do céu óptico. A parte mais clara está ao longo da Via Láctea, dez vezes mais forte do que o Sol, e esse tem intensidade muito variável.

Para fazermos nossas observações usamos ondas de rádio, pois nossa Atmosfera é transparente em determinados comprimentos de onda (300nm - 700 nm) e às ondas de rádio com comprimentos de onda aproximadamente de 1mm a 30 m. As ondas de rádio de curto comprimento de onda são absorvidas por moléculas na Atmosfera, e outros comprimentos de onda mais longos são refletidos pelas camadas de partículas carregadas na Ionosfera, na alta Atmosfera a reflexão é a razão porque por muito tempo, os sinais da onda média e curta em rádio podem, ser recebidos em torno do mundo. Para estudar outros comprimentos de onda: raios X, ultravioleta e infravermelho, são usados satélites com telescópios e detectores especiais.

Os sinais emitidos por Radiofontes podem ser recebidos nas parte mais distantes do Universo, entretanto eles sofrem uma grande atenuação, principalmente devido à dispersão de propagação em espaço livre, por isso há necessidade de receptores sensíveis e softwares de computador para controle de telescópios e análise das imagens. Estas Técnicas são extensamente aplicáveis fora da Astronomia. Radioastronomia é, portanto, importante tanto para pesquisa pura como aplicada na formação e treinamento para cientistas e engenheiros.



2.1.1. OBJETIVO DO PROJETO “RADIOASTRONOMIA”

O Projeto Radioastronomia – Projeto RA visa a construção em Fases de um Telescópio Radiointerferômetro de Síntese de Abertura com a Rotação da Terra, operando em baixas frequências, de longa linha de base, 6 a 10 Km – direção Leste/Oeste e uma extensão na direção Sul, operando em baixas frequências nas bandas: 150.0 – 153 MHz; 322.0 – 328.6 MHz; 608.0 – 614 MHz e 1400.0 – 1427.0 MHz, via convênios entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, Fundação de Apoio à Tecnologia e Ciência - FATEC e a Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, através da construção de laboratórios e áreas de apoio, adequadas à execução de atividades científicas para implantação no País de técnicas Radiointerferométricas. O Projeto propicia o desenvolvimento da Pesquisa Espacial e a formação de Recursos Humanos em Ciências Espaciais Básicas, priorizando a Astrofísica, Aeronomia, Geofísica Espacial, Geomagnetismo, Interações Terra - Sol, dentre outras áreas do saber, além das tecnologias vinculadas às áreas de engenharias associadas.

O Radiointerferômetro está sendo construído em Convênio entre UFSM - INPE, no Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE - MCT, em São Martinho da Serra, tendo como um de seus principais objetivos científicos a finalidade de complementar os estudos realizados pela Universidade de Cambridge, Inglaterra, em Cosmologia Observacional, referentes à contagem de rádio-fontes no Universo e o estudo de sua isotropia.

2.1.2. RADIOTELESCÓPIO

Um Radiotelescópio consiste em uma ou mais antenas de recepção direcional conectada a amplificadores muito sensíveis. Desde a escala de comprimento de onda de rádio de milímetros à aproximadamente 10 metros, a forma das antenas pode variar muito, muitas são parabólicas com superfícies muito precisas, enquanto outras, como o



Cambridge Low-Frequency Syntesis Telescope, CLFST de Cambridge, tem a aparência às antenas da televisão.

A precisão desses telescópios depende da relação do tamanho do telescópio e do comprimento de onda da fonte de rádio a ser observada, a fim de fazer essa precisão ser a melhor possível, um método conhecido como síntese da abertura foi desenvolvida em Cambridge. O princípio por trás deste método está em usar diversas antenas ligadas e correlacionadas, que gravam os sinais através de sistemas interligados a computadores. As antenas são movidas em relação a uma linha (Linha de Base) e pela rotação da Terra – Técnicas de Síntese de Abertura com a Rotação da Terra. O computador examina todos os dados faz a correlação e através desses dados mapas de alta resolução usando técnicas de processamento de imagem.

2.1.2.1. CARACTERÍSTICAS DO CLFST – RADIO INTERFERÔMETRO

O *Cambridge Low-Frequency Syntesis Telescope* (CLFST) é um telescópio Leste-Oeste, o único instrumento operando em 151,5 MHz com um campo de visão de $\sim 9^\circ \times 9^\circ$, dando uma resolução de $70'' \times 70''$ cossec δ . Consiste em 60 antenas tipo yagis seguindo em uma linha de base de 4,6 quilômetros, dando 776 linhas de base simultâneas, provido de 779 espaçamentos simultâneos com um incremento de espaço de 3λ , com uma largura de banda de 800KHz.

A largura de banda de 800KHz permite um mapeamento de $9^\circ \times 9^\circ$ de campo de visão, o qual é facilmente coberto.

O Low-Frequency Syntesis Telescope, CLFST:

- 60 antenas yagis, Leste-Oeste;
- Linha base máxima de 4,6 Km;
- 779 espaços simultâneos;
- Incremento de espaço de 3λ , máximo espaçamento de 6λ , espaços desaparecido/perdendo em 3λ e 9λ ;
- Freqüência $f = 151,5$ MHz;
- RMS Sensibilidade em 12 horas: 50mJy/beam, $|b| > 25^\circ$;



- Resolução: $70'' \times 70'' \cos \delta$;
- Largest Mappable Structure: 4° ;
- Campo de visão: $8^\circ \times 8^\circ$, com largura fixa;
- Cobertura útil do céu: $5^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$, mas dificuldade em 15° , $0^{\text{hs}} < 24^{\text{hs}}$;
- Observações podem ser destacadas:
 - O brilho do céu;
 - Confusão (ambas as vigas estão fora);

2.1.3. O RADIOINTERFERÔMETRO DO PROJETO RADIOASTRONOMIA

O Telescópio Radiointerferômetro de Síntese de Abertura com a Rotação da Terra, operando em baixas frequências ou Telescópio de Síntese de Abertura - TSA, do Projeto Radioastronomia – Projeto RA, na sua Fase I, consiste em um Radiotelescópio do tipo interferômetro constituído basicamente por 60 (sessenta) elementos receptores ou estruturas de antenas formadas por quatro antenas Yagi cada estrutura, casadas em impedância, ou antenas parabólicas apropriadas. Estes elementos serão distribuídos, na Fase I, ao longo de uma linha de base, na direção Leste-Oeste divididos em “n” grupos de 7 (sete) elementos cada um, no sentido Leste e “m” grupos de 2 (dois) elementos cada um, no sentido Oeste. Estes elementos de estruturas com antenas devem ser construídos para operar na primeira banda de frequência a ser implementada na Fase I, 150,0 – 153,0 MHz, centrada em 151,5 MHz, comprimento de onda 1,98 metros, possuindo capacidade de rastreamento em ângulo horário desde +6h a –6h, em declinação de +40 graus até –90 graus, obtendo resolução angular equivalente ao do Telescópio Australiano, da Australia Telescope National Facility - ATNF.

Na Fase I, a combinação dos elementos receptores resultará em um número máximo de espaçamentos, permitindo que os rádio mapas construídos da distribuição da brilhância de rádio-fontes terão resolução angular superior a $1,1 \times 1,1$ minutos de arco, num campo de visão de 5×5 graus, com uma sensibilidade da ordem ou inferior a 10 mJy, onde $1 \text{ mJy} = 1 \times 10^{-29} \text{ W.m}^{-2}.\text{Hz}^{-1}$.

Após os estudos de escolha e definição do sítio do Projeto RA e de seu observatório denominado Observatório Espacial do Sul – OES/CRSPE/INPE – MCT, os



levantamentos topográficos e cartográficos, juntamente com a definição por técnicas GPS do alinhamento, Leste – Oeste e coordenadas da linha-de-base do radiointerferômetro do Projeto RA foram concluídos em São Martinho da Serra.

Atualmente um protótipo de radiointerferômetro de 6 (seis) elementos está sendo montado no Observatório Espacial do Sul.

A figura 2.1 mostra uma das antenas do Protótipo Radiotelescópio instalada no Observatório Espacial de São Martinho da Serra.

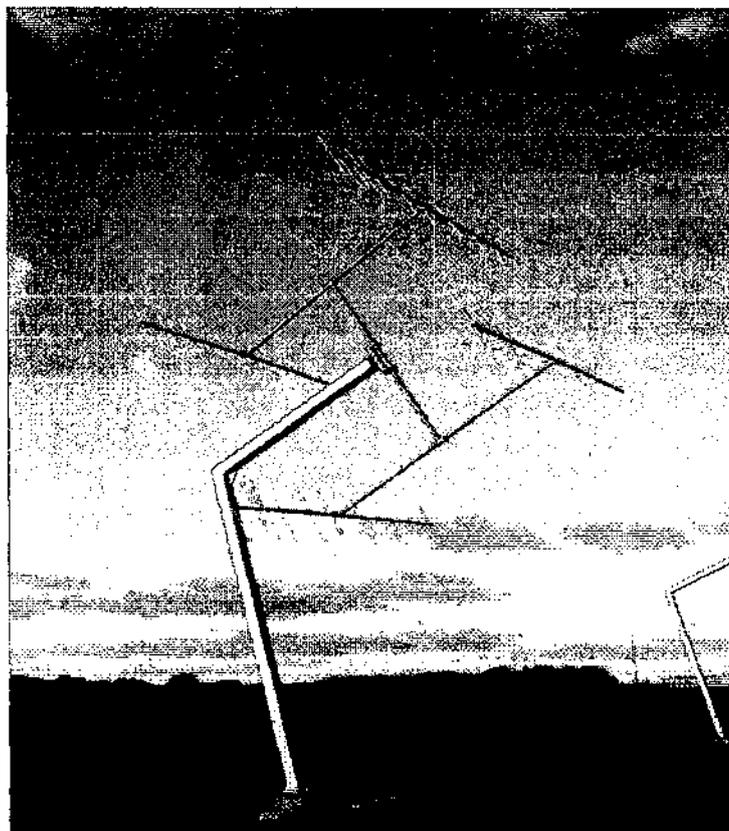


Figura 2.1 – Antena do Radiotelescópio do Observatório Espacial de São Martinho da Serra

Os rádio mapas produzidos pelos rádio-interferômetros como o do Projeto RA descrevem a distribuição da brilhaça de radiofontes com resolução angular de 1,1 X 1,1 minutos de arco, ou melhor, num campo de visão de 5 X 5 graus, com uma sensibilidade da ordem de 10 mJy, onde $1 \text{ mJy} = 1 \times 10^{-29} \text{ W.m}^{-2}.\text{Hz}^{-1}$.



Os levantamentos topográficos e cartográficos, juntamente com a definição por técnicas GPS do alinhamento, Leste – Oeste e coordenadas da linha-de-base do radiointerferômetro do Projeto RA foram concluídos juntamente com o prédio, sala de controle e laboratórios no Observatório Espacial do Sul.

Atualmente um protótipo de radiointerferômetro de 6 (seis) elementos está sendo montado e testado no Observatório Espacial do Sul, mas sofre quanto a sua efetiva implementação devido ao fato que engenheiros e técnicos que deveriam ser transferidos do INPE, de São Paulo, não ocorreram até o presente momento, dificultando severamente o Projeto.

2.1.4. FUNÇÕES DO RADIOTELESCÓPIO

O Telescópio de Síntese de Abertura de Baixa Frequência, é um telescópio de pesquisa científica na Área da Astrofísica, com o qual podemos desenvolver atividades do tipo:

- Pesquisar e mapear o céu do Hemisfério Sul, com superposição com o Hemisfério Norte permitindo comparar estes dados com os da Universidade de Cambridge – 6C, 7C, 7C(G) e NVSS (The NRAO VLA Sky Survey) e assim, poder analisar a Esfera Celeste em 151,5 MHz;
- Efetuar estudos de Cosmologia Observacional, permitindo efetuar a contagem de rádio-fontes a níveis fracos de densidades de fluxo em baixas frequências;
- Pesquisar fontes variáveis, tais como pulsares e outras fontes possivelmente de natureza não sincrotrônica;
- Procura por Rádiofontes Gigantes, Radiogaláxias e por Aglomerados de Rádiofontes, a exemplo de aglomerados de galáxias;
- Procura de Rádiofontes com o interior “morto”, mas com lóbulos ativos, isto é, a parte mais externa ativa;
- Procura de emissões de rádio contínuo em 151,5 MHz de regiões galácticas HII complexas não compacta, a exemplo da Rádiofonte W51;
- Aglomerados e superaglomerados de galáxias, procura de evidência de matéria intergaláctica na forma de rádio-halos;



- Procura de variabilidade em baixas frequências;
- Mapear a *Galaxy* e as *Nuvens de Magalhães* em 151,5 MHz;
- Procurar radiação cósmica de fundo em 151,5 MHz;
- Estudo de radiação não térmica de planetas;
- Estudo de Júpiter;
- Estudo de eventos solares;
- Estudo da Cintilação Interplanetária;
- Estudo do Vento Solar e do Clima Espacial.

Estudos similares serão efetuados nas outras bandas de frequências, nas fases subsequentes de desenvolvimento instrumental, permitindo a análise espectral e estudos dos mecanismos de produção de energia.

2.1.5. CARACTERÍSTICAS DO LOFAR – RADIO INTERFERÔMETRO

LOFAR (*The Low-Frequency Array*) ou Telescópio Para o Novo Milênio é um Radiotelescópio que está sendo planejado para operar na frequência de 10-240 MHz. Terá aproximadamente 13,000 antenas dipolo distribuídas em forma de cachos formando 100 estações distribuídas em uma região espiral numa região de 400 quilômetros de diâmetro, figura 2.7.a. O sistema de transmissão de dados será através de fibra-ótica tornando possível ao sistema manipular terabits de dados por segundo. Este rádio telescópio possuirá uma agilidade muito grande em frequência, tornando possível observações simultâneas em mais de uma frequência.

Estão sendo avaliados vários locais de potencial para instalação do LOFAR, como o sudoeste dos Estados Unidos, Austrália e nos Países Baixos. Esta sendo estudado a possibilidade de o Brasil através do Centro Regional de Pesquisas Espaciais e do Observatório Espacial do Sul do INPE/MCT de participar deste grande empreendimento, com a devida adequação e alteração do Projeto Radioastronomia original, para as características do Sistema Receptor do LOFAR, visando a instalação de 1 ou 2 estações no Sul de Brasil, permitindo estudos de VLBI de rádio-fontes e regiões especialmente selecionadas.



LOFAR utilizará dois tipos de antenas para duas faixas de frequências diferentes. Uma antena do tipo dipolo ativo que opera na faixa de frequência de 10-90 MHz e outra baseada na combinação de uma grade 4x4 de dipolos que opera na faixa de frequência de 110-240 MHz, figura 2.3.b.

Para alcançar as metas de sensibilidade do Projeto LOFAR serão usadas de 10000 à 15000 antenas de cada tipo. Serão agrupadas em "estações", como mostra a figura 2.2.b, com diâmetros de aproximadamente 100 metros cada. Os sinais de cada estação serão digitalizados e a interferometria será executada entre as estações e não entre antenas.

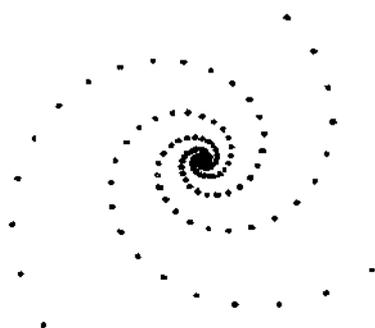


figura 2.2.a – Distribuição das estações

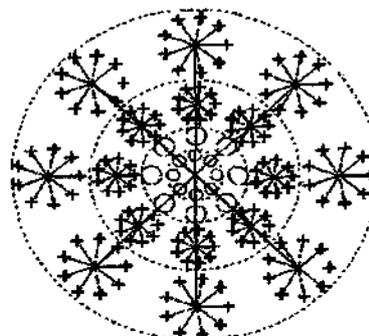


Figura 2.2.b – Estrutura de uma Estação

[<http://web.havstack.mit.edu/lofar/technical.html>]

Através de Transformação de Fourier e filtros digitais, se reduzirá a frequência de para 2 ou 4 MHz e os dados serão transportados através de fibras ópticas até um FPGA.

Para produzir imagens de objetos astronômicos com alta fidelidade, os dados do LOFAR precisarão ser corrigidos, devido os efeitos de propagação da ionosfera. Para fazer isto haverá um sistema de interatividade entre as diversas estações, mostradas na figura 2.3.a. A figura 2.3.b. nos mostra os caminhos dos raios de recepção de cada estação até a ionosfera.



Figura 2.3.b – Distribuição da antenas numa das Estações do LOFAR

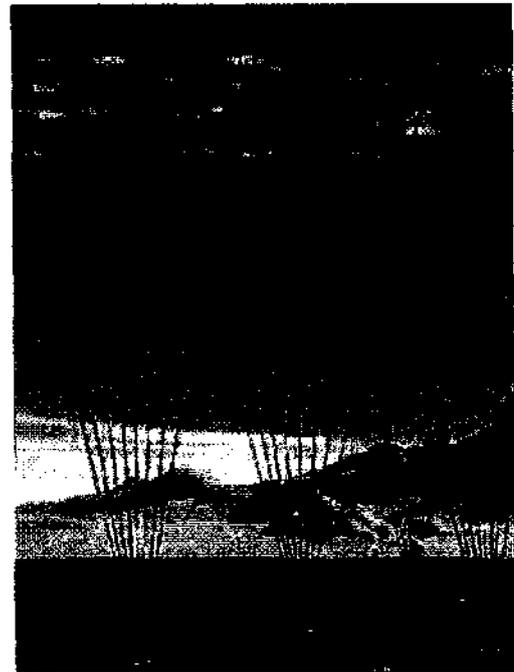


Figura 2.3.b – Caminho dos sinais de observação de Estações individuais, permitindo alta precisão da tomografia da Ionosfera para calibração do sistema

[<http://web.haystack.mit.edu/lofar/technical.html>]

2.1.6. TÉCNICAS DE RADIOINTERFEROMETRIA

As técnicas de Radiointerferometria consistem basicamente de observação simultânea e sincrônica de uma determinada região do Universo, por dois ou mais sistemas coletores (antenas) da radiação eletromagnética monocromática na região do rádio do Espectro Eletromagnético.

Quando as antenas são interligadas por sistemas de transmissão de sinais e correlacionadas tem-se um Radiointerferômetro.

Quando as antenas encontram-se a grandes distâncias e não são Interligadas, cada antena necessita independentemente de sistemas de tempo (padrão e geração) e de gravação, sistema denominado Interferômetro de Longa Linha de Base – VLBI, possibilitando a obtenção através dessa técnica de Rádio-Interferência, de franjas de interferência. Através do envelope principal das franjas de interferência é possível



determinar as coordenadas α e δ da rádio-fonte em estudo e a determinação da energia observada do objeto celeste ou rádio-fonte, através da integração do envelope principal das franjas de interferência.

2.1.7. TÉCNICAS DE SÍNTESE DE ABERTURA COM A ROTAÇÃO DA TERRA

Essa técnica consiste da observação simultânea e sincrônica, por um período de tempo igual ou inferior a 12 (doze) horas, de uma determinada região do espaço, por meio de duas ou mais antenas ou sistemas de antenas, eletronicamente similares e monocromáticas, interligadas por cabos elétricos e/ou fibras óticas, construídos e instalados (fixos ou móveis) em uma linha de base na direção Leste-Oeste, controladas por computador através de pacotes de programas específicos para o controle e a redução de dados do Radiointerferômetro.

Com Radiointerferômetros de alta resolução e sensibilidade compostos por várias antenas na direção Leste-Oeste, obtém-se imagens, cuja forma perfis e contornos, permitem o estudo detalhado da estrutura e distribuição da energia emitida pelos objetos celestes, radiofontes e por consequência sua Astrofísica.

Esta técnica permite levantamentos e a construção de catálogos de rádio-fontes em determinadas frequências, que possibilitam estudos específicos (individuais) ou estatístico de radiofontes, e por consequência estudos de Cosmologia Observacional, o conhecimento do Universo como um todo.

Uma aplicação prática de catálogos de radiofontes é a definição de sistemas de referência para a navegação espacial, sistemas de guia para mísseis, entre outras.

2.1.8. SELEÇÃO DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO RADIOINTERFERÔMETRO

Para a instalação do Radiointerferômetro, do Projeto RA foi realizado um programa sistemático de seleção de sítios. Santa Maria é localizada em uma descontinuidade geológica, ao Norte existem planaltos, os quais se estendem até ao



Norte do Brasil. Em direção ao Sul inicia-se uma grande planície que vai à direção da Patagônia e aos Andes Argentinos.

É importante destacar que a região de Santa Maria fica próximo do centro da Anomalia Geomagnética do Atlântico Sul, que pode prejudicar o desempenho do equipamento e que sem dúvida irá ajudar no estudo de diversos fenômenos nesta Região.

Antes da definição dos trabalhos de escolha de sítios para o Radiointerferômetro do Projeto RA ser definido junto ao Observatório Espacial do Sul, em São Martinho da Serra, RS, um dos possíveis locais para a instalação do Radiointerferômetro estudado foi o interior do Campus da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, que é extensiva (6Km Leste-Oeste X 3Km Norte-Sul). No estudo de rádio interferência foi usando dois elementos radiointerferômetro, em diferentes locais no campus. Os resultados não foram bons, a rádio interferência produzida neste local é muito alta, principalmente devido a esta área estar localizada próxima à Base Aérea de Santa Maria e devido à existência de rádio interferência produzida na própria Universidade. Uma pesquisa de outros locais fora do Campus foi iniciada. Primeiro ao Sul da UFSM, posteriormente ao Norte, nos planaltos, a uma altitude de 400 metros em relação ao nível do mar. Três locais foram selecionados, um ao Norte e dois ao Sul, nas planícies. Um estudo meteorológico extensivo de micro-clima da região próxima de Santa Maria foi efetuado.

Após serem realizados estudos a respeito das áreas selecionadas, foi escolhida a melhor área para o propósito, hoje, o Observatório Espacial do Sul. Na região escolhida, praticamente não existe níveis internos de interferência de radiação eletromagnética produzida pelo homem, uma vez que fica bem afastada dos centros urbanos. Por tanto a região/sítio do Observatório Espacial do Sul, tem as características:

Região escolhida:

- Rincão dos Negrinhos
- Norte de Santa Maria
- Município de São Martinho da Serra
- Distância de 55 Km via estrada BR158 do Campus da UFSM



Coordenadas Geográficas:

- Latitude: 29° 26' 24",06 Sul
- Longitude: 53° 48' 38",98 Oeste
- Altitude: 488,70 metros

Coordenadas Magnéticas:

- Latitude: 19° 13' 48" Sul
- Longitude: 16° 30' Leste
- Inclinação: 32°,99 Sul
- Campo Magnético Total: 22,800 nT



CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização deste estudo, foi feito um estudo geral sobre o Projeto Rádio-Interferômetro e seus principais Subprojetos tais como; antenas, receptores, digitalização, correlação e servo mecanismo.

Após a compreensão da teoria da interferométrica, foi feito um estudo sobre sistemas digitais realizando uma extensa revisão bibliográfica sobre portas lógicas tais como *not*, *and*, *nand*, *or*, *nor*, *xor* e *nxor*, registradores, memórias, comparadores, decodificadores, multiplexadores e outros componentes. O estudo foi acompanhado de experiências práticas, tornando possível uma melhor compreensão de seu funcionamento e proporcionando uma maior familiarização com os equipamentos do laboratório, tais como osciloscópios, geradores de funções, pront-o-labor, fontes e multímetros.

Foi realizada uma extensa revisão bibliográfica sobre linguagem de programação em C, simultaneamente com a revisão bibliográfica sobre arquitetura de computadores, tendo uma grande ênfase na arquitetura PCI, estudada para o sistema de correlação.

Em atividades de cunho prático, foram usado instrumentos como o Spectrum Analyzer, antenas, blocos amplificadores e *ploter*.

Os materiais de pesquisa usados foram relatórios anteriores de projetos afins, pesquisa na internet, publicações, apostilas e livros de aquisição própria, da biblioteca setorial do CRSPE/INPE (Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria).

O método para esse estudo foi primeiramente um plano de estudo, que contemplou uma revisão bibliográfica em literatura especializada e atividades de “laboratório” e de “campo” pertinentes ao projeto.



3.1. SISTEMA DE CORRELAÇÃO DIGITAL DO RADIOINTERFERÔMETRO

O sistema de aquisição de dados do antigo protótipo de interferômetro operando no campus da UFSM, processava os sinais de maneira puramente analógica, produzindo franjas de interferência de rádio-fontes extragalácticas, como as obtidas para “Centaurus A” em 17/01/1998, e as plotava em um gráfico. Este sistema foi substituído por um Dispositivo Correlacionador puramente Digital, a exemplo de interferômetros modernos.

Optou-se pela correlação digital e não pela analógica pelos seguintes motivos:

1. A facilidade de construção de várias unidades com características idênticas;
2. A maior facilidade com que os dados são processados;
3. A possibilidade de observações para quaisquer distâncias entre os pares interferométricos, sem que modificações nos circuitos receptores sejam necessárias;

3.2. LINGUAGEM C

A linguagem C é uma linguagem de alto baixo, genérica. Foi desenvolvida *por* programadores *para* programadores tendo como meta características de flexibilidade e portabilidade. O C é uma linguagem que nasceu juntamente com o advento da teoria de *linguagem estruturada* e do *computador pessoal*. Assim tornou-se rapidamente uma linguagem “popular” entre os programadores. O C foi usado para desenvolver o sistema operacional UNIX, e hoje esta sendo usada para desenvolver novas linguagens, entre elas a linguagem C e Java.

A linguagem C é uma das mais rápidas dentre as popularmente usadas, só perdendo para o assembler, porém esta possuindo alta complexidade.



3.2.1. CARACTERÍSTICAS DA LINGUAGEM C

Entre as principais características do C, podemos citar:

- O C é uma linguagem de baixo nível com uma sintaxe bastante estruturada e flexível tornando sua programação bastante simplificada.
- Programas em C são compilados, gerando programas executáveis.
- O C compartilha recursos tanto de alto quanto de baixo nível, pois permite acesso e programação direta do microprocessador. Com isto, rotinas cuja dependência do tempo é crítica, podem ser facilmente implementadas usando instruções em Assembly. Por esta razão o C é a linguagem preferida dos programadores de aplicativos.
- O C é uma linguagem estruturalmente simples e de grande portabilidade. O compilador C gera códigos mais enxutos e velozes do que muitas outras linguagens.
- Embora estruturalmente simples (poucas funções intrínsecas) o C não perde funcionalidade pois permite a inclusão de uma farta quantidade de rotinas do usuário. Os fabricantes de compiladores fornecem uma ampla variedade de rotinas pré-compiladas em bibliotecas.

3.2.2. ESTRUTURA DE UM PROGRAMA EM C

Um programa em C é constituído de um cabeçalho, um bloco de instruções principal e documentação do programa.

Na documentação do programa constam os comentários, e o cabeçalho contém as diretivas do compilador onde se definem o valor de constantes simbólicas, declaração de variáveis, inclusão de bibliotecas, declaração de rotinas, etc.



3.2.3. DIRETIVAS DE COMPILAÇÃO

Em C, existem comandos que são processados durante a compilação do programa. Estes comandos são genericamente chamados de *diretivas de compilação*. Estes comandos informam ao compilador do C basicamente quais são as constantes simbólicas usadas no programa e quais bibliotecas devem ser anexadas ao programa executável. Por exemplo a diretiva `#include` diz ao compilador para incluir na compilação do programa outros arquivos. Geralmente estes arquivos contem bibliotecas de funções ou rotinas do usuário

3.2.4. DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS

Em C, como na maioria das linguagens, as variáveis devem ser declaradas no início do programa. Estas variáveis podem ser de vários tipos: `int` (inteiro), `float` (real de simples precisão) dentre outras.

3.2.5. ESTRUTURAS DE CONTROLE

A linguagem C permite uma ampla variedade de estruturas de controle de fluxo de processamento. Duas estruturas das estruturas básicas (decisão e repetição) são muito semelhantes às estruturas usadas nas pseudo-linguagem algorítmicas:

Estrutura de Decisão: Permite direcionar o fluxo lógico para dois blocos distintos de instruções conforme uma condição de controle.

Pseudo-linguagem	Linguagem C
<code>se condição</code>	<code>if(condição)</code>
<code>então bloco 1</code>	<code>bloco 1;</code>
<code>senão bloco 2</code>	<code>else</code>
<code>fim se</code>	<code>bloco 2;</code>



Estrutura de Repetição: Permite executar repetidamente um bloco de instruções até que uma condição de controle seja satisfeita.

Pseudo-linguagem	Linguagem C
faça	do
<i>bloco</i>	<i>bloco;</i>
até condição	while(condição)

3.2.6. CRIAÇÃO, COMPILAÇÃO E EXECUÇÃO

Os estados de desenvolvimento de um programa em C são geralmente:

- Criação do programa fonte (texto);
- Compilação desse programa, para a sua tradução para código executável ;
- Execução do código produzido.

No caso da detecção de qualquer erro em qualquer dos estados, todos eles deverão ser repetidos desde o início.

3.2.6.1. CRIAÇÃO DO PROGRAMA

A criação dos programas fonte em linguagem C faz-se com o auxílio de um editor de texto genérico, ou específico de um ambiente de desenvolvimento. Em geral, os arquivos de texto produzidos deverão ter a extensão “.C” , para poderem ser reconhecidos automaticamente pelo compilador como sendo arquivos contendo código fonte em C. Obviamente o conteúdo dos arquivos deverá verificar rigorosamente a sintaxe da linguagem C.



3.2.6.2. COMPILAÇÃO

A compilação dos programas em C faz-se através da invocação de um compilador (p. ex. no UNIX, o comando `cc`). O comando de compilação deverá ser seguido pelo nome do arquivo que contém o código fonte (geralmente com a extensão `.C`). É também comum colocar como parâmetros de chamada do compilador, várias opções de compilação (p. ex. no UNIX, a indicação do nome do arquivo executável com o resultado da compilação).

Assim uma compilação básica poderia ser executada no UNIX através do comando “`cc program.c`”, onde `program.c` é o nome do arquivo contendo o código fonte.

Se existirem erros de sintaxe no código fonte, o compilador irá detectá-los e indicará a sua localização junto com uma breve descrição do erro. Erros na lógica do programa apenas poderão ser detectados durante a execução do mesmo. Se o programa não contiver erros de sintaxe o compilador produzirá código executável. Tratando-se de um programa completo o código executável é colocado, por defeito, num arquivo chamado `a.out` (isto no UNIX).

3.2.6.3. EXECUÇÃO DO PROGRAMA

Durante a execução podem tornar-se evidentes mais alguns erros: erros de execução (p. ex. divisão por zero), ou erros que levem a que o programa não se comporte como esperado. Neste caso é necessário voltar à edição do programa fonte para corrigir a sua lógica, e depois efetuar também uma nova compilação para produzir a nova versão do código executável.



3.2.7. MODELO DE COMPILAÇÃO DA LINGUAGEM C

Serão salientados aqui os pontos principais do modelo de compilação da linguagem C.

Esse modelo está ilustrado através na figura 3.3.

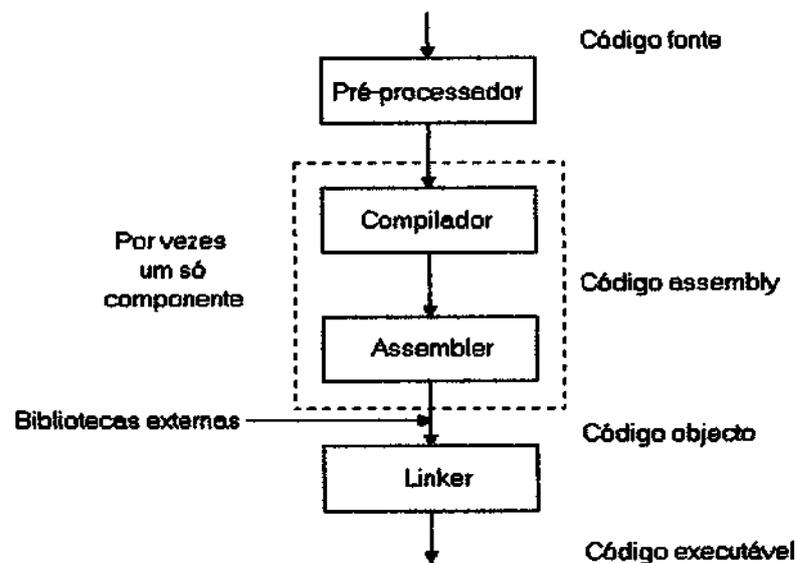


Figura 3.3 – Modelo de compilação em c.

3.2.7.1. PRÉ-PROCESSADOR

O pré-processador atua apenas ao nível do código fonte, modificando-o. Trabalha apenas com texto. Algumas das suas funções são:

- remover os comentários de um programa;
- interpretar directivas especiais a si dirigidas, que começam pelo carácter #.



Por exemplo:

- **#include** - insere o conteúdo de um arquivo de texto no arquivo corrente. Esses arquivos são usualmente designados por cabeçalhos (*header files*) e têm a extensão `.h`:
 - **#include <math.h>** - Insere o conteúdo do arquivo `math.h` com a declaração das funções matemáticas da biblioteca `standard`.
 - **#include <stdio.h>** - Idem para as funções `standard` de entrada/saída.
- **#define** - define um nome simbólico cujas ocorrências no arquivo serão substituídas por outro nome ou constante:
 - **#define MAX_ARRAY_SIZE 100** - substitui todas as ocorrências de `MAX_ARRAY_SIZE` por `100`.

3.2.7.2. COMPILADOR

Alguns compiladores traduzem o código fonte (texto) recebido do pré-processador para linguagem `assembly` (também texto). No entanto são também comuns os compiladores capazes de gerarem diretamente código objeto (instruções do processador já em código binário).

3.2.7.3. ASSEMBLER

O assembler traduz código em linguagem `assembly` (texto) para código objeto. Pode estar integrado no compilador. O código objecto é geralmente armazenado em arquivos com a extensão `.o` (Unix) ou `.obj` (ms-dos).

3.2.7.4. LINKER

Se o programa referencia funções da biblioteca *standard* ou outras funções contidas em arquivos com código fonte diferentes do principal (que contém a função `main()`), o linker combina todos os objectos com o resultado compilado dessas funções



num único arquivo com código executável. As referências a variáveis globais externas também são resolvidas pelo linker.

3.2.7.5. UTILIZAÇÃO DE BIBLIOTECAS

A linguagem C é muito compacta. Muitas das funções que fazem parte de outras linguagens não estão diretamente incluídas na linguagem C. Temos como exemplo as operações de entrada/saída, a manipulação de *strings* e certas operações matemáticas.

A funcionalidade correspondente a estas e outras operações não faz parte integrante da linguagem, mas está incluída numa biblioteca externa, bastante rica e *standard*. Todas essas operações são executadas por via da invocação de funções externas definidas nessa biblioteca *standard*.

Qualquer programador poderá desenvolver a sua própria biblioteca de funções, podendo até substituir algumas das funções *standard*, e também utilizar outras bibliotecas comerciais já existentes (p. ex. NAG, PHIGS, etc).

3.3. ORCAD 9

O software Orcad é um pacote de programas profissionais para projeto e simulação de circuito.

Através dele é possível fazer o *layout* do circuitos expressos, facilitando seu projeto e confecção, como também fazer simulações, minimizando o risco de danificar componentes e confecção de placas de circuito impresso com problemas, pois é possível prever os possíveis resultados. Dinamiza muito a fase de projeto, pois há facilidade de alterações no projeto e aquisição de medidas.

O programa faz uso de arquivos de *library* os quais possuem as informações necessárias sobre cada componente para efetuar a simulação. O programa já traz em sua instalação arquivos dos componentes mais comumente usados e outros podem ser acrescentados e facilmente achados em *sites* de empresas fabricantes de componentes eletrônicos.



A figura 3.4 mostra um exemplo de um *layout* de uma placa feito com o *software* Orcad 9.

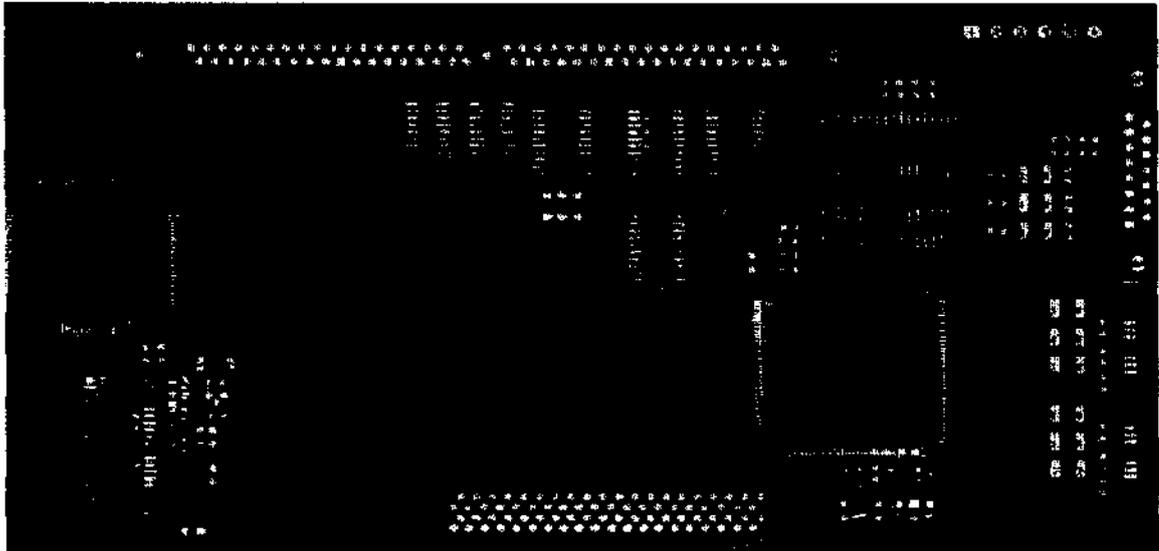


Figura 3.4 - *Layout* de uma placa feita no Orcad 9

3.4. CIRCUITOS DIGITAIS

3.4.1. VARIÁVEIS BOOLEANA

A grande diferenciação que há entre a álgebra booleana e álgebra linear, é que as constantes e variáveis booleanas podem assumir somente dois valores, 0 ou 1. As variáveis booleanas são utilizadas freqüentemente para representar um nível de tensão presente na entrada e/ou saída de um circuito digital. Por exemplo, o nível lógico “0” de uma determinada variável pode estar representando um valor qualquer de tensão entre 0 e 0,8 volts, enquanto o nível lógico “1” pode estar representando um nível de tensão entre 2,0 e 5,0 volts. Valores de tensão entre 0,8 e 2,0 volts pertencem a uma região indefinida devendo ser evitados.

Em função dos valores as variáveis booleanas podem assumir valores “Verdadeiro” ou “Falso”, “0” ou “1”, “Aberto” ou “Fechado”, “Alto” ou “Baixo”.



3.4.2. POSTULADOS DA ÁLGEBRA DE BOOLE

Os postulados da álgebra de boole são um conjunto mínimo de informações básicas assumidas como verdadeiras, através das quais todas as demais informações a cerca do sistema podem ser obtidas.

Estes postulados são divididos em três grupos: Postulados de Soma Booleana, Postulados do Produto Booleano e Postulado da Inversão Booleana.

3.4.2.1 – POSTULADOS DA SOMA BOOLEANA

Neste postulado teremos que:

- $0+0 = 0$
- $0+1 = 1$
- $1+0 = 1$
- $1+1 = 1$

3.4.2.2 – POSTULADO DO PRODUTO BOOLEANO

Neste postulado teremos que:

- $0.0 = 0$
- $0.1 = 0$
- $1.0 = 0$
- $1.1 = 1$

3.4.2.3 - POSTULADO DO COMPLEMENTO

Seja “A” uma variável booleana, qualquer . Se $A = 0$ então o inverso de A é 1.
Se $A = 1$ então o inverso de A é igual a 0.



3.4.3. TEOREMAS DE “DE MORGAN”

Os teoremas de *DE MORGAN* são bastante importantes quando se necessita simplificar um circuito lógico, ou mesmo eliminar o complemento de uma função lógica. O primeiro teorema converte uma operação “OU” em uma operação “E”. O segundo teorema realiza a operação inversa, isto é, converte de uma operação “E” em uma operação “OU”.

- 1) **Primeiro Teorema de DE MORGAN:** O complemento de uma função lógica na forma de uma soma lógica de qualquer número de variáveis, pode ser transformado em um produto lógico complementado-se cada variável em separado e trocando o operador “+” por “.”.
- 2) **Segundo Teorema de DE MORGAN:** O complemento de uma função lógica na forma de um produto lógico de qualquer número de variáveis, pode ser transformado em uma soma lógica, complementando cada variável em separado e trocando o operador “.” pelo operador “+”

3.4.4. PORTAS LÓGICAS

As portas lógicas são circuitos digitais com uma ou mais tensões de entrada, que podem ser construídos com diodos, transistores e resistores, conectados de tal forma que o sinal de saída do circuito corresponde ao resultado de uma função lógica básica (E,OU,NÃO). Os valores possíveis das tensões de entrada e da tensão de saída são somente dois: tensão de alimentação do circuito (VCC) ou tensão nula (terra ou GND). Por convenção vamos denominar a *tensão de alimentação de sinal lógico* “1” e a *tensão nula de sinal lógico* “0”.

Uma vez que podemos associar sinais elétricos com níveis lógicos (“0” e “1”), podemos concluir que através das portas lógicas pode-se implementar qualquer um dos operadores lógicos (E,OU,NÃO). Desta forma estaremos aptos a simular qualquer processo mental ou qualquer problema lógico que possua uma resposta em função de



algumas condições pré- determinadas. Estas condições são funções dos sinais de entrada.

As portas lógicas básicas são a “Porta E”, “Porta OU” e “Porta INVERSORA”. Derivadas destas portas lógicas, outras portas lógicas foram concebidas como por exemplo a “Porta NÃO E”, a “Porta NÃO OU”, a “Porta OU EXCLUSIVO” e a “Porta NÃO OU EXCLUSIVO”.

3.4.4.1. PORTA INVERSORA (NOT)

É uma porta com apenas um sinal de entrada e um sinal de saída, o qual assumirá sempre valores lógicos complementares ao sinal de entrada. Executa a função lógica da inversão booleana.

3.4.4.2. PORTA “E” (AND)

A porta lógica “E” possui dois ou mais sinais de entrada, mas somente um sinal de saída. De acordo com o operador lógico “E”, todas as entradas devem estar no nível lógico “1”(v.c) para que se obtenha um nível lógico “1”(v.c) na saída da porta lógica.

3.4.4.3. PORTA “OU” (OR)

A porta lógica “OU” possui dois ou mais sinais de entrada, mas somente um sinal de saída. De acordo com o operador lógico “OU”, pelo menos uma das entradas deve estar no nível lógico “1”(Vcc) para que se obtenha um nível lógico “1”(Vcc) na saída da porta lógica.

3.4.4.5. PORTA “NÃO OU” (NOR)

A porta NÃO OU tem dois ou mais sinais de entrada e apenas um sinal de saída , que só será alto se todos os sinais de entrada forem baixos Como próprio nome diz a porta lógica “NÃO OU” é uma composição das portas “NÃO” e “OU”.



3.4.4.6. PORTA “OU EXCLUSIVA”

A porta lógica OU EXCLUSIVA é um circuito lógico tal que, para cada combinação dos sinais de entrada, o sinal de saída será nível lógico “1”(alto) se e somente se tivermos um NÚMERO ÍMPAR de entradas em nível lógico “1”(alto). Em virtude de sua grande utilidade prática, o circuito lógico que gera a saída “ou exclusiva” passou a ser considerado como porta lógica. A função lógica “ou exclusiva” não possui simplificação.

3.4.4.7. PORTA “NÃO OU EXCLUSIVA”

Ao contrário da porta “OU EXCLUSIVA”, independente do número de sinais de entrada o sinal de saída será nível lógico “1”(alto), quando todas as entradas apresentarem o valor lógico “0” ou se tivermos NÚMERO PAR de entradas em nível “1”(alto).

3.4.5. MÉTODOS DE SIMPLIFICAÇÃO DE FUNÇÕES

BOOLEANAS

A complexidade do circuito lógico e da expressão lógica que o circuito representa estão diretamente ligadas. Embora a tabela da verdade que representa uma determinada função seja única, a expressão lógica resultante pode ser escrita de diferentes formas, devido as diferentes possibilidades de simplificações a serem utilizadas. A utilização da simplificação algébrica para minimização de funções lógicas não segue regras claras e seqüenciais para a correta manipulação algébrica, fazendo desta técnica um procedimento ineficiente e fortemente dependente da experiência do projetista.



3.4.5.1. MÉTODO DE KARNAUGH

O método de Karnaugh é um método de representação gráfica que permite a percepção visual dos termos fundamentais que compõe a função lógica, de modo a combiná-los para formar a função lógica simplificada. O requisito básico para a utilização do mapa de Karnaugh é que a função lógica a ser simplificada esteja representada na sua forma canônica de soma de produtos. No mapa de Karnaugh, há somente uma localização para a representação do valor característico de cada mintermo. Este método pode ser utilizado para simplificar expressões lógicas de até 6 variáveis de entrada. Para simplificar funções lógicas com mais de 5 variáveis de entrada, o método de Quine-McCluskey é mais prático.

3.4.5.2. MÉTODO DE QUINE-MCCLUSKEY

O método de Karnaugh visto na seção anterior é um método gráfico de tentativa e erro, sendo bastante dependente da habilidade e da percepção visual do projetista para o reconhecimento das melhores formas de se agrupar os mintermos. Para funções com mais de cinco variáveis de entrada, é bastante difícil garantir a simplificação máxima.

Para minimizar estas dificuldades é apresentado o método de Quine-McCluskey, que é um método tabular. Este método, diferentemente do método de Karnaugh, segue regras claras e bem definidas para a obtenção da função simplificada, podendo ser facilmente implementado em forma de um software para uso em microcomputadores.

Este método foi inicialmente proposto por Quine em 1952 e posteriormente aperfeiçoado por McCluskey em 1956.

O método consiste de 2 tarefas básicas que são:

- a) A geração de todos os mintermos (*primos implicantes*) que são candidatos a estarem presentes na função simplificada;
- b) A escolha do menor subconjunto de primos implicantes que representam a função original.

Primo implicante é um termo que não pode ser combinado com qualquer outro termo.



3.4.6. CIRCUITOS COMBINACIONAIS TÍPICOS MSI

Os circuitos integrados são classificados, geralmente, em quatro níveis de integração: Integração de baixa escala – SSI (Small Scale Integration) ; Integração de média escala – MSI (Medium Scale Integration) ; Integração de larga escala – LSI (Large Scale Integration) ; Integração de muito larga escala – VLSI (Very Large Scale Integration).

Os circuitos integrados SSI são em geral aqueles que contem internamente apenas as portas lógicas independentes entre si, como por exemplo, o CI TTL 7400 que possui internamente 4 portas lógicas do tipo NAND de duas entradas. Os CI SSI são limitados pelo número de pinos presentes no encapsulamento, tipicamente 14 ou 16 pinos. Como é possível incluir internamente em um CI diversas portas lógicas, Pode tornar-se economicamente mais viável se fazer internamente às conexões necessárias entre as portas lógicas, minimizando com isto a necessidade de conexões externas e a probabilidade de falhas devido a conexões mal feitas ou a ruídos. O que aumenta o custo para implementar um determinado circuito está diretamente ligado ao número de CI's necessários e as conexões entre estes e não ao número de portas lógicas utilizadas.

Existem diversos circuitos combinacionais que são largamente utilizados em diferentes aplicações. Em geral, esses são utilizados com os seguintes objetivos: selecionar uma entre várias entradas, converter códigos digitais de um código para outro, gerar e verificar sinais de paridade, comparar palavras digitais entre outros.

Estes circuitos são compostos de diversas portas lógicas diferentes, combinadas de forma a implementar a função desejada. Visando a redução de custo e volume necessário para implementação, estes circuitos, encontram-se disponíveis já encapsulados em um único CI, e são classificados como MSI. Muitas vezes estes circuitos combinacionais são utilizados como blocos padrões dentro de CI's LSI ou VLSI, para formar circuitos mais complexos.

Os circuitos MSI estudados foram os somadores, codificadores, decodificadores, multiplexadores, comparadores, demultiplexadores, entre outros, são utilizados como blocos ou módulos necessários para a implementação de circuitos e sistemas digitais mais complexos.



3.4.7. CIRCUITOS ARITMÉTICOS

Uma das funções essenciais da maioria dos computadores e sistemas digitais são as operações aritméticas tais como, adição, subtração, multiplicação e divisão. Estas operações são realizadas na Unidade Lógica e Aritmética (ULA) destes sistemas digitais, onde uma série de portas lógicas são combinadas para adicionar, subtrair, multiplicar ou dividir números binários. No caso das operações de multiplicação e divisão, além das portas lógicas há a necessidade de circuitos sequenciais (Flip-Flop's).

Os circuitos aritméticos são implementados a partir de blocos capazes de adicionar 2 bits, chamado de meio somador, ou 3 bits chamados de somador completo. Para o entendimento das funções destes circuitos, será considerado o procedimento matemático utilizado para a operação de adição de números binários.

3.4.8 CIRCUITOS CODIFICADORES E DECODIFICADORES

Entre as inúmeras aplicações dos circuitos lógicos combinacionais, os *Conversores de Códigos*, são talvez os mais difundidos. Os códigos ou sistemas de numeração usados, são o binário, o BCD, o octal, o hexadecimal e, naturalmente o decimal. Grande parte do “mistério” que envolve os computadores e outros sistemas digitais provém da linguagem não familiar dos circuitos digitais, uma vez que os mesmos processam apenas informações binárias. No entanto existe uma certa dificuldade no entendimento de longas séries de “0” e “1”. Por esta razão, os codificadores e decodificadores são necessários para converter as informações, da linguagem que as pessoas entendem para a linguagem que a máquina entende.

3.4.8.1. DECODIFICADORES

Decodificador é um circuito lógico que converte uma informação binária de “n” bits em “ 2^n ” linhas de saída, as quais representam cada uma das combinações possíveis



para a informação binária de entrada. Estes circuitos são utilizados sempre que uma única saída deva ser ativada na ocorrência de uma combinação específica de entradas.

Alguns decodificadores não utilizam todos os 2^n códigos disponíveis, como é o caso do decodificador BCD-decimal, que tem na sua entrada um código de quatro bits e apenas dez saídas válidas, e não $2^4 = 16$ saídas disponíveis. Nestes casos, os decodificadores devem ser projetados levando-se em conta que se um dos códigos não utilizados aparecer na entrada, nenhuma das saídas seja ativada.

3.4.8.2. CODIFICADORES

Codificador é o circuito com lógica inversa a do decodificador, ou seja, é um circuito que possui 2^n entradas, com apenas uma delas ativa a cada instante de tempo e as demais iguais a zero, e produz um código de n bits na saída.

3.4.9. MULTIPLEXADORES

Um circuito multiplexador é um circuito combinacional que atua como um seletor, isto é, tem a função de selecionar uma entre várias entradas e disponibilizá-la na saída. Um multiplexador possui dois tipos de entradas: entradas de informação e entradas de seleção. Conforme o valor das entradas de seleção, uma das entradas de informação é conectada à saída.

3.4.10. DEMULTIPLEXADORES

Um circuito demultiplexador realiza o processo inverso de um multiplexador. É um circuito lógico com um canal de entrada e vários canais de saída. Possui apenas uma entrada de informação, n entradas de seleção (endereços) e 2^n saídas. Desta forma, como mostra a figura abaixo, se tivermos uma entrada I , os sinais de controle (endereços), A e B , determinarão em qual saída, S_0 , S_1 , S_2 ou S_3 , esta entrada I estará disponível. Em outras palavras, o demultiplexador atua como se fosse uma chave seletora de 2^n posições, onde n é o número de posições (entradas de endereço).



3.4.11. CIRCUITOS COMPARADORES DE MAGNITUDE

São circuitos combinacionais que comparam a magnitude de duas entradas, A e B, e apresentam como saídas os possíveis resultados dessa comparação. Por exemplo, um comparador de 2 bits possui 4 bits de entrada, 2 bits para cada representação das magnitudes, A1 A0 e B1 B0, a serem comparadas. Os 3 bits de saída correspondem cada um a um dos possíveis resultados da comparação, $A > B$, $A = B$ ou $A < B$.

3.5. ARQUITETURA DE COMPUTADORES

Arquitetura se refere aqueles atributos do sistema que são visíveis ao programador. O computador é formado basicamente por uma unidade de processamento central (CPU), memória principal, dispositivos I/O e interconexões. Tal conjunto tem por função o processamento armazenamento e movimentação de dados fazendo uso de um sistema de controle.

A figura 3.5 mostra o diagrama esquemático das interações entre os diferentes módulos.

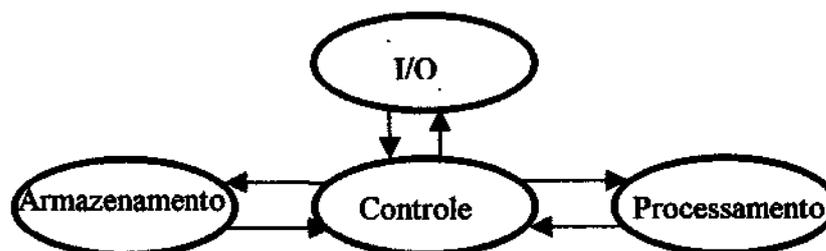


Figura 3.5 – Diagrama Esquemático das Interações

Na memória são armazenadas instruções e dados que interagem com a CPU, onde estão o PC (*Program Counter*), IR (*Instruction Register*), MAR (*Memory Address Register*), MBR (*Memory Buffer Register*), I/O AR (*I/O Address Register*), I/O BR (*I/O Buffer Register*).



3.5.2. INTERUPÇÕES

São mecanismos que possibilitam outros módulos, tais como unidades de I/O ou de memória, interromper a sequência de eventos sendo executada pelo processador, de forma a melhorar o desempenho.

Na execução de um programa o processador o inicia executando a primeira instrução, depois verifica se há algum sinal de interrupção, caso não haja, é realizada a busca da próxima instrução. Caso haja um sinal de interrupção, o processador armazena as informações do programa que está sendo executado e passa a executar as instruções de um programa para tratar a interrupção. Após o término da execução do programa da interrupção, o processador volta a executar o programa inicial.

Teremos casos de interrupções múltiplas quando ocorrer de mais de um dispositivo enviar um sinal de interrupção ao processador, e este sinal chegar enquanto o processador já está tratando uma interrupção. Para este caso teremos que aplicar procedimentos de desabilitação e hierarquia de interrupções.

3.5.3. ESTRUTURAS DE INTERCONEXÃO

São as coleções de caminhos que conectam os módulos básicos de um computador (o processador, a memória e o I/O) e realizam transferências do tipo:

- memória para processador: o processador lê dados ou instruções da memória;
- processador para memória : o processador escreve dados na memória;
- I/O para processador: o processador lê dados do dispositivo de I/O;
- processador para I/O: o processador envia dados para o dispositivo de I/O;
- I/O para memória: o dispositivo de I/O escreve dados diretamente na memória;
- memória para I/O: o dispositivo de I/O busca dados diretamente da memória.



3.5.4. INTERCONEXÃO COM BARRAMENTO (*Bus*)

Interconnection

Um barramento é um caminho de comunicação que conecta dois ou mais dispositivos e cuja característica principal é o de ser um meio de transmissão compartilhado, isto é, um sinal transmitido para um dispositivo está disponível para todos os demais dispositivos

É constituído de várias linhas de comunicação onde somente um dispositivo por vez pode transmitir dígitos binários por várias linhas

Um barramento de sistema (system bus) conecta os principais componentes de um computador (processador, memória e I/O) sendo tipicamente constituído de 50 a 100 linhas separadas, que são classificadas de acordo com as funções que executam (linha de dados, linha de endereçamento, linha de controle e linhas de alimentação).

A figura 3.6 ilustra as ligações das interconexões aos módulos de memória, dispositivos I/O e CPU.

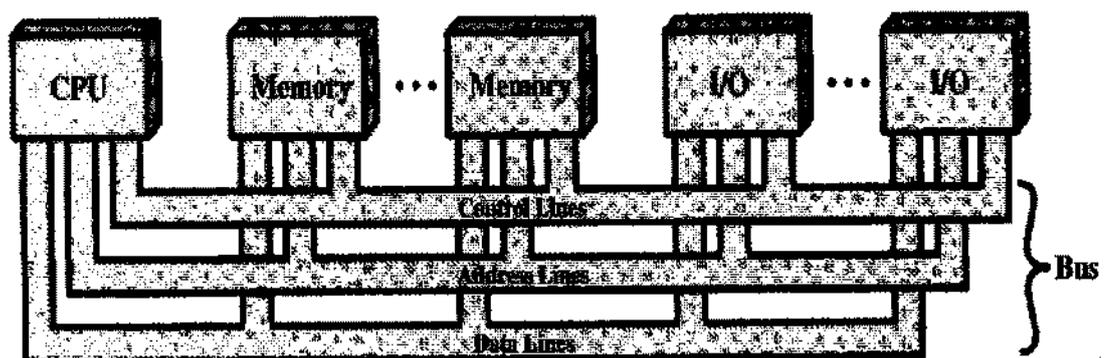


Figura 3.6- ligações de interconexões



3.2.4.1. LINHAS DE DADOS

As linhas dados são usadas para que haja troca de dados entre os diversos módulos e são designadas de barramento de dados (*data bus*).

O barramento de dados consiste tipicamente de 8, 16 ou 32 linhas separadas, sendo que o número de linhas é identificado como sendo a largura do barramento de dados.

3.5.4.2. LINHAS DE ENDEREÇAMENTO

São usadas para determinar a fonte dos dados sendo lidos ou escritos. São usados no endereçamento de localizações da memória ou de portas de I/O.

3.5.4.3. LINHAS DE CONTROLE

São usadas para controlar o acesso e o uso das linhas de dados e de endereçamento, pois estas são usadas por todos os dispositivos conectados.

Os sinais de controle transmitem informações de comando e de sincronismo entre os módulos indicando a validade das informações dos dados e de endereçamento.

Desempenham as seguintes funções:

- Escrita na memória (*memory read*): faz com que os dados contidos no barramento sejam escritos no endereço de memória especificado;
- Leitura da memória (*memory write*): faz com que os dados do endereço de memória especificado sejam copiados para o barramento;
- Escrita no I/O (*I/O write*): faz com que dados no barramento sejam enviados para o endereço da porta de I/O;
- Leitura de I/O (*I/O read*): faz com que dados da porta de I/O especificada sejam copiados para o barramento;
- Confirmação de transferência (*transfer ACK*): indica que dados foram aceitos para serem colocados ou retirados do barramento;



- Pedido de linha (*bus request*): indica que um módulo precisa tomar controle do barramento;
- Linha concedida (*bus grant*): indica que o pedido de requisição de um módulo para tomar o controle do barramento foi concedido;
- Pedido de interrupção (*interrupt request*): indica que uma interrupção foi solicitada;
- Confirmação de interrupção (*interrupt ACK*): confirma que um pedido de interrupção foi reconhecida;
- Clock: usada para sincronizar as ações;
- Reset: usada para reinicializar todos os módulos

3.5.4.4 OPERAÇÃO DE UM BARRAMENTO

Se um módulo deseja enviar dados para outro módulo, inicialmente ele deve obter a permissão para usar o barramento e só então enviar os dados.

Se um módulo deseja receber informações de um outro módulo ele deve obter a permissão para usar o barramento, enviar um sinal de requisição e esperar pela resposta do outro módulo.

3.5.4.5. HIERARQUIAS DE MÚLTIPLOS BARRAMENTOS

Se muitos dispositivos forem conectados a um mesmo barramento, o desempenho do sistema será prejudicado, pois o aumento da velocidade de operação dos dispositivos não pode ser compensada pelo aumento da largura dos barramentos.

Para se minimizar este problema, são usados sistemas hierarquizados de múltiplos barramentos.

Uma Interface Expansora de Barramento (Expansion Bus Interface) armazena temporariamente dados transferidos entre o barramento de sistema e os controladores de I/O do barramento de expansão. Com este arranjo, é possível se isolar o tráfego entre o processador/memória do tráfego de I/O.



A figura 3.7 mostra as ligações deste arranjo.

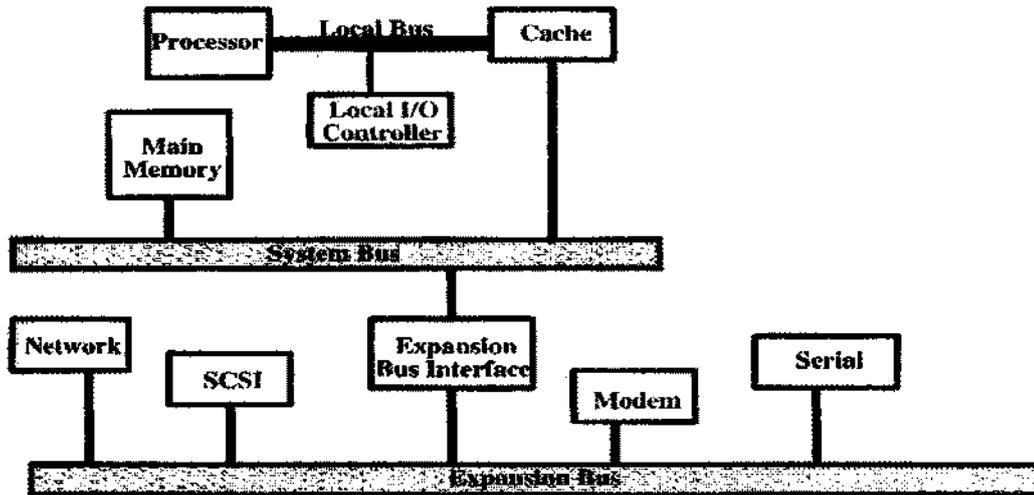


Figura 3.7 - Arquitetura tradicional do Barramento

Com o aumento da velocidade de alguns dispositivos, teve-se que criar um barramento de alta velocidade que é integrado ao sistema através de uma ponte entre este barramento e os demais módulos do sistema, mantendo ainda o isolamento dos diversos serviços. Tal arranjo é conhecido como Arquitetura de Mezzanino, mostrado na figura 3.8.

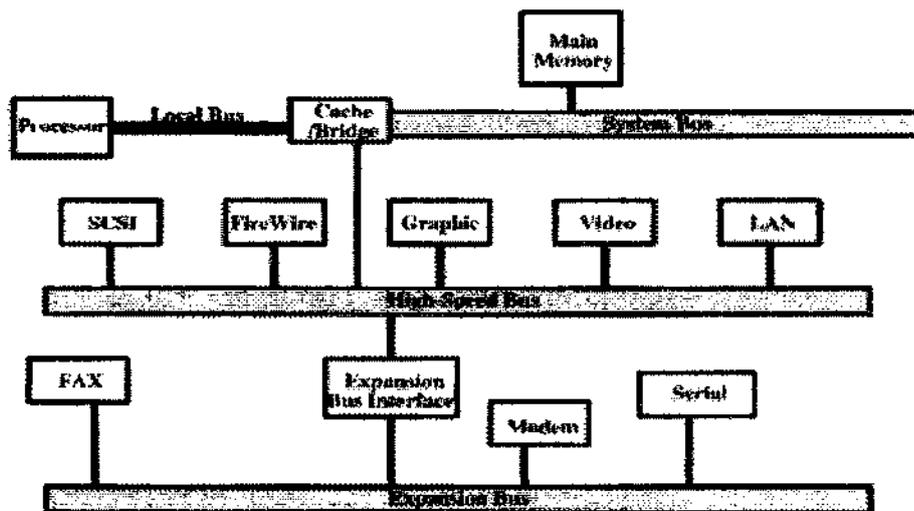


Figura 3.8 – Arquitetura de Mezanino



3.5.4.6. MÉTODO DE ARBITRAÇÃO

Será do tipo centralizado quando somente um dispositivo, designado controlador de barramento (*bus controler*) ou árbitro é responsável pela alocação de tempo do barramento ou do tipo distribuído quando não há um controlador único, sendo que em cada instante, um dispositivo pode controlar o uso do barramento. Este dispositivo é chamado de mestre (*master*).

3.5.4.7. CONTROLE DE TEMPO

Pode ser Síncrono ou assíncrono.

No síncrono a ocorrência de um evento no barramento é determinada por um clock. Existe uma linha de clock que tramite seqüências alternadas de 0s e 1s.

No assíncrono a ocorrência de um evento no barramento depende da ocorrência prévia de um outro evento.

3.5.4.8. TIPO DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS

A transferência dos dados pode ocorrer como:

- Escrita;
- Leitura;
- Leitura-modificação-escrita: leitura de dados seguida da escrita de dados no mesmo endereço;
- Leitura-após-escrita: após feita a colocação dos dados é feita uma leitura no mesmo endereço, para se realizar uma confirmação;
- Bloco: um ciclo de endereçamento é seguido por vários ciclos de dados.



3.5.5. BARRAMENTO PCI (*Peripheral Component Interconnect*)

Possui uma complexidade de projeto muito maior que os barramentos tradicionalmente utilizados, como o VESA e o ISA. A placa para barramento PCI tem uma maior velocidade e versatilidade com que os dados são analisados e processados devido a características como assincronismo, buferização e presença de um controlador de interface entre barramento local e barramento PCI, o que cria independência em relação à arquitetura.

3.5.5.6 CARACTERÍSTICAS

Apresenta como principais características:

- Especificação independente processador;
- Barramento de alta velocidade;
- Fácil implementação;
- Suporta conexão com outros barramentos;
- Patente de domínio público.
- Suporta sistemas de multiprocessadores.
- Usa um sistema de tempo sincronizado e arbitragem centralizada

3.5.5.7. ESTRUTURA DO BARRAMENTO

Existem 49 linhas obrigatórias com as seguintes funções:

- *System pins*: clock e reset;
- *Address e data pins*: linhas multiplexadas para dados e endereço e outras de validação;
- *Interface control pins*: controla a transação de dados;
- *Arbitration pins*: linhas ponto a ponto que conecta os módulos ao mestre;
- *Error-reporting pins*: usado para informar a presença de erros;



3.5.5.8. COMANDOS PCI

As atividades no barramento ocorrem através de transações entre o iniciador, ou mestre, e o alvo. Quando o mestre assume controle do barramento, ele determina o tipo de transação que irá ocorrer.

Os principais comandos são:

- *Interrupt Acknowledge*: reconhecimento de interrupção;
- *Special Cycle*: usado para enviar uma mensagem para um ou mais alvos;
- *I/O read/write*: transferência de dados entre o iniciador e o controlador de I/O;
- *Memory read/write*: transferência de dados entre o iniciador e o controlador de memória;
- *Configuration read/write*: faz as atualizações de configuração.

3.5.5.9. TRANSFERENCIA DE DADOS

Toda transferência de dados em um barramento PCI consiste de uma fase de endereços e de uma fase de dados, como podemos observar na figura 3.9.

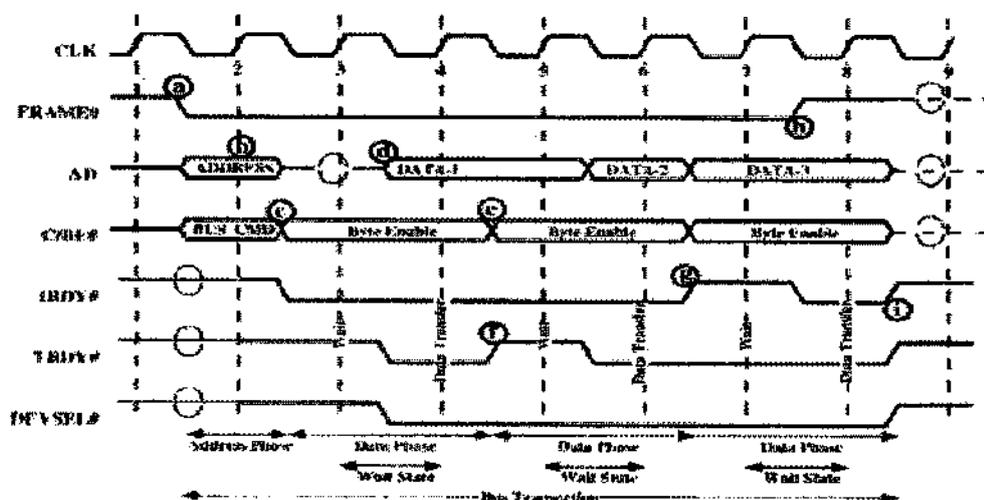


Figura 3.9 – Transferência de dados em um Barramento



3.5.5.10. ARBITRAÇÃO

Pode ser do tipo centralizada ou síncrona. Como mostra a figura 3.10 cada mestre tem um sinal de solicitação (REQ) e um sinal de aceitação (grant). As linhas com estes sinais são conectadas com um árbitro central que controla as transações.

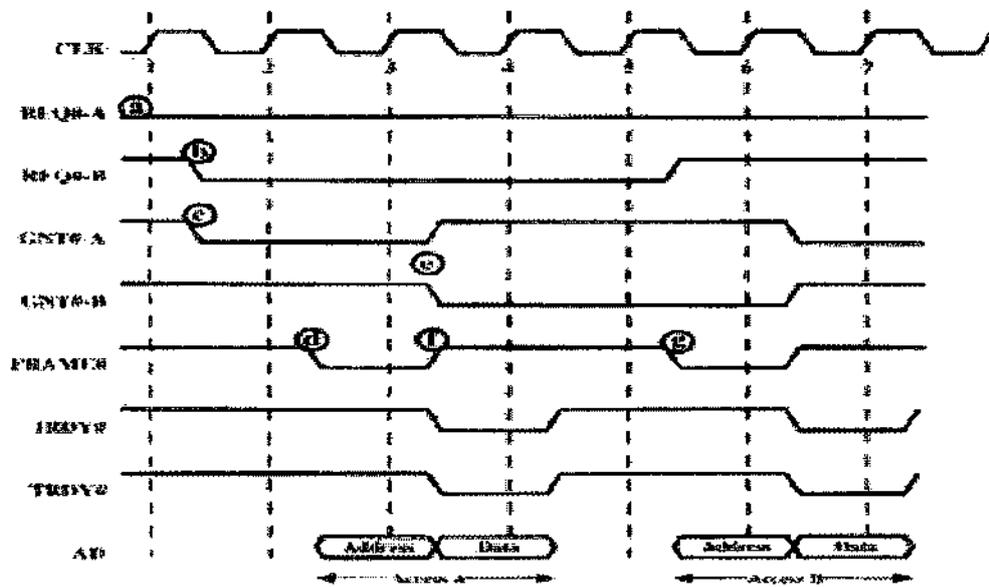


Figura 3.10 – Sistema de arbitração

3.5.6. MEMÓRIA

3.5.6.1. MÉTODOS DE ACESSO

Pode ser acessada de forma direta, seqüencial, aleatória ou associativa.

O método seqüencial feito através de processo linear organizado em registros usando um mecanismo de escrita e leitura compartilhado. O tempo de acesso é variável e depende das buscas anteriores (fitas).

Pelo método direto, os dados são armazenados em forma de blocos endereçáveis. São procurados os blocos e em seguida é realizada uma busca seqüencial. O tempo de acesso depende das buscas anteriores (unidades de disco).



No método aleatório (randômico) cada posição endereçável de memória tem um mecanismo de leitura/escrita (gargalo: barramento). O tempo de acesso é independente dos acessos anteriores e é constante (memória principal).

Pelo método associativo ocorre a busca da informação a partir da comparação entre palavras ao invés da identificação por um endereço (o endereço é parte da informação). O tempo de acesso é independente dos acessos anteriores (caches).

3.5.6.2. DESEMPENHO

O desempenho é determinado por fatores como o tempo de acesso, ciclo de tempo da memória e taxa de transferência.

O tempo de acesso para memórias RAM é o tempo levado para se escrever, ou deixar disponível um dado, a partir, do instante em que um endereço foi apresentado, para as outras memórias, é o tempo levado para se posicionar o mecanismo de leitura/escrita.

O Ciclo de tempo da memória consiste do tempo de acesso mais o tempo necessário para que o dispositivo possa realizar um novo procedimento de leitura/escrita.

A taxa de transferência é a taxa com que os dados podem ser lidos ou escritos na memória. Para RAMs, é o inverso do ciclo de tempo e para memórias não RAMs, têm-se:

$$TN=TA+N/R$$

onde: TN é o tempo médio de leitura ou escrita de N bits; TA é o tempo de acesso médio, N é o número de bits e R a taxa de transferência em bits por segundo(bps).

3.5.6.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Podem ser do tipo voláteis ou não voláteis.

Nas voláteis a informação decai ou é imediatamente perdida quando a energia é desligada. Já as não voláteis a informação não necessita de alimentação de energia para ficar armazenada.



3.5.6.4. MEMÓRIA PRINCIPAL

Podem ser do tipo *Random-access memory (ram)*, *read-only memory (rom)*, *programmable rom (prom)*, *erasable programmable rom (eprom)*, *electrically erasable programmable rom (eeprom)* ou Memória *FLASH*.

RANDOM-ACCESS MEMORY (RAM): É volátil e usada para armazenamento temporário. Faz uso de capacitores, portas lógicas e sistemas de compensação. Por ser mais simples, têm mais célula por unidade de área e é mais barata.

READ-ONLY MEMORY (ROM): Não é volátil e é usada em programas do sistema que estão permanentemente disponíveis. Para estas memórias há o custo de fabricação das máscaras (padrão dos elementos a serem inseridos).

PROGRAMMABLE ROM (PROM): Não é volátil e pode ser escrita somente uma vez usando um sistema semelhante a fusíveis.

ERASABLE PROGRAMMABLE ROM (EPROM): Não é volátil e a incidência de radiação ultravioleta apaga toda a informação armazenada.

ELECTRICALLY ERASABLE PROGRAMMABLE ROM (EEPROM): Não volátil e usa o próprio barramento para as atualizações. O tempo de vida útil é dependente do número de atualizações.

MEMÓRIA FLASH: Não volátil e usa processos elétricos para se apagar a informações. O tempo de vida útil é dependente do número de atualizações.

3.5.7. DISPOSITIVOS DE I/O

Existe uma variedade muito grande de periféricos com métodos de operação e formatos de dados diferentes e as velocidades de transferência suportadas pelos periféricos são muito inferiores as da memória e do processador.

Para resolver estes problemas usa-se de um módulo de conexão I/O, para conectar um periférico ao barramento.



3.5.7.1. FUNÇÕES DO MÓDULO

- O módulo desempenha as funções de:
- Controle nas operações via barramento;
- Comunicação com o processador;
- Comunicação com os periféricos;
- Bufferização de dados para não ocupar o barramento com transferências lentas;
- Detecção de erros de operação, tais como “problemas na impressora” ou “erro ao acessar o disco”, e erros de transmissão.
- Simplificação no uso dos dispositivos pelo processador, por ex., uso de comandos read e write.

3.5.7.2. TÉCNICAS DE OPERAÇÃO

O processador executa diretamente os comandos de I/O (*programmed I/O*) ou encaminha um comando de I/O e passa a executar outras instruções, sendo interrompido quando a operação terminar (*interrupt-driven I/O*).

O módulo de I/O e a memória também podem trocar informações sem o envolvimento do processador (*DMA - Direct Memory Access*).

3.5.8.DMA (*Direct Memory Access*)

É incluído um módulo no barramento do sistema que executa operações independente do processador.

Como o módulo de DMA realiza as operações de I/O via barramento do sistema, ele deve utilizá-lo quando o processador não o está utilizando ou impedir que o processador o use temporariamente.



O processador envia informações ao módulo de DMA do tipo:

- Identificação se o pedido é de leitura ou escrita;
- O endereço do dispositivo envolvido;
- A localização na memória de onde devem ser lidos ou onde devem ser escritos os dados;
- O número de palavras a serem lidas ou escritas.

3.6. PROJETO DE PLACA PARA AQUISIÇÃO DE DADOS EM RÁDIO INTERFEROMETRIA

Nos projetos de sistemas digitais o principal desafio é encontrar o balanço correto entre velocidade e generalidade de processamento de hardware. É possível desenvolver um chip genérico que realiza muitas funções diferentes, porém com sacrifício de desempenho (por exemplo: microprocessadores), ou chips dedicados a aplicações específicas, estes com uma velocidade muitas vezes superior aos chips genéricos. Circuitos integrados dedicados (ASICs), tem como características a ocupação mínima de área de silício, altíssimo custo em relação aos chips genéricos, rapidez e um menor consumo de potência comparados com processadores programáveis. Um fator importante na escolha entre versatilidade e velocidade é o custo. um ASIC executa a função par qual foi concebido de uma forma otimizada, porém uma vez desenvolvido o chip, alterações na funcionalidade do circuito integrado não são possíveis.

Uma solução intermediária estudada, que representa um balanço entre custo versus versatilidade, são os FPGAs (Field-Programmable Gate Arrays). Estes circuitos integrados configuráveis podem ser personalizados como diferentes ASICs. Esta tecnologia permite ao projeto, teste e correção de circuitos integrados dedicados com um baixo custo de prototipação. Um FPGA é configurado com o uso de chaves eletrônicas programáveis. As propriedades destas chaves, tais como tamanho, resistência de contato e capacitâncias definem os compromissos de desempenho da arquitetura interna do FPGA.



A complexidade dos circuitos a serem montados induz ao uso de módulos pré-projetados, denominados *cores*. Muitos *cores* atualmente existentes são protegidos por leis de propriedade intelectual e são adquiridos com alto investimento financeiro. Além disto estes *cores* são vendidos em forma de “caixa preta”, muitas vezes não permitindo acesso a seu código fonte. Foi estudado a implementação de 3 (três) tipos diferentes de *cores*:

1. **Hard cores:** São otimizados para uma tecnologia específica e não podem ser modificados pelo projetista. Possuem a vantagem de garantir o desempenho do circuito. Sua desvantagem é não permitir qualquer tipo de modificação.

2. **Firm cores:** São um misto de código fonte e netlist gerado para a tecnologia empregada (que muda de fabricante para fabricante). Este tipo de core é o mais difundido hoje, pois representa um bom compromisso entre proteção da propriedade intelectual e desempenho.

3. **Soft cores:** São descritos com o emprego de linguagens de descrição de hardware, como VHDL ou Verilog, oferecendo flexibilidade e independência de tecnologia. Os soft cores apresentam baixa proteção intelectual por serem uma descrição aberta, além de raramente se poder garantir seus parâmetros de desempenho de forma escrita.

3.6.1. COMUNICAÇÃO

A maior causa de baixo desempenho é o tempo gasto em ler/escrever dados em memória e em periféricos. Uma largura de banda de comunicação de dados pequena reduz o desempenho no processamento dos dados. Os sistemas de correlação não requerem apenas processadores rápidos, exigem também uma maior vazão de dados para periféricos. Sendo assim o barramento ISA mostrou-se inadequado, pois representa um gargalo que se opõe ao aumento de desempenho geral do sistema.

O barramento estudado e concluído como o adequado é o PCI (Peripheral Component Interconnect), o qual aumenta a largura de banda provendo uma via para os dados capaz de transferir até 528 Mbyte/s e possui uma série de outras vantagens pertinentes ao projeto, já descritas no desenvolvimento teórico.



A placa será montada para um dispositivo PCI de 32 bits, o qual possui 124 pinos. Optou-se por este dispositivo e não o de 64 bits, principalmente devido à facilidade com que se encontra nos PCs atuais.

A placa possuirá os seguintes sinais de operação:

- **CLK:** Clock do sistema. O dispositivo PCI é sensível a borda de subida do pulso de clock.
- **RST#:** Inicializa todos os registradores de configuração. Sinal assíncrono em relação ao sistema.
- **AD:** O barramento de sistema será multiplexado com os dados. Uma transação de barramento se inicia comum à fase de endereçamento seguida por uma ou várias fases de dados. Esta operação será efetuada em modo *burst*.
- **C/BE#:** *Command/ Byte enable* (sinais multiplexados). Durante a fase de endereçamento de uma transação de barramento, este sinal possui um comando que identifica qual a operação que se inicia. Durante a fase de dados de uma transação determina qual a via do barramento de dados que possuem dados válidos.
- **PAR:** Fará a paridade par associada à concatenação de AD e C/BE.
- **FRAME#:** Indicará o fim e o início de uma transação no barramento. É comandado pelo *master* e vai a nível lógico 1 (um) quando o *master* está pronto para completar a fase final de transação.
- **IRDY#:** Durante uma transação de escrita, o *master* do barramento acionará este sinal indicando que um dado válido está disponível no barramento. Durante uma transação de leitura, o *master* do barramento aciona este sinal indicando que o *master* está pronto para receber um dado do *target*. Durante transações de leitura e escrita *wait states* podem ser acrescentados em IRDY# e TRDY#, enquanto estão ativos.
- **TRDY#:** Durante uma transação de leitura, o *target* acionará este sinal para indicar que ele disponibilizou um dado válido no barramento PCI. Durante uma transação de escrita, o *target* aciona este sinal para indicar que ele está pronto para receber um dado do barramento PCI. Durante transações de leitura e escrita



wait states podem ser acrescentados em IRDY# e TRDY#, enquanto os dados estão ativos.

- IDSEL: Utilizado na inicialização do sistema (*boot*) como um *chip select* durante o acesso aos registradores de configuração.
- DEVSEL#: Sinal gerado pelo *target* quando seu endereço é decodificado. Se este sinal permanecer inativo durante 6 ciclos de clock após a transferência de dados ter iniciado, o *master* aborta a transferência de dados.
- STOP#: Sinal gerado pelo *target* para solicitar ao *master* o fim de uma transação.
- PERR#: Sinalizará erro de paridade de dados durante as transações do barramento, exceto quando em *Special Cycle*.
- SERR#: Indicará erro de paridade de endereçamento, paridade de dados ou qualquer erro severo.

3.6.2. CLICLOS DE OPERAÇÃO EM 32 BITS

A transferência será feita no modo *burst* (rajada), que consiste em uma fase de endereçamento seguida por uma ou mais fase de dados. O modo de transferência *burst* é o mesmo tanto para transferência de dados para um dispositivo *back-end* ou para aos registros de configuração. Uma alta taxa de transferência será alcançada devido ao fato de que múltiplas fases de dados são realizadas por cada fase de endereçamento, ao invés de uma fase de dados para uma fase de endereçamento para o modo não *burst* (simples).

O ciclo inicia quando o *master* ativa o sinal FRAME#, coloca uma informação de controle do ciclo em C/BE[3::0]# e um endereço válido nas linhas de sinal AD[31::0]. Este estado da fase de endereçamento permanece durante todo o modo *burst*, e estabelece o endereço base para todos os micros acessos. Imediatamente após a fase de endereçamento vem a fase de dados. Para um ciclo de escrita, no início desta fase o *master* informa qual o *byte* a ser acessado em C/BE[3::0]#, e coloca os dados em AD[31::0]. No caso de um ciclo de leitura, coloca as linhas AD[31::0] em alta impedância. Os ciclos de leitura/escrita tem o seu término quando o sinal IRDY# é desativado um ciclo de clock após o sinal FRAME# ter sido desativado.



O que diferencia um acesso no modo simples do acesso no modo *burst* (usado) é o tempo de permanência do sinal FRAME# ativado.

3.6.3. PLATAFORMA DE PROTATIPAÇÃO

A placa de aquisição será desenvolvida sobre uma plataforma de prototipação. Atualmente estuda-se a viabilidade da utilização da plataforma de prototipação H.O.T. –

1. Utiliza o RPU XC6200 (*Reconfigurable Processing unit*) e o FPGA XC4000 da Xilinx, fornecendo uma plataforma padrão com componentes reconfiguráveis.

Para o Engenheiro de *Hardware* a H.O.T. permite implementar testes em real-tempo e explorar o comportamento e atributos da unidade XC6200.

Para o Engenheiro de *Software* a H.O.T. permite quebrar os limites entre *software* e *hardware*. Com o uso de uma linguagem de programação de *Hardware*, permitindo sistemas de desenvolvimento de trabalhos para aceleração de algoritmos.

A H.O.T. inclui um elemento de reconfigurável (RPU), uma *Interface* PCI (FPGA), um clock Programável, 2 (dois) bancos de 512KB SRAM cada e dois conectores.

Através da figura 3.11 podemos visualizar a placa, enquanto a figura 3.12 nos apresenta um layout da placa em diagrama de blocos.

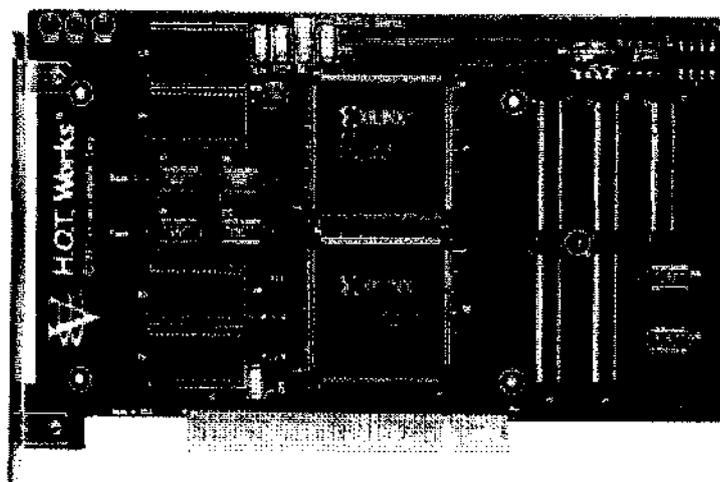


Figura 3.11 – Plataforma de prototipação H.O.T

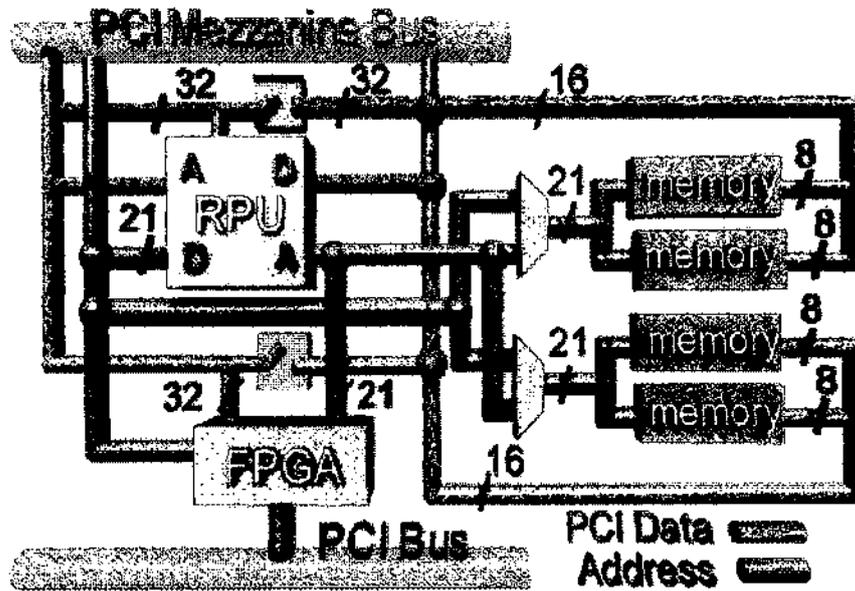


Figura 3.12 - Placa em diagrama de Blocos



CAPÍTULO 4

RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. RASTREIO ELETRÔNICO

Com o objetivo de estudar a probabilidade da participação do OES/CRSPE/INPE no Projeto LOFAR, em maio/2003, teve início um estudo de rastreo e monitoramento de frequências na faixa de banda de 10 – 240 MHz, no Observatório Espacial do Sul, com o objetivo de analisar nesta faixa do Espectro a distribuição e natureza dos sinais presentes e suas variações no tempo e confrontar estas observações com dados obtidos em 1992, para estudos da estabilidade do Sítio do Observatório quanto a rádio-interferências.

Estes dados são de grande valia para a tomada de decisões e implementação de equipamentos LOFAR, no Observatório Espacial do Sul.

Para o monitoramento foi usado o equipamento Espetrum Analyzer da Tektronix modelo 2754P, com o qual é possível delimitar uma faixa de frequência de observação e determinar para os sinais observados sua frequência e potência. O equipamento spectrum analyzer é mostrado na figura 4.1.

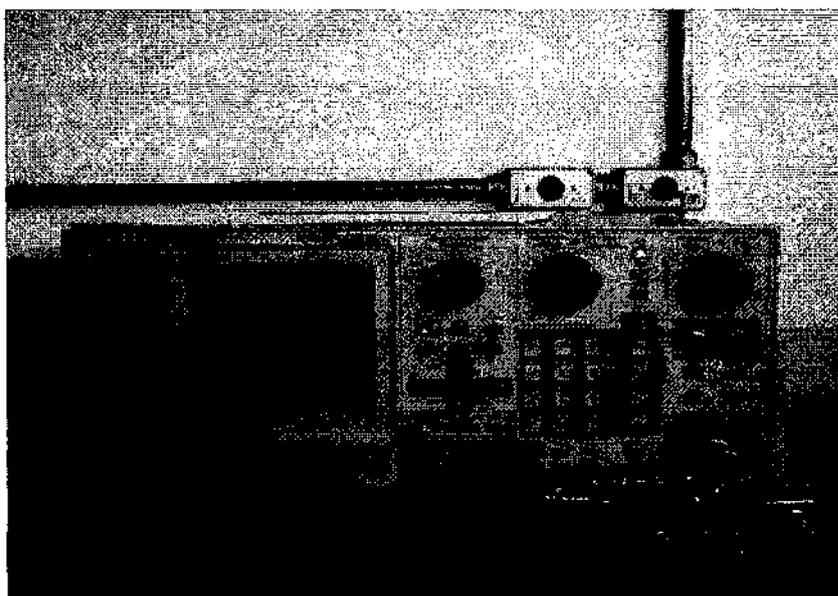


Figura 4.1 – Spectrum analyzer



Os sinais foram captados através de uma antena monopolo com aterramento virtual, fixada na parte externa do Prédio 2 do Observatório Espacial do Sul, sendo conduzidos através de cabo coaxial até um bloco amplificador, projetado por alunos bolsistas, vinculados ao Projeto RA, sendo posteriormente analisados pelo Spectrum Analyzer.

A antena e o bloco amplificador são mostrados na figura 4.2 e figura 4.3 respectivamente.

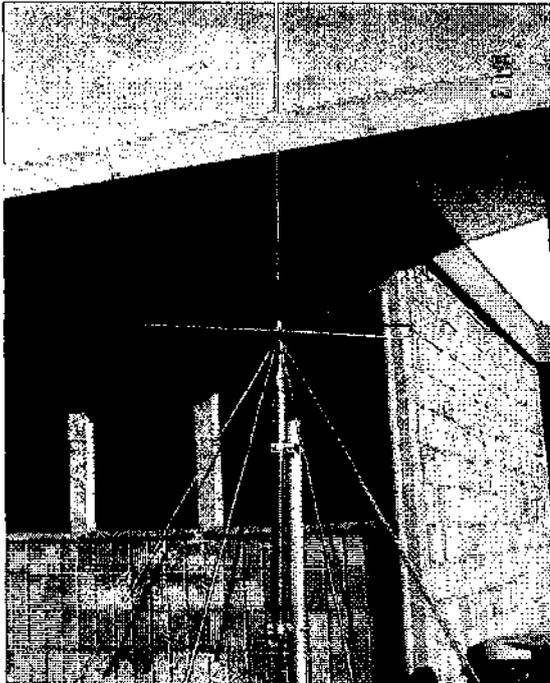


Figura 4.2 – Antena Monopolo



Figura 4.3 – Sistema de amplificação

Foi efetuada uma varredura de toda a banda espectral, para uma melhor observação do comportamento das frequências nesta faixa. Posteriormente para melhor visualização dos sinais emitidos, o rastreo foi feito em várias etapas com variações de frequência de 10 MHz ou 20MHz.

Cada sinal de valor considerável presente nesta faixa foi marcado e plotado num gráfico fazendo uso de uma Ploter Color Pro da Hewlett Packard, conectada com o Spectrum Analyzer através de uma porta GPIB. Cada gráfico possui a frequência, potência do sinal medido. A Ploter usada é mostrada na figura 4.4.



Figura 4.4 - Ploter

Os dados obtidos serão confrontados com dados de futuros monitoramentos para estudos e analisar o comportamento dos sinais observados. Se encontra em estagio avançado os estudos para conexão do equipamento em uma placa GBIB, de forma a permitir um monitoramento e análise dos dados via *software* em tempo integral.

A faixa de banda próximas de 150 MHz tem-se mostrado livre de interferências e própria para estudos e observações.

A figura 4.5 e figura 4.6 nos mostram gráficos obtidos durante um monitoramento em 2003, onde pode-se observar os sinais encontrados na faixa de frequência de 100 – 110 MHz e de 110 – 180 MHz, respectivamente. Os sinais observados na figura 4.5 foram identificados como emissoras de rádio da região e a figura 4.6 nos mostra que na faixa de frequência de 115 – 180 MHz, não existe nenhum sinal de valor significativo nesta banda de frequências do Espectro Magnético.

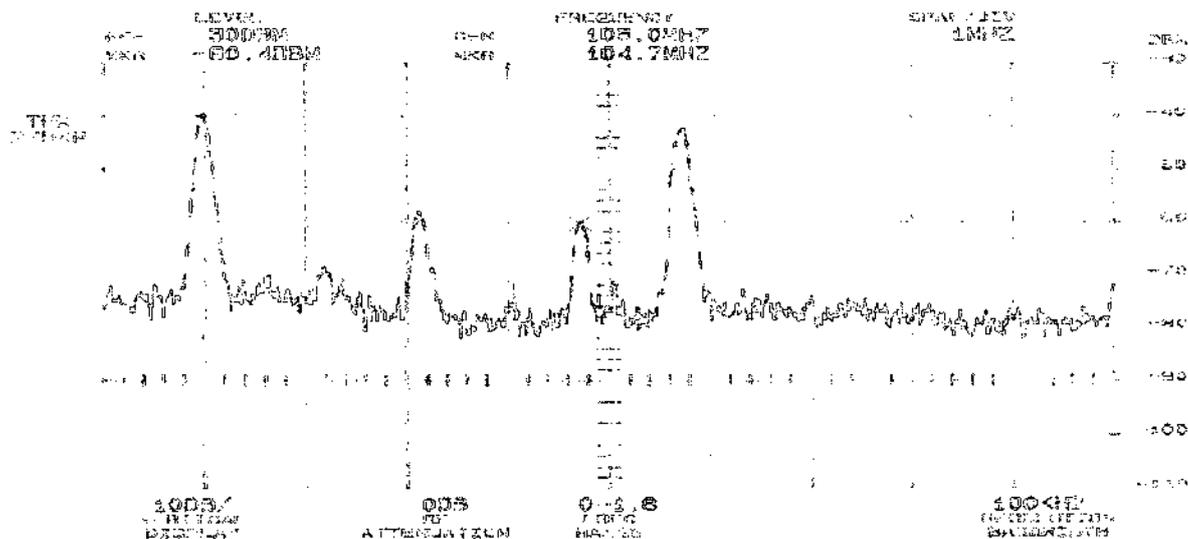


Figura 4.5 – Gráfico dos sinais na largura de banda de 100 – 110 MHz

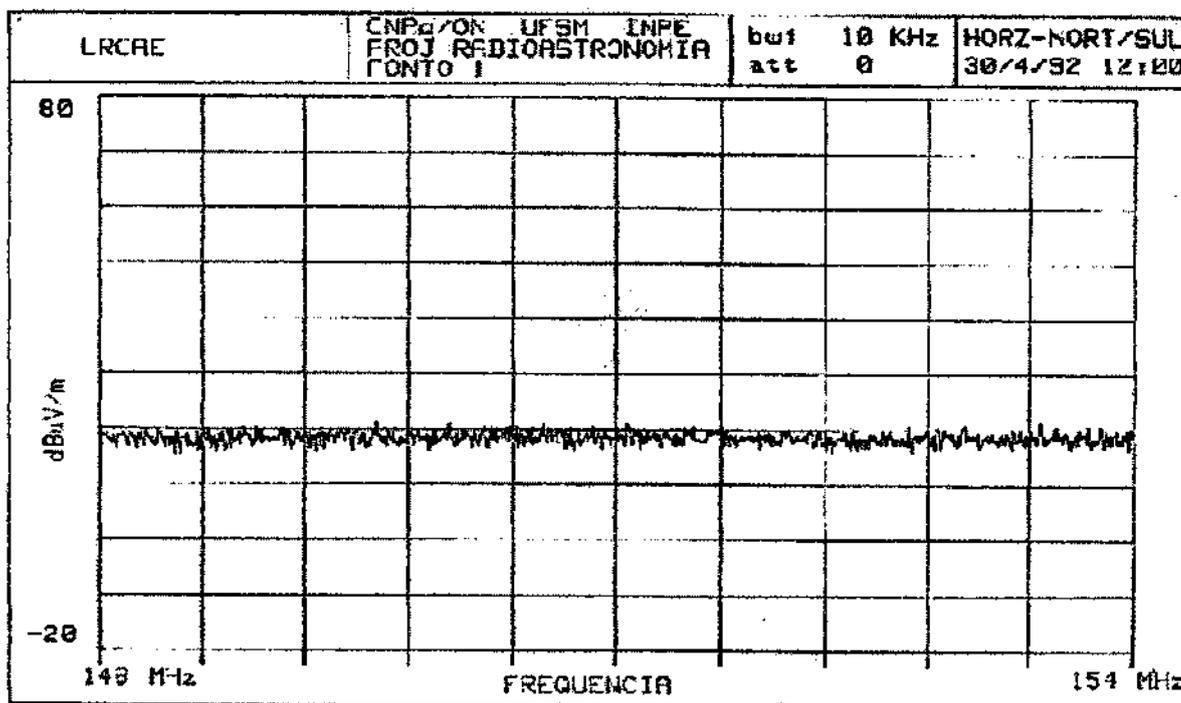


Figura 4.8 - Gráfico dos sinais na largura de banda de 148 – 154 MHz

Foi feita uma análise comparativa dos dados obtidos nas duas épocas, onde se constatou que no período de abril de 1992 a maio de 2003, não ocorreram mudanças relevantes em termos de rádio interferências na faixa de frequência de 20 – 200 MHz. Observamos que a faixa de frequência de 140 - 180 MHz permanece limpa, conforme observamos nos gráficos na figura 4.8 quando comparados com o da figura 4.6 .



CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

O acadêmico fez uma revisão bibliográfica do conteúdo envolvido no Projeto, e neste período conseguiu um embasamento do Projeto de Radioastronomia e sua implementação, estudar o Projeto do Radiointerferômetro – Projeto RA, sobre Radiotescópios, bem como as técnicas de Rádio-Interferometria e obteve conhecimentos básicos sobre Sistema Digital de Correlação, Arquitetura de computadores, programação em linguagem C, uso do *software* Orcad 9, adquirindo conhecimentos gerais sobre o uso de métodos e equipamentos, em laboratório - bancadas e em campo.

Apesar do curto período definido no plano de estudos para revisão bibliográfica sobre arquitetura de computadores, o bolsista conseguiu fixar parâmetros, propor métodos e componentes para confecção de uma placa de aquisição de dados baseada no Barramento PCI. Teve um bom desenvolvimento científico, desenvolvendo habilidades de pesquisa, tanto em trabalhos de grupo como individuais. O conhecimento adquirido nessas pesquisas bibliográficas e trabalhos técnicos de bancada e “campo”, não teria aprendido em sala de aula, pois estas atividades ou conteúdos não são ministrados e definidos nas ementas das disciplinas do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM. Estes estudos foram importantes para o crescimento profissional e pessoal do bolsista, tanto no aprimoramento técnico como no seu desenvolvimento em áreas de formação pessoal, como liberdades pessoais, auto-estima, autoconfiança, principalmente aprimorou suas habilidades de auto-didatismo e liderança em trabalhos em grupo.

Os conhecimentos e resultados adquiridos através dos estudos realizados nesse período, servirão para concretização e implementação da placa de aquisição de dados do Projeto.



AGRADECIMENTOS

Primeiro, gostaria de agradecer ao meu Orientador Dr. Nelson Jorge Schuch pelo apoio e orientação durante este trabalho. É importante ressaltar a importância da colaboração, no que diz respeito às dúvidas surgidas durante o estudo e apoio técnico na seleção do material bibliográfico, agradeço ao acadêmico do curso de Engenharia Elétrica Delx C. Lunardi e ao Engenheiro Eletrônico Rubens J. Andermann. Meus sinceros agradecimentos ao INPE e MCT/CNPq pela concessão da bolsa e ao Coordenador do Programa PIBIC - INPE, que me oportunizou a dar os primeiros passos na pesquisa científica e um grande crescimento pessoal.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MALVINO, A. P., **Eletrônica**, Vol. 1; Ed. McGraw-Hill;
- MALVINO, A. P., **Eletrônica**, Vol. 2; Ed. McGraw-Hill;
- TOM SHANLEY / DON ANDERSON, **PCI System Architecture**; Mindshare;
- JAMES G. GOTTLING, **Electronics**; Marcel Dekker;
- DESOER, C. A., KUH, E. S., **Teoria Básica de Circuitos**, Ed. Guanabara Dois;
- MOTOROLA SMALL-SIGNAL TRANSISTORS, FETs AND DIODES – Motorola
- Apresentações em Congressos e comunicação particulares de Nelson Jorge Schuch;
- Relatórios anteriores do projeto;
- Páginas na rede internet:
 1. <http://www.mrao.cam.ac.uk/telescopes/intro.html>
 2. <http://www.mrao.cam.ac.uk/surveys/6C/index.html>
 3. http://www.facens.br/site/alunos/disciplinas/arg_comp
 4. <http://picasso.dei.isep.ipp.pt/~nsilva/disciplinas/ti/ti1998-1999>
 5. <http://www.di.uminho.pt/~amp/textos/COA/node1.html>
 6. http://www.gta.ufrj.br/grad/01_1/barramento/parte_pci.htm
 7. <http://developer.apple.com/techpubs/hardware/DeviceManagers>
 8. <http://www.clubedohardware.com.br/pnp2.html>
 9. <http://www.vcc.com>
 10. <http://www.lofar.org>



Título

1215

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ELETRÔNICA DE CORRELAÇÃO DO PROTÓTIPO RADIOINTERFERÔMETRO-151 MHz

Autor

Noli José Kozenieski; Nelson Jorge Schuch; Rubens João Andermann; Delx Castanga Lumardi; Thiago Brum Preto

Tradutor

Não há.

Editor

Origem	Projeto	Série	No. de Páginas	No. de Fotos	No. de Mapas
DMC	Pibic		65	23	0

Tipo

RPQ PRE NTC PRP MAN PUD TAE

Divulgação

Externa Interna Reservada Lista de Distribuição Anexa

Periódico / Evento

Seminário de Iniciação Científica do INPE - SICINPE 2003

Convênio

Autorização Preliminar

___/___/___
Data

[Signature]
Chefe de Divisão de Manutenção de Equipamentos
Unidade DMC

Revisão Técnica

Solicitada Dispensada

Recebida ___/___/___ Devolvida ___/___/___

[Signature]
Leonel Fernando Perondi
Coordenador Geral
Instituto de Tecnologia Especial
TI - 1074 A

Assinatura do Revisor

Revisão de Linguagem

Solicitada Dispensada

Recebida ___/___/___ Devolvida ___/___/___

[Signature]
Leonel Fernando Perondi
Coordenador Geral
Instituto de Tecnologia Especial
TI - 1074

Assinatura do Revisor

Autorização Final

___/___/___
Data

Titular da Unidade

Palavras Chave

Protótipo radiointerferômetro

IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ELETRÔNICA DE CORRELAÇÃO DO PROTÓTIPO RADIOINTERFERÔMETRO – 151 MHZ

Noli José Kozenieski⁴⁵ (CRSPE/INPE-MCT, Bolsista PIBIC/CNPq)
Dr. Nelson Jorge Schuch⁴⁶ (CRSPE/INPE-MCT)

RESUMO

Com a velocidade de processamento de computadores atuais, torna-se possível fazer a correlação via *software*, assim como nos radiotelescópios modernos. As principais parcelas de um correlacionador, incluindo linhas de atraso, multiplicadores e integradores são implementadas via *software*, obtendo a correlação em tempo real e tornando possível a observação para quaisquer pares de antenas, sem que modificações nos circuitos receptores sejam necessárias. Conhecendo-se a potência do sinal, podemos elaborar mapas da(s) radiofonte(s) observada(s). Para tanto, faz-se necessário o desenvolvimento de uma placa que faça a aquisição do sinal. Para obter-se uma velocidade de transferência de dados satisfatória deve-se fazer uso do barramento PCI (*Peripheral Component Interconnect*), o qual possui uma complexidade de projeto muito maior que os barramentos tradicionalmente utilizados, como o VESA e o ISA. A placa para barramento PCI tem maior velocidade e versatilidade com que os dados são analisados e processados devido a características como assincronismo, buferização e a presença de um controlador de interface entre barramento local e barramento PCI, o que cria independência em relação à arquitetura. Revisão bibliográfica foi efetuada do conteúdo envolvido no Projeto de Radioastronomia (RA) e sua implementação. Conhecimentos básicos sobre Sistema Digital de Correlação, Arquitetura de computadores, programação em linguagem C, uso do *software* Orcad 9, adquirindo conhecimentos gerais sobre o uso de métodos e equipamentos, em laboratório - bancadas e em campo foram obtidos. Com o objetivo de estudar a viabilidade da participação do OES/CRSPE/INPE-MCT no Projeto LOFAR, em maio/2003, teve início um estudo de rastreo e monitoramento de frequências na faixa de banda de 10 – 240 MHz, no Observatório Espacial do Sul, quando analisadas nesta faixa do Espectro a distribuição e natureza dos sinais presentes e suas variações no tempo, na Região Central do Rio Grande do Sul, no Observatório Espacial do Sul.

⁴⁵ Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, UFSM. E-mail: noli@lacesm.ufsm.br

⁴⁶ Orientador; Chefe do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais. E-mail: njschuch@lacesm.ufsm.br