

TESE

929

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

**SISTEMA TELECOMANDADO PARA AQUISIÇÃO
E PROCESSAMENTO DE DADOS**

CARLOS ROBERTO BORGES

ITAJUBÁ - MG

1996

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

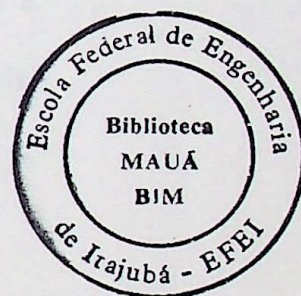
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Sistema Telecomandado para Aquisição e Processamento de Dados

Autor: Carlos Roberto Borges

Orientador: Prof. Tales Cleber Pimenta, Phd.

Co-Orientador: Prof. José Antônio Cortez



Dissertação apresentada à Escola Federal de Engenharia de Itajubá para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Itajubá, 12 de Dezembro de 1996.

CLASS. 021.315 (043.2)
CLT: R. B432 b
TONBO. 929



Dedicatória

Aos meus pais, Wenceslau Carlos Borges e
Maria Júlia Borges de Castro, os quais me
deram forças para essa grande caminhada e
a minha esposa Wilma de Fátima Alkmin
Borges, pelo incentivo e companheirismo e
ao meu futuro filho(a).

AGRADECIMENTOS

RESUMO

A Deus por vencer mais uma etapa, ao executar
este trabalho.

Ao Prof. Tales Cleber Pimenta, pela orientação,
apoio, incentivo, dedicação e confiança que a
mim depositou.

Agradeço também ao Prof. Cortez, ao meu primo
Paulo César do Nascimento e ao meu amigo
Ricardo, que de uma forma ou outra me ajudaram
na realização deste trabalho.

RESUMO

O trabalho desenvolvido consiste de um sistema telecomandado para aquisição e processamento de dados onde é possível se fazer transferência de oito quaisquer canais de informação para a tela de um computador, via qualquer meio de transmissão já existente. O sistema tem grande aplicação em locais onde fica impossível a presença do homem para monitorar uma medida de grande importância.

A possibilidade de interrogação pela unidade central, tornou o sistema mais versátil e confiável.

Os resultados práticos mostraram que o sistema é de grande valia, principalmente, em aplicações científicas.

CAPITULO 1 - Introducción

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Propósito del trabajo

ABSTRACT

This work describes the development of a remote acquisition and data processing system. The system is capable of transmitting up to 8 channels to a computer using any data transfer system. The system is very suitable to harsh, but important environments.

At the central unit, it is possible to select the desired data to be transmitted from the remote unit, which is the most important feature of the system.

The results show that the system is reliable and very important in many scientific applications.

CAPITULO 2 - Sistema de Transmisión

- 2.1 Transmisor
- 2.2 Receptor
- 2.3 Demodulador de Frecuencia
- 2.4 Circuito Integrado

CAPITULO 3 - Tipos e Características de Señales

- 3.1 Introducción
- 3.2 Tipos de Señales de Frecuencia de Portadora
- 3.3 Señal Compuesta
- 3.4 Señal de Frecuencia
- 3.5 Señal de Amplitud

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - Introdução	
1.1 Considerações Iniciais	1-1
1.2 Proposta Inicial	1-3
CAPÍTULO 2 - Sistemas de Transmissão	
2.1 Introdução	2-1
CAPÍTULO 3 - Unidade Remota	
3.1 Introdução	3-1
3.2 Conversor Analógico Digital	3-2
3.3 Multiplexador	3-3
3.4 Modulador FSK	3-4
3.5 Gerador da Palavra de Controle	3-5
3.6 Receptor de Comandos e Programador do Seletor	3-8
CAPÍTULO 4 - Unidade Central	
4.1 Introdução	4-1
4.2 Receptor	4-2
4.3 Demodulador de FSK	4-2
4.4 Circuito Interrogador	4-3
CAPÍTULO 5 - Testes e Desempenho do Sistema	
5.1 Introdução	5-1
5.2 Formas de Ondas ao Longo do Sistema	5-1
5.3 Sinal Composto	5-4
5.3.1 Bits de Start	5-4
5.3.2 Bits de Endereço	5-4

5.3.3	Dados	5-5
5.3.4	Bit de Paridade	5-5
5.3.5	Bits de Stop	5-5
CAPÍTULO 6 - Conclusões Finais e Sugestões Para Novos Trabalhos		
6.1	Considerações Gerais	6-1
6.2	Sugestões Para Futuros Trabalhos de Pesquisa	6-3
APÊNDICE A - Principais Meios de Transmissão		
A1	Ar e Vácuo	A-1
A2	Linha Física	A-6
A2.1	Par Trançado	A-6
A2.2	Linhas Coaxiais	A-6
A2.2.1	Impedância Característica	A-7
A2.2.2	Características Físicas	A-8
A2.2.3	Linhas Ressonantes e Não Ressonantes	A-9
A2.2.4	Seções de Linhas de Transmissão Como	
Circuitos Ressonantes		A-10
A2.3	Guias de Ondas	A-10
A2.4	Fibras Ópticas	A-11
A2.4.1	Princípios de Funcionamento de Uma	
Fibra Óptica		A-12
A2.4.2	Degradação do Sinal na Fibra Óptica	A-12
A2.4.2.1	Atenuação	A-13
A2.4.2.2	Dispersão	A-14

APÊNDICE B - Transdutores

B1 Introdução	B-1
B2 Alguns Tipos de Transdutores	B-3
B2.1 Potenciômetros	B-3
B2.2 Transformador Diferencial	B-4
B2.3 Sincros e Resolvers	B-4
B2.4 Transdutores de Velocidade	B-4
B2.5 Transdutores Extensimétricos	B-5
B2.6 Transdutores de Temperatura	B-5
B2.7 Transdutores Fotoelétricos	B-6

APÊNDICE C - Programa de Aquisição de Dados

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS REF-1

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS RECOMENDADAS REF-2

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações Iniciais

Este trabalho consiste basicamente no desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados, projetado e implementado com montagem em circuitos discretos, capaz de adquirir, transmitir e fazer o tratamento de dados. Este sistema poderá ser largamente aplicado para adquirir dados em locais onde fica impraticável a presença de um ser humano, ou até mesmo de um computador, para a análise dos dados.

Considere como exemplo, os dados a serem coletados de um atleta submetido a um teste de campo de resistência física. Não seria possível acoplar um computador a esse atleta, para se fazer a coleta e a análise dos dados. Outro exemplo seria a análise em tempo real de todas as condições mecânicas e elétricas de um carro de corrida submetido às condições de prova, tal como o desempenho do motor.

Tais exemplos serviram de motivação para o desenvolvimento de um sistema capaz de coletar, transmitir e fazer o tratamento dos dados dos sensores. Após serem coletados, amostrados e feita a conversão analógico-digital, os dados são multiplexados, modulados em FSK e novamente modulados de acordo com a portadora para transmissão. Na unidade central, após serem recebidos, os dados são tratados e analisados de acordo com a sua procedência.

Para a verificação e a detecção de eventuais erros na transmissão, incluiu-se no transmissor um Gerador de Paridade. Na recepção a verificação de paridade pode ser implementada através de software ou hardware.

O sistema desenvolvido pode transmitir até oito canais diferentes de informação, ou pode, por solicitação da unidade central, transmitir apenas um dos oito canais. Esta flexibilidade do sistema permite que se faça uma análise, com maiores detalhes, de um certo canal em particular.

Hoje em dia, quase todos os ramos da ciência estão necessitando mais e mais de novas técnicas, novos programas de computadores, volumes maiores de informações sobre este ou aquele assunto. Por exemplo, antigamente não havia necessidade de se controlar com tanta precisão, o nível de um reservatório de uma determinada hidrelétrica, pois o sistema elétrico brasileiro ainda não estava interligado.

E com o mesmo enfoque pode-se citar a questão das comunicações onde, em um passado próximo, não era possível as conexões mundiais, por exemplo, via internet ou até mesmo as comunicações via satélite sejam elas de tv, telefones e fax, que hoje é uma realidade totalmente palpável pela grande maioria da população.

Poder-se-ia também citar os grandes avanços tecnológicos na área da engenharia biomédica, onde já é possível realizar uma cirurgia em um paciente que esteja a milhares de quilômetros de distância do cirurgião.

Também não se poderia deixar de comentar os grandes avanços que a eletrônica proporcionou na área de astronomia, onde já é possível um astrônomo fazer as suas observações na mesa de seu escritório, através do computador e sistema de comunicação, em um grande centro urbano sem que o mesmo tenha que ir até um determinado observatório astronômico. Como por exemplo, o telescópio espacial desenvolvido pela NASA que amplia enormemente o campo de observação e pesquisas astronômicas.

Já no setor militar, também a eletrônica de comunicação propiciou um avanço enorme nos últimos tempos, onde se consegue acertar um alvo com precisão de metros de um continente ao outro. E a evolução não para por aí; pelo contrário, ela está no início de uma era em que as necessidades humanas estão apenas começando nos mais variados setores.

1.2 - Proposta Inicial

Inicialmente foi proposto um trabalho prático que consiste na aquisição de dados e na sua transmissão à um centro de processamento, afim de se fazer o tratamento necessário. Para tal propósito foi necessário o estudo dos principais meios de transmissão existentes (Apêndice A), com suas facilidades e dificuldades, verificando as faixas de frequências mais adequadas para este fim.

No Capítulo 2 foi abordado a filosofia de funcionamento do sistema de aquisição como um todo não se prendendo a detalhes, mas sim a uma explicação geral de todo o sistema a nível de diagramas de blocos. Também foi apresentado uma gama de aplicações possíveis para o sistema, mostrando a sua versatilidade e a sua aplicabilidade aos mais variados setores.

Como o sistema é dividido em duas partes, ambas foram tratadas diferentemente, pois as duas unidades embora complementares, desempenham funções distintas entre si. Assim, o Capítulo 3 enfocou a unidade remota e todos os seus problemas e soluções. Na unidade remota os dados coletados são provenientes de sensores, sensores estes, que podem coletar dados dos mais variados setores, bastando para isto, que os mesmos excursionem numa faixa de 0 a 5 volts. O circuito disponível apresenta a possibilidade de entrada para oito (8) sensores, mas fazendo-se pequenas modificações na estrutura do hardware tal como a colocação de mais um conversor analógico-digital ADC-0808 operando em paralelo com o primeiro, consegue-se a expansão do número de canais de entrada de oito (8) para dezesseis (16).

Um outro fator que se deve comentar, refere-se à questão da velocidade de transmissão. Como o sistema tem maior aplicação em campos de prova onde os dados variam lentamente, como é o caso do nível de uma represa ou até mesmo a temperatura de uma sala, localizada em um pico de uma montanha, onde, por exemplo, a mesma abriga uma estação repetidora de microondas. Desta forma pode-se dizer, que em campos de prova como estes, os dados coletados variam muito lentamente, não havendo portanto, necessidade de transportá-los tão rapidamente. Com isto consegue-se uma precisão maior no sistema todo,

pois o mesmo pode funcionar em baixa velocidade. Pois, sabe-se, que nestas condições a incidência de ruídos e interferências é bem menor.

Por outro lado, se a aplicação deste sistema se restringisse à comunicações entre dois computadores, funcionando como modem ligado a internet, o enfoque seria outro, pois em tal situação, o fator velocidade torna-se extremamente importante, e merece estudos mais aprimorados no que tange as técnicas de compressão digital.

Já no Capítulo 4 foram abordados todos os circuitos existentes na unidade central. Esta unidade é responsável pela recepção, tratamento e análise dos dados enviados pela unidade remota. Esta unidade contém também o circuito de interrogação, que tem a função de enviar um comando para a unidade remota e reprogramá-la, afim de que a mesma passe a enviar somente os dados de interesse da unidade central. Com este circuito, há a possibilidade de se programar a unidade remota, através da unidade central, para que a mesma envie somente um determinado canal que por ventura necessite de maior velocidade que a normal, em um determinado momento.

Na situação descrita, este determinado canal passaria a ter uma velocidade oito (8) vezes maior que em situação normal, pois o tempo que o sistema consumiria para enviar os oito (8) canais, o mesmo enviaria apenas um (1) canal, oito (8) vezes. Esta situação em casos de emergência é fundamental, pois o operador ou gerente de um sistema de tele-supervisão, tem a possibilidade de tomar decisões mais acertadas e rápidas.

Voltando-se ao trabalho, pode-se concluir esta introdução, dizendo que o mesmo se aplica em todos os setores onde há a necessidade de se fazer uma telemedição, um telecomando, uma teleinformação e principalmente em setores que irão propiciar o bem estar e a comodidade de vida e lazer ao ser humano.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

2.1-Introdução

Este trabalho apresenta um sistema de aquisição e transmissão de dados. Os dados dos sensores são devidamente tratados, convertidos de analógico para digital e transmitidos à uma unidade central de processamento e análise dos dados.

Para o sistema de aquisição de dados desenvolvido, há uma vasta gama de aplicações. Dentre elas pode-se destacar, a observação das condições físicas de um atleta submetido a testes práticos. Num jogador de futebol em um treino, poderiam ser medidas as pulsações cardíacas, a pressão arterial, a pressão que os músculos da perna exercem, a força de impacto do chute, etc. Todos estes dados e mais outros podem ser analisados quase que simultaneamente ao instante em que eles acontecem, em uma tela de computador, observados por técnicos e médicos da equipe.

O sistema desenvolvido também poderá ser aplicado na indústria, para coletar dados em locais de difícil acesso durante o funcionamento de uma determinada máquina. Pode ser utilizado também para sensorar a variação do nível d'água, ou o nível pluviométrico de uma determinada hidrelétrica, pois estes são dados fundamentais para o operador do sistema decidir se abre mais ou menos as comportas desta determinada represa.

Desta forma, o sistema desenvolvido poderá ser aplicado em muitas outras áreas, pois o mesmo consegue sensorar e fazer aquisição de quaisquer oito canais de dados, bastando para isto, que os sensores entreguem para o sistema, sinais variando de 0 a 5 V. Uma outra

versatilidade que o sistema apresenta, é a possibilidade de expandir o número de canais, de 8 para 16, 24, etc, fazendo-se apenas pequenas modificações na estrutura do hardware.

Os oito canais de sinais analógicos, serão aplicados à um conversor analógico digital, o qual tem uma precisão de oito bits. Os dados provenientes do conversor analógico digital (ADC) são encaminhados para o circuito multiplexador, de onde são liberados serialmente, pelo contador de endereço.

Os sistemas de transmissão utilizados assumem as mais variadas configurações, ficando intimamente ligados, ao tipo de informação que se pretende transmitir. E como o sistema envolve quase que sempre, uma unidade central e outra remota, é extremamente fundamental também, que as duas unidades estejam sincronizadas, tornando-se necessário a inclusão de um sistema de sincronismo entre as duas unidades.

Após multiplexagem, os dados, na forma serial, são aplicados ao circuito “gerador da palavra de controle”. Neste circuito, os oito bits de dados serão inseridos numa palavra de controle composta por 16 bits, sendo que os dois primeiros são bits em nível lógico “zero” e são chamados de “START”. Os três bits seguintes são bits de endereçamento, os quais irão identificar na unidade central, a que canal pertencem os dados transmitidos. A seguir tem-se os oito bits de dados . propriamente ditos, seguidos por um bit de paridade, pelo qual será possível detectar falhas na transmissão. Por último tem-se mais dois bits em nível lógico “um”, que representam o fim da transmissão daquele canal específico.

Os sinais provenientes do gerador da palavra de controle podem então ser modulados, e neste caso optou-se pela modulação Frequency Shift Keying-FSK, que significa frequência deslocada por chaveamento [EX79]. Dependendo do canal, os dados poderão então ser transmitidos pelo ar, através de transmissores de rádios, ou por linhas físicas, tais como cabos coaxiais, linhas telefônicas ou fibras ópticas, conforme descrito no , Apêndice A.

No receptor deverá ser feita inicialmente a demodulação FSK do sinal, a fim de recuperar a forma digital dos dados previamente transmitidos. Em seguida, estes dados são aplicados à uma placa de aquisição de dados, ligada ao computador, o qual irá fazer o

tratamento dos sinais e apresentá-los na tela, de uma maneira intelegível e atualizada para o operador do sistema.

Também na unidade central, foi desenvolvido um circuito denominado interrogador, o qual tem a função específica de solicitar a transmissão de apenas um canal dentre os oito canais disponíveis na unidade remota. Para isto, foi desenvolvido um circuito programador de endereço na unidade central e outro na unidade remota. Esta versatilidade exigiu um transmissor na unidade central e um receptor na unidade remota, especificamente para se fazer a solicitação de um determinado canal, mantendo-se assim um endereçamento fixo na unidade remota até que um novo comando para executar a varredura seja recebido.

A Figura 2.1 apresenta o diagrama em blocos da unidade remota. Nesta unidade o conversor analógico-digital, converte os dados analógicos provenientes dos sensores e os encaminha para o circuito multiplexador, os quais em seguida passarão pelo modulador de FSK e transmitidos para a unidade central.

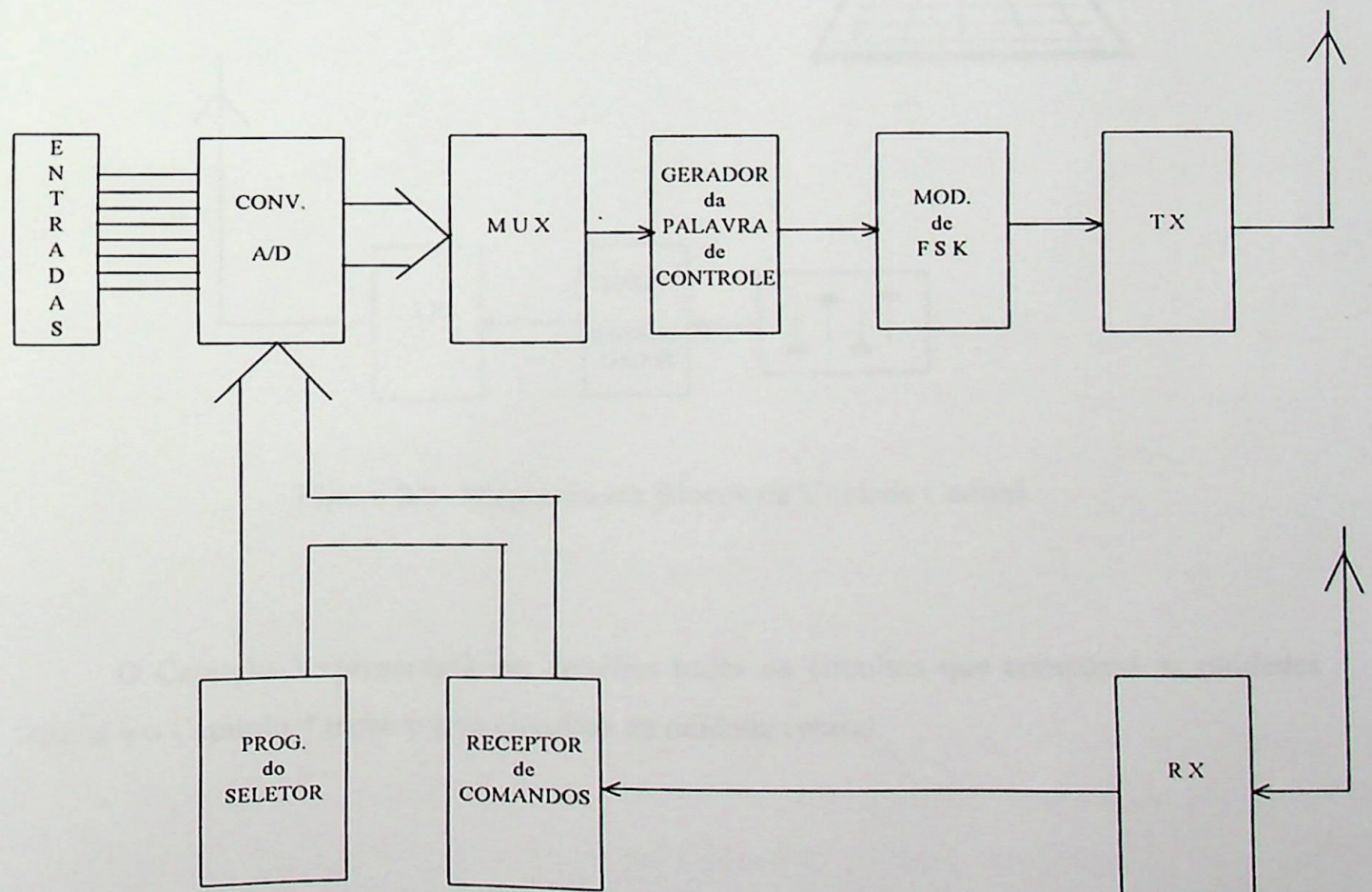


Figura 2.1- Diagrama em Blocos da Unidade Remota.

O diagrama em blocos da unidade central é mostrado na Figura 2.2. Na unidade central os dados que chegam no receptor, estão modulados em FSK. Os dados são demodulados e encaminhados ao computador. Na unidade central existe também um circuito de interrogação, para propiciar à unidade central um pequeno controle sobre a unidade remota no que se refere ao envio de dados.

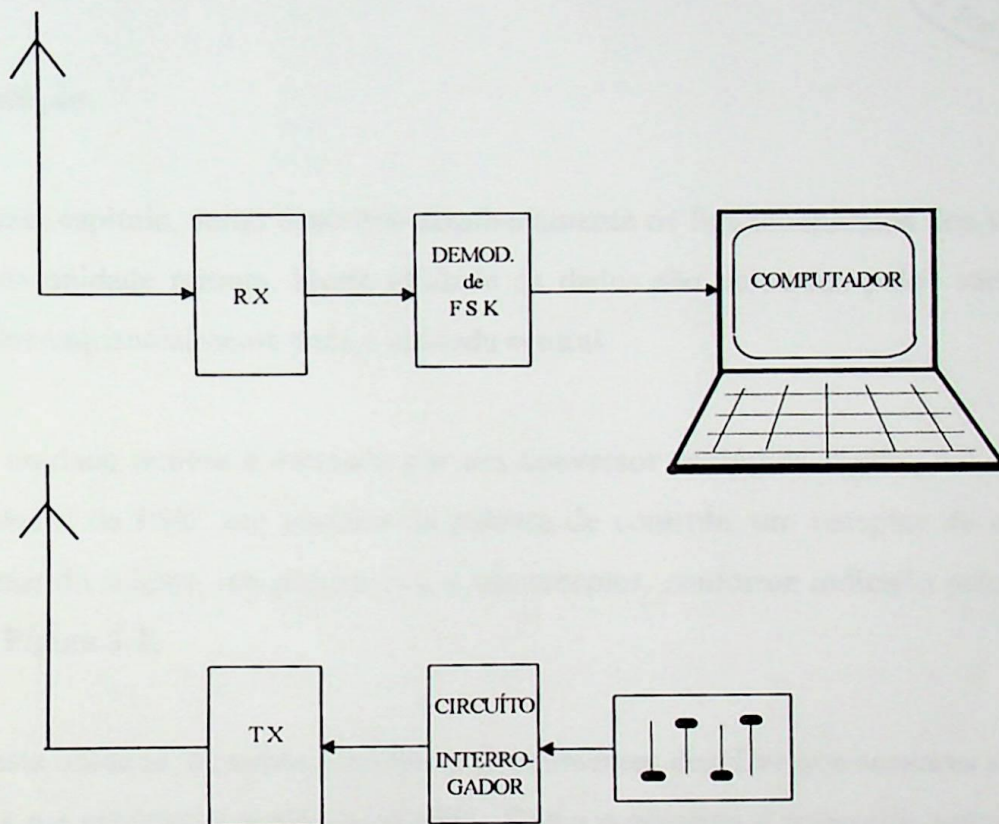


Figura 2.2- Diagrama em Blocos da Unidade Central.

O Capítulo 3 apresentará em detalhes todos os circuitos que compõem as unidades remota e o Capítulo 4 mostrará os circuitos da unidade central.

CAPÍTULO 3

UNIDADE REMOTA



3.1-Introdução

Neste capítulo, serão descritos detalhadamente os funcionamentos dos vários blocos e circuitos da unidade remota. Nesta unidade os dados são coletados pelos vários sensores e transmitidos sequencialmente para a unidade central.

A unidade remota é formada por um conversor analógico-digital, um multiplexador, um modulador de FSK, um gerador da palavra de controle, um receptor de comandos, um programador do seletor, um transmissor e um receptor, conforme indicado pelo diagrama em blocos da Figura 3.1.

Nesta unidade, os sinais analógicos provenientes dos diversos sensores são coletados e será feita a sua conversão analógica-digital. Como o objetivo é transmitir todos os dados por apenas um canal, é necessário que se realize uma multiplexação destes sinais, e isto é feito no circuito multiplexador. Nesta etapa torna-se necessário embutir à palavra de dados, alguns bits de controle e de sincronismo, através do gerador da palavra de controle. Na sequência, os dados são modulados em FSK e enviados através do transmissor.

Observa-se também nesta unidade, dois outros blocos que são o receptor de comandos e o programador do seletor, os quais irão receber os comandos da unidade central e preparar a unidade remota para enviar somente um canal especificado pela unidade central.

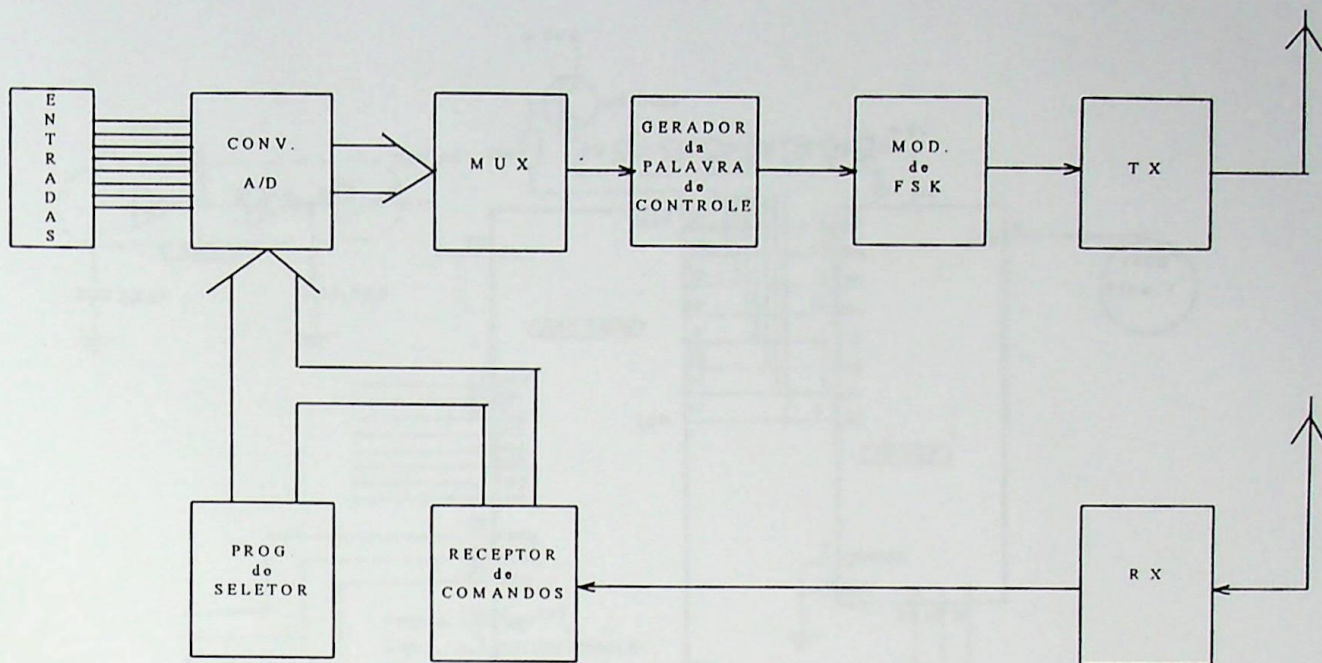


Figura 3.1- Diagrama em Blocos da Unidade Remota.

3.2- Conversor Analógico Digital

Os dados a serem transmitidos, inicialmente estão na forma analógica, pois representam resultados de medidas de grandezas físicas aleatórias e independentes do tempo. Como o sistema é composto, na sua grande maioria por circuitos digitais, torna-se necessário a conversão analógico-digital do sinal. Esta conversão é realizada através do circuito conversor Analógico-Digital apresentado na Figura 3.2.

O conversor Analógico-Digital é composto por um circuito integrado ADC-0808, cuja frequência de "clock" é de 500 (Khz). Este conversor possui oito entradas analógicas, que podem variar de 0 a 5 V, três bits de endereçamento, 8 pinos de saída, 2 pinos para tensão de referência e 1 pino para Start. O ADC-0808, utiliza a técnica de conversão por aproximações sucessivas. A frequência de clock de 500 KHz é gerada pelo Schmitt-Trigger 7414.

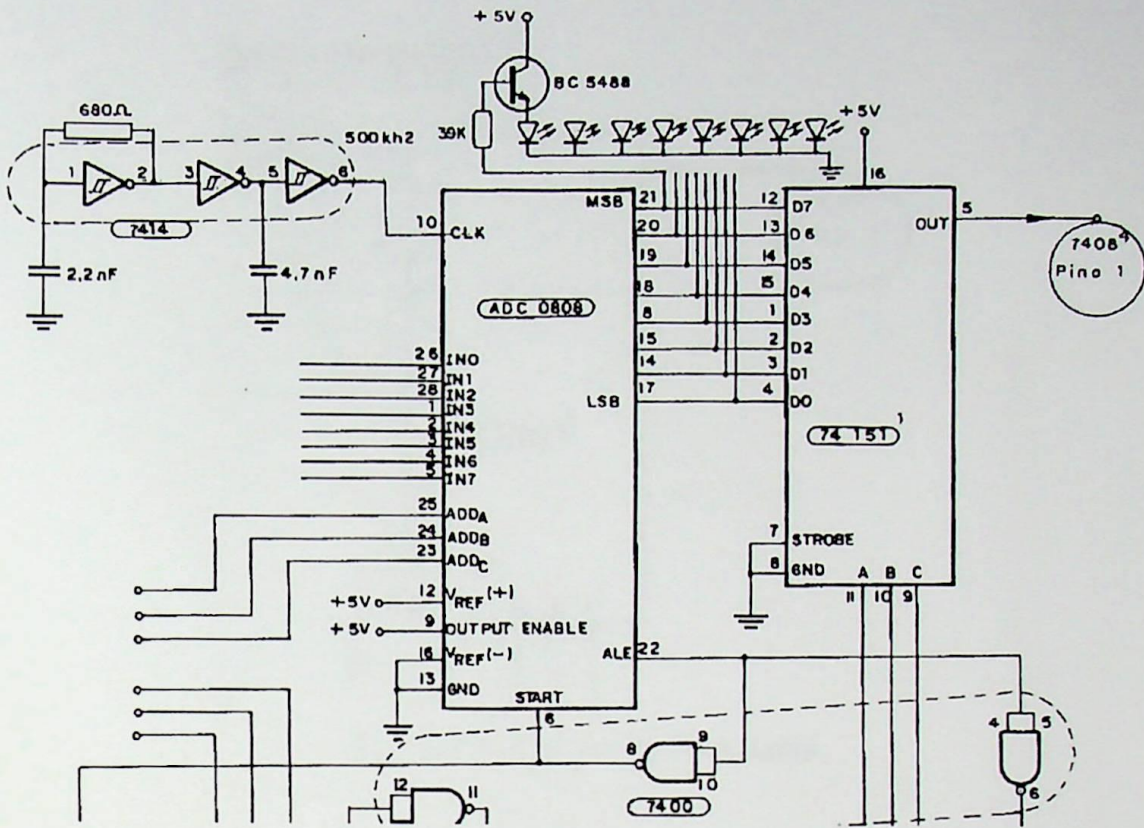


Figura 3.2- Circuito do Conversor Analógico-Digital.

3.3-Multiplexador

Como os dados provenientes do conversor Analógico-Digital deverão ser enviados por um único canal, há a necessidade de se fazer a sua multiplexagem. Esta multiplexagem se realiza através do fracionamento em tempo de transmissão de cada canal, ou seja, em cada instante se transmite um dos oito bits em cada canal. Desta forma, há oito canais analógicos que serão convertidos cada um, em oito bits, os quais completarão um ciclo de 64 amostras, ou bits transmitidos.

A Figura 3.3 ilustra o circuito multiplexador, que consiste basicamente de um shift register associado a dois contadores que realizam a varredura ordenada dos 64 bits de dados provenientes do conversor analógico digital. Desta forma, na saída do multiplexador tem-se os dados no formato serial, prontos para serem transmitidos.

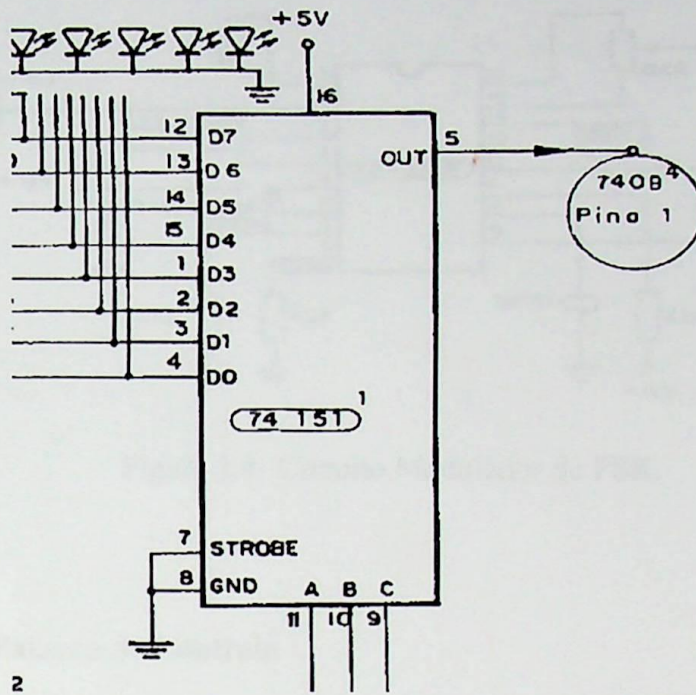


Figura 3.3- Circuito Multiplexador.

3.4-Modulador a FSK

Os dados provenientes do multiplexador devem ser transmitidos através de um canal de comunicação. Para isto, utilizou-se a modulação Frequency Shift Keying-FSK.

Conforme indicado pela Figura 3.4, a modulação FSK é realizada pelo CI XR-2206 operando a uma taxa de 1200 Baud [EX79]. Neste circuito está sendo utilizada a saída senoidal. Após a modulação FSK, o sinal deve ser modulado para ser transmitido à unidade central. Neste trabalho utilizou-se um transmissor de rádio, no qual é feita uma modulação em amplitude a uma frequência de 27 MHz e transmitida por um sistema irradiante.

A frequência de 27 MHz, foi escolhida principalmente pela facilidade de encontrarmos no comércio, rádios operando nesta faixa. Mas da mesma forma que foi utilizado o "meio ar", poderia ter sido utilizado qualquer outro meio, pois o importante é que o sinal atinja o destino sem distorção e sem perda da inteligibilidade.

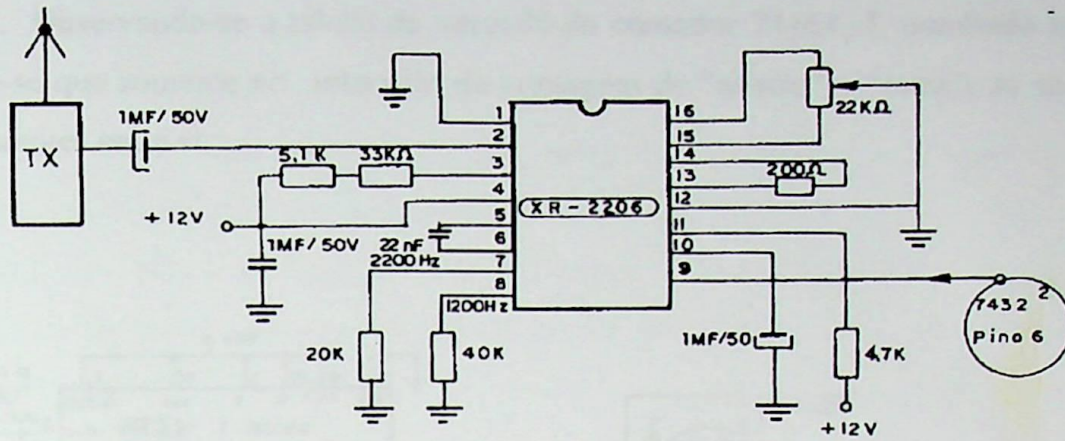


Figura 3.4- Circuito Modulador de FSK.

3.5-Gerador da Palavra de Controle

Este circuito é formado por um contador síncrono de 4 bits, excitado por um sinal de clock de 2 Hz. A função deste circuito é a de associar, antes e depois do sinal de dados, vários outros bits que irão determinar o início da transmissão, o endereço do dado está sendo transmitido, a paridade e o final da transmissão.

A Figura 3.5 apresenta o diagrama esquemático do circuito gerador de palavra de controle. O Circuito Integrado CI-74161₁ é um contador em anel de 4 bits, que realiza a contagem de 0 a 15 durante um ciclo de trabalho. Para o valor de contagem “zero”, o flip-flop D (7474₁) será zerado, o que leva a sua saída Q para o nível lógico 0.

No próximo pulso de clock, o contador será incrementado para a contagem “um” e será habilitada a transferência para a saída do bit que representa o “ADD A”, através das portas lógicas 7411₁-I, 7408₁-II e 7408₃-I, respectivamente. Nos próximos dois pulsos de clock serão habilitados os bits que representam o “ADD B e ADD C”, através das portas lógicas 7411₁-III, 7408₂-I e 7408₃-II para o ADD B, e 7411₁-III, 7408₂-II e 7408₃-III para o ADD C, respectivamente.

Os oito pulsos de clock seguintes irão propiciar a transferência dos oito bits de dados para a saída. Esta transferência é realizada através da habilitação das portas lógicas 7486₁-I e

7408₄-I. Observando-se a tabela da verdade do contador 74161₁-I, mostrada na Tabela 3.1, percebe-se que somente no intervalo de contagem de “quatro” a “onze”, as saídas Q_C e Q_D são diferentes entre si.

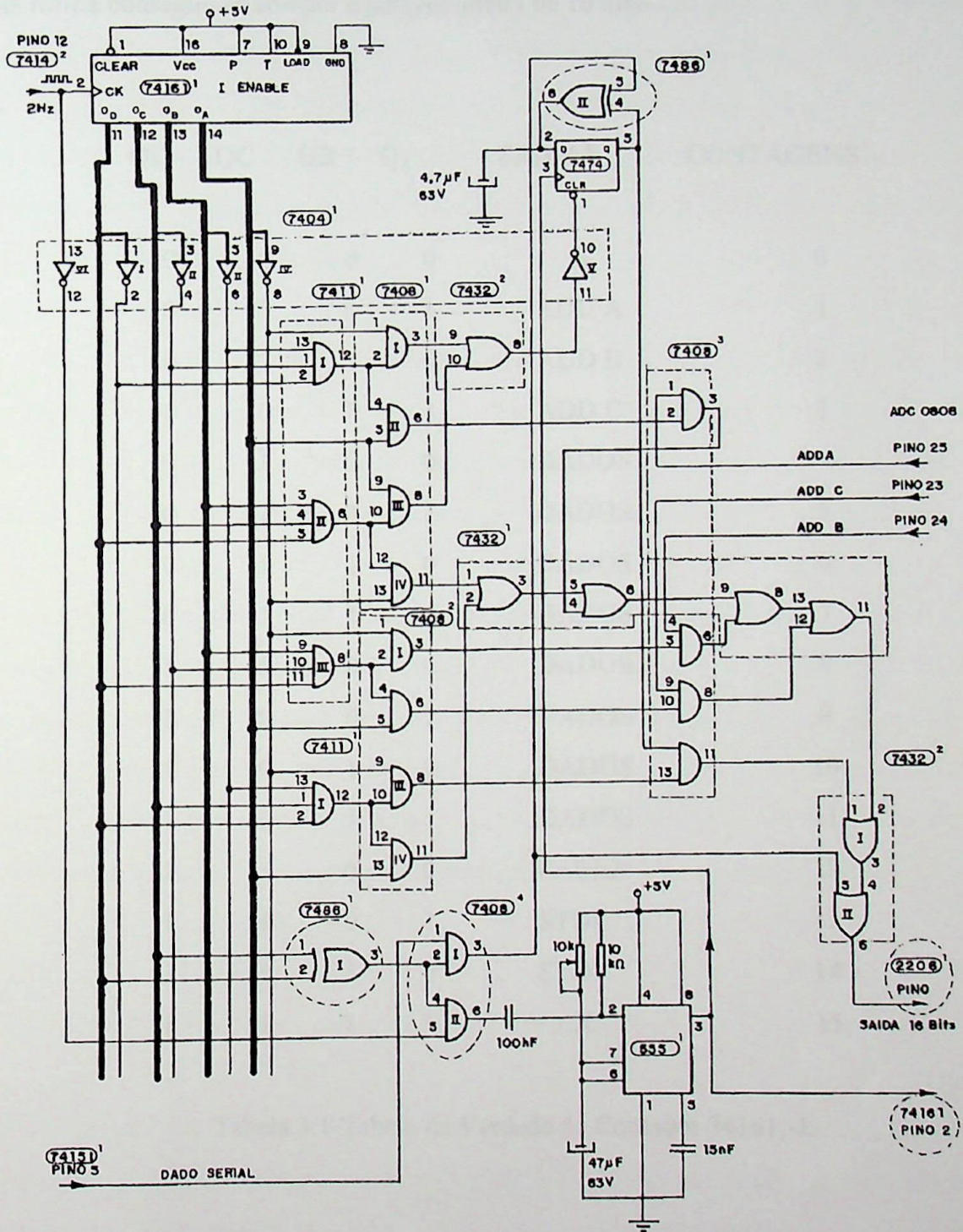


Figura 3.5- Circuito Gerador da Palavra de Controle.

Assim sendo, a porta Ou-Exclusiva 7486₁-I conectada nestas duas saídas será habilitada somente neste intervalo. Em seguida à transferência dos dados, o pulso de clock seguinte, correspondente ao valor da contagem 12 irá realizar a transferência do bit de paridade, o qual irá habilitar as portas 7411₂-I, 7408₂-III e 7408₃-IV. E por último tem-se habilitação dos pulsos de Stop, através das portas 7411₂-I, 7408₂-IV, 7411₁-II e 7408₁-IV. Desta forma consegue-se compor a palavra inteira de 16 bits.

QD	QC	QB	QA	SAÍDAS	CONTAGENS
0	0	0	0	X	0
0	0	0	1	ADD A	1
0	0	1	0	ADD B	2
0	0	1	1	ADD C	3
0	1	0	0	DADOS	4
0	1	0	1	DADOS	5
0	1	1	0	DADOS	6
0	1	1	1	DADOS	7
1	0	0	0	DADOS	8
1	0	0	1	DADOS	9
1	0	1	0	DADOS	10
1	0	1	1	DADOS	11
1	1	0	0	PARID.	12
1	1	0	1	STOP	13
1	1	1	0	STOP	14
1	1	1	1	X	15

Tabela 3.1-Tabela da Verdade do Contador 74161₁-I.

Um outro circuito a ser descrito é o gerador de paridade, formado pelo 7474₁-I e 7486₁-II. O gerador de paridade deve gerar bit que complementa a quantidade de bits 1 da

palavra de dados transmitida. Neste projeto foi adotada a paridade par, no qual o gerador de paridade adiciona um bit 1 toda vez que a quantidade de bits 1 da palavra de dados for ímpar. E da mesma forma, o mesmo deve gerar um bit 0 toda vez que a quantidade de bits 1 da palavra de dados for par.

Durante o pulso que de Start, aplica-se um nível lógico zero na entrada de clear do 7474₁-I, levando a sua saída para o nível lógico zero, a qual está ligada às portas 7411₁-I e II, 7408₁-I e III, 7432₂-III e 7404₁-V. Inicialmente, a saída do flip-flop 7474₁-I está em zero e supondo-se que o sinal de dado proveniente do 7408₄-I seja também zero, a saída do flip-flop permanece em nível lógico zero após o pulso de clock, pois a Ou-Exclusiva fornece nível lógico 0 para a entrada do flip-flop.

Por outro lado, se o sinal de dado for 1, a entrada do flip-flop fica em nível lógico 1, e conseqüentemente, após o pulso de clock, o flip-flop assume também nível lógico 1 em sua saída. E assim sucessivamente, pois a cada novo bit de dado, a saída do flip-flop fica atualizada para representar sempre a paridade par do dado que está sendo transmitido.

O circuito monoestável no percurso do sinal de clock (7474₁-I e 74161₁) foi empregado para resolver um problema de falta de sincronismo entre o pulso de clock e as correspondentes saídas do contador 74161₁, pois o pulso de clock original proveniente do 7404₁-VI provocava sempre uma contagem a menos em um ciclo de 8, provocando erro de varredura do contador. Apesar de existir outros circuitos eliminadores de ruídos, somente este funcionou adequadamente, pois o monoestável tem somente um estado estável.

3.6-Receptor de Comandos e Programador do Seletor

Como o sistema é composto por duas unidades, sendo uma delas remota, há sempre a necessidade de que as mesmas operem segundo um certo sincronismo. O receptor de comandos e o programador do seletor foram desenvolvidos, exatamente para receber da unidade central os telecomandos necessários para programar a unidade remota, afim de que a mesma transmita para a unidade central somente o canal solicitado, visto que muitas vezes

pode haver a necessidade de se transmitir somente as informações de um determinado canal em detrimento aos demais, transmitindo-o oito vezes mais rápido que na transmissão normal.

A Figura 3.6 apresenta o circuito Receptor de Comandos e Programador do Seletor que são responsáveis pela recepção dos sinais de comando, provenientes da unidade central. Os sinais de comando são os três bits de endereçamento ADD_A , ADD_B e ADD_C e o bit de interrogação. A atuação destes circuitos se restringe exatamente em endereçar o conversor análogo-digital ADC-0808, pois no programador do seletor chegam, simultaneamente, os bits de endereçamento ADD_A , ADD_B , ADD_C e o bit de interrogação provenientes da unidade central e também os bits de endereçamento provenientes do contador 74161_2 .

Do exposto, o bit de interrogação proveniente da unidade central irá determinar se o endereçamento do ADC-0808 será feito pelos bits ADD_A , ADD_B e ADD_C ou pelos três bits provenientes do contador 74161_2 . Caso a opção seja feita para os bits ADD_A , ADD_B e ADD_C , tem-se o endereçamento do ADC-0808 fixado nestes três bits.

Estes dois circuitos irão receber os dados provenientes da unidade central, mais especificamente do circuito interrogador. Estes dados chegam à unidade remota via transmissor, meio de transmissão e receptor. A modulação deste sinal de interrogação, é feita utilizando-se a técnica de FSK, que é o mesmo processo utilizado para se fazer a transmissão dos dados propriamente ditos.

Os sinais modulados em FSK recebidos pela unidade remota são aplicados no demodulador de FSK (CI 2211₁) [EX79]. O sinal proveniente deste CI (pino 5), é um sinal digital com amplitude variando de 0 à 12 Volts, o qual terá que passar por uma etapa de interfaceamento para compatibilizar com os níveis digitais TTL. Este circuito de interface é formado pelos componentes R_1 , R_2 , C_1 e pelo transistor TR_1 , o qual também tem a função de inversor. O sinal no coletor de TR_1 , proveniente do circuito interrogador da unidade central, já na forma serial, é aplicado nos flip-flops 7474_1 e 7474_2 via portas lógicas 7400_2 e 7400_3 .

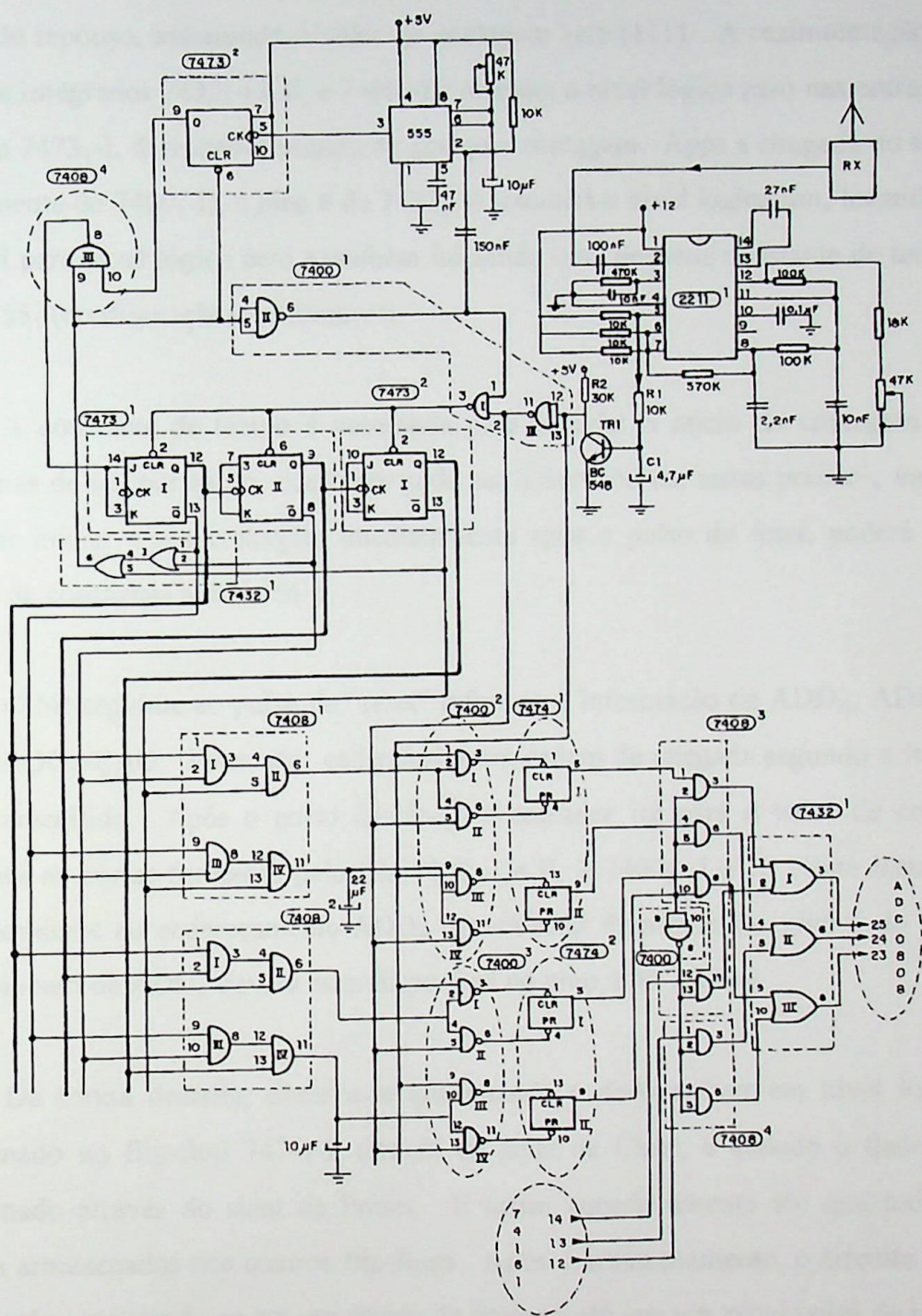


Figura 3.6-Circuitos Receptor de Comandos e Programador do Seletor.

O sinal proveniente do circuito interrogador é um sinal serial, e tem no primeiro bit o nível lógico um, que chegando no receptor de comandos, irá inicialmente fazer um reset dos flip-flops 7473₁ e 7473₂, preparando-os para os comandos a serem recebidos.

Antes da chegada do sinal de reset, o contador formado pelos 7473₁ e 7473₂ está no estado de repouso, assumindo o valor de contagem sete (111). A realimentação dada pelos circuitos integrados 7432₁-I e II, e 7408₄-III mantém o nível lógico zero nas entradas J e K do flip-flop 7473₁-I, deixando-o inibido de qualquer contagem. Após a chegada do sinal de reset (proveniente do 7400₁-I), o pino 6 do 7432₁-II assumirá o nível lógico um, levando a saída do 7400₁-II para nível lógico zero e também iniciando uma pequena constante de tempo, através do CI 555₁ (configuração monoestável).

A constante de tempo é necessária para retardar o início da contagem para evitar problemas de temporização, conforme pode ser observado em testes práticos, visto que se o contador iniciar a sua contagem imediatamente após o pulso de reset, poderá iniciar com valores de contagens aleatórios.

O bit seguinte ao pulso de “reset” refere-se à informação de ADD_A, ADD_B, ADD_C e INTERROGAÇÃO. Estes são cadenciados em ordem de chegada segundo a frequência do sinal transmitido. Após o pulso de clock, o contador irá para o valor de contagem 1 e habilitará as portas formadas pelo CIs 7408₁-I e II, e 7400₂- I e II. Neste instante, o dado correspondente ao endereçamento ADD_A deverá estar disponível no pino 5 do 7400₂-II e o complemento de ADD_A deverá estar disponível no pino 1 do 7400₂-I.

Da forma descrita, observa-se que quando o dado estiver em nível lógico 0, será armazenado no flip-flop 7474₁-I, através do sinal de Clear, e quando o dado for 1, será armazenado através do sinal de Preset. E assim sucessivamente até que todos os dados estejam armazenados nos quatro flip-flops. Após o armazenamento, o circuito anterior fica sem função, mantendo-se em um estado de repouso até que um novo pulso de comando seja recebido.

No último flip-flop (7474₂-II) está armazenada a informação que corresponde ao bit de interrogação. Se o valor deste bit for 0 ocorre a habilitação das portas 7408₃-IV e 7408₄-I e II, as quais irão apenas transferir os três bits de endereçamento provenientes do contador 74161₂ para as entradas de endereçamento do conversor Analógico-Digital ADC-0808. Se

este bit estiver em nível lógico 1, ocorre a habilitação das portas I, II e III do circuito integrado 7408₃, possibilitando assim, a transferência do endereçamento armazenado nos flip-flops 7474_{1-I} e II, e 7474_{2-I} para o conversor Analógico-Digital. Vale ressaltar que o endereço contido nestes flip-flops é aquele solicitado pela unidade central.

UNIDADE CENTRAL

Introdução

A unidade central é responsável por controlar, armazenar e processamento dos dados, além de controlar a comunicação com a unidade externa. A unidade central é controlada por um computador de 7408, um conversor analógico-digital, um conversor digital-analógico, um conversor de tensão e um conversor de frequência, todos controlados pela unidade central.

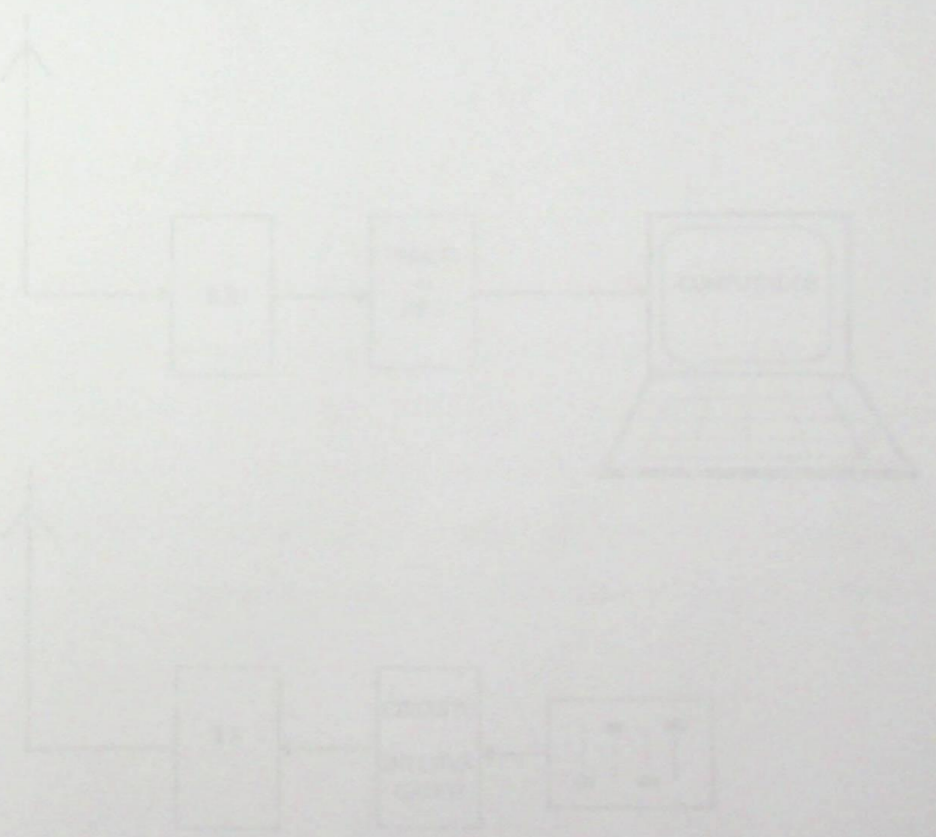


Figura 4.1 - Diagrama da Unidade Central.

CAPÍTULO 4

UNIDADE CENTRAL

4.1-Introdução

A unidade central é responsável pela recepção, decodificação e encaminhamento para o computador dos dados provenientes da unidade remota. A unidade central é formada por um receptor, um demodulador de FSK, um circuito interrogador, um transmissor, uma placa de aquisição de dados e um computador, conforme indicado pelo diagrama em blocos da Figura 4.1.

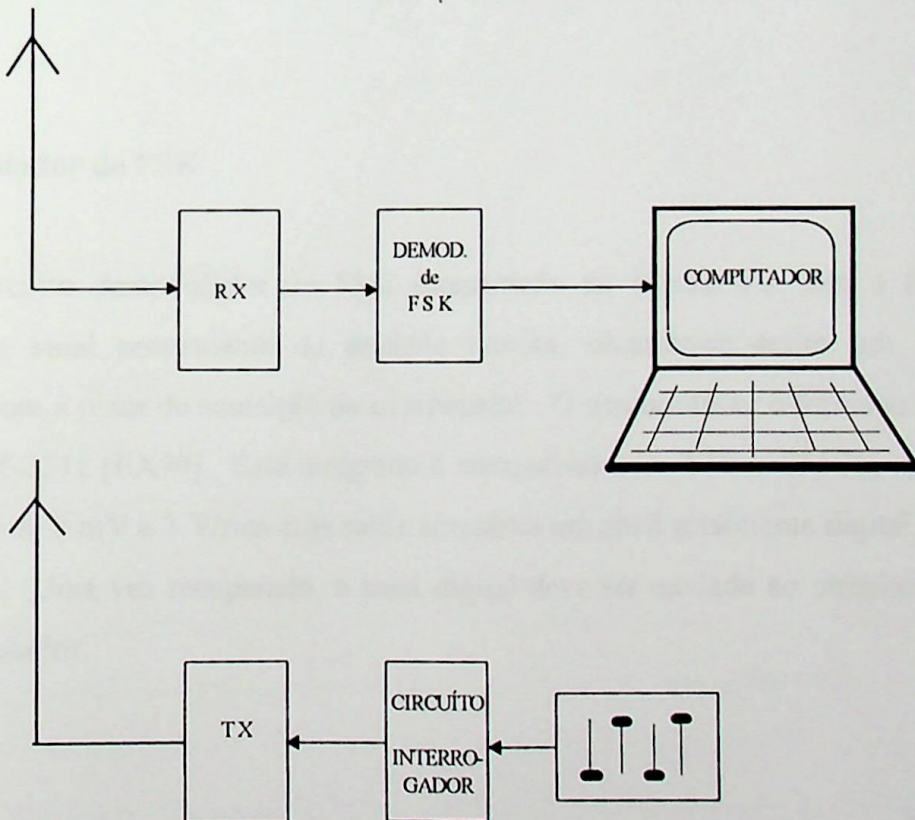


Figura 4.1-Diagrama em Blocos da Unidade Central.

Inicialmente, o sinal proveniente da unidade remota é recebido pelo receptor, e em seguida é transferido para o circuito demodulador de FSK. Já na forma digital, o sinal é enviado à placa de aquisição de um computador. A unidade central é composta também por mais dois outros blocos que são o circuito interrogador e o transmissor, os quais são os responsáveis pela solicitação das informações à unidade remota.

4.2-Receptor

Na unidade central este circuito é o responsável pelo sinal recebido, proveniente da unidade remota. Este circuito pode ser um receptor de rádio, um modem, um foto-acoplador, ou repouso qualquer outro tipo de circuito que permita a recepção do sinal transmitido pela unidade remota. Nesse trabalho foi dado ênfase ao transmissor e receptor de rádio por serem de fácil aquisição e pela versatilidade no processo da comunicação. Da mesma forma poderiam ser utilizado um cabo de fibras ópticas ou até mesmo uma linha telefônica.

4.3-Demodulador de FSK

O circuito demodulador de FSK apresentado na Figura 4.2, tem a finalidade de demodular o sinal proveniente da unidade remota, obtendo-se assim um sinal digital compatível com a placa de aquisição do computador. O demodulador é formado pelo circuito integrado XR-2211 [EX79]. Este integrado é compatível com TTL e CMOS, apresenta uma sensibilidade de 2 mV à 3 V/rms cuja saída apresenta um sinal totalmente digital, variando de 0 à 12 Volts. Uma vez recuperado, o sinal digital deve ser enviado ao circuito de interface com o computador.

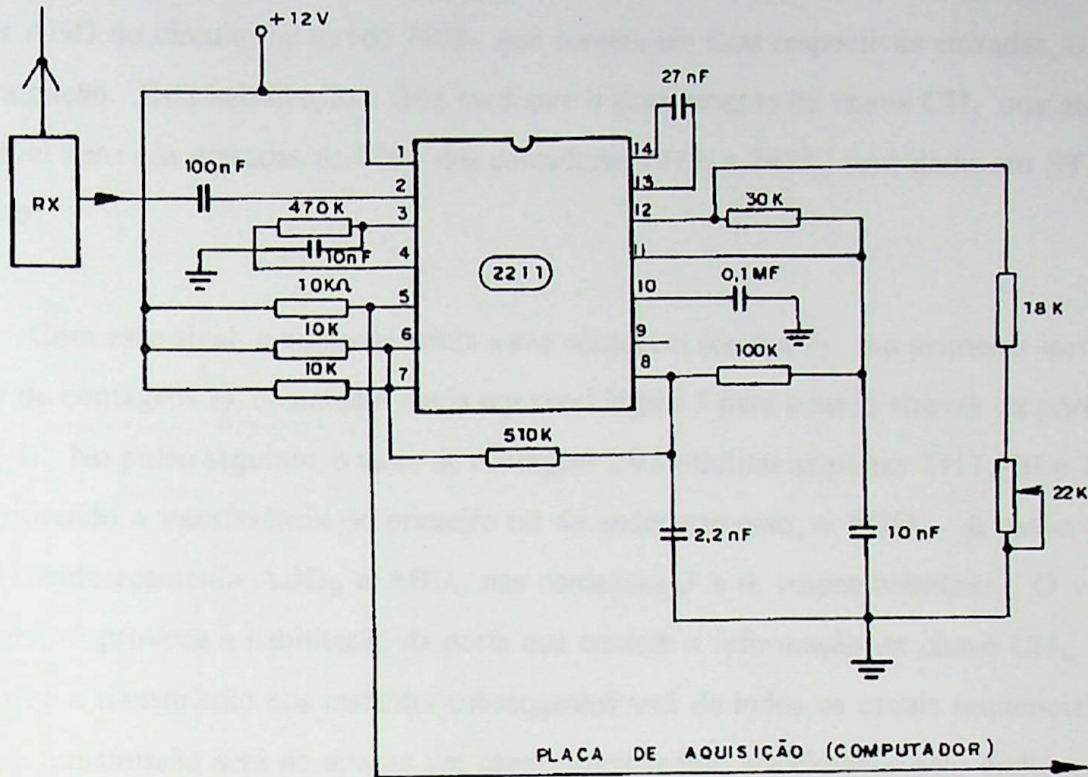


Figura 4.2- Circuito Demodulador de FSK.

4.4-Circuito Interrogador

Este circuito fica na unidade central e é responsável pela solicitação à unidade remota de qual canal deve ser transmitido. Desenvolveu-se, para isto, um circuito capaz de fazer uma programação remota do endereço do canal a ser transmitido pela unidade remota.

Como se pode observar pela Figura 4.3, inicialmente o contador assíncrono formado pelos circuitos integrados 7473₁ e 7473₂, em condição de repouso, fica com as suas saídas em nível lógico 1 devido à realimentação formada pelas portas 7432₁-I e II. Uma vez que esteja na condição de, o circuito pode ser programado através das chaves CH₁, CH₂, CH₃ e CH₄, correspondentes aos bits de endereçamento ADD_A, ADD_B e ADD_C, respectivamente. A chave CH₄ tem a função de definir para a unidade remota se a transmissão deve corresponder aos oito canais analógicos de dados, ou apenas um deles.

Os bits de programação são transmitidos seqüencialmente através da habilitação das portas AND do circuito integrado 7408₁, que contém em suas respectivas entradas, os bits de programação. Esta habilitação é feita mediante o acionamento da chave CH₅, que através de um nível zero nas entradas de Clear dos contadores 7473₁ e 7473₂, será dado um START ao circuito.

Com esse sinal, o contador inicia a sua contagem (de 0 a 7). Ao primeiro incremento (valor de contagem 1), o contador envia um nível lógico 1 para a saída através da porta AND 7411₁-II. No pulso seguinte, o valor de contagem 2 irá habilitar as portas 7411₁-III e 7408₁-I, possibilitando a transferência do primeiro bit de endereçamento, o ADD_A. E assim para os bits de endereçamento ADD_B e ADD_C nas contagens 3 e 4, respectivamente. O valor de contagem 5 provoca a habilitação da porta que contém a informação da chave CH₄, que irá decidir se a transmissão nos instantes subsequentes será de todos os canais seqüencialmente, ou se a transmissão será de apenas um canal, previamente selecionado pelo endereçamento (ADD_A, ADD_B e ADD_C) enviado.

O transmissor é ativado, via circuito integrado 7432₃, somente durante o intervalo de tempo correspondente à transferência da programação. Isto é possível, pois a transmissão destes endereçamentos não precisa ser repetidamente enviada, não havendo portanto a necessidade de manter o transmissor ligado constantemente. Na unidade remota estes endereçamentos são armazenados em flip-flops até que um segundo comando seja enviado.

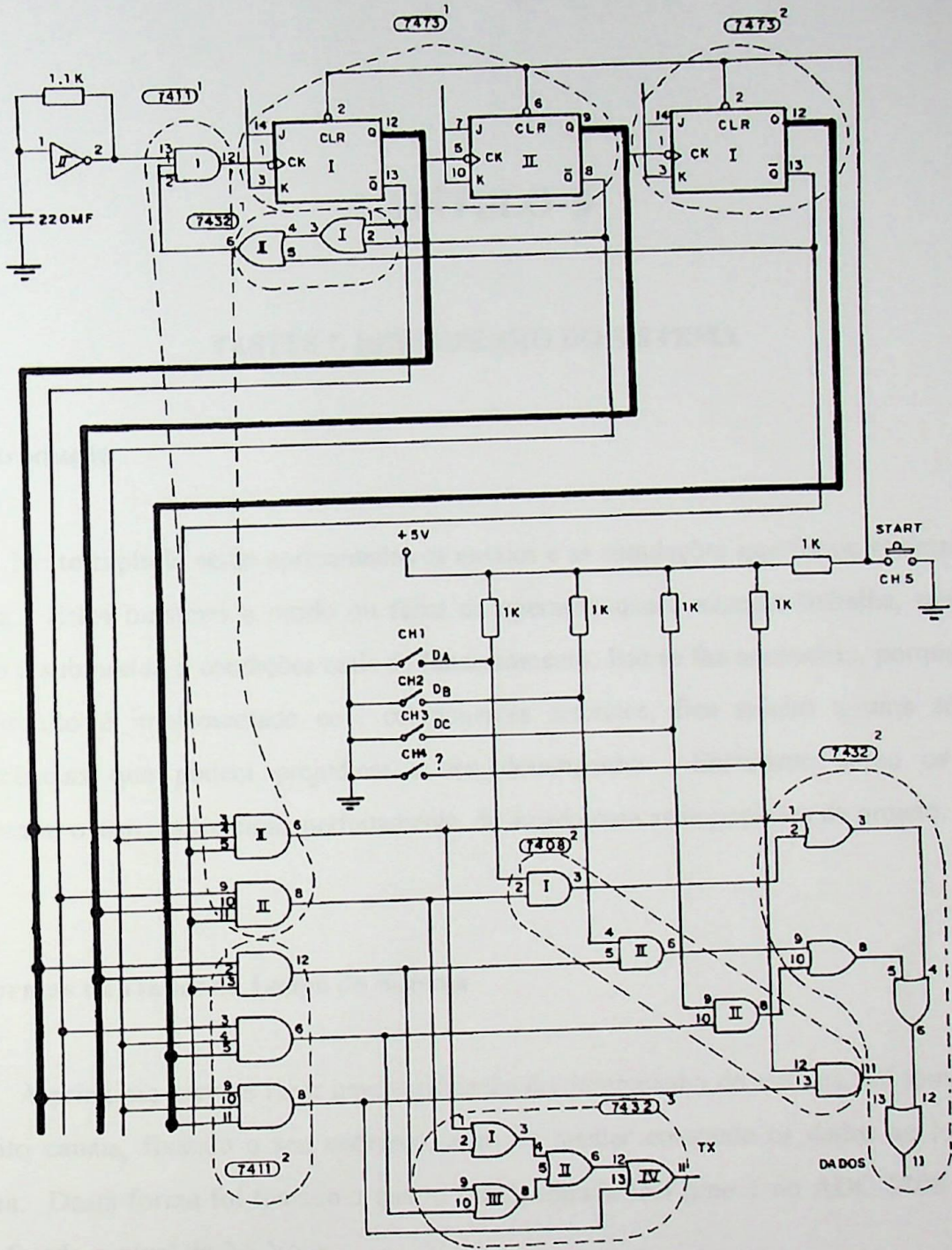


Figura 4.3- Circuito Interrogador.

CAPÍTULO 5

TESTES E DESEMPENHO DO SISTEMA

5.1-Introdução

Neste capítulo serão apresentados os ensaios e as simulações que foram realizados no sistema. Estes mostram o modo ou faixa de operação que o sistema trabalha, quando o mesmo é submetido à condições reais de funcionamento. Isto se faz necessário, porque como este circuito é implementado com componentes discretos, fica sujeito a uma série de interferências que podem prejudicar o seu desempenho. Entretanto como os testes mostraram, o sistema funciona perfeitamente, de acordo com as imposições de projeto.

5.2-Formas de Ondas ao Longo do Sistema

A princípio para se fazer uma verificação do desempenho do sistema, foi tomado um dos oito canais, fixando o seu endereço, afim de manter constante os dados ao longo do sistema. Desta forma foi tomado o quarto canal, entrada IN3 pino 1 do ADC-0808 (Figura 3.2) e fixado o nível de 2,5 Volts.

O primeiro ponto de observação foi tomado na saída do circuito multiplexador, pino 5 do 74151₁ (Figura 3.3), onde observa-se um sinal de oito bits correspondente ao nível de 2,5 Volts do canal analógico de entrada, Figura 5.1 (Forma de onda de baixo). Sendo que este nível corresponde, numa escala de 0 a 255, ao número $128_{(10)}$ ou $10000000_{(2)}$.

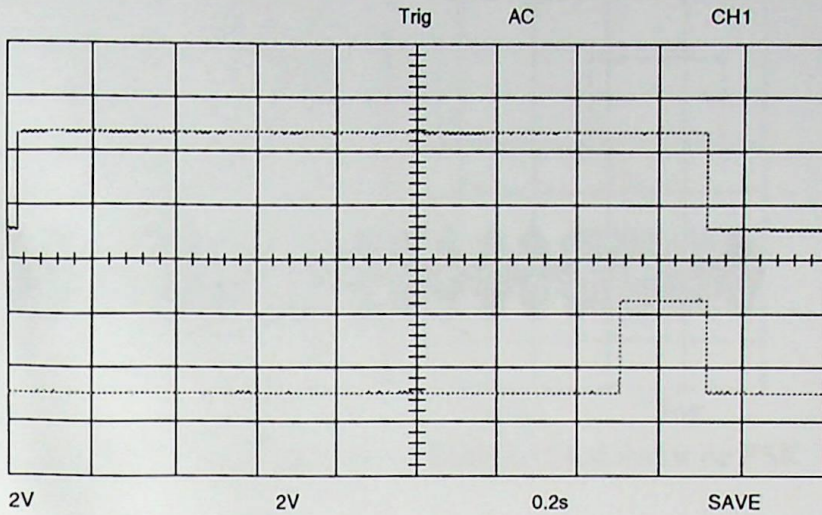


Figura 5.1- Sinal Digital na Saída do Multiplexador.

A próxima observação foi feita no pino 6 do 7432₂, do circuito gerador da palavra de controle (Figura 3.5), onde observa-se na Figura 5.2 (Forma de onda inferior), o mesmo sinal da Figura 5.1 acrescido da palavra de controle de 8 bits. Neste ponto o sinal já se encontra pronto para ser modulado em FSK e transmitido.

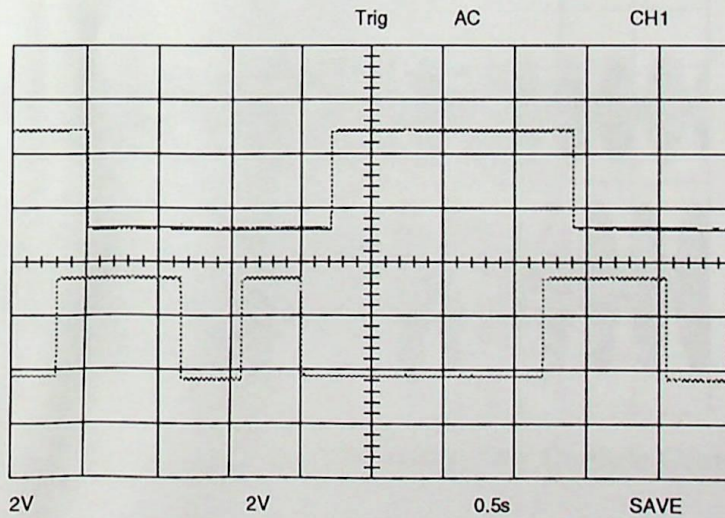


Figura 5.2 - Sinais de Controle e de Dados.

Já na Figura 5.3 (Forma de onda inferior), tem-se os sinais de controle e de dados, no formato analógico modulados em FSK, na saída do 2206₁ (Figura 3.4), prontos para ser enviado ao canal de transmissão, que neste caso particular é um canal de rádio.

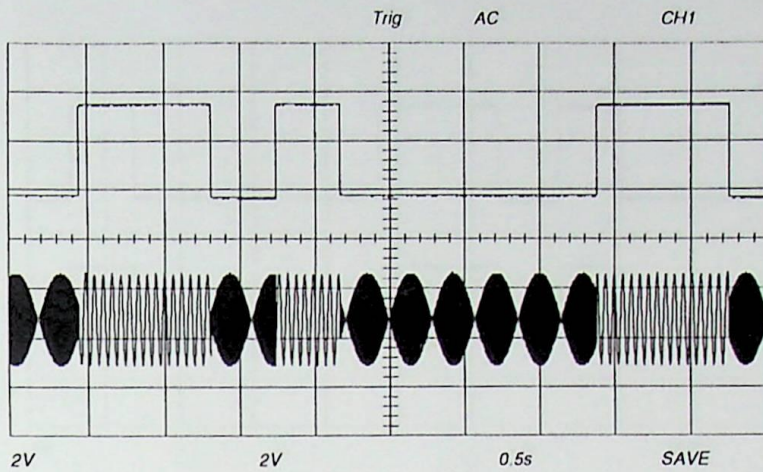


Figura 5.3 - Sinal Analógico na Saída do Modulador de FSK.

Na Figura 5.4, tem-se o mesmo sinal da Figura 5.3 recebido na unidade central, logo na saída do receptor de rádio e entrada do demodulador de FSK, pino 2 do 2211₁. A parte de cima é o sinal na unidade remota e a parte de baixo é o sinal recebido pela unidade central, depois de transmitido.

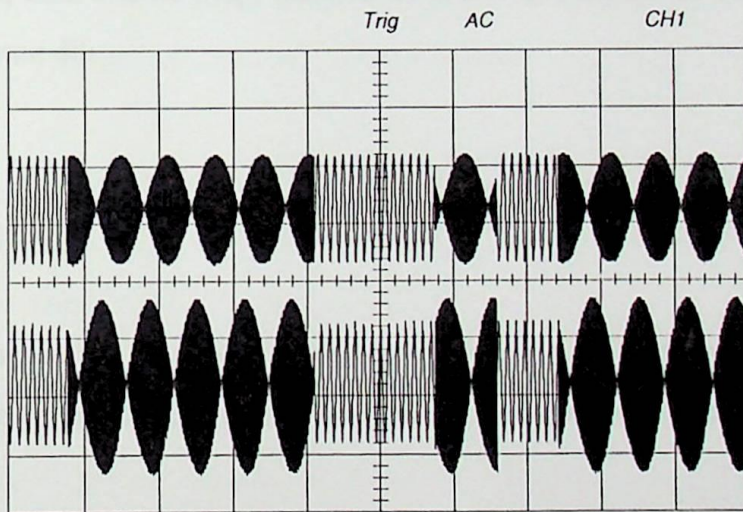


Figura 5.4 - Sinal Analógico Recebido Pela Unidade Central.

Por último tem-se na Figura 5.5, o sinal digital recuperado na saída do demodulador de FSK, pino 5 do 2211₁ (Figura 4.2), onde o mesmo será encaminhado ao computador para se fazer o tratamento dos dados, no programa de aquisição em Berland Delphi no Apêndice C.

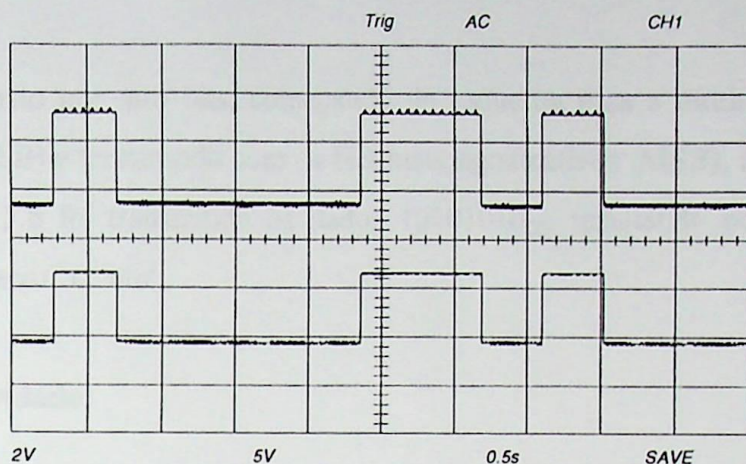


Figura 5.5 - Sinal de Controle e de Dados na Saída do Demodulador de FSK.

5.3-Sinal Composto

Este sinal representa praticamente todos os passos do sistema, nele estão incluídos os, dois bits de Start, dois bits de Stop, três bits de Endereço, um bit de Paridade e oito bits de Dados propriamente dito.

5.3.1-Bits de Start

Estes dois bits são de nível lógico zero e tem a função de fazer o reconhecimento do início da transmissão dos dados. Eles ocupam o terceiro nível lógico zero no segundo gráfico da Figura 5.6.

5.3.2-Bits de Endereço

É composto por três bits e ocupam a posição logo em seguida aos bits de Start. Na Figura 5.6 observa-se os três bits de endereço transmitindo o endereço do canal 4. A transmissão dos mesmos é necessária para se fazer o reconhecimento, na unidade central, de qual canal está sendo transmitido.

5.3.3-Dados

É composto por oito bits, começando da esquerda para a direita com os bit menos significativos (LSB) e terminando com os bits mais significativos (MSB), respectivamente. No caso da Figura 5.6 foi transmitido os dados $10101010_{(2)}$, resultando portanto em um sinal alternando em “zero” e “um”.

5.3.4-Bit de Paridade

Este bit aparece logo em seguida aos bits de dados e ele representa a paridade par somente dos sinais de dados. Na Figura 5.6 ele assume o nível zero pois o número de bits “um” da palavra de dados é par.

5.3.5-Bits de Stop

É formado por dois bits que assumem sempre o nível lógico um e eles aparecem logo em seguida ao bit de paridade, conforme ilustra a Figura 5.6 .

Como em seguida aos bits de stop virá novamente os bits de start, os mesmos em conjunto funcionam de forma a sincronizar o início de transmissão, através do software na unidade central (Apêndice C).

A foto ao final deste capítulo, ilustra o circuito prático montado e desenvolvido no laboratório de eletrônica. É possível visualizar com clareza os instrumentos utilizados, tais como, osciloscópio de memória, freqüencímetro, multímetro, rádios transceptores, fontes de alimentação, computador e os protoboards, em que foram montados os circuitos, que formam o Sistema Telecomandado Para Aquisição e Processamento de Dados.

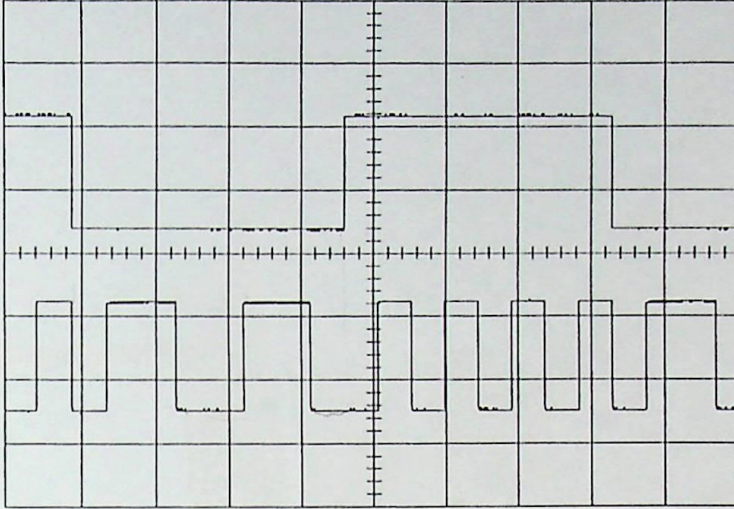
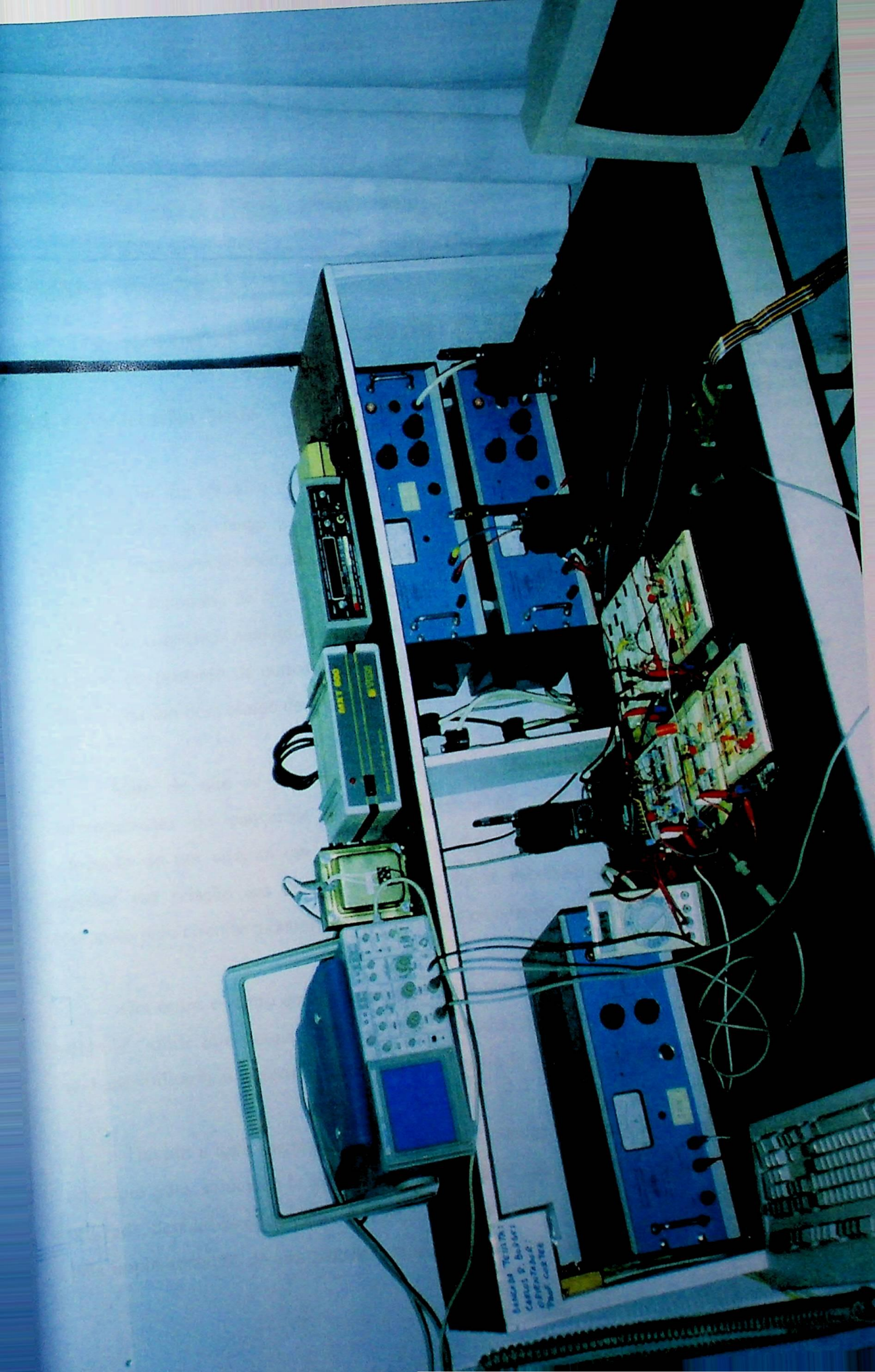


Figura 5.6 - Sinal composto.



BRUNNEN Technik
Gartenstr. 10
40789 Meerbusch
Tel. 0212 94 12 12

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA NOVOS TRABALHOS

6.1- Considerações Gerais

Por ser um trabalho desenvolvido em bancadas de laboratório, atravessou-se várias dificuldades no que tange a implementação prática dos circuitos. Inicialmente não se encontrou disponível no mercado, o conversor analógico-digital ADC-0811, que iria propiciar uma grande economia de circuitos na unidade remota, pois o mesmo se encontrado, faria o trabalho do conversor analógico-digital ADC-0808 e do circuito multiplexador 74151₁, não necessitando portanto de outros circuitos acessórios tais como o 74161₁ e 74161₂, os quais consumiram um bom tempo de pesquisa.

Afim de que se pudesse sanar o problema do ruído na linha de clock e de endereçamento do conversor analógico-digital e do “shift-register”, necessitou-se da colocação de um circuito um pouco obsoleto, mas por ter demonstrado um desempenho superior em relação aos demais do gênero, foi-se necessário implementá-lo, o qual é composto pelo circuito monoestável formado pelo circuito integrado 555₁.

Um outro circuito que se tornou um pouco trabalhoso, é o do “gerador da palavra de controle”, onde inicialmente se iria utilizar o circuito integrado 4017 da família CMOS, o qual possibilitaria uma certa versatilidade e economia de circuitos e potência.

Devido a uma incompatibilidade entre as famílias TTL e CMOS, incompatibilidade esta, que para solucioná-la consumiria uma área de circuitos igual ou superior a que foi utilizada, decidiu-se optar pela implementação com circuitos da mesma família. Daí optou-se pela implementação de um contador em anel de 0 a 15, o 74161₁, o qual iria cadenciar todos

os comandos e dados da palavra de controle, para que fossem transmitidos numa certa seqüência e velocidade que o sistema de transmissão exige.

Após a implementação do contador em anel, tudo se tornara mais fácil, pois o contador iria apenas habilitar ou desabilitar níveis lógicos, níveis estes, que formavam os comandos para o controle da transmissão.

Comandado por este contador, foi acoplado também um circuito gerador de paridade, o qual foi projetado para funcionar com paridade par, afim de detectar possíveis erros na transmissão. Este circuito, durante a transmissão dos oito (8) bits de dados, faz a leitura de cada um deles e gera o bit de paridade a partir desta leitura, de tal forma a manter sempre atualizado o bit de paridade, de forma que após a transmissão do último bit de dados, o bit mais significativo (MSB), o próximo bit a ser transmitido será o bit de paridade, contendo a informação de paridade par, dos oito (8) últimos bits de dados.

Encerrada esta parte de geração do sinal composto, passou-se a fazer o estudo sobre a transmissão do mesmo, pois até este ponto o sinal composto é formado apenas por uma seqüência de bits zeros (0) e uns (1), que a partir daí serão encaminhados para um circuito modulador de FSK, transformando-os em sinais analógicos em freqüências de 1200 Hz e 2200 Hz, respectivamente.

Neste ponto do sistema o sinal poderá ser transmitido por vários sistemas de transmissão, conforme abordado no Apêndice A. Foi escolhido para fazer testes e ensaios, o sistema de transmissão via-rádio, modulado em amplitude, utilizando uma freqüência de portadora em torno de 27 (MHz).

Obviamente quando o sistema for utilizado para outras aplicações, terá que ser feito um estudo, de qual sistema de transmissão melhor se adapta em tais condições.

Após a transmissão, feita pela unidade remota, os dados na forma analógica, recebidos na unidade central, terão que sofrer uma outra conversão que é de analógico para digital novamente, afim de que os mesmos possam ser encaminhados à placa de aquisição do

computador. Em seguida estes dados serão tratados por um programa de computador feito especificamente, para analisar este formato de dados transmitidos, de forma que, cada canal passa a ser exibido na tela do computador simultaneamente, plotando constantemente um gráfico correspondente à cada leitura realizada por cada sensor.

6.2- Sugestões Para Futuros Trabalhos de Pesquisa

O trabalho desenvolvido, assim como todo trabalho que envolve uma certa técnica, não representa o fim da linha no campo da tele-medição, pois o mesmo requer um certo aprimoramento específico em aplicações práticas dedicadas.

Desta forma, caso se deseje aplicá-lo em medidas pluviométricas, deve-se adaptá-lo para tal propósito levando-se em consideração todas as condições físicas e estruturais, afim de que o sistema desempenhe a sua função da melhor forma.

Caso haja a necessidade de aplicá-lo no ramo do atletismo, também terá que sofrer as adaptações necessárias, uma vez que é uma situação bastante diferente da primeira, pois nesta os sensores e a unidade remota, estarão em movimento e por estar em movimento, o sistema já exige que a transmissão seja feita via-rádio.

Caso o mesmo seja aplicado em uma rádio-sonda meteorológica, para coletar dados do meio ambiente, sustentada por um balão, ter-se-á que preocupar com a temperatura, vedação contra umidade e também com a velocidade de transmissão, que neste caso torna-se bastante importante, pois, a vida útil do balão é bastante pequena, em relação a quantidade de dados que o mesmo vai coletar.

Sendo assim pode-se dizer que o trabalho desenvolvido, não representa um fim, um protótipo com aplicação específica, mas sim um equipamento que serve como base para muitas outras aplicações, bastando para isto que se faça as adaptações necessárias.

E assim pode-se dizer que tem uma larga aplicação prática, em sistemas que utilizam a telemedição ou o telecomando. Desta forma sugere-se sim, uma continuidade deste trabalho em ramos específicos, bastando para isto que se tome como ponto de partida o ponto final do mesmo, não necessitando portanto, que sejam realizadas novas pesquisas em torno da unidade básica desenvolvida.

APÊNDICE A

PRINCIPAIS PARTES DO TELECOMANDO



APÊNDICE A

PRINCIPAIS MEIOS DE TRANSMISSÃO

Os principais meios de transmissão de sinal da unidade remota para a unidade central são o ar ou vácuo e as linhas físicas.

A1- Ar ou Vácuo

Com o passar do tempo vem-se utilizando vários meios para se realizar a propagação do sinal de um ponto A a um ponto B. Embora cada caso deva ser estudado isoladamente, nenhum outro meio é tão abrangente e eficiente quanto o ar ou vácuo para se fazer transmissões de rádio, razão pela qual é tão amplamente usado. Este meio já está pronto para ser usado, podendo ser empregado para qualquer distância.

Para transmissões à curta distância pode-se considerar, por exemplo, a visada direta e para transmissões a longas distâncias (intercontinentais, por exemplo), pode-se fazer através das comunicações por tropodifusão ou ionosférica, que utilizam as camadas da atmosfera, mais especificamente a troposfera e a ionosfera, como elemento para desviar o trajeto do campo eletromagnético de volta para a superfície terrestre [MA94].

Embora este meio seja eficiente, ao utilizá-lo, deve-se considerar muitos fatores que são determinantes no desempenho e funcionamento do sistema. O primeiro passo a ser analisado, seria a escolha da frequência a ser utilizada. Frequências muito altas, atravessam facilmente as camadas da atmosfera, sem sofrer nenhum desvio ou refração, ao passo que frequências muito baixas, sofrem maior refração e portanto provocam um desvio bem maior

no trajeto da onda eletromagnética, até o ponto em que o sinal volta totalmente à superfície terrestre, conforme ilustra a Figura A.1 [RA81].

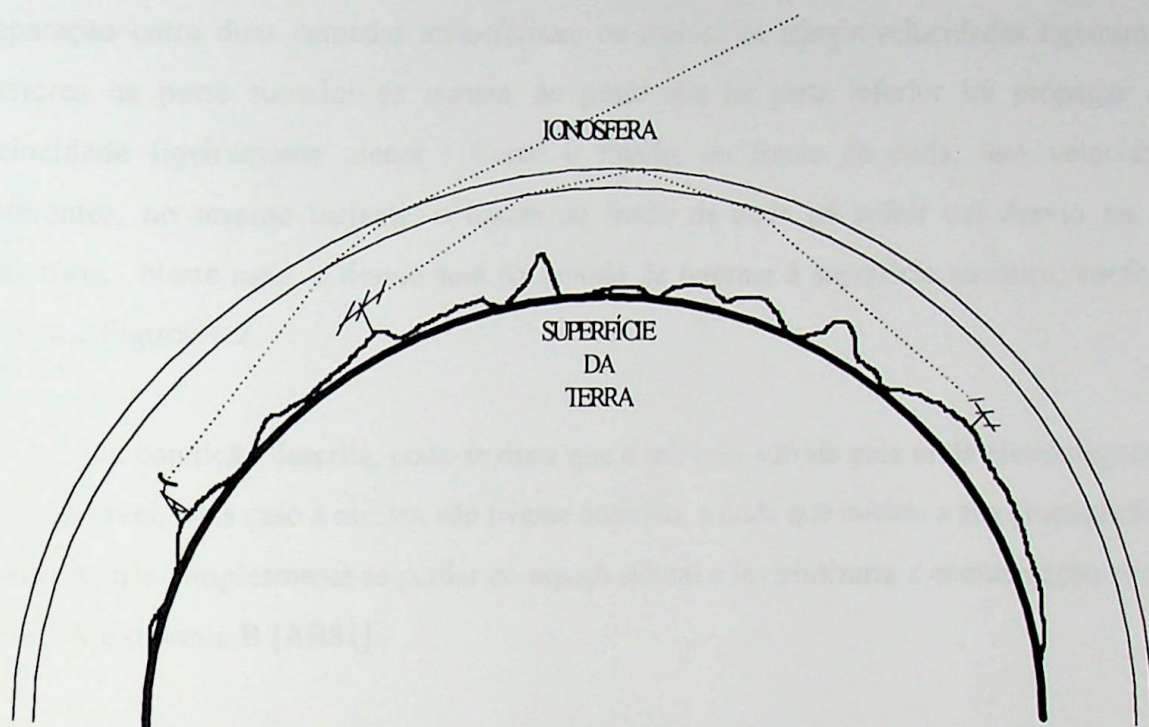


Figura A.1- Propagação Ionosférica.

O desvio no trajeto da onda eletromagnética é devido principalmente as diferenças dielétricas entre as camadas da atmosfera. Um fator determinante é exatamente a diferença de densidade atmosférica entre as camadas, visto que o ar se torna cada vez mais rarefeito a medida em que distância da superfície terrestre.

Do exposto, uma frente de onda incidindo transversalmente, em duas camadas da atmosfera, irá propagar diferentemente nos dois meios, uma vez que no meio mais denso (próximo a superfície terrestre) o campo magnético irá encontrar maior resistência à propagação do sinal.

Já no meio menos denso (mais distante da superfície terrestre) o campo eletromagnético irá encontrar uma dificuldade menor, pois tem menos ar, ou seja, menos matéria e portanto o campo eletromagnético se propaga mais rapidamente. No caso extremo,

onde não existe nenhuma partícula de matéria, que é o vácuo, o campo eletromagnético atinge a velocidade de 300.000 Km/s [RA81].

Dando continuidade, a frente de onda eletromagnética, ao incidir transversalmente na separação entre duas camadas atmosféricas, ou meios, irá atingir velocidades ligeiramente maiores na parte superior da mesma, ao passo que na parte inferior irá propagar com velocidade ligeiramente menor. Como o lóbulo, ou frente de onda, tem velocidades diferentes, no mesmo instante, o lóbulo ou frente de onda irá sofrer um desvio em sua trajetória. Neste caso, o desvio será no sentido de retornar à superfície terrestre, conforme ilustra a Figura A.2.

Na condição descrita, pode-se dizer que a refração sofrida pela onda eletromagnética, foi favorável, pois caso a mesma não tivesse ocorrido, a onda que iniciou a sua propagação no ponto A, iria simplesmente se perder no espaço sideral e inviabilizaria a comunicação entre o ponto A e o ponto B [AB81].

Uma outra alternativa para se contornar o problema da curvatura terrestre, seria a colocação de estações repetidoras ao longo do trajeto terrestre. Através destas, o sinal sempre caminharia em visada direta e ainda poderia ser aplicado um reforço ao sinal, afim de manter as suas características originais. A repetição do sinal pode ser feita por estações terrestres, assim como através de um satélite. Neste caso, a transmissão é de maior confiabilidade e eficiência, porém com um custo mais elevado. O uso de satélites permite que estações transmissoras e receptoras se localizem em qualquer lugar, dentro de sua área de abrangência.

Um outro fator a ser considerado se refere a faixa de frequências utilizadas para se fazer a transmissão dos dados. O espectro de frequências é subdividido em faixas, as quais apresentam características distintas [TE79]. O espectro de frequências é subdividido em:

ELF- Extremely Low Frequencies (Frequências Extremamente Baixas) - Nesta faixa, que vai de 300 Hz à 3KHz, ficam compreendidas basicamente as frequências assim de áudio e telefonia (ligação entre assinantes e central telefônica).

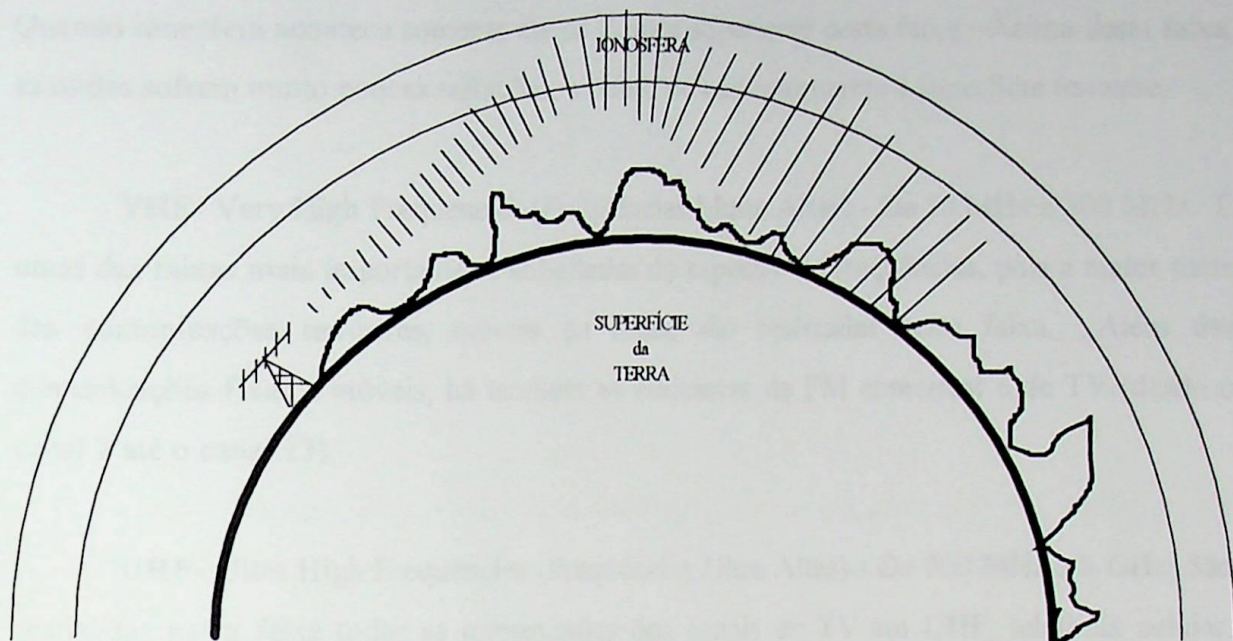


Figura A.2- Refração das Ondas Eletromagnéticas.

VLf- Very Low Frequencies (Frequências Muito Baixas) - Corresponde à faixa de 3 KHz a 30 KHz, englobando as frequências de áudio e de alguns tipos de comunicações marítimas, como por exemplo, a comunicação entre submarinos e estação terrestre. Isto se faz necessária, devido a alta densidade que o meio “água” apresenta.

LF- Low Frequencies (Frequências Baixas) - Vai desde 30 KHz até 300 KHz. É utilizada para comunicações marítimas e comunicações no interior de cavernas, no auxílio à pesquisadores de espeleologia.

MF- Medium Frequencies (Frequências Médias)- De 300 KHz a 3 MHz. É nesta faixa que se realizam as comunicações das emissoras de radiodifusão AM comercial e também algumas faixas de radioamadorismo.

HF- High Frequencies (Frequências Altas) - De 3 MHz a 30 MHz. As frequências desta faixa são utilizadas em radiodifusão de ondas curtas internacionais e também em comunicações fixas e móveis. Deve-se salientar que a comunicação por ondas refratadas pela

Quando ionosfera acontece somente até os limites superiores desta faixa. Acima desta faixa, as ondas sofrem muito poucas refrações, a ponto de não retornarem à superfície terrestre.

VHF- Very High Frequencies (Frequências Muito Altas) - De 30 MHz a 300 MHz. É umas das faixas mais importantes e solicitadas do espectro de frequências, pois a maior parte das comunicações terrestres, móveis ou fixas, são realizadas nesta faixa. Além das comunicações fixas e móveis, há também as emissoras de FM comercial e de TV (desde o canal 2 até o canal 13).

UHF- Ultra High Frequencies (Frequências Ultra Altas) - De 300 MHz a 3 GHz. São realizadas nesta faixa todas as transmissões dos canais de TV em UHF, telefonia celular, comunicações móveis e fixas, microondas e satélite para radioamadorismo.

SHF- Super High Frequencies (Frequências Super Altas) - De 3 GHz a 30 GHz. Esta faixa está tendo uma grande aplicação hoje em dia, pois praticamente todas as comunicações via satélite utilizam esta faixa. Também é utilizada em comunicações via estações terrestres, ponto a ponto, na faixa das microondas.

EHF- Extremely High Frequencies (Frequências Extremamente Altas) - De 30 GHz a 300 GHz. Esta faixa, por ser de frequências muito altas, está em fase de pesquisa.

INFRA-VERMELHO- De 300 GHz até 400 THz. Esta faixa de frequências é muito utilizada, hoje em dia, em aparelhos de controle remoto de TVs, aparelhos de som, alarmes, etc.

LUZ VISÍVEL- De 400 THz até 750 THz. Esta faixa de frequências é totalmente visível pelo olho humano.

ULTRA VIOLETA- De 750 THz à 30.000 THz. Utilizada em apagamento de memórias EPROM e tratamentos médicos.

RAIOS-X- De 30.000 THz até 300.000 THz. É utilizada em aplicações médicas e odontológicas.

RAIOS GAMA- Acima de 300.000 THz.

A2-Linha Física

Existem basicamente quatro tipos de linhas físicas: par-trançado (linha telefônica); cabo coaxial; guias de ondas e fibras ópticas. Cada uma apresenta vantagens e desvantagens, que dependem fundamentalmente do tipo de aplicação.

A2.1 - Par Trançado

O par trançado (linha telefônica), embora seja o menos eficiente, é utilizado em uma vasta gama de sistemas. Isto se deve principalmente ao seu baixo custo. Apesar de ser de baixa eficiência e muito limitado em termos de velocidade de transmissão e largura de faixa (BW), é de fácil construção e baixo custo, como se pode observar que até hoje a grande maioria das cidades ainda utilizam este meio para as ligações de telefones, de fac-símile (fax), computadores e outros.

O meio de transmissão é de importância fundamental para o desempenho de um sistema de comunicação. Não teria sentido, por exemplo, transmitir sinais de vídeo de altíssima definição através de um par-trançado, pois este tipo de transmissão exige uma alta taxa de transmissão de dados e o par trançado é limitado à largura de faixa de 4 KHz.

A2.2 - Linhas Coaxiais

As linhas coaxiais estão entre as mais comumente usadas de todas as linhas de transmissão, principalmente nas frequências mais elevadas, isto é em grande parte devido à construção conveniente e a blindagem entre os campos no interior e no exterior do cabo. A

gama de impedâncias que pode ser obtida mais convenientemente pelas linhas coaxiais varia entre 30 e 100 ohms.

Uma linha coaxial é totalmente envolvida por uma guarnição ou blindagem metálica, que é ligada à terra para servir de blindagem do condutor interno. A blindagem evita que sinais externos induzam alguma corrente no condutor central. As linhas blindadas geralmente possuem mais capacitâncias e mais perdas [TE79].

O “cabo coaxial”, que é o nome popular da linha coaxial, consiste basicamente de um condutor central envolvido por um dielétrico, que é completamente envolvido por uma blindagem metálica. Esta pode ser uma tubulação ou uma guarnição flexível, de cobre ou alumínio. Um revestimento de plástico é moldado sobre toda a linha, como uma camada protetora. Essa linha é praticamente imune a qualquer captação espúria, porque o condutor externo age como uma blindagem ligada à terra. Efetivamente, o condutor interno constitui um lado da linha, e a blindagem do condutor constitui o outro.

O cabo coaxial é usado em locais com ruído, ou onde a captação espúria dos sinais de interferência na linha constitui um problema, e onde linhas múltiplas devem ser estendidas próximas umas das outras. Nos sistemas de distribuição por cabos, o cabo coaxial constitui usualmente uma necessidade, a despeito de suas perdas.

A2.2.1 - Impedância Característica

Quando a linha de transmissão tem o comprimento de onda da frequência de sinal transportado, ela apresenta importantes propriedades, além de sua resistência. A pequena quantidade de indutância do condutor e a pequena capacitância entre os condutores são distribuídas ao longo de todo o comprimento da linha. O resultado são uma indutância e uma capacitância distribuídas que podem fazer da linha uma carga reativa, equivalente à reatância concentrada no circuito ordinário.

O espaçamento uniforme entre condutores proporciona capacitância e indutância constantes por unidade de comprimento. Portanto a impedância característica pode ser definida em termos elétricos como:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (\Omega)$$

onde:

Z_0 é a impedância característica em ohms,

L é a indutância por unidade de comprimento em Henrys,

C é a capacitância em paralelo por unidade de comprimento em Farads.

Como exemplo, seja uma linha com indutância de 0,54 mH por pé em ambos os condutores e capacitância de 6 pF. Então:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{0,54 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-12}}} = \sqrt{0,09 \times 10^6} = 0,3 \times 10^3$$

$$Z_0 = 300 \quad \Omega$$

Quanto menor o espaçamento dos condutores, maior a capacitância e menor a Z_0 da linha [TE79].

A2.2.2 - Características Físicas

Em termos de construção física, Z_0 depende dos condutores e de seu espaçamento. Numa linha de condutores paralelos com dielétrico de ar:

$$Z_0 = 276 \log\left(\frac{S}{r}\right) \quad (\Omega)$$

onde:

S - é a distância entre os centros,

r - é o raio de cada condutor.

Por exemplo, numa linha aberta, o fio número 12 tem um raio de 0,04 pol, com espaçamento de 1 pol, a relação s/r é igual a 25. Portanto $Z_0 = 386$.

Na linha coaxial com isolamento de ar,

$$Z_0 = 138 \log \left(\frac{d_o}{d_i} \right) \quad (\Omega)$$

onde:

d_o - Diâmetro do conduto externo,

d_i - Diâmetro do condutor interno.

Por exemplo, o fio número 18 do condutor interno tem um diâmetro de 0,08 pol.. Se o diâmetro do condutor externo for ¼ pol., a relação d_o/d_i é 3,125. Portanto, $Z_0 = 138 \times 0,4949 = 68 \quad (\Omega)$ [TE79].

A2.2.3 - Linhas Ressonantes e não Ressonantes

Quando a linha tem uma carga resistiva igual Z_0 conectada em paralelo com sua extremidade, toda energia que se propaga na linha é aplicada na carga. Isto resulta na máxima transferência de potência, pois não há energia refletida de volta à linha. Esta terminação da linha em sua impedância característica faz dela, efetivamente, uma linha infinitamente longa [TE79]. A razão é que a linha não tem descontinuidade na carga quando esta carga é igual a Z_0 . O efeito é o mesmo como se a linha não tivesse fim. Tal linha terminada em sua Z_0 é uma linha plana ou não-ressonante porque não há reflexões, o comprimento da linha não é crítico.

Quando a linha de transmissão tiver uma terminação diferente de Z_0 , a corrente será refletida a partir da extremidade. Resultam, pois, ondas estacionárias de E e I, tal como numa antena. Este efeito torna a linha ressonante. Seu comprimento é crítico porque uma conexão nos diferentes pontos da linha tem diferentes valores de sinal. A relação de tensão num ponto de máximo para a tensão num ponto de mínimo é definida como a relação de onda estacionária de tensão, que se abrevia VSWR. Numa linha não-ressonante terminada em Z_0 a VSWR é 1. Numa linha ressonante terminada em Z_0 , a VSWR é maior do que 1. Quanto

maior for o descasamento da carga para a Z_0 da linha, maior será a VSWR da linha. O caso extremo de uma linha ressonante com VSWR é um curto-circuito ou um circuito aberto na extremidade.

A2.2.4 - Seções de Linhas de Transmissão como Circuitos Ressonantes

Quando a linha de transmissão não é terminada em sua impedância característica, os valores de corrente e de tensão variam ao longo da linha, e as magnitudes variam com o movimento ondulatório idêntico ao de uma antena. Portanto, a impedância nos diferentes pontos da linha variam desde o máximo nos pontos de tensão mais alta, até um mínimo no ponto de corrente mais alta, pois a impedância em qualquer ponto é igual a razão entre a tensão e a corrente. Uma vez que a ação da linha em tal aplicação depende da existência de reflexões, as linhas não são terminadas em suas impedâncias características, mas são ou curto-circuitadas ou abertas na extremidade, a fim de produzir a máxima relação de onda estacionária e o mais alto Q no circuito ressonante equivalente.

Na análise da ação das seções da linha de transmissão, deve ser notado que uma extremidade aberta corresponde a um ponto de tensão máxima, corrente mínima e impedância máxima. No caso oposto, uma extremidade em curto deve ser um ponto de corrente máxima, tensão mínima e impedância mínima. Para cada comprimento igual a um quarto-de-onda retornando do extremo da linha os valores de tensão e de corrente são invertidos do máximo ao mínimo ou vice-versa. Os valores intermediários de impedância, são obtidos ao longo da linha entre os pontos de máximo e mínimo.

A2.3 - Guias de Ondas

Em frequências muito elevadas, a potência eletromagnética deve ser transmitida por meio de guias de ondas, em vez das linhas de transmissão convencionais. Quando a transmissão ocorre no interior de um condutor oco, temos que abandonar os conceitos normais de corrente e tensão e usar os conceitos mais fundamentais de campo eletromagnético [TR65].

Os guias de ondas podem ser retangulares, circulares ou elípticos, dos quais, os mais utilizados são os guias retangulares e circulares. O cálculo da propagação do sinal ao longo do guia, consiste geralmente em achar soluções das equações de Maxwell escritas em um sistema de coordenadas apropriadas à forma particular da seção transversal do guia em questão. Dentre as soluções possíveis são escolhidas aquelas que satisfazem as condições de contorno impostas pela geometria do guia. É evidente que o sistema de coordenadas retangulares deve ser usado para o guia de ondas retangulares e coordenadas cilíndricas para o guia de ondas de seção circular [TE79].

No interior do guia de ondas pode-se ter a onda eletromagnética se propagando de forma que o campo elétrico, sempre assume uma direção perpendicular à direção de propagação da onda. Neste caso, denomina-se esta onda de Onda Transversal Elétrica (TE). E caso o campo elétrico seja coincidente com a direção de propagação, denomina-se de Onda Transversal Magnética (TM).

O guia de onda também possui uma frequência muito importante, que é a frequência de corte do guia. Abaixo desta frequência nenhum sinal consegue propagar, comportando-se da mesma maneira que um circuito ressonante se comporta quando submetido a frequência abaixo da sua frequência de corte. Em função das dimensões físicas do guia e dos comprimentos de ondas, surgem os “Modos” de propagação da onda eletromagnética dentro do guia. Dentre os vários modos, um deles se destaca mais, que é o chamado “Modo Dominante”, o TE₁₀, por apresentar a menor frequência de corte.

A2.4 - Fibras Ópticas

Com a evolução das comunicações, os sistemas de comunicações foram ficando mais complexos. Analisando este fato por um outro ângulo, pode-se observar que as necessidades do mundo moderno são amplas. Por exemplo, hoje em dia há a necessidade de dois ou mais computadores se comunicarem entre si, sendo que há alguns anos, nem computador existia.

Então, face a estas enormes necessidades de comunicação que o mundo moderno está exigindo, é que os sistemas de comunicação evoluíram e estão evoluindo cada vez mais.

A fibra óptica, nada mais é que uma necessidade fundamental das comunicações da era moderna, pois é um meio de transmissão que comporta o transporte de uma quantidade imensa de informação simultaneamente. E isto é exigido principalmente em comunicações que envolvem de alguma forma um sistema microprocessado.

Pode-se dizer que, o meio de transmissão “fibra óptica”, é uma evolução do guia de ondas, pois a fibra transporta informações em frequências altíssimas, na faixa visível, sendo capaz de manter as propriedades do sinal sem nenhuma distorção [SA96].

A2.4.1 - Princípio de Funcionamento de uma Fibra Óptica

A fibra óptica é um guia de ondas dielétrico de formato cilíndrico circular, constituído de um núcleo com índice de refração n_1 e uma casca com índice de refração n_2 . Para que haja a possibilidade de guiagem do sinal através do núcleo é necessário que o índice de refração do núcleo seja maior que o índice de refração da casca. Um outro fator determinante para a guiagem do sinal, é o ângulo de incidência do feixe na seção reta da fibra, pois caso este ângulo seja perpendicular à seção reta, tem-se guiagem máxima do sinal, caso contrário o sinal continua sendo guiado, desde que o ângulo de incidência e o das múltiplas reflexões, ao longo da fibra, não atinja o ângulo crítico, pois acima deste todo o sinal será espalhado para a casca da fibra.

A2.4.2 - Degradação do Sinal nas Fibras Ópticas

Assim como todos os meios de transmissão, a fibra óptica também introduz algumas perdas no sinal por ela guiado. Estas perdas se resumem em duas modalidades básicas que são: atenuação e a dispersão.

A2.4.2.1 - Atenuação

É uma redução na amplitude do campo guiado à medida em que a onda se propaga na fibra óptica. Esta atenuação acontece principalmente por, absorção pelo material, perdas por espalhamento, perdas por curvaturas, perdas por microcurvaturas e perdas por modos vazantes.

* **Absorção pelo Material** - Parte da energia da onda é absorvida na vibração pelas moléculas do meio. A absorção é causada principalmente por íons de impurezas contidos no vidro.

* **Perdas por Espalhamento** - Corresponde a um espalhamento de energia luminosa quando a onda encontra imperfeições sub-microscópicas na estrutura do núcleo. Parte desta energia espalhada escapa do núcleo, pois não satisfazem a condição necessária para a guiagem. Parte desta energia espalhada retorna ao início da fibra, descrevendo o fenômeno denominado de Retroespalhamento (Back-Scattering). A experiência demonstra que a atenuação causada pelo espalhamento de Rayleigh, é inversamente proporcional à quarta potência do comprimento de onda.

* **Perdas por Curvatura** - Quando a onda é guiada pelo núcleo existe também uma fração do campo eletromagnético na casca, embora não haja transferência de potência na direção normal ao eixo da fibra. Este campo na casca propaga-se paralelamente à superfície de separação entre o núcleo e a casca. Encurvando-se a fibra, o campo na casca deve percorrer uma distância maior do que do núcleo no mesmo intervalo de tempo. Portanto o campo na casca percorre o meio com maior velocidade do que no núcleo. Existe uma distância radial crítica, acima da qual a velocidade exigida deveria ser maior do que a da luz no meio ilimitado. Portanto, desta distância para fora o campo é irradiado, diminuindo a potência do campo no núcleo.

* **Perdas por Microcurvaturas** - São sinuosidades micrométricas no núcleo da fibra óptica. Estas sinuosidades contribuem para o aumento da perda de potência do campo eletromagnético no núcleo.

A2.4.2.2 - Dispersão

A perda por dispersão se caracteriza pela modificação no formato dos pulsos de modulação, à medida em que a onda avança na fibra.

* **Dispersão Intramodal** - Na prática as fontes de luz não são perfeitas e todas elas irradiam um comprimento de onda dominante e vários comprimentos de onda de menores amplitudes em torno do dominante. Em geral a largura espectral é medida nos pontos em que a potência cai pela metade do valor máximo. O índice de refração de qualquer material é variável com o comprimento de onda. Portanto o fator de fase não varia linearmente com a frequência, introduzindo a dispersão intramodal, ou seja, dispersão do material.

* **Dispersão Intermodal** - Esta dispersão ocorre quando há propagação de vários tipos de modos no núcleo. Pois, existindo vários modos diferentes no mesmo núcleo, os mesmos irão percorrer caminhos diferentes até alcançarem a extremidade da fibra. Em consequência, a energia contida em cada um chegará em instantes diferentes da energia dos outros modos. Portanto, ao se compuserem para formar o pulso de saída, este estará deformado em relação ao pulso de entrada. Esta dispersão é também chamada de dispersão de múltiplo caminho. Uma medida desta dispersão consiste em determinar a diferença de tempo de propagação por quilômetro entre os dois modos mais separados entre si, ou seja, entre o modo que se propaga paralelamente ao eixo do núcleo e o que incide na casca com ângulo crítico.

APÊNDICE B

TRANSDUTORES

B1- Introdução

Todo sistema de aquisição de dados, utiliza de uma forma ou de outra, sensores para realizar a coletânea dos dados a serem transmitidos para o centro de processamento e, muitas vezes, os sensores e transdutores se confundem nesta função. Embora se saiba que o sensor é aquele elemento sensibilizado pela grandeza física em questão e o transdutor é o dispositivo que converte uma grandeza física em elétrica (geralmente uma tensão elétrica), os mesmos serão abordados, nesta documentação, como dispositivos necessários à complementação do sistema de aquisição de dados em questão.

Em função da magnitude física de entrada, os transdutores se dividem em:

* **Absolutos** - Quando for fixado uma origem, e os sinais elétricos de saída, representam todos os possíveis valores da magnitude de entrada [PI74].

* **Incrementais** - Quando não é possível fixar uma origem comum para todos os pontos de um certo campo de medida, e cada ponto anterior passa a ser a origem do ponto seguinte [PI74].

* **Analógicos** - Sinal contínuo na saída proporcional ao valor da magnitude física a ser medida [PI74].

* **Digitais** - Sucessão de sinais binários correspondentes ao valor contínuo na entrada [PI74].

Em função das características elétricas do sinal de saída, se pode definir também wazzu os seguintes parâmetros [PI74]:

* **Linearidade** - É a constante de proporcionalidade entre a magnitude de entrada e a magnitude de saída em todo o campo de atuação do transdutor. O erro de linearidade é expresso em porcentagem (%) relativa ao valor máximo da saída do transdutor.

* **Precisão** - É o máximo desvio entre a magnitude de entrada e a magnitude de saída, dentro do campo de trabalho do transdutor. A precisão é expressa em (%) do valor do fundo de escala.

* **Estabilidade** - É a constante de proporcionalidade entre a entrada e a saída em todas as condições de trabalho.

* **Campo de Medida** - É a diferença entre a magnitude mínima e máxima que pode excursionar o transdutor.

* **Repetibilidade (Histerese)** - É a tolerância dentro da qual pode ser repetida uma mesma medida. Normalmente se expressa como uma fração da precisão.

* **Sensibilidade** - É a variação do sinal de saída e a correspondente variação do sinal de entrada.

* **Velocidade de Resposta** - É a capacidade do sinal de saída seguir, sem retardo, as variações rápidas do sinal de entrada.

* **Poder Resolutivo** - É o valor mínimo da magnitude do sinal de entrada distinguível pelo transdutor.

* **Insensibilidade às Variações** - É o nível máximo que pode ter as variações que não altere as informações contidas no sinal de saída.

* **Ruído** - É o nível de sinais aleatórios ou transitórios, gerados dentro do transdutor, devidos à diversas causas de distúrbios.

* **Velocidade de Desviação Máxima** - É o limite máximo pelo qual o transdutor pode perder o seu poder resolutivo.

B2- Alguns Tipos de Transdutores

Existem muitos tipos de transdutores e em sua grande maioria, a grandeza física é transformada em uma grandeza elétrica. Isto se deve principalmente pelo fato das grandezas elétricas, juntamente inter-relacionadas com as grandezas eletrônicas, serem de mais fácil controle e versatilidade inigualável. Os transdutores mais conhecidos são:

B2.1- Potenciômetros

Até algum tempo, o potenciômetro era sem dúvida, o transdutor de posição clássico mais usado, pois neste tipo de transdutor, uma determinada posição de algum objeto é proporcional à uma resistência elétrica.

Os servosistemas não são capazes de transformar variações de resistência em variações de tensão, ao passo que isto pode ser implementado diretamente potenciômetro.

Dentro dos limites de potência que o potenciômetro pode dissipar, este tipo de transdutor pode também ser considerado como um transdutor de sensibilidade variável [PI74]. Pois o mesmo está sujeito às variações de temperatura, que conseqüentemente irá variar a sua própria resistência.

Os potenciômetros usados como transdutores de posição apresentam as seguintes características: boa linearidade, alta resolução, alta resistência, baixa potência dissipada, baixo ruído, velocidade máxima alta e vida útil bastante prolongada.

B2.2- Transformador Diferencial

Este transformador pode ser utilizado como um transdutor porque o seu princípio de funcionamento baseia-se no coeficiente de acoplamento entre o primário e o secundário. O transformador é construído de tal forma que a tensão induzida no secundário depende da posição do núcleo. A sensibilidade deste transdutor é alta, pois a tensão de saída é resultante da diferença entre duas tensões [PI74].

Algumas características do transformador diferencial: alta linearidade, alta sensibilidade, baixo deslocamento máximo do núcleo, baixa tensão de alimentação alta temperatura de trabalho.

B2.3- Sincros e “Resolvers”

Os sincros e os resolvers são sem dúvida nenhuma, os transdutores mais usados para converter uma posição angular em um sinal elétrico. O sincro nada mais é que um transformador rotativo, possuindo um rotor e um estator. Ao se variar a posição angular do rotor, tem-se conseqüentemente uma variação no acoplamento magnético entre o primário e o secundário, o qual irá acarretar uma variação da tensão de saída.

Os resolvers como transdutor indireto de deformação linear, são mais apropriados que os sincros, pois fisicamente os mesmos são construídos de maneira similar, sendo que os enrolamentos do rotor podem ser monofásicos ou bifásicos e os do estator sempre bifásicos [PI74].

B2.4- Transdutores de Velocidade

A finalidade dos transdutores de velocidade é transformar uma velocidade em um sinal elétrico, normalmente em uma tensão contínua. Os transdutores de velocidade mais usados são: Dínamo taquimétrico, Alternadores taquimétrico, transdutores digitais de velocidade e transdutor fotoelétrico. Em geral o transdutor elétrico de velocidade é composto para por um disco giratório e com vários furos na sua borda, por onde passa um feixe

luminoso. Também pode ser formado por um disco giratório com sua borda pintado de branco e preto alternadamente. Uma outra opção é utilizar o motor de corrente contínua ou o dínamo como transdutor de velocidade [PI74].

B2.5- Transdutores Extensimétricos

O extensímetro é um transdutor usado para a medida de deformação de qualquer peça mecânica. O princípio de funcionamento se baseia na variação da resistência de um condutor com a variação de suas dimensões. Quando o extensímetro é construído com semicondutor é aproveitado o efeito piezoelétrico que as pastilhas de silício e germânio exibem quando são dopadas adequadamente, isto é, baseado no efeito piezoelétrico, o cristal sofre deformação quando o mesmo é submetido a uma variação de tensão e também o mesmo gera uma tensão elétrica quando submetido a uma pressão mecânica. Desta forma pode-se utilizar deste efeito para construir transdutores extensimétricos utilizando cristais piezoelétricos.

B2.6- Transdutores de Temperatura

Os transdutores de temperatura têm em geral uma grande gama de aplicações. Os três tipos de transdutores de temperaturas mais comumente utilizados, são os Termopares, as Termorresistências e os Termistores [PI74].

* **Termopares** - Este transdutor converte diretamente uma diferença de temperatura em uma força eletromotriz. O princípio de funcionamento se baseia na f.e.m. gerada quando o dispositivo é submetido à variações de temperatura. Pois o mesmo é construído por dois condutores metálicos unidos em uma das extremidade por uma solda. Levando-se esta extremidade a uma temperatura t_c , diferente de t_f da outra extremidade se produz uma força eletromotriz (tensão termoelétrica), que é função da diferença das temperaturas $t_c - t_f$. Se for conhecida a temperatura t_f pode-se calcular a temperatura t_c , simplesmente medindo a força eletromotriz.

* **Termorresistências** - Alguns materiais exibem a propriedade de variar a sua resistência elétrica em função da variação da temperatura. Neste tipo de transdutor, a medida de temperatura corresponde a medida da resistência elétrica do material.

* **Termistores** - São dispositivos semicondutores com alto coeficiente de temperatura. Existem termistores com coeficiente de temperatura positivo, no qual a sua resistência elétrica aumenta com o aumento da temperatura e os termistores com coeficiente de temperatura negativo são aqueles cuja resistência elétrica diminui com o aumento da temperatura. A confecção deste dispositivo se obtém fazendo-se a mistura de óxido de magnésio, níquel, cobalto e urânio.

B2.7- Transdutores Fotoelétricos

Os transdutores fotoelétricos são aqueles dispositivos capazes de transformar fenômenos luminosos em fenômenos elétricos. Devido ao seu campo de aplicação são poucos usados como transdutores ligados diretamente a servomecanismos. Já como transdutores indiretos são encontrados como transdutores de posição, velocidade, temperatura (principalmente para altas temperaturas) [PI74]. Os transdutores fotoelétricos são divididos praticamente em três grupos:

* **Elementos Fotoemissivos** - Estes elementos se baseiam no fenômeno da emissão fotoelétrica. A emissão fotoelétrica ocorre em materiais cujos elétrons ocupam baixos níveis de energia, e que com uma pequena quantidade de energia (contida em um fóton) podem ser ionizados. Estes elétrons emitidos pela incidência da luz tendem a voltarem aos seus antigos níveis de energia, devido à atração exercida pelos íons (íons formados pela emissão dos elétrons), a menos que seja colocado um campo elétrico para atraí-los a um anodo e por meio de um circuito externo sejam devolvidos ao catodo. Em outras palavras, o circuito externo propicia aos elétrons a sua volta ao catodo [TE79]. Os dispositivos elétricos que funcionam com este princípio são:

- _ Células fotoelétricas a vácuo;
- _ Células fotoelétricas gasosas;
- _ Fotomultiplicadores

* **Elementos Fotocondutores** - A fotocondutividade consiste em um aumento considerável da condutividade de certos cristais expostos a um fluxo luminoso incidente. Os materiais que apresentam este efeito são semicondutores e entre eles estão o Cádmio, o Silício, o Sulfato de Cádmio e o Sulfato de Cromo. Entre os dispositivos eletrônicos que mais se destacam estão os Fotodiodos e os Fototransistores [TE79].

* **Células Fotovoltaicas** - As células fotovoltaicas surgiram da constatação de que, se os terminais de uma junção PN forem curto-circuitados e esta junção exposta a um feixe de luz, irá circular uma certa corrente. Esta corrente é formada por portadores minoritários produzidos pelo efeito da luz incidente. Reciprocamente, quando a luz incide sobre o fotodiodo em circuito aberto haverá uma tensão em seus extremos denominada de "tensão fotoelétrica". Este fenômeno é explorado em células solares para converter os raios solares em energia elétrica [PI74].



APÊNDICE C

PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

```
unit Aquisitor;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
SysUtils, WinTypes, WinProcs, Messages, Classes, Graphics, Controls,  
Forms, Dialogs, StdCtrls, NumCtrl, ExtCtrls, Timegrph, Fasttime;
```

```
const
```

```
base:integer=$220;
```

```
type
```

```
TForm1 = class(TForm)
```

```
TimeGraph1: TTimeGraph;
```

```
Label1: TLabel;
```

```
NumEdit1: TNumEdit;
```

```
Label2: TLabel;
```

```
TimeGraph2: TTimeGraph;
```

```
NumEdit2: TNumEdit;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
TimeGraph3: TTimeGraph;
```

```
NumEdit3: TNumEdit;
```

```
Label4: TLabel;
```

```
TimeGraph4: TTimeGraph;
```

```
NumEdit4: TNumEdit;
```

```
Label5: TLabel;
```

```
TimeGraph5: TTimeGraph;
```

```
NumEdit5: TNumEdit;
```

```
Label6: TLabel;
```

```
TimeGraph6: TTimeGraph;
```

```
NumEdit6: TNumEdit;  
Label7: TLabel;  
TimeGraph7: TTimeGraph;  
NumEdit7: TNumEdit;  
Label8: TLabel;  
TimeGraph8: TTimeGraph;  
NumEdit8: TNumEdit;  
monitor: TTimeGraph;  
Button1: TButton;  
Button2: TButton;  
bitpersec: TNumEdit;  
Label9: TLabel;  
Tstart: TPanel;  
Tendereco: TPanel;  
Tdado: TPanel;  
Tparidade: TPanel;  
Tstop: TPanel;  
status: TEdit;  
FastTimer1: TFastTimer;  
atraso: TNumEdit;  
Label10: TLabel;  
vciclo: TNumEdit;  
t1: TNumEdit;  
t2: TNumEdit;  
t3: TNumEdit;  
t4: TNumEdit;  
t5: TNumEdit;  
t6: TNumEdit;  
t7: TNumEdit;  
t8: TNumEdit;  
escalamin: TNumEdit;  
escalamax: TNumEdit;  
Label11: TLabel;  
Label12: TLabel;  
procedure Button1Click(Sender: TObject);  
procedure Button2Click(Sender: TObject);  
procedure FastTimer1Timer(Sender: TObject);  
procedure monitorGetSample(Sender: TObject; var Sample: Double);
```

```
procedure TimeGraph1GetSample(Sender: TObject; var Sample: Double);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;
  estado:integer;
  valor:integer;
  tempo1,tempo2:longint;
  ciclo:integer;
  d0,d1,d2,d3,d4,d5,d6,d7,paridade,somadaparidade:integer;
  e0,e1,e2:integer;
  endereco:integer;
  valordaporta:integer;
  basedotempo:longint;
  prop:real;
implementation

{$R *.DFM}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  Tstart.color:=clwhite;
  Tendereco.color:=clwhite;
  Tdado.color:=clwhite;
  Tparidade.color:=clwhite;
  Tstop.color:=clwhite;
  prop:=(escalamax.value-escalamin.value)/255;
  status.text:='sincronizando....!';
  fasttimer1.interval:=2;
  estado:=0;
  ciclo:=trunc((1/bitpersec.value)*1000);
  vciclo.value:=ciclo;
  { fasttimer2.interval:=trunc(ciclo/2-ciclo*atraso.value/100);}
  tempo1:=gettickcount;
```

```
{fasttimer3.interval:=ciclo;}
basedotempo:=gettickcount;
{fasttimer2.enabled:=false;
fasttimer3.enabled:=false;}
Application.ProcessMessages;
fasttimer1.enabled:=true;
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
Application.Terminate;
end;
```

```
procedure TForm1.FastTimer1Timer(Sender: TObject);
begin
{monitor do sistema}
valordaporta:=port[base+6];
tempo2:=gettickcount;
monitor.takesample(monitor);
tempo1:=tempo2;
{-----}
{stop}
if estado=17 then           {estado 17}
begin
if valordaporta=1 then
begin
estado:=2;
tstop.color:=cllime;
end
else
begin
estado:=0;
tstop.color:=clred;
fasttimer1.interval:=2;
basedotempo:=gettickcount;
end;
```

```
end;

if estado=16 then                                {estado 17}
begin
  if valordaporta=1 then estado:=17
  else
    begin
      estado:=0;
      tstop.color:=clred;
      fasttimer1.interval:=2;
      basedotempo:=gettickcount;
    end;
  end;
end;

{paridade}
if estado=15 then                                {estado 15}
begin
  Tdado.color:=clLime;
  paridade:=valordaporta;
  somadaparidade:=d0+d1+d2+d3+d4+d5+d6+d7;
  if trunc(somadaparidade/2)<>(somadaparidade/2) then somadaparidade:=1
  else somadaparidade:=0;
  if somadaparidade=paridade then tparidade.color:=cllime else tparidade.color:=clred;
  estado:=16;
end;

if estado=14 then                                {estado 14}
begin
  d7:=valordaporta;
  estado:=15;
  valor:=d7*128+d6*64+d5*32+d4*16+d3*8+d2*4+d1*2+d0;
  case endereco of
    0:TimeGraph1.takesample(TimeGraph1);
    1:TimeGraph2.takesample(TimeGraph2);
    2:TimeGraph3.takesample(TimeGraph3);
    3:TimeGraph4.takesample(TimeGraph4);
    4:TimeGraph5.takesample(TimeGraph5);
    5:TimeGraph6.takesample(TimeGraph6);
```

```
6:TimeGraph7.takesample(TimeGraph7);
7:TimeGraph8.takesample(TimeGraph8);
end;
```

```
case endereco of
```

```
0:NumEdit1.value:=valor;
1:NumEdit2.value:=valor;
2:NumEdit3.value:=valor;
3:NumEdit4.value:=valor;
4:NumEdit5.value:=valor;
5:NumEdit6.value:=valor;
6:NumEdit7.value:=valor;
7:NumEdit8.value:=valor;
```

```
end;
```

```
case endereco of
```

```
0:t1.value:=valor*prop;
1:t2.value:=valor*prop;
2:t3.value:=valor*prop;
3:t4.value:=valor*prop;
4:t5.value:=valor*prop;
5:t6.value:=valor*prop;
6:t7.value:=valor*prop;
7:t8.value:=valor*prop;
```

```
end;
```

```
end;
```

```
if estado=13 then {estado 13}
```

```
begin
```

```
d6:=valordaporta;
estado:=14;
```

```
end;
```

```
if estado=12 then {estado 12}
```

```
begin
```

```
d5:=valordaporta;
estado:=13;
```

```
end;
```

```
if estado=11 then {estado 11}
```

```
begin
  d4:=valordaporta;
  estado:=12;
end;

if estado=10 then           {estado 10}
  begin
    d3:=valordaporta;
    estado:=11;
  end;

if estado=9 then           {estado 9}
  begin
    d2:=valordaporta;
    estado:=10;
  end;

if estado=8 then           {estado 8}
  begin
    d1:=valordaporta;
    estado:=9;
  end;

if estado=7 then           {estado 7}
  begin
    Tendereco.color:=clLime;
    d0:=valordaporta;
    estado:=8;
  end;

if estado=6 then           {estado 6}
  begin
    e2:=valordaporta;
    endereco:=e2*4+e1*2+e0;
    estado:=7;
  end;

if estado=5 then           {estado 5}
```

```
begin
  e1:=valordaporta;
  estado:=6;
end;

if estado=4 then           {estado 4}
begin
  Tstart.color:=clLime;
  status.text:='sincronizado!!';
  e0:=valordaporta;
  estado:=5;
end;

if estado=3 then          {estado 3}
begin
  if valordaporta=0 then
    estado:=4
  else
    begin
      estado:=1;
      Tstart.color:=clred;
      fasttimer1.interval:=2;
    end;
end;

if estado=2 then          {estado 2}
begin
  fasttimer1.interval:=ciclo;
  {fasttimer2.enabled:=false;
  fasttimer3.enabled:=true;}
  Tstart.color:=clwhite;
  Tendereco.color:=clwhite;
  Tdado.color:=clwhite;
  Tparidade.color:=clwhite;
  Tstop.color:=clwhite;
  if valordaporta=0 then
    estado:=3
  else
```

```

begin
  estado:=1;
  Tstart.color:=clred;
  fasttimer1.interval:=2;
  { fasttimer3.enabled:=false;
  fasttimer1.enabled:=true;}
end;
end;

if estado=1 then          {estado 1}
begin
  if valordaporta=0 then
  begin
    estado:=2;
    fasttimer1.interval:=trunc(ciclo/2-ciclo*atraso.value/100);
    {fasttimer1.enabled:=false;
    fasttimer2.enabled:=true;}
  end;
end;

{sincronizacao e start}
if estado=0 then          {estado 0}
begin
  if valordaporta=1 then estado:=1;
  status.text:='sincronizando....';
  if tempo2>basedotempo+2000 then
  begin
    fasttimer1.enabled:=false;
    status.text:='falha de sincronismo!';
  end;
end;

{endereco e dados}
{fim-----}
end;

```

```
procedure TForm1.monitorGetSample(Sender: TObject; var Sample: Double);  
begin  
sample:=fasttimer1.interval-(tempo2-tempo1);  
end;
```

```
procedure TForm1.TimeGraph1GetSample(Sender: TObject; var Sample: Double);  
begin  
sample:=valor;  
end;  
end.
```



Aquisição

Canal 0	255	6.0[M]	Canal 1	255	6.0[M]	Canal 2	255	5.0[M]
Canal 3	255	5.0[M]	Canal 4	255	6.0[M]	Canal 5	255	5.0[M]
Canal 6	255	5.0[M]	Canal 7	255	5.0[M]	status		

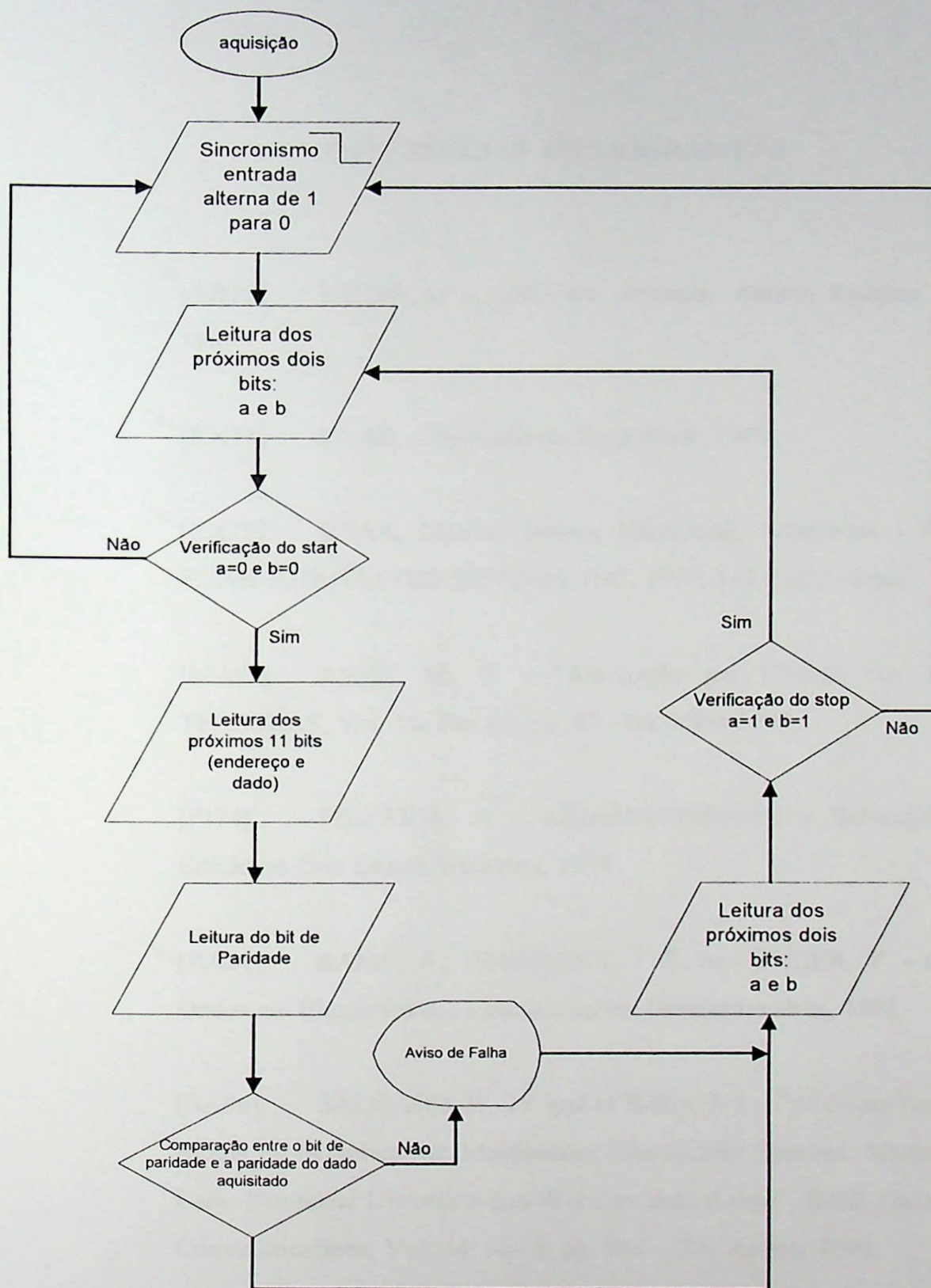
Start

Quit

Bits por segundo: 4 4 ms

START | ENDEREÇO | DADO | PARIDADE | STOP

atraso 10% min: 0[M] max: 5[M]



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ↘ [AB81] LYTEL, A. - ABC das Antenas, Antena Edições Técnicas, 1981.
- ↘ [EX79] EXAR. - Applications Data Book, 1979.
- ↘ [EX79] EXAR, Modem Desing HandBook, Sunnyvale - Califórnia, EXAR INTEGRATED SISTEMAS, INC, 1979, 111 P (Catálogo).
- [MA94] ASSIS, M., S. - "Atenuação por Chuvas nos Trópicos", TELEBRÁS, Vol. 18; No. 60; pp. 65 - 80, Julho 1994.
- [PI74] PIZZIOLA, A. - Eletrónica Industrial y Servomecanismos, Ediciones Don Bosco, Baelona, 1974.
- ↘ [RA81] RAMO, S.; WHINNERY, J. R. and DUZER, V. - Campos e Ondas em Eletrônica das Comunicações, Guanabara Dois, 1981.
- [SA96] SALGADO, H., M. and O'Reilly, J. J. - "Accurate Performance Modeling of Subcarrier Multiplexed Fiber/Radio Systems: Implications of Laser Nonlinear Distortion and Wid Dynamic Range", IEEE Transaction on Communications, Vol. 44; No. 8, pp. 988 - 996, August 1996.
- [TE79] GROB, B.; ALBUQUERQUE, I. J. - Televisão Básica Princípios e Reparação, Guanabara Dois, 1979.
- [TR65] KING, R., W., P. - Transmission Lines, Antennas and Waveguides, New York, Dover, 1965.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS RECOMENDADAS

- [AN61] JASIK, H. - Antenna Engineering Handbook, McGraw-Hill, 1961.
- [AN80] ESTEVES, L., C. - Antenas Teoria Básica e Aplicações, McGraw-Hill, 1980.
- [CA94] CAPUTO, M., R., C.; GOUVÊA, M., E. - "Solutions em Fibras Ópticas: Obtenção e Solução da Equação que Governa o Fenômeno", TELEBRÁS, Vol. 18; No. 62, pp. 62 - 71, Dezembro 1994.
- [EC90] ECIL, Produtos e Sistemas de Medição e Controle São Paulo, ECIL S/A, 1990 - 30 P (catálogo).
- [EL72] MAGID, L., M. - Electromagnetic Fields, Energy and Waves, New York, 1972.
- [EL73] KRAUS, J., D. AND CARVER, K., R. - Electromagnetics, segunda ed. Tokyo, McGraw-Hill, 1973.
- [FU63] KING, R., W., P. - Fundamental Electromagnetic Theory, New York, Dover, 1963.
- [GH96] GHASSEMLOOY, Z.; WICKRAMASINGHE, V. R. and CHAO, L. - "Optical Fibre Transmission of a Broadband Subcarrier Multiplexed Signal Using PTM Techniques", IEEE Transactions ON CONSUMER ELECTRONICS, Vol.42; No. 2, pp, 229-238, May 1996.
- [IB88] SALVADOR, R., M., S. - IBM PC X T Hardware, São Paulo: Livros, Érica Editora Ltda, 1988, 120 P.

- [IN84] INTEL, Microsystem Componentes Hand Book, Santa Clara - California, INTEL CORPORATION, 1984, 382 P (catálogo).
- [ME90] GUIMARÃES, C., A., M.; Franco, L.R.H.R.; HADDAD, J.-
Medidas Digitais, Itajubá, FUPAI, 1980, 150P (apostila).
- [SE95] SERITA, H.; KOTAKI, H.; SUGIKI, T.; IIDA, A.; OSONOE, O.; SAKURAI, T.; OOI, K.; SASANO, N. and SEKINE, H. - "HDTV Compact Digital Camera Using 2/3" 1.3 M CCD Image Sensor", IEEE Transactions ON CONSUMER ELECTRONIC, Vol. 41; No. 1, pp. 81 - 88, February 1995.
- [SI80] BARRADAS, O.; RIBEIRO, M. P. - Sistemas Analógicos Digitais, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1980.
- [SI87] Zambalde, A.L.; Souza, L.E., Cortez, J.A.; Neto, P.C. - Sistema Computadorizado para Aquisição e Análise de Dados Agrometeorológicos, In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 7, 1987, Viçosa.

