

**MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
COORDENAÇÃO DE ENSINO, DOCUMENTAÇÃO E PROGRAMAS ESPECIAIS
CENTRO REGIONAL SUL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

RELATÓRIO FINAL

**PERÍODO DE VIGÊNCIA:
AGOSTO DE 2000 - JULHO DE 2001**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
INPE - PIBIC / CNPq - MCT**

**ÁREA: 3.04.06.00-5
ENGENHARIA ELÉTRICA: TELECOMUNICAÇÕES**

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE SINAIS EM 151,5 MHz DO RADIOINTERFERÔMETRO PROTÓTIPO DO PROJETO RADIOASTRONOMIA.

BOLSISTA:

DELX CASTAGNA LUNARDI

ORIENTADOR:

Dr. NELSON JORGE SCHUCH

SANTA MARIA, JULHO DE 2001.



ÍNDICE

1. IDENTIFICAÇÃO	2
1.1 Título do Projeto.....	2
1.2 Equipe Executora do Projeto.....	2
1.3. Local de Execução	2
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivos do Projeto Radioastronomia	3
2.2. Objetivos do Projeto.....	3
3. INTRODUÇÃO	4
4. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	5
4.1. Origem do Sinal	5
4.2. Captação do Sinal do Protótipo do Radiointerferômetro	6
4.3 Amplificador de Antena.....	6
4.4 Receptor	7
4.4.1. Amplificador de RF.....	7
4.4.2. Mixer 1 e Sintetizador 1	8
4.4.3. Filtro Elíptico de 10,7 MHz	9
4.4.4. Amplificador de Frequência Intermediária - FI	9
4.4.5. Mixer 2 e Sintetizador 2.....	10
4.4.6. Filtro Passivo em 2MHz.....	11
4.5. Estágios Posteriores do Sistema.....	11
5. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO	12
5.1. Revisão Bibliográfica.....	12
5.2. Revisão dos Projetos	13
5.3. Estudo e Familiarização do Software de Simulação	14
5.4. Projeto e Implementação do Filtro para 2 MHz.....	15
5.4. Construção do Amplificador de Antena.....	18
5.5. Testes em bancada e Calibração.....	19
5.6. Atividades Adicionais	19
6. CONCLUSÃO	23
7. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	24
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
9. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS	26
11. ANEXO	28





1. IDENTIFICAÇÃO

1.1 Título do Projeto

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE SINAIS EM 151,5 MHZ DO RADIOINTERFERÔMETRO PROTÓTIPO DO PROJETO RADIOASTRONOMIA.

1.2 Equipe Executora do Projeto

Orientador: Dr. Nelson Jorge Schuch

Bolsista: Acad. Delx Castagna Lunardi

Colaboradores: Eng. Rubens João Andermann – CRSPE/INPE – MCT

Eng. Luis Carlos Blanco Linares – CETUC/PUC-RJ

Eng. Marcos Vinício Thomas Heckler – ITA/CTA

Acad. Djeisson Hoffmann Thomas – Eng. Elétrica - UFSM

Tec. Thiago Brum Pretto - Estagiário - CRSPE/INPE – MCT

1.3. Local de Execução

- Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria - Centro de Tecnologia - Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

- Observatório Espacial Sul - Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE - MCT



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos do Projeto Radioastronomia

O objetivo do Projeto Radioastronomia (Projeto RA) é a construção de um Radiointerferômetro de Síntese de Abertura com a Rotação da Terra, operando em baixas frequências, via convênio 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, visando ao desenvolvimento de Pesquisas e Recursos Humanos em Ciências da Terra e do Espaço, priorizando a Astrofísica, Geofísica Espacial, Geomagnetismo, dentre outras áreas do saber.

Existe um Radiointerferômetro operando nesta frequência, localizado na Universidade de Cambridge, Inglaterra. O interferômetro que está sendo construído em convênio entre UFSM - CRSPE/INPE, no Observatório Espacial do Sul (OES) em São Martinho da Serra, tem a finalidade de complementar os estudos realizados por Cambridge, já que os interferômetros estão alocados em hemisférios distintos.

2.2. Objetivos do Projeto

Otimizar os circuito de tratamento de sinais do radiointerferômetro a fim de estabelecer um maior nível de confiança sobre os circuitos analógicos responsáveis pelo tratamento de sinais.

Avaliar os casamentos de impedância entre os circuitos, desenvolver o projeto e construção de um filtro passa-banda com frequência central em 2 MHz e a otimização dos circuitos amplificadores.



3. INTRODUÇÃO

Este Relatório visa descrever as atividades vinculadas ao Programa do INPE - PIBIC/CNPq - MCT, desenvolvidas no período de Agosto de 2000 à Julho de 2001, junto ao Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, no Observatório Espacial do Sul – OES / CRSPE / CEP / INPE - MCT.

O corpo do Relatório é composto de um desenvolvimento teórico, que visa abranger detalhes sobre os circuitos de tratamento analógico de sinais do radiointerferômetro, um desenvolvimento prático, que menciona as atividades realizadas e resultados obtidos e uma conclusão, que relata a situação atual do Projeto.



4. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

O radiointerferômetro é um dispositivo capaz de realizar o mapeamento de fontes cósmicas localizadas no Espaço Sideral. Este mapeamento é realizado através da captação do sinal coerente por pares de antenas ao longo de uma linha de base, todas apontadas à mesma radiofonte, para que tenhamos uma maior diretividade e coerência de sinal e fase.

O radiointerferômetro é composto por vários módulos com funções distintas. A seguir vemos um diagrama de blocos do radiointerferômetro, que representa apenas duas das seis estruturas, que foram montadas no OES / CRSPE / CEP / INPE – MCT como um protótipo do Radiointerferômetro, apresentado na Figura 1.

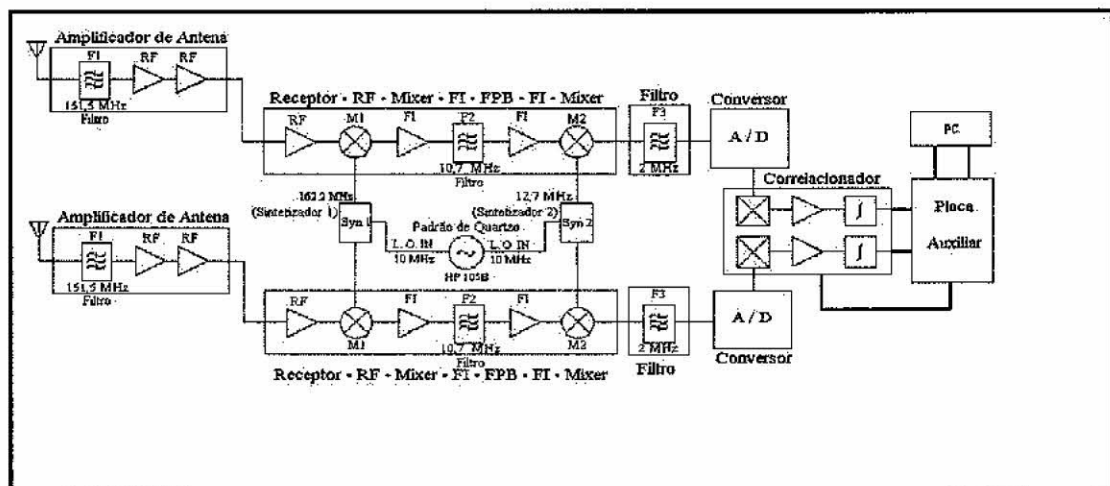


Figura 1 - Diagrama de blocos do Radiointerferômetro

4.1. Origem do Sinal

O sinal é proveniente de fontes cósmicas, localizadas no Espaço Sideral. A frequência de emissão que se visa estudar é de 151,5 MHz, esta frequência foi escolhida com o objetivo de complementar os estudos realizados pela Universidade de Cambridge (*Cambridge University* - Inglaterra), analisando o Espaço do Hemisfério Sul.

O nível de recepção do sinal é muito baixo, praticamente abaixo do nível de ruído de resistores, o que dificulta muito a captação do sinal sem que ocorram distorções. Por este motivo temos de ter circuitos de alta confiabilidade e precisão.

4.2. Captação do Sinal do Protótipo do Radiointerferômetro

A aquisição do sinal do Protótipo do Radiointerferômetro é feita por um conjunto de seis estruturas, onde cada estrutura é composta por quatro antenas Yagi, projetadas para a frequência de 151,5 MHz e ângulo de abertura de 20°, em uma configuração H e impedância de 50 Ω . As seis estruturas são distribuídas ao longo de uma linha de base, no sentido Leste-Oeste e separadas por múltiplos inteiros de comprimento de onda, de forma a criar uma defasagem conhecida entre os sinais captados pelas estruturas, recurso utilizado nos circuitos posteriores.

4.3 Amplificador de Antena

O circuito amplificador de Antena, ou pré-amplificador, é composto por um módulo amplificador, um filtro passivo em 151,5 MHz e um outro circuito amplificador, que tem por finalidade a primeira amplificação do sinal, para que ele possa ser transportado da base da antena até o receptor de RF, onde receberá outro tipo de tratamento. O esquema deste circuito é apresentado na Figura 2:

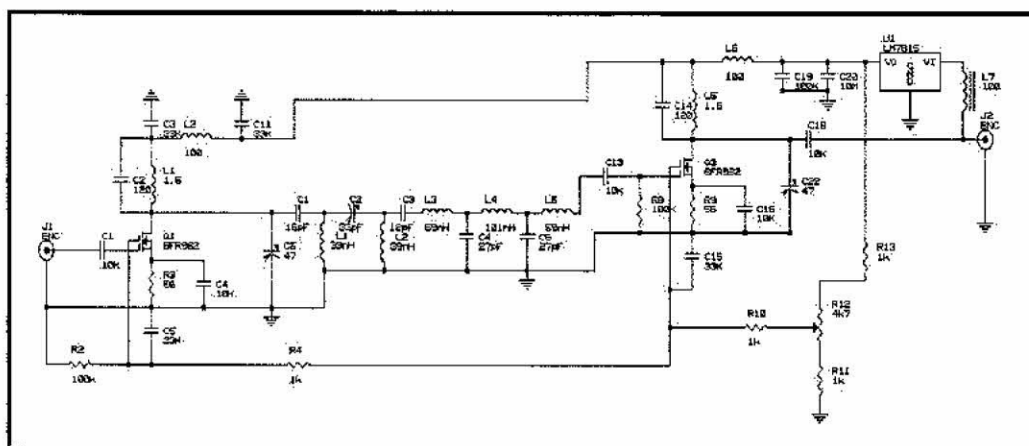


Figura 2 – Esquema Elétrico do Amplificador de Antena

4.4 Receptor

O Receptor de RF é o principal componente do radiointerferômetro, do ponto de vista de tratamento analógico de sinais, pois é neste dispositivo onde ocorre todo o tipo de transformação em termos de frequência para que se possa fazer a análise de dados.

O receptor é composto por módulos, que estão dispostos a seguir:

4.4.1. Amplificador de RF

Neste circuito o sinal proveniente do Pré-Amplificador é novamente amplificado por alguns módulos amplificadores, onde cada amplificador tem características tanto de amplificação quanto de filtro, pois o amplificador é composto por um circuito tanque que vem a amplificar somente uma faixa estreita de frequências, no caso em torno de 151,5 MHz. O ganho neste circuito é da ordem de 30 dB.

O esquema elétrico do Amplificador de RF é apresentado na Figura 3:

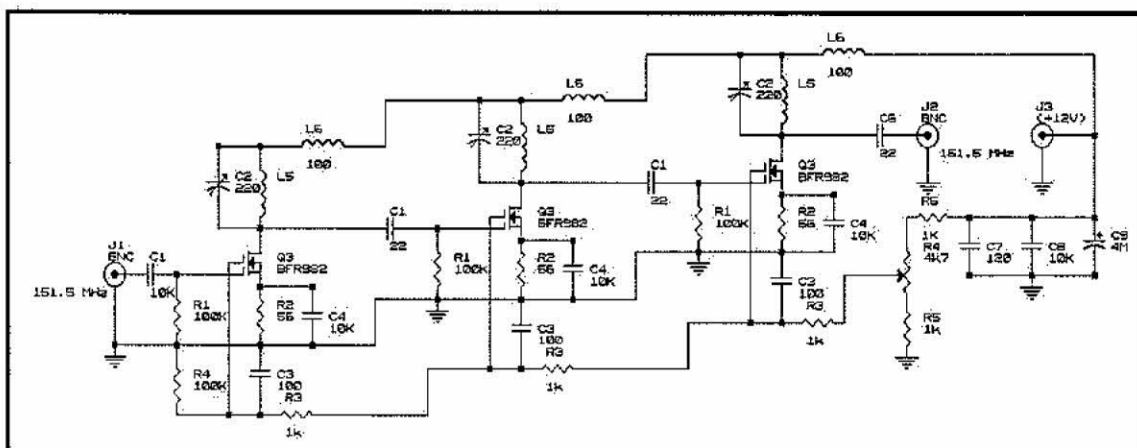


Figura 3 – Esquema Elétrico do Amplificador de RF

4.4.2. Mixer 1 e Sintetizador 1

Tanto o Mixer 1 quanto o Sintetizador 1 são responsáveis pelo rebaixamento de frequência de 151,5 para 10,7 MHz. Os circuitos são apresentados nas Figuras 4 e 5 respectivamente.

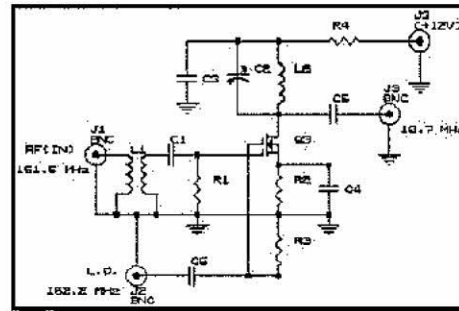


Figura 4 - Topologia do Mixer 1

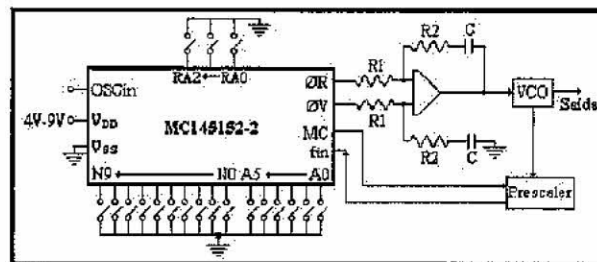


Figura 5 - Topologia do Sintetizador 1

A frequência de 10,7 MHz foi escolhida por ser de uso geral e fácil obtenção de componentes que operam nessa frequência.

Com o Sintetizador 1, Figura 5, através da tecnologia PLL, obtemos um sinal senoidal de 162,2 MHz a partir de um padrão a quartzo de 10 MHz.

O Mixer 1, Figura 4, faz a subtração do sinal de 162,2 pelo de 151,5 MHz, que por batimentos resulta em 10,7 MHz.

4.4.3. Filtro Elíptico de 10,7 MHz

O filtro elíptico de 10,7 MHz é um filtro passa-faixa, componente fabricado pela Mini-Circuits, que apresenta as seguintes características:

Frequência central: 10,7 MHz

Banda passante (-3 dB): 8,9 à 12,7 MHz

Banda de corte (-20 dB): 7,5 à 15 MHz

Observamos que este filtro tem uma banda passante estreita, o que traz maior confiabilidade no tratamento do sinal, pois no fenômeno de batimentos temos a soma e a subtração das frequências, além dos harmônicos gerados, e estamos interessados somente na subtração (10,7 MHz), portanto devemos selecionar esta faixa, e como a frequência resultante da soma é mais de uma década maior, podemos julgar que o sinal de (313,7 MHz) como extinguido por este filtro.

4.4.4. Amplificador de Frequência Intermediária - FI

O estágio de amplificação FI tem como objetivo amplificar ainda mais o sinal, agora em 10,7 MHz, frequência de manejo mais fácil. É mantida a metodologia de circuitos tanques na polarização dos MOSFETs, para que seja amplificada somente uma faixa de frequência bem determinada. O circuito do Amplificador de FI é mostrado na Figura 6.

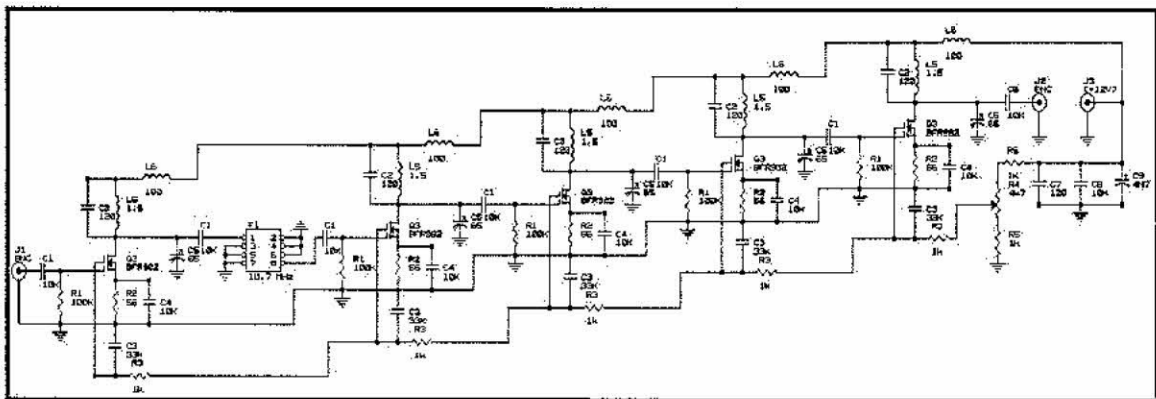


Figura 6 – Esquema Elétrico do Amplificador de FI

4.4.5. Mixer 2 e Sintetizador 2

O Sintetizador 2 gera uma frequência de 12,7 MHz a partir do mesmo padrão a quartzo mencionado anteriormente, utilizando novamente um PLL.

O Mixer 2 faz a subtração entre os sinais de 12,7 e 10,7 MHz que resulta no sinal de 2 MHz.

Esta frequência foi escolhida por ser uma frequência relativamente baixa, de modo que os dados possam ser digitalizados e processados por computador, sem que haja perdas ou falhas por interferência ou harmônicas.

As topologias dos circuitos do Mixer 2 e do Sintetizador 2 estão dispostas a seguir, nas figuras 7 e 8, respectivamente.

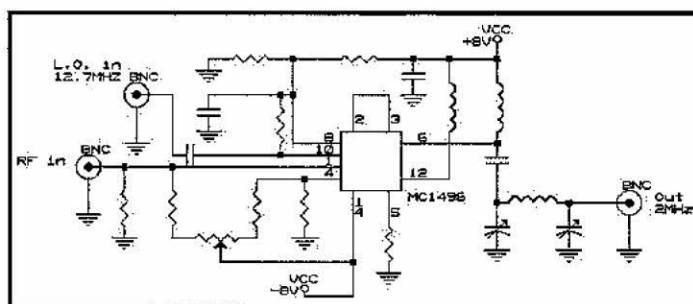


Figura 7 - Topologia do Mixer 2

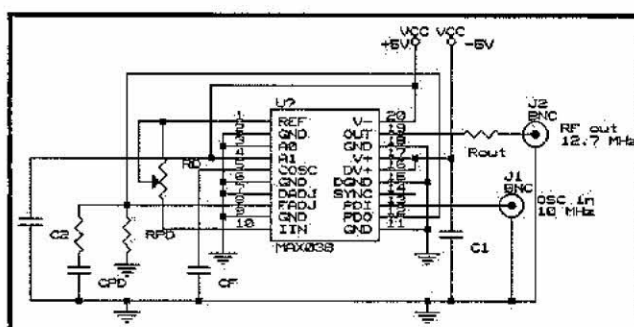


Figura 8 - Topologia do Sintetizador 2

4.4.6. Filtro Passivo em 2MHz

Como o Mixer 2 gera muito ruído, principalmente na frequência de 4 MHz, segundo harmônico do sinal, há a necessidade da inserção de um filtro passa-faixa na saída do Mixer 2, assim como foi feito no Mixer 1, para que sinais aleatórios não sejam inseridos ao sistema, causando erro de leitura ou má interpretação dos dados. Este filtro deve ter banda passante estreita e frequência central bem definida em 2 MHz.

4.5. Estágios Posteriores do Sistema

Os demais estágios do radiointerferômetro não fazem parte diretamente da proposta do trabalho, mas precisamos conhecer algumas características, para a construção dos circuitos anteriores de forma a melhorar o rendimento.

Os estágios seguintes são a digitalização do sinal, através de um conversor A/D apropriado para o sinal, o correlacionador digital, a placa de aquisição de dados e o microcomputador que irá processar os dados, transformando os sinais, dados obtidos em um mapa, em duas dimensões, da região observada, permitindo a identificação de radiofontes.

5. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

No período de Agosto de 2000 à Julho de 2001, foram realizadas as seguintes atividades práticas:

- Familiarização quanto à utilização de equipamentos de medida tais como: osciloscópios, analisadores de rede, analisadores de espectro, medidores de indutância, capacitância e resistência, e demais equipamentos necessários para desenvolvimento do Projeto;
- Revisão bibliográfica técnica necessária para o aprimoramento do Projeto;
- Revisão dos projetos já existentes com o objetivo de obter características revelantes que possibilitem otimizações;
- Estudo e familiarização quanto à utilização de software de simulação;
- Implementação de um Filtro na frequência de 2 MHz, para disponibilizar um sinal mais confiável na saída do receptor.
- Construção de um segundo Amplificador de Antena;
- Testes em bancada de alguns circuitos, para calibração dos mesmos, de modo que tenham desempenho máximo;
- Implementação de um sistema de acionamento de servomecanismo para o posicionamento das antenas do interferômetro.

5.1. Revisão Bibliográfica

Realizou-se um estudo sobre o princípio de funcionamento, construção, polarização, vantagens e aplicações dos transistores: TJB, FET e MOSFET, visando a compreensão e otimização dos circuitos amplificadores.

Fez-se também um estudo detalhado sobre filtros, dos mais variados tipos existentes, tanto quanto as características de cada um, para escolha do melhor tipo de filtro a ser implementado em 2 MHz.

5.2. Revisão dos Projetos

Foi feita uma análise sobre os estágios amplificadores, que na teoria deveriam retornar 20 dB de ganho, mas na prática obtemos apenas 10 dB de ganho. Estudamos, a possibilidade de utilizar um amplificador fabricado pela Mini-Circuits, retornar um ganho de aproximadamente 30 dB para frequências próximas a 151,5 MHz, o que reduziria bastante o tamanho dos circuitos, bem como as influências introduzidas por cada estágio e por fim gerando uma maior confiabilidade sobre os circuitos amplificadores.

Foi feita a licitação para aquisição dos novos componentes. Em breve, poderemos implementar circuitos protótipos para análise. Até agora estudamos informações teóricas sobre o produto, visto que ocorreram problemas com o fornecedor dos dispositivos, e ainda não dispomos dos mesmos.

Verificamos que a topologia que o fabricante indica não é a melhor forma de polarizar o componente, pois teremos muitos problemas com sinais indesejáveis, portanto procuramos uma topologia em que somente o sinal de interesse fosse amplificado, e chegamos ao seguinte resultado:

Conectarmos, à entrada do amplificador, um circuito casador de impedância em série com um filtro corta-faixa, para que a impedância de sinais entorno da frequência de corte do filtro seja igual a impedância do amplificador, e sinais diferentes não serão amplificados devido ao descasamento de impedância encontrado.

Para o último estágio de amplificação utiliza-se o mesmo tipo de topologia, para retenção de ruídos, porém agora o método é utilizado também na saída do amplificador.

Estudamos também a implementação de um circuito de autoganho, que é responsável por manter um nível máximo de potência de saída mesmo com a variação do nível do sinal de entrada. Este tipo de circuito é responsável pelo aumento da sensibilidade do interferômetro, pois abrangeremos radiofontes de intensidades baixas até altas intensidades.

Este tipo de circuito pode ser facilmente implementado, utilizando-se o amplificador anterior, o MOSFET BF 982, alterando-se o nível de tensão do gate ao qual não é injetado sinal, portanto tendo uma corrente de saída maior ou



menor segundo o nível de tensão do gate. Estes MOFETs devem permanecer nos circuitos de rebaixamento de frequência e nos amplificadores em 10,7MHz, portanto o ajuste de potência seria realizado neste bloco.

5.3. Estudo e Familiarização do Software de Simulação

Foi feito um estudo sobre os softwares: OrCAD Release 9 e MatLAB 5.1, para a simulação e programação para cálculos de valores de componentes.

Estes programas viabilizaram um estudo mais eficaz, reduzindo o tempo utilizado para cálculo dos circuitos, implementando-se um programa para este fim em MatLAB, e fazendo a análise do comportamento do circuito que se desejava implementar, podendo detectar erros ou falhas nas expectativas sem a implementação física do mesmo.

Foi estudado o software de programação Turbo C++, para que fosse possível os teste realizados na placa de acionamento do servomecanismo, descrita no item 5.6.



5.4. Projeto e Implementação do Filtro para 2 MHz

Houve a necessidade da inserção de um filtro passa-banda na saída do Mixer 2, pois o nível de sinais indesejáveis era razoavelmente alto, principalmente em 4 MHz, segundo harmônico do sinal.

Portanto, dentre as topologias existentes, não utilizamos filtro ativo, devido à dificuldade de serem encontrados elementos ativos no mercado, que respondam a frequência desejada sem distorções. Na maioria dos casos verificamos que além de haver distorções ocorria inserção de ruídos. Adotamos a topologia de filtro passivo, pelos motivos citados acima e, por apresentarem baixo custo e fácil confecção.

Desenvolvemos um protótipo que não rejeitasse frequências muito próximas à frequência central, ou seja, que o topo do diagrama de Bode, fosse quase uma reta. Caso a frequência central não seja exatamente 2 MHz, o sinal não sofre atenuação, mas as frequências mais afastadas devem ser cortadas bruscamente, para que a frequência de 4 MHz seja praticamente eliminada. Para isso adotamos a seguinte configuração: dois circuitos ressonantes em paralelo, acoplados por um capacitor e um circuito ressonante paralelo, em série com os demais circuitos. Os dois circuitos paralelos, acoplados por um capacitor são um filtro passa faixa, calibrado para 2 MHz e banda passante (3dB abaixo da potência em 2 MHz) de 600 kHz; o circuito em série é um filtro corta-faixa, calibrado para 4 MHz, com menor banda de corte possível, para eliminar o segundo harmônico, que se apresenta bastante intenso na saída do mixer, praticamente não atenuando o sinal em 2 MHz.

Após tentarmos outras topologias, chegamos a esta, que apresentou um desempenho que no momento consideramos satisfatório, segundo as características do Projeto.

O esquema - circuito do filtro construído é apresentado na figura 9.

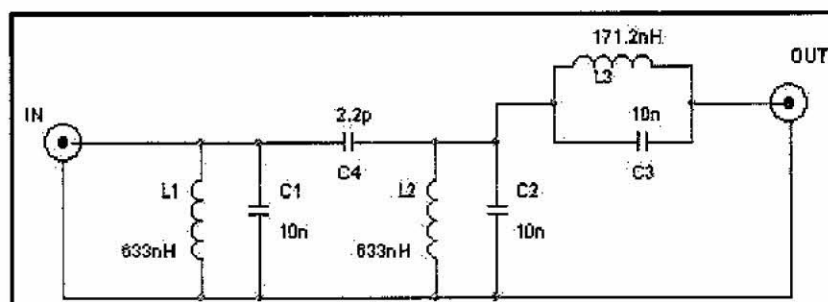


Figura 9 - Esquema elétrico do Filtro

Devido a limitação do Network Analyser, modelo 2754P, disponível no Observatório Espacial do Sul – OES / CRSPE / CEP / INPE - MCT, ao elaborarmos o diagrama de Bode em frequências inferiores à 4 MHz, geramos frequências próximas à 2 MHz e sobrepomos a resposta de potência com o auxílio do Spectrum Analyser, para obtermos algo parecido com o diagrama de Bode, que indicasse o desempenho do filtro. A sobreposição citada é apontada como exemplo na Figura 10:

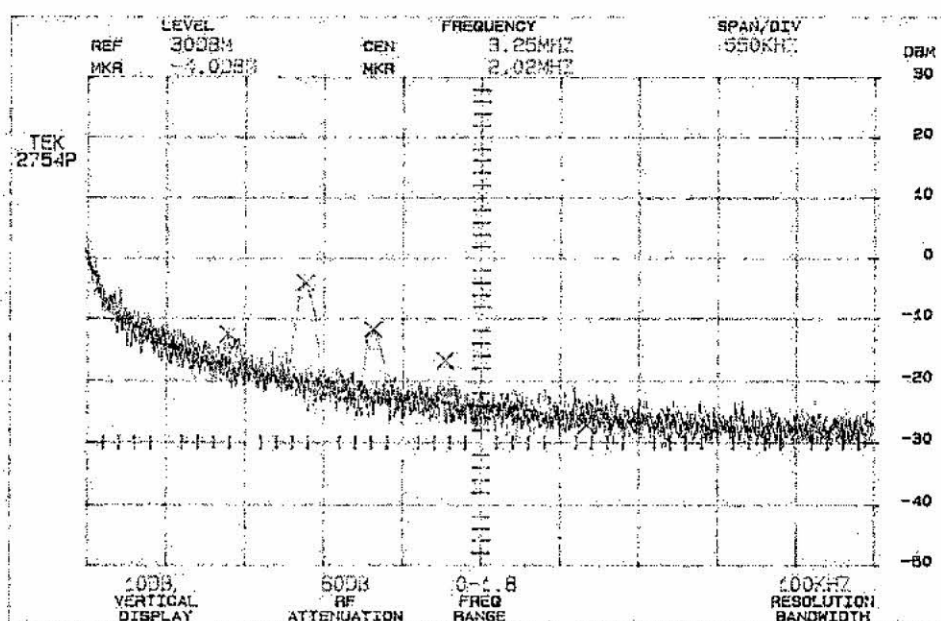


Figura 10 - Aproximação do diagrama de Bode.

Na figura 10 a curva mais intensa é típica do Spectrum Analyser, modelo 2754P, sendo o nível mínimo de sinal que o instrumento é capaz de detectar.

O sinal inserido no filtro foi de 0 dBm. As frequências são respectivamente 1,5; 2; 2,5; 3 MHz. Em 4 MHz, o nível de potência é inferior ao nível de potência mínima registrada pelo Spectrum. Foi calculada, com o auxílio

de um osciloscópio, a potência para esta frequência, obtendo-se valores na casa dos -50 dBm, isto é, praticamente anulada.

Se fizermos a interpolação dos pontos vemos que a resposta não é típica de um filtro passa-faixa, mas sim a sobreposição de um filtro passa-faixa com um filtro corta-faixa (armadilha de harmônico). Vemos melhor em uma simulação realizada no software OrCAD 9 Realese, do circuito montado.

O resultado de uma simulação efetuada é mostrado na Figura 11:

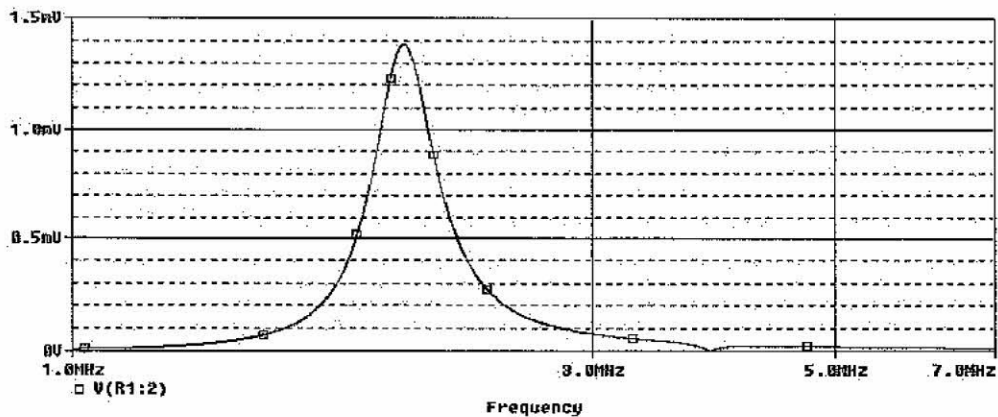


Figura 11 - Simulação do Filtro realizada no OrCAD 9

A perda de inserção do filtro, na Figura 11, é de -4 dB, embora esperássemos 3 dB, o resultado continua sendo satisfatório.

Outra preocupação é quanto à diferença de fase entre o sinal de entrada e o sinal de saída, gráfico que é apresentado na Figura 12:

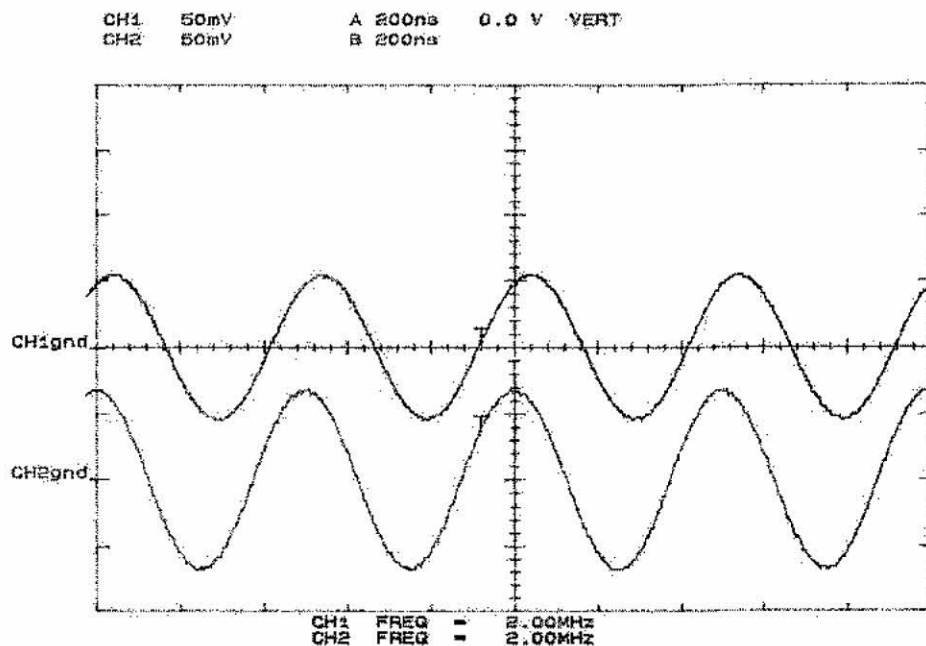


Figura 12 - Diferença de fase gerada pelo filtro.

Como havíamos previsto utilizando esta topologia, pode ser observado na Figura 12, que houve uma diferença de fase entre o sinal de entrada e o sinal de saída. A diferença de fase não é relevante, desde que seja constante no circuito e entre os circuitos implementados, pois o correlacionador elimina sinais com defasagens diferentes daquela já programada, ou seja, se a diferença de fase variar, o sinal de interesse também será eliminado. Portanto, se não houver diferença entre as defasagens geradas por ambos circuitos, não há maiores problemas em se utilizar esta topologia.

Construímos um segundo filtro com as mesmas características, exceto por utilizarmos indutores a núcleo de ferrite, para que possamos variar a indutância, de tal maneira a sintonizar melhor o circuito. Os dados obtidos foram praticamente os mesmos, exceto pela possibilidade de alteração dos valores de indutância, pois torna-se difícil sintonizar precisamente o circuito anterior, os indutores com núcleo de ar são muito instáveis, à mínima alteração de sua forma, alteram bastante sua indutância. Como esta topologia exige valores bem definidos, e o filtro muito instável, o problema foi solucionado com indutores com núcleo de ferrite ajustáveis.

5.4. Construção do Amplificador de Antena

Para a futura realização de testes de um semi-sistema, composto apenas por duas estruturas de antenas, houve a necessidade da construção física de dois sistemas de tratamento de sinais iguais, daí a construção de um segundo pré-amplificador, já com pequenas otimizações.

Invertemos a seqüência de localização de um estágio amplificador com um filtro, para que, sinais não desejados, fossem retirados antes de serem amplificados, reduzindo sua influência sobre o sinal.

Uma visualização do circuito antes e depois da otimização é apresentada na figura 13.

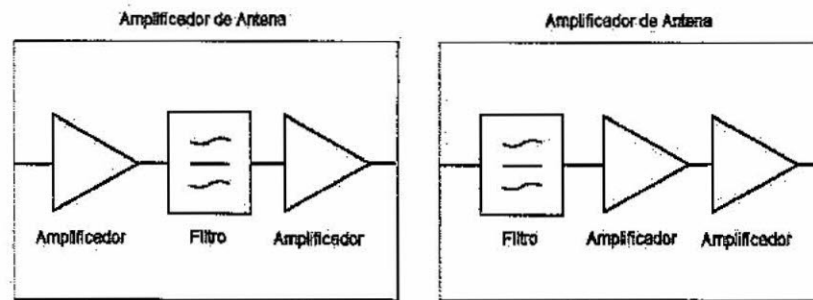


Figura 13 - Diagrama de blocos dos Amplificadores de Antena

5.5. Testes em bancada e Calibração

Foram realizados testes em bancada para a verificação do rendimento dos circuitos amplificadores, com vista em calibra-los visando obter rendimento máximo.

O ajuste foi feito nos capacitores variáveis, dispostos nos circuitos.

Para o Amplificador de Antena, obtivemos um ganho máximo de 20,6 dB, e para o receptor, o ganho foi de 82 dB.

Calibramos também os Mixers, para que a saída fosse máxima.

5.6. Atividades Adicionais

Demos continuidade ao Projeto do acionamento do servomecanismo iniciado pelo ex-acadêmico de Engenharia Elétrica, hoje Engenheiro Marcos Vinicius Thomas Heckler que se encontra e, Programa de Mestrado junto ao ITA/CTA e o Estagiário Thiago Brum Pretto do Colégio Técnico Industrial, que iniciaram o Projeto de desenvolvimento de uma placa de acionamento para Servomecanismo, responsável pelo direcionamento das antenas.

Torna-se necessário alguns comentários sobre o servomecanismo de acionamento dos motores, aos quais o circuito se emprega:

- são motores marca Zella, modelo RQ53;
- existem dois enrolamentos, um para o giro horário do motor, e outro para o giro anti-horário, porém quando a tensão é aplicada a um enrolamento, existe uma tensão induzida no segundo enrolamento, de amplitude aproximadamente 390V de pico;
- estes motores têm um tempo máximo de funcionamento, que fica em torno de 20 minutos por hora;
- Corrente nominal do motor é de 0,1A.

Inicialmente, em conjunto com a bolsista de Iniciação Científica e Tecnológica do colégio Técnico Industrial da UFSM, Lisiane Silva Reis, elaboramos o “layout” da placa de acionamento e realizamos a confecção física da mesma.

Elaboramos um programa protótipo para teste, implementado em linguagem C++, o qual fazia a comunicação com a placa de acionamento via porta paralela do microcomputador.

Ao realizarmos os testes com lâmpadas, o circuito funcionou perfeitamente, porém ao realizarmos testes com os motores, verificamos que um dos sentidos era acionado corretamente, porém em seguida o outro enrolamento era também acionado, automaticamente, sem a intervenção do software, o qual foi programado para impedir o acionamento dos dois sentidos do motor ao mesmo tempo. Com os dois enrolamentos energizados o eixo do motor permanecia estático, mas a corrente do enrolamento é muito alta, que danificava o “triac” empregado como chave.

Este problema foi resolvido alterando-se o opto-isolador que tinha como tensão máxima de isolamento de 400V de pico, tensão esta muito próxima do valor induzido no segundo enrolamento, que deixava percorrer uma pequena corrente no circuito, mas suficiente para acionar o “triac”.

Verificamos também que o “snubber” utilizado deixava o enrolamento energizado com 13V rms, o que não é aconselhável para o motor, já que o mesmo tem um período máximo para ser ligado. Ficar com os enrolamentos levemente energizados ao longo do tempo não seria a melhor alternativa. Pior

seria, enquanto um dos enrolamentos estivesse energizado, pois haveria uma força contra eletromotriz maior do que a projetada para o motor.

Como o motor possui corrente nominal bastante reduzida, e ainda o “triac” utilizado suporta valores de corrente e tensão bem altos, decidimos por não utiliza “snubber” neste Projeto, visando zelar pela vida útil do motor, que tem um custo de aquisição bastante elevado.

O esquema elétrico do protótipo da placa de acionamento com “snubber” para o servomecanismo, composto por dois motores, ou seja, dois sentidos de rotação (elevação e azimute), é mostrado na Figura 14, e o esquema elétrico sem “snubber” na Figura 15.

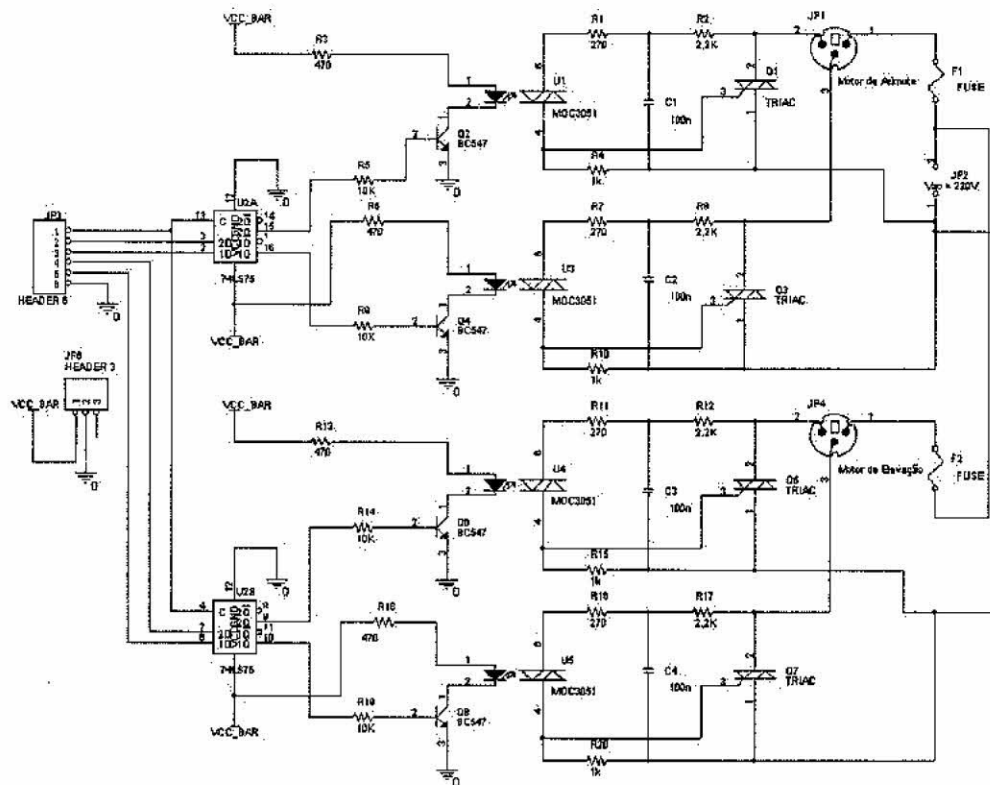


Figura 14 – Esquema elétrico do acionamento com “snubber” do Sistema de Controle do Servomecanismo de Rastreamento do Projeto do Radio-Interferômetro de OES/CRSPE/INPE – MCT.

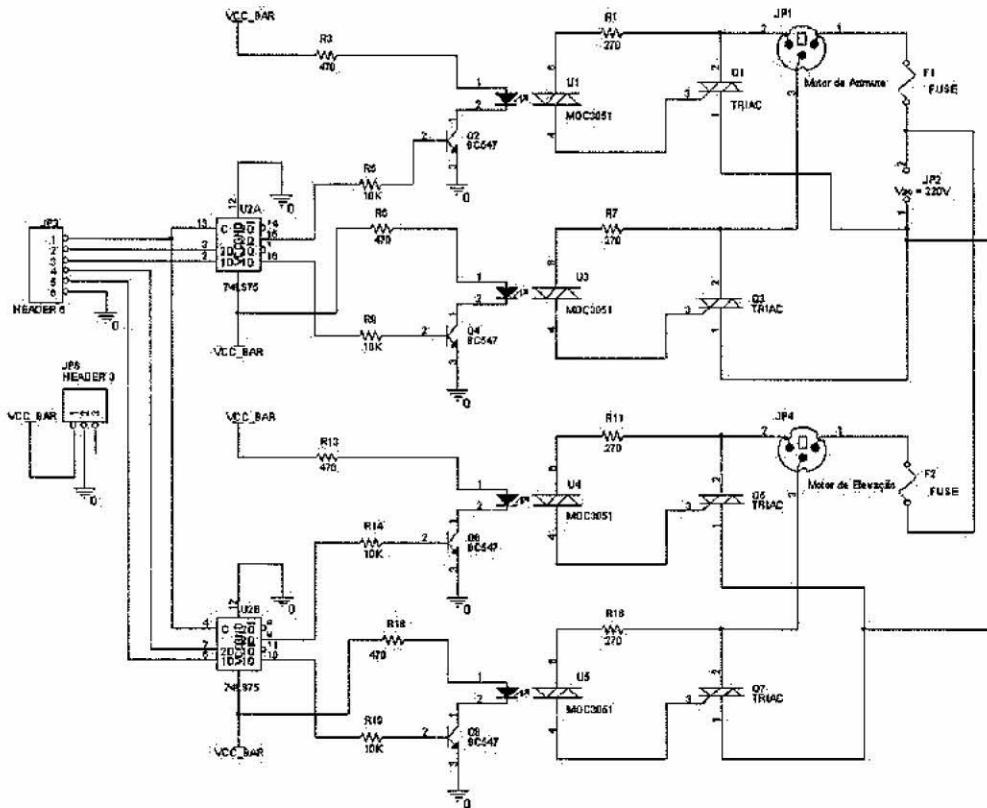


Figura 15 – Esquema elétrico do acionamento sem “snabber” do Sistema de Controle do Servomecanismo de Rastreamento do Projeto do Radio-Interferômetro do OES/CRSPE/INPE – MCT.

6. CONCLUSÃO

Os circuitos que compõem o sistema de tratamento analógico de sinais do Protótipo do Radio-Interferômetro foram testados e ajustados separadamente, e apresentam estar em condições de operação com rendimento máximo.

O filtro em 2 MHz, foi amplamente estudado e testado,

Existem expectativas para a otimização dos circuitos amplificadores, utilizando um componente amplificador (MAR-8), fabricado pela Mini-Circuits. Fizemos a licitação dos componentes, enquanto isso, estamos estudando as melhores topologias a serem empregadas nos novos circuitos.

Foram montadas fisicamente duas estruturas de tratamento de sinais para testes de funcionamento com um par de receptores, para que seja avaliado o desempenho do sistema global, embora continue faltando um filtro elíptico de 10,7MHz, para perfeita igualdade entre os circuitos.

O aluno teve contato com assuntos ainda não abordados ao longo do Curso de Engenharia Elétrica da UFSM, aprendendo disciplinas complementares que estudará em parte como acadêmico, o que trouxe um novo conceito sobre a maneira de adquirir conhecimento, como autodidata e ultrapassando barreiras, além da utilização contínua de softwares de simulação e programação, que enriqueceram seu raciocínio lógico e conhecimentos nesta área, por fim, uma grande experiência sobre trabalho e convívio em grupo, que lhe deram uma maior formação de caráter e um respeito pelos colegas.

O aluno sente-se honrado de poder ter participado do Programa de Iniciação Científica e Tecnológica do PIBIC/CNPq – INPE, que trouxe um crescimento e enriquecimento pessoal jamais imaginado.



7. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Digital Oscilloscope 2430A - Tektronix
- Counter Timer Oscilloscope 11302A - Tektronix
- 4275A Multi-Frequency LCR Meter - Hewlett Packard
- 2754P Spectrum Analyser - Hewlett Packard
- 8754A Network Analyser - Hewlett Packard



8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MALVINO, A. P., **Eletrônica**, Vol. 1; Ed. McGraw-Hill;
- MALVINO, A. P., **Eletrônica**, Vol. 2; Ed. McGraw-Hill;
- DESOER, C. A., KUH, E. S., **Teoria Básica de Circuitos**, Ed. Guanabara Dois;
- JESSOP, G. R., **VHF / UHF Manual**, 4ª edição, Radio Society of Great Britain;
- CHEN, W. – K., **The Circuits and Filters Handbook**, Ed. CRC Press LLC;
- HUTCHINSON, C. L., KLEINMAN, J. P., **The ARRL - Handbook - For Radio Amateurs**, 69ª edição, Ed. The American Radio Relay League;
- WEBSTER, J. G., **The Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook**, Ed. CRC Press LLC;
- VIZMULLER, P., **RF Design Guide - System, Circuits, and Equations**, Ed. Artech House;
- CARSON, R. S., **High – Frequency Amplifiers**
- OPERATING AND SERVICE MANUAL:
 - Digital Oscilloscope 2430A - Tektronix;
 - Counter Timer Oscilloscope 11302A - Tektronix;
 - 4275A Multi-Frequency LCR Meter - Hewlett Packard;
 - 2754P Spectrum Analyser - Hewlett Packard;
 - 8754A Network Analyser - Hewlett Packard.
- MOTOROLA SMALL-SIGNAL TRANSISTORS, FETs AND DIODES - Motorola;
- RF/IF DESIGNER'S HANDBOOK - Mini-Circuits

9. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS

- XV JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

Título: FILTRO PASSIVO PARA 2 MHz

Data: 04 de Outubro de 2000

Autores:

Delx Castagna Lunardi, Nelson Jorge Schuch, Norberto Ulisses de Vasconcelos Oliveira, Rubens João Andermann, Djeisson Hoffmann Thomas.

Uma cópia do certificado de participação é apresentada no Anexo.

- XV CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA

Título: FILTRO PASSA BANDA EM 2 MHz

Data: 21 de Novembro de 2000

Autores:

Nelson Jorge Schuch, Rubens João Andermann, Norberto Ulisses de Vasconcelos Oliveira, Djeisson Hoffmann Thomas, Delx Castagna Lunardi.

Uma cópia do certificado de participação é apresentada no Anexo.



XVIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações

Data: 03 à 06 de Setembro de 2000.

Local: Gramado - RS

Realização: Sociedade Brasileira de Telecomunicações.

Uma cópia do certificado de participação deste Simpósio é apresentada no Anexo.





11. ANEXO

Cópia do certificado de apresentação de trabalho na XV Jornada Acadêmica Integrada.

Cópia do certificado de apresentação de trabalho no XV Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia Elétrica.

Cópia do certificado de participação do XVIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações.





Cópia do certificado de apresentação de trabalho na XV JAI.

XV JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA

Ministério da Educação - Universidade Federal de Santa Maria

CERTIFICADO

Certificamos que

DELX CASTAGNA LUNARDI

Participou da **XV Jornada Acadêmica Integrada**,
realizada nos dias 03, 04 e 05 de outubro de 2000,
como Apresentador/Autor do trabalho

FILTRO PASSIVO PARA 2 MHZ

Comissão Executiva
Outubro de 2000



Cópia do certificado de apresentação de trabalho no XV CRICTE.



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE

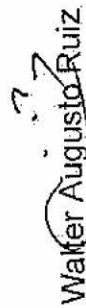
XV CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA
EM ENGENHARIA
I FEIRA DE PROTÓTIPOS

CERTIFICADO

Certificamos que **Delix Castagna Lunardi**

participou do XV CRICTE - Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia e I Feira de Protótipos, de 20 a 21 de novembro de 2000, na qualidade de **Autor do trabalho "Filtro Passa Banda em 2 MHz"**.

Rio Grande, 21 de novembro de 2000.


Walter Augusto Ruiz

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação


Cleuza Ivetty Ribes de Almeida

Presidente da Comissão Executiva do CRICTE 2000



Cópia do certificado de participação do XVIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações.

Certificado

XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES

Certificamos que

Delix Castagna Lunardi

participou na qualidade de Congressista e assistente do(s) Mini-Curso(s)

Planejamento e Otimização de Sistemas Celulares CDMA Hardware, Tecnologia e Aplicações de Satélites Geostacionários de Comunicações

no XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES

realizado no período de 03 a 06 de setembro de 2000,

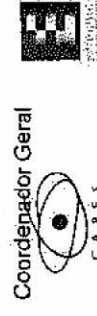
no Centro de Eventos do Hotel Serra Azul, em Gramado - RS.

[Handwritten signatures]

Rubem Dutra Fagundes



Juarez Sagebin Correa



Coordenador Geral

