


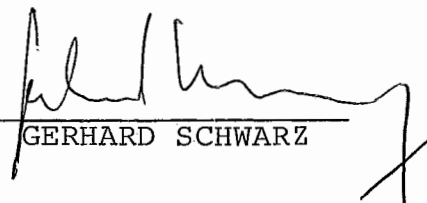
MODEM FSK CONTROLADO A MICROPROCESSADOR

João Saad Junior

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)

Aprovada por:

  
\_\_\_\_\_  
JACQUES SZCZUPAK  
(Presidente)

  
\_\_\_\_\_  
GERHARD SCHWARZ

  
\_\_\_\_\_  
EDIL SEVERIANO TAVARES FERNANDES

  
\_\_\_\_\_  
LUIZ PEREIRA CALOBA

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

FEVEREIRO DE 1984

SAAD JUNIOR, JOÃO

Modem FSK Controlado a Microprocessador  
[Rio de Janeiro] 1984.

XII, 122p, 29,7 cm (COPPE-UFRJ, M.Sc.,  
Engenharia de Sistemas, 1984).

Tese - Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de  
Sistemas.

1. Transmissão de Dados. I. COPPE-UFRJ  
II. Título (série).

AGRADECIMENTOS

Ao CEPEL, a todos os colegas que auxiliaram na realização deste trabalho, e em especial ao professor Jacques Szczupak pela sua indispensável orientação. Gostaria de agradecer, também, ao professor Gerhard Schwarz, pela sua orientação na linha de Telemática, programa de Engenharia de Sistemas.

Resumo da Tese Apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

MODEM FSK CONTROLADO A MICROPROCESSADOR

João Saad Junior

Fevereiro, 1984

Orientador: Jacques Szczupak

Programa : Engenharia de Sistemas

O objetivo deste trabalho é apresentar uma nova concepção de projeto que resulte em um Modem assíncrono para velocidades médias utilizando modulação em frequência e empregando uma unidade inteligente interna. Esta unidade inteligente é responsável pela monitoração do meio de transmissão analógico, bem como pelo ajuste automático do Modem às características apresentadas por este meio de transmissão.

Neste trabalho também é apresentada uma das possíveis realizações do Modem inteligente, contendo uma etapa analógica responsável pela síntese, regeneração e detecção do sinal de comunicação. Esta etapa é controlada, em tempo real, pela unidade inteligente, que, nesta versão, baseia-se no microprocessador 8085, sem perda de generalidade.

As técnicas de supervisão e controle da etapa analógica permitem, caso desejado, o compartilhamento da unidade inteligente por várias destas etapas, o que proporciona uma redução de custo.

O emprego do Modem controlado a microprocessador permite a concepção de uma rede de transmissão de dados dotada de auto-supervisão e auto-correção para a utilização em sistemas de aquisição de dados. Esta rede é apresentada neste trabalho, a título de exemplo, encontrando aplicação notadamente nos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica.

A versão apresentada atende, também, às recomendações impostas pela Telebrás para utilização em linhas privadas da Rede Nacional de Telecomunicações.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

FSK MODEM CONTROLLED BY MICROPROCESSOR

João Saad Junior

February, 1984

Chairman : Jacques Szczupak  
Department: System Engeneering

This work presents a new conception of design resulting in a medium speed assincronous Modem using frequency modulation and incorporating an internal intelligent unit. This unit is responsible for the analog transmission line monitoring as well as for the automatic adjustment of the Modem according to the transmission line characteristics.

In this work one of the Modem's possible realization is presented, providing by an analog block the synthesis, regeneration and detection of the communication signal. The analog block is real time digitally controlled by the intelligent unit designed based on the 8085 microprocessor, without any loss of generality.

The intelligent unit may be shared by several analog blocks allowing cost reduction.

The use of a microprocessor controlled Modem permits the implementation of a self-supervised and self-corrected data transmission network suitable for data acquisition systems. Such a network is presented in this work as an example finding application mainly in electric energy generation and transmission systems.

The Modem version here presented meets the Telebrás recommendations for the use of private lines in the National Telecommunications Network.

ÍNDICE

I	-	INTRODUÇÃO	
		1. Histórico e Objetivos	1
		2. A Modulação FSK	7
II	-	DESCRIÇÃO GERAL	11
III	-	RECEPÇÃO	
		1. Introdução	15
		2. Recuperação do Sinal Analógico	17
		3. Demodulação	25
		4. Resumo	36
IV	-	TRANSMISSÃO	
		1. Introdução	38
		2. Descrição Funcional dos Blocos	40
		3. Resumo	51
V	-	EQUALIZADORES	
		1. Introdução	53
		2. Estágio de Equalização de Retardo	55
		3. Compensação das Distorções das Linhas	59
		4. Medida da Equalização	64
		5. Compensação da Atenuação de Amplitude	69
		6. Processo de Busca da Equalização	75
		7. Resumo	78
VI	-	UNIDADE DE PROCESSAMENTO	
		1. Introdução	81
		2. "Hardware"	83
		3. Funções da Unidade de Processamento	88
		4. Resumo	100

VII -	EXEMPLO DE UMA REDE DE TRANSMISSÃO DE DADOS DOTADA DE AUTO-SUPERVISÃO E AUTO-CORREÇÃO	
1.	Introdução	103
2.	Sistema Tradicional para Transmissão de Dados	103
3.	O Sistema Proposto	106
4.	O Acionamento do Modem Remoto	108
5.	A Equalização de uma Linha no Sistema Proposto	110
6.	Compartilhamento da UP Remota por Outros Processos	112
7.	Resumo	113
VIII -	CONCLUSÃO	116
	Referências	120
	Apêndice	121
	Nomenclatura	122

ÍNDICE DE FIGURAS

I.1	- Sistema de Supervisão e Controle utilizando modems tradicionais.	4
I.2	- Sistema de Supervisão e Controle utilizando modems inteligentes.	5
I.3	- Rede em Estrela onde os modems do nó central compartilham uma única etapa inteligente baseada em microprocessador ( $\mu$ p).	6
I.4	- Formas de onda do sinal analógico modulado em frequência (FSK), com fase coerente, e do sinal binário a ser transmitido.	9
II.1	- Diagrama em blocos do modem.	12
III.1	- Estágios básicos do receptor FSK.	16
III.2	- Diagrama em blocos do receptor.	18
III.3A	- Espectro de energia do sinal modulado em FSK para uma sequência pseudo-aleatória a 1800 bps (1200 Hz/2400 Hz).	20
III.3B	- Espectro de energia do sinal modulado em FSK para uma sequência pseudo-aleatória a 1200 bps (1300 Hz/2100 Hz).	21
III.4	- Curva de transferência do filtro p. baixa Chebyshev 3A ordem e Ripple = . 25 DB.	22
III.5	- Diagrama esquemático dos amplificadores com controle pela unidade de processamento (UP).	24
III.6	- Etapas da demodulação pelo método de cruzamento de zero.	26
III.7	- Diagrama em blocos do demodulador FSK por cruzamento de zero.	26



III.8A	- Espectro de potência do sinal de entrada do discriminador (velocidade de transmissão = 1200 bps)	29
III.8B	- Espectro de potência do sinal de saída do discriminador (velocidade de transmissão = 1200 bps)	30
III.9	- Diagrama em blocos do detector de portadora.	33
III.10	- Gráfico dos tempos de ativação e desativação e o efeito de histerese.	33
III.11	- Esquema interno para operação em "Half Duplex" e circuito "Clamp".	35
IV.1	- Diagrama em blocos do transmissor.	39
IV.2	- Sintetizador de senóides por degraus.	39
IV.3	- Sinais de entrada (abaixo) e saída (acima) do sintetizador.	42
IV.4	- Espectro de frequências da "Senóide Sintetizada" de 1200 Hz, na saída do multiplexador.	43
IV.5	- Gráfico de atenuação x frequência do filtro do transmissor.	45
IV.6	- Gráfico de atraso de grupo x frequência do filtro do transmissor.	45
IV.7	- Espectro de frequências da "Senóide Sintetizada" de 1200 Hz, na saída do filtro passa-baixas (BESSEL).	46
IV.8	- Espectro de frequência do sinal na saída do multiplexador, modulado a 1800 bps (1200 Hz /2400 Hz).	47
IV.9	- Espectro de frequência do sinal na saída do multiplexador, modulado a 1200 bps (1300 Hz /2100 Hz).	48

IV.10	- Espectro de frequência do sinal na saída do filtro passa-baixas do transmissor, modulado a 1800 bps (1200 Hz/2400 Hz).	49
IV.11	- Espectro de frequência do sinal na saída do filtro passa-baixas do transmissor, modulado a 1200 bps (1300 Hz/2100 Hz).	50
V.1	- Diagrama em blocos dos equalizadores e compensador com o controle pela unidade de processamento.	54
V.2	- Distribuição de polos e zêros do "Passa-Tudo" de segunda ordem.	56
V.3	- Gráfico de atraso de grupo x frequência do passa-tudo de 2 <sup>a</sup> ordem com $f_p = 1$ kHz, para alguns valores de $Q_p$ .	56
V.4	- Rede de controle de $R_q$ para o comando do circuito equalizador.	58
V.5	- Equalização de linha de transmissão.	60
V.6	- Equalização por banco de filtros "Passa-Tudo".	60
V.7	- Curvas típicas de retardo "Desbalanceado" de canais de comunicação.	62
V.8	- Curvas típicas de retardo "Balanceado" de canais de comunicação.	62
V.9	- Gráfico de retardo x frequência do equalizador 1 e equalizador 2 em cascata.	63
V.10	- "Jitter" do sinal de saída do demodulador e consequente distorção telegráfica do sinal binário.	66
V.11	- Aspecto do "Olho Aberto" - Sinal sem distorção.	66

V.12	- Aspecto do "Olho Fechado" - Sinal distorcido.	66
V.13	- Diagrama esquemático do compensador.	70
V.14	- Gráfico do ganho do circuito compensador (ativado e desativado).	71
V.15	- Característica de atenuação das linhas telefônicas.	73
V.16	- Gráfico do atraso de grupo do compensador (ativado e desativado).	74
V.17	- Representação bidirecional da varredura dos equalizadores.	77
V.18	- Fluxograma de equalização.	79
VI.1	- Arquitetura básica da unidade de processamento para o controle em tempo real.	82
VI.2	- Diagrama em blocos simplificado da unidade de processamento.	84
VI.3	- Diagrama do circuito de reinicialização automática.	87
VI.4	- Relação de entradas e saídas da unidade de processamento.	89
VI.5	- Funções principais da unidade de processamento.	90
VI.6	- Fluxograma de atendimento às funções comandadas por painel.	92
VI.7	- Fluxograma do ciclo de status das chaves de função, dentro da rotina de leitura do "Jitter" médio.	99
VI.8	- Fluxograma do cálculo do "Jitter" médio.	101
VII.1	- Sistema tradicional para aquisição de dados.	104

VII.2	- Sistema proposto para aquisição de dados.	107
VII.3	- Fluxograma do protocolo de comunicações do computador com a UP.	109
VII.4	- Diagrama em bloco dos canais primário e <u>se</u> cundário.	111

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 - Histórico e Objetivos

Modem é um equipamento empregado para o envio de da dos digitais usualmente através de meios adequados à transmis são de voz. Sua função é converter a informação digital para uma forma analógica antes da sua transmissão pelo meio de comunica ção, e a posterior recuperação do formato digital na extremidade receptora. O Modem, portanto, constitui a interface entre o equi pamento terminal de dados (ETD) e o meio de transmissão analógi co. A denominação Modem provém da operação de Modulação e de sua operação inversa DEModulação, necessárias à transmissão do sinal de dados em canais analógicos.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma nova concep ção de projeto que resulte em um Modem para velocidades médias, utilizando a modulação em frequência (Frequency Shift Keying-FSK), e que emprega uma unidade inteligente interna. Esta unidade inte ligente é responsável pela monitoração do meio de transmissão a nalógico, bem como pelo ajuste automático do Modem às caracterís ticas apresentadas por este meio de transmissão, de modo a tornar mais eficiente e segura esta forma econômica de modulação.

Os modems de baixa e média velocidade encontram gran de aplicação nas redes de supervisão e controle de energia elé trica. Estas redes caracterizam-se por uma grande quantidade de estações remotas cuja função é adquirir dados junto às várias fases de processo (geração e transmissão) e transmiti-los aos centros de supervisão.

O emprego de Modems com modulação em frequência torna -se atrativo por atender o fluxo de dados relativamente pequeno destas remotas e permitir a interligação de grandes distâncias através de canais analógicos de transmissão. Entretanto, uma das dificuldades sentidas pelas equipes de manutenção dos sistemas de supervisão e controle, tem sido a confiabilidade das interli gações, em virtude das distorções e ruídos representados pelos

canais de comunicação.

Os sistemas de comunicação utilizados dispõem de canais de voz que estão sujeitos a distorções de amplitude e fase, podendo inclusive variar ao longo do tempo. Ainda que inatantes para a transmissão telefônica, essas distorções ocasionam a degradação da informação digital de tal forma a ocorrer erros de comunicação. Como solução são empregados circuitos corretivos chamados equalizadores, devendo ser ajustados segundo os desvios apresentados por cada linha.

Grandes variações das características do canal de voz podem ocorrer ao longo do tempo (especialmente quando são empregados sistemas "carrier" de transmissão) obrigando a um reajuste dos circuitos equalizadores de fase. No entanto, tais alterações do sistema de comunicação são detectados pelo correspondente centro de supervisão por intermédio da medida do número de erros ocorridos durante a aquisição dos dados. O desajuste do canal é caracterizado, neste processo, pelo número excessivo de erros.

Por sua vez, o reajuste dos equalizadores requer seja enviado um técnico especializado e com equipamento apropriado, sendo, por si só, um processo demorado e que exige certa prática na sua execução. Este processo é ainda agravado pela localização geográfica dos diversos terminais remotos, o que torna o reajuste custoso.

Os problemas operacionais com os altos custos envolvidos no procedimento de ajuste dos equalizadores, aliado ao baixo custo dos microprocessadores que permite uma descentralização do processamento, constituem as principais motivações que levaram à concepção desta nova técnica de projeto que permite o desenvolvimento de um Modem inteligente. O emprego do microprocessador tornará este Modem apto não só a detectar e exteriorizar qualquer alteração da qualidade do sinal recebido, como também a ajustar-se automaticamente às condições de momento, a partir de um comando para tal.

O emprego de um Modem inteligente permite a adoção de um subsistema hierarquicamente inferior ao sistema de processamento original, formado pelos Modems e as linhas de comunicação, e cujo controle e supervisão é feito por uma unidade denominada Controlador de Comunicação. Esta unidade tem acesso a duas informações básicas que são:

- i) o estado de cada canal de comunicação, através da monitoração, pela unidade inteligente do Modem, da qualidade do sinal demodulado;
- ii) o estado do sistema usuário do subsistema de comunicação, que define quando e qual Modem deverá estar em operação.

A partir destas informações, o Controlador de Comunicação tem a capacidade de detectar qualquer degeneração de um canal, antes que esta traduza em uma alta taxa de erros de comunicação, e automaticamente liberar aquele canal para que os Modems inteligentes se auto-ajustem, sob seu comando, a essas novas condições. As figuras I.1 e I.2 ilustram um sistema de supervisão e controle utilizando respectivamente comunicação via Modems tradicionais e via Modems inteligentes.

Como consequência natural do procedimento proposto, obtem-se uma maior disponibilidade do sistema através da minimização do tempo de reparo (que muitas vezes incluía o deslocamento de turmas de manutenção a lugares distantes), e uma maior confiabilidade devido a uma transmissão com taxa de erros mais reduzida.

Estas vantagens justificam o custo adicional do Modem que, por sua vez, é atenuado pelo baixo custo dos microprocessadores e demais componentes digitais, todos de uso geral, e pela economia de manutenção. Conforme será descrito no decorrer deste trabalho, o projeto do Modem inteligente pode ser modular, permitindo o compartilhamento da etapa inteligente controlada pelo microprocessador, por vários Modems simplificados constituídos pelas etapas analógicas tradicionais, de acordo com a ilustração da figura I.3. Desta forma é obtida, ainda, uma

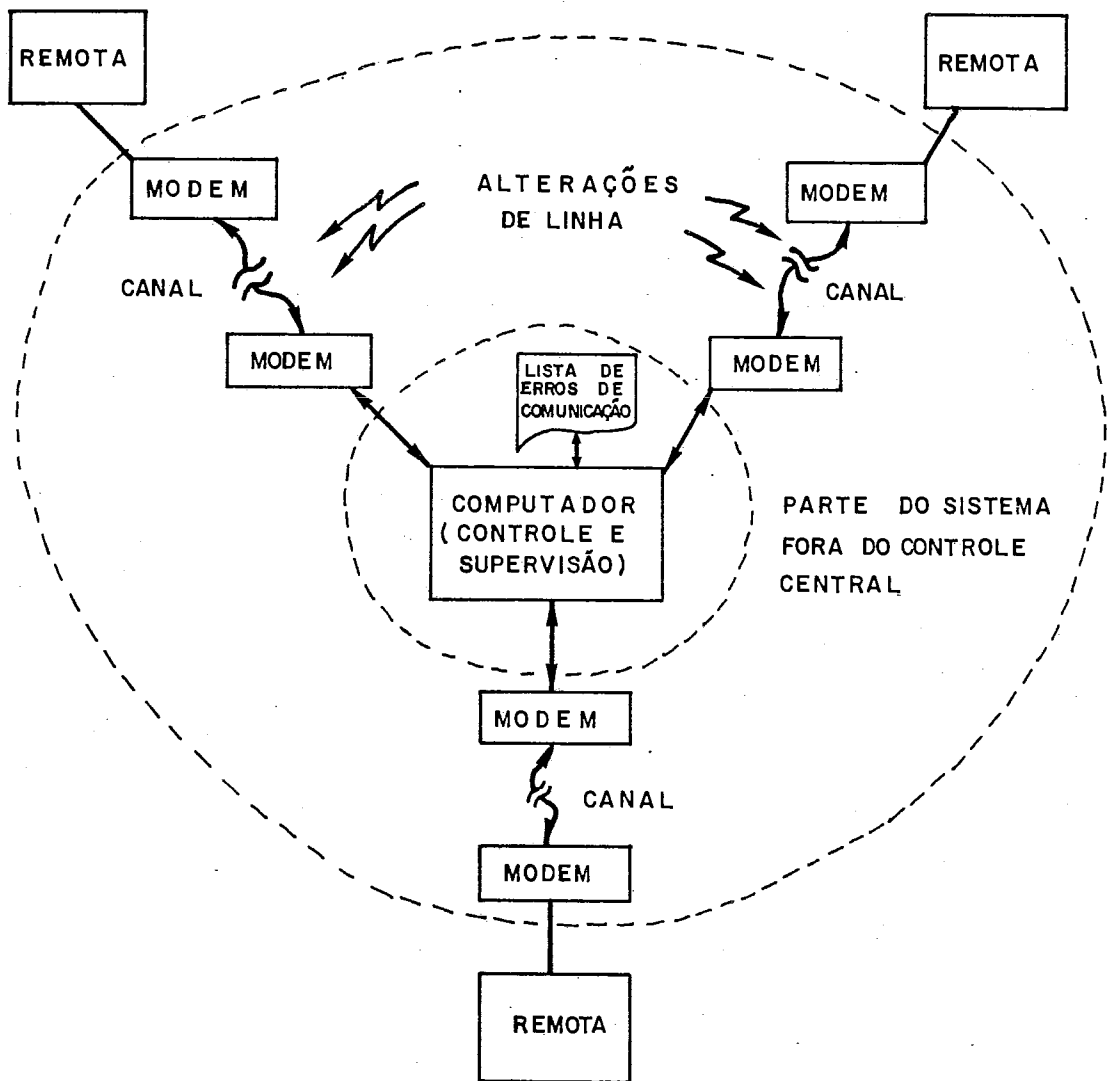


FIGURA I. 1 : SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE UTILIZANDO MODEMS TRADICIONAIS. AS ALTERAÇÕES DE LINHA SÃO DETECTADAS ATRAVÉS DE CONTAGEM DE ERROS DE COMUNICAÇÃO



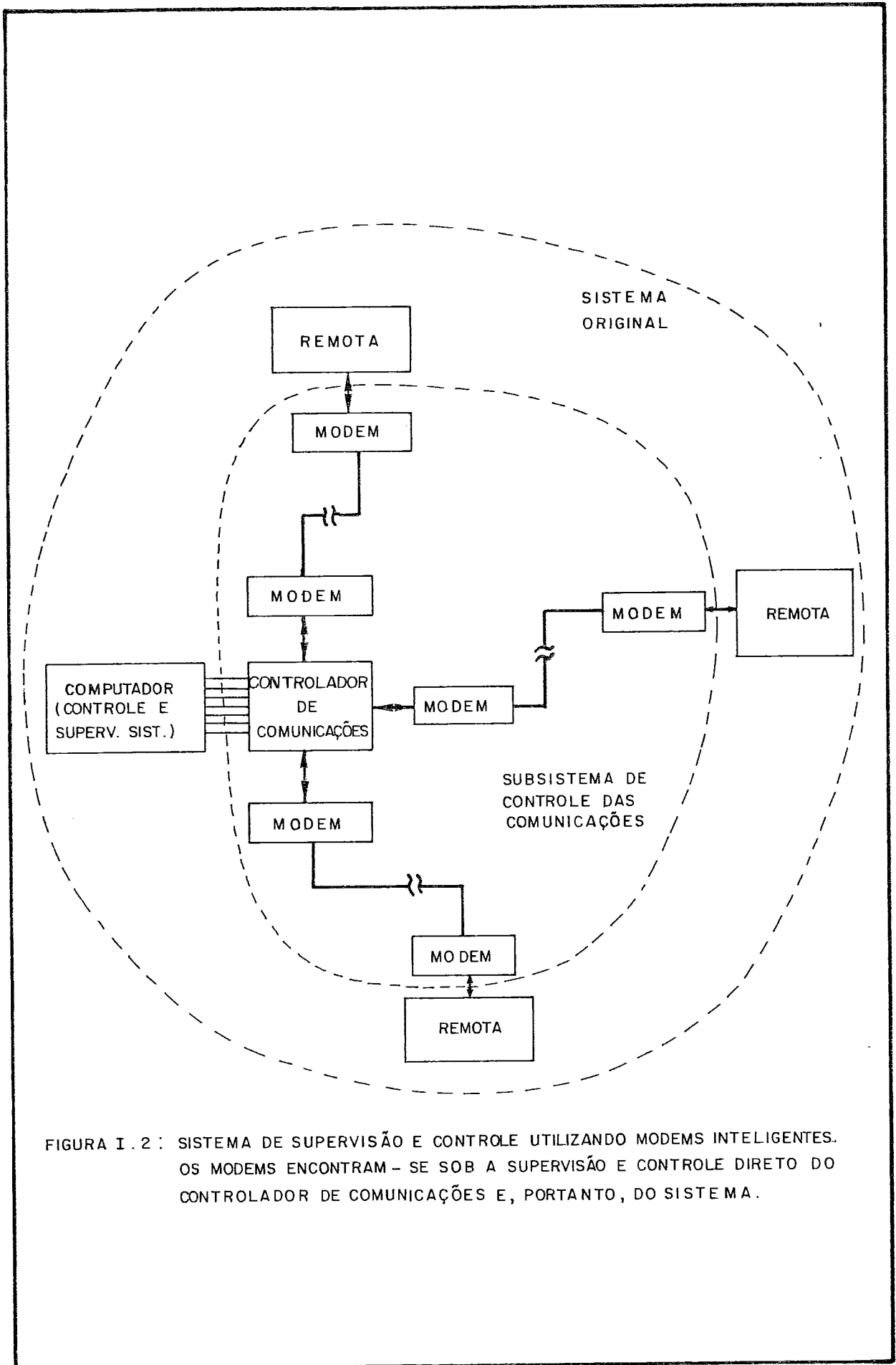


FIGURA I.2 : SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE UTILIZANDO MODEMS INTELIGENTES. OS MODEMS ENCONTRAM-SE SOB A SUPERVISÃO E CONTROLE DIRETO DO CONTROLADOR DE COMUNICAÇÕES E, PORTANTO, DO SISTEMA.

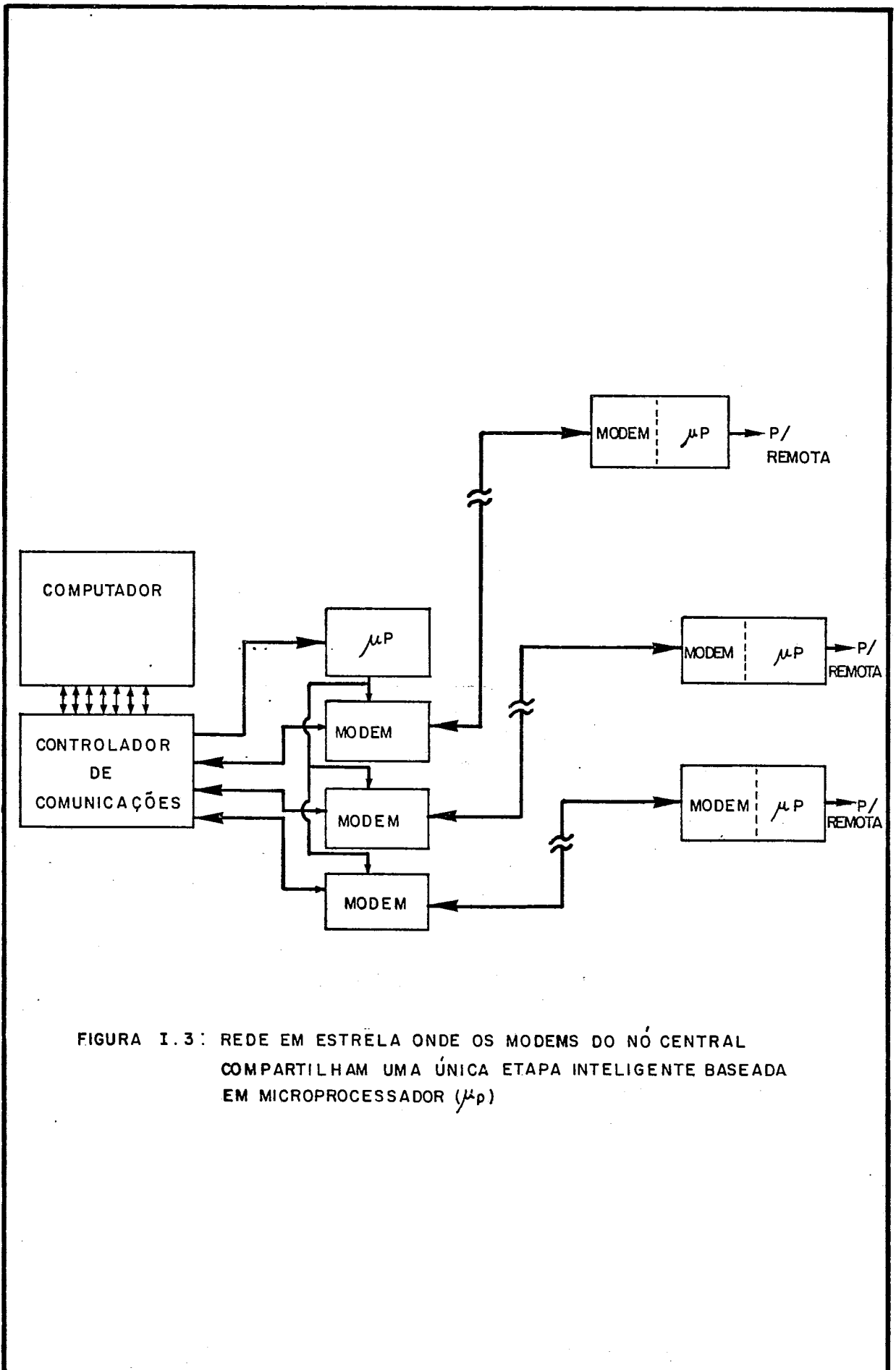


FIGURA I.3: REDE EM ESTRELA ONDE OS MODEMS DO NÓ CENTRAL COMPARTILHAM UMA ÚNICA ETAPA INTELIGENTE BASEADA EM MICROPROCESSADOR ( $\mu P$ )

grande redução no custo total dos Modems quando empregados em rede tipo estrela, onde ao centro chegam várias linhas de comunicação.

Será enfatizada nos próximos capítulos, uma das possíveis realizações de um Modem inteligente, utilizando-a posteriormente para a implementação de uma rede de comunicações. No capítulo II é apresentada a descrição geral do Modem, tanto sob o aspecto de funcionamento como sob o de operação. A discussão do receptor e a do transmissor são apresentadas nos capítulos III e IV, respectivamente. O capítulo V trata da equalização automática compreendendo o processo de ajuste, as características dos circuitos analógicos e o controle digital. As características da unidade de processamento responsável pelo controle do Modem são descritas no capítulo VI. O capítulo VII descreve uma rede de transmissão de dados dotada de auto-supervisão e auto-correção através do emprego de Modems controlados a microprocessador. O capítulo VIII apresenta as conclusões do trabalho.

Finalmente, esta realização apresenta, dentre outras características, uma grande flexibilidade no que diz respeito à padronização das frequências de operação na interface analógica. Esta versão foi concebida para operar de acordo com o padrão 225-540-701 Telebrás<sup>1</sup> (equivalente ao padrão internacional V23 da CCITT<sup>2</sup>) ou outros, segundo as necessidades do usuário.

## I.2 - A Modulação FSK

Os meios de comunicação normalmente utilizados para a transmissão de informação digital são os circuitos telefônicos convencionais. O projeto destes circuitos é realizado levando em consideração as características do sinal de voz, sendo empregadas, de um modo geral, as técnicas de transmissão analógica.

O envio de sinais digitais através dos circuitos analógicos requer seja realizado um tratamento adequado destes sinais. Este tratamento procura compatibilizá-los às características impostas pelo uso das técnicas analógicas de transmis-

são. Um dos procedimentos usuais consiste na conversão do sinal digital em um sinal analógico com características semelhantes às do sinal de voz, aplicando-se as técnicas de modulação de portadora na frequência de áudio. Na recepção, este sinal analógico é reconvertido para sua forma original digital.

A portadora a ser transmitida pelo canal de voz será modulada em amplitude, frequência, fase ou uma combinação desses parâmetros, de acordo com o sinal de dados. A escolha do sistema de modulação mais adequado depende das características do canal e da velocidade de transmissão dos sinais digitais. Para taxas de sinalização até 1800 bps (bits por segundo) é vantajosa a utilização da modulação em frequência pelo baixo custo de implementação e confiabilidade do funcionamento.

A modulação em frequência é normalmente empregada na forma convencional FSK (Frequency Shift Keying), onde a cada nível ou estado do sinal corresponde uma frequência determinada. A figura I.4 mostra a forma típica da modulação FSK adotada neste projeto. Esta modulação é conhecida por FSK de fase coerente por haver uma continuidade de fase na transição da frequência da senóide transmitida. Desta forma, evita-se a ocorrência de saltos no sinal, responsável por componentes de alta frequência.

Na obtenção do sinal modulado em FSK, é gerado um espectro principal relativo à modulação da portadora pela banda básica da informação digital, juntamente com espectros secundários. Os espectros secundários são gerados a partir da modulação da portadora pelos espectros harmônicos da banda básica, existentes na informação binária. Estes espectros devem ser rejeitados por se localizarem fora da faixa de operação dos canais analógicos. Os espectros secundários constituem-se em dados redundantes não havendo, portanto, qualquer perda de informação com a sua rejeição.

Após a filtragem segundo os critérios de Nyquist<sup>3</sup>, o sinal formado pelo espectro principal concentra-se praticamente entre 1100 Hz e 2300 Hz (frequência de queda de 3 dB) para a transmissão de 1200 bps com chaveamento entre as frequências de 1300 Hz e 2100 Hz. Para a transmissão de 1800 bps,

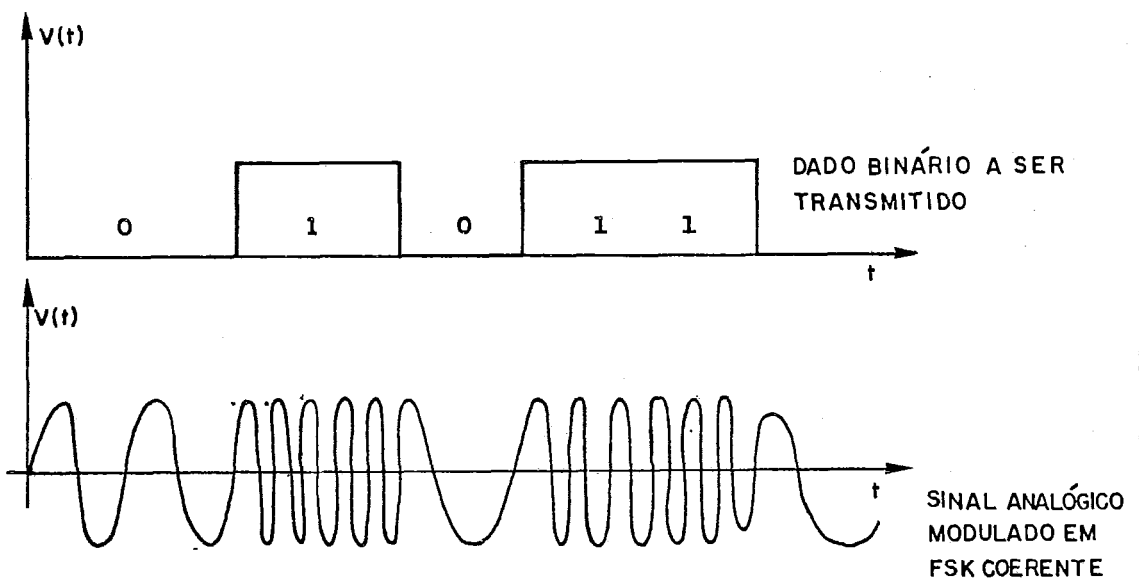


FIGURA I. 4 : FORMAS DE ONDA DO SINAL ANALÓGICO MODULADO EM FREQUÊNCIA ( FSK ), COM FASE COERENTE, E DO SINAL BINÁRIO A SER TRANSMITIDO.

quando o chaveamento ocorre entre as frequências de 1200 Hz e 2400 Hz, a energia do sinal modulado concentra-se praticamente entre 900 Hz e 2700 Hz. Nesta faixa, portanto, devem ser garantidas as características constantes de atenuação e atraso de grupo, de forma a não se alterar a informação digital contida no sinal composto<sup>3</sup>. Esta alteração da informação digital pode ser observada diretamente no sinal demodulado, sob a forma de interferências entre bits adjacentes, e será discutida em maiores detalhes no capítulo V.

No capítulo III são apresentadas, nas figuras III.3A e III.3B, curvas do espectro de energia do sinal FSK para as taxas de 1800 bps e 1200 bps.

## CAPÍTULO II

## DESCRIÇÃO GERAL

A realização do Modem, ora descrita, permite a transmissão de dados a média velocidade utilizando canais de comunicação de voz.

A unidade está preparada para operar em "Full Duplex" ou "Half Duplex" a uma taxa de até 1800 bps ou até 1200 bps conforme escolha do usuário. O modo de transmissão é assíncrono e a modulação é por desvio de frequência (FSK) com continuidade de fase e amplitude nos pontos de transição.

Seus circuitos são divididos em duas partes principais:

- a) Circuitos analógicos responsáveis não só pela filtragem do sinal enviado pelo transmissor, como também pela adaptação do receptor às características de atraso e atenuação que podem variar de acordo com a linha de transmissão.
- b) Unidade processadora digital, responsável pelo controle dos circuitos analógicos e pela constante supervisão e indicação em painel da qualidade dos sinais recebidos.

O Modem é composto por quatro blocos fundamentais apresentados na figura II.1 e cujas funções são as seguintes:

- i) Transmissor - responsável pela modulação da saída analógica de acordo com a informação digital a ser transmitida.
- ii) Receptor - responsável pela recuperação do sinal analógico recebido e a sua posterior demodulação.
- iii) Interface - garante a compatibilidade dos sinais elétricos entre o Modem e o equipamento de

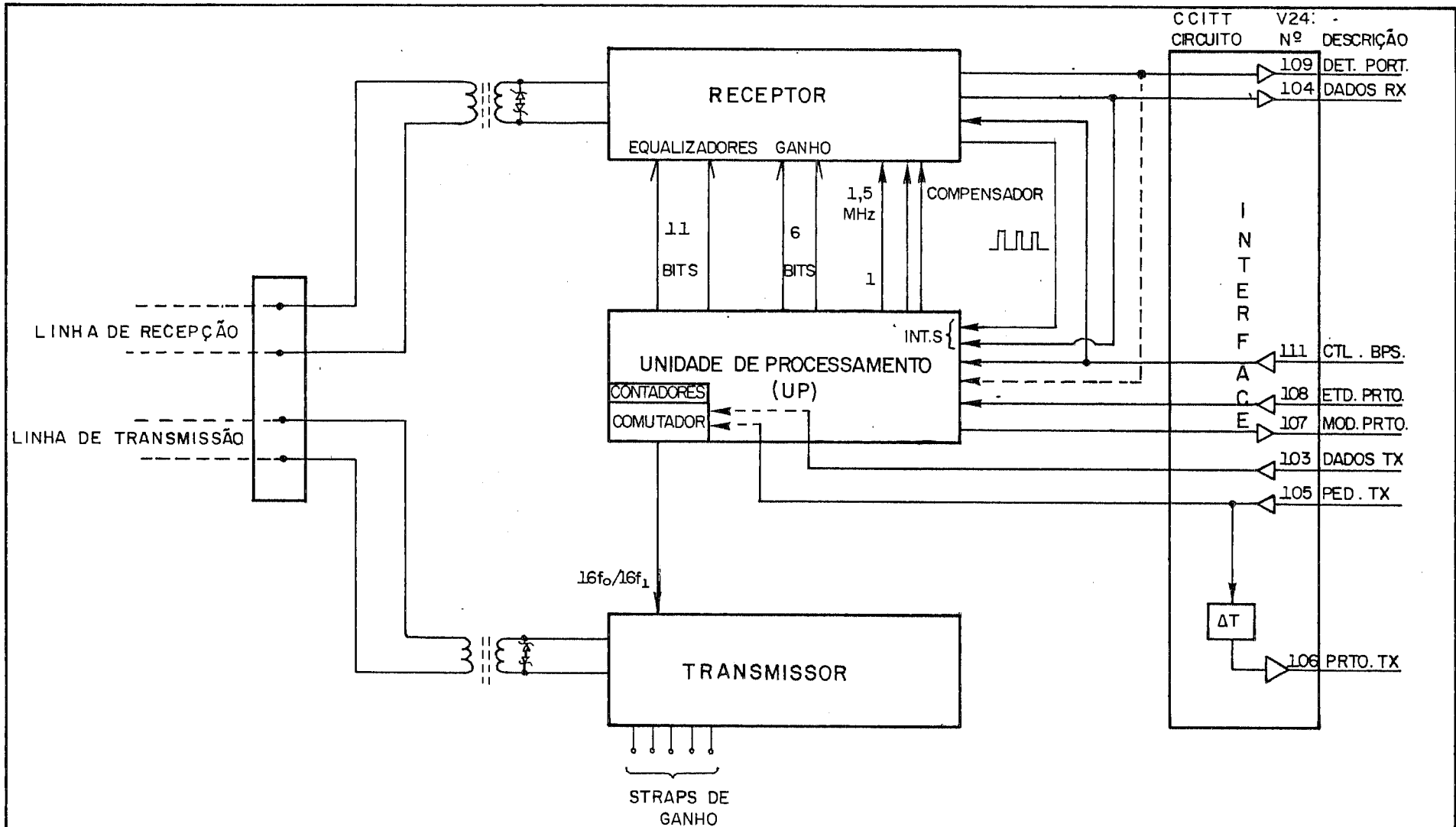


FIGURA II.1 : DIAGRAMA EM BLOCOS DO MODEM.



transmissão de dados a ele ligado. Dispõe também de saídas e entradas de sinalização de acordo com as normas CCITT-V24<sup>2</sup> e normas Telebrás<sup>1</sup> 225-540-701 e relacionadas no Apêndice.

iv) Unidade de Processamento - supervisiona o sinal demodulado e controla as diversas funções do Modem.

O conjunto foi desenvolvido de forma a poder operar em dois possíveis modos, de acordo com as exigências de comunicação. No "modo Telebrás", o Modem apresenta as características de finidas pelas normas Telebrás para o funcionamento na Rede Nacional de Telecomunicações. Neste caso, a velocidade máxima é de 1200 bps. A operação no "modo 1800" permite o funcionamento na velocidade de 1800 bps utilizando, entretanto, diferentes valores das frequências das senóides de saída. Esta taxa de sinalização binária representa a máxima velocidade de operação alcançada com a modulação FSK em canais telefônicos convencionais. O selecionamento do modo de operação é feito pela mudança de programação da unidade de processamento, acompanhada de alterações em "straps" internos de fácil localização e acesso. Outros modos de operação que utilizam diferentes frequências das senóides de saída podem ser obtidos por meio de mudanças na programação da unidade de processamento.

A unidade de processamento utiliza o microprocessador 8085 da Intel<sup>4</sup>, juntamente com alguns dos seus periféricos. A escolha destes componentes baseia-se nas características de desempenho, custo e facilidade de obtenção no mercado. Com o emprego do microprocessador, o Modem está capacitado a desempenhar as seguintes funções:

- a) mudança das frequências das senóides de saída, de acordo com a escolha do modo de operação do Modem,
- b) medida estatística da qualidade do sinal recebido para as taxas de 600 bps, 1200 bps e até 1800 bps de acordo com o modo de operação,

- c) ajuste automático por comando remoto ou em painel dos filtros equalizadores de fase e ganho,
- d) memorização dos parâmetros dos filtros equalizadores de fase e ganho mesmo no caso de falta de alimentação do Modem,
- e) possibilidade de futura expansão do processo de equalização, de forma a permitir o ajuste do Modem para a operação em várias linhas comutadas no tempo,
- f) indicação alfanumérica de ausência de informação digital recebida, e de falta de portadora em linhas dedicadas,
- g) ajuste automático de ganho,
- h) transmissão de padrão pseudo-aleatório para ajustes remotos.

No desenvolvimento do Modem houve a preocupação em minimizar os problemas mais comumente encontrados na modulação FSK. Como exemplo pode-se citar a variação, com o tempo e a temperatura, das frequências do sinal de saída bem como do ajuste do demodulador. Procurou-se também utilizar circuitos analógicos pouco sensíveis às variações dos componentes, de modo a possibilitar uma produção em série rápida e econômica.

Por fim, a calibração do demodulador, necessária nos Modems que operam em "FSK", pode ser feita sem a necessidade da instrumentação usual (osciloscópio e gerador de sinais). Esta calibração é feita utilizando-se a própria unidade de processamento que acusa o ajuste ótimo por meio do indicador alfanumérico do painel. A calibração do demodulador é feita em fábrica sendo desnecessários futuros reajustes. Esta característica de estabilidade é garantida pelo emprego de circuitos digitais praticamente insensíveis às variações de temperatura e ao envelhecimento, em substituição de determinados circuitos analógicos convencionais.

A descrição das características dos circuitos bem como os detalhes de funcionamento serão tratados nos próximos capítulos deste trabalho.

## CAPÍTULO III

## RECEPÇÃO

III.1 - Introdução

O objetivo do receptor é a demodulação do sinal analógico recebido da linha de transmissão. Para isso, o receptor é formado por quatro estágios básicos apresentados na figura III.1 e que são:

- a) filtro para a atenuação dos sinais existentes fora do espectro do canal convencional de voz,
- b) equalizador para a compensação das distorções de fase e ganho, próprias das linhas de transmissão,
- c) amplificador para o ajuste da magnitude,
- d) demodulador responsável pela obtenção da informação digital a partir do sinal analógico recebido.

Esses quatro estágios básicos são compostos ainda por várias subredes da seguinte forma:

- O filtro é formado por um circuito ativo passa-baixas de segunda ordem, um passa-altas de primeira ordem e um passa-faixa passivo de segunda ordem.
- O equalizador é constituído por dois circuitos ativos do tipo passa-tudo e um compensador de ganho, todos controlados pela unidade de processamento (UP);
- A amplificação é garantida por duas etapas de ganho também controladas pela UP;
- O demodulador subdivide-se em um detector de cruzamento de zero, um filtro discriminador e o circuito de "BIAS".

O receptor dispõe ainda de dois circuitos secundários que são o detector de portadora e o circuito do tipo "CLAMP" para proteção.

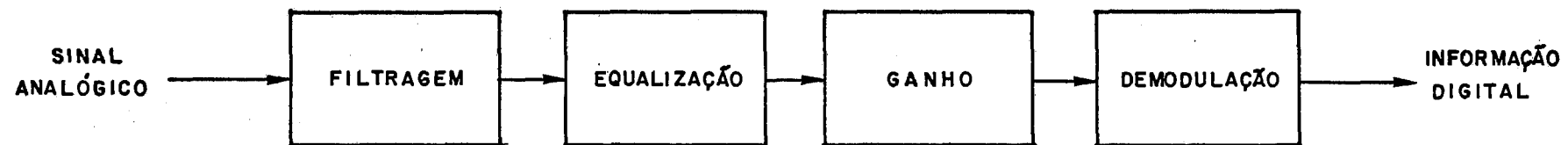


FIGURA III . 1 : ESTÁGIOS BÁSICOS DO RECEPTOR FSK













































































































































































































































