

UTILIZAÇÃO DA REDE ELÉTRICA E DA REDE DE TELEFONIA PARA TRANSMISSÃO DE SINAIS DIGITAIS.

Newton Alberto de Castilho Lages.
Francisco Junqueira Muniz.

Departamento de Ciência da Computação.
ICEX - UFMG.
Caixa Postal 702.
30.161 Belo Horizonte MG.

SUMARIO.

O TRABALHO DESCREVE O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA INTERLIGAÇÃO DE MICROCOMPUTADORES NA FORMA DE UMA REDE LOCAL, UTILIZANDO UMA FASE E O NEUTRO DA REDE ELÉTRICA DE UMA INSTALAÇÃO COMO UM BARRAMENTO PARA TROCA DE MENSAGENS. O SISTEMA TAMBÉM PERMITE A UTILIZAÇÃO DA REDE ELÉTRICA E/OU TELEFÔNICA JÁ EXISTENTE PARA A MONITORAÇÃO E ATUAÇÃO EM PONTOS REMOTOS DE LUZ, DE FORÇA, ATUADORES E SENSORES. NO CASO DE INTERLIGAÇÃO DE MICROS, O SOFTWARE DEVE IMPLEMENTAR UMA CAMADA DE ENLACE SIMPLES, PARA SUPORTAR DESENVOLVIMENTOS FUTUROS. NO CASO DE APLICAÇÃO MONITORAÇÃO E COMANDO REMOTOS, O CONTROLE GLOBAL SERÁ IMPLEMENTADO POR UM SOFTWARE DE TEMPO REAL, RODANDO NUM MICROCOMPUTADOR COMPATVEL COM O IBM PC-XT.

ABSTRACT.

THE DEVELOPMENT OF A LOCAL AREA NETWORK THAT USES THE POWER LINE WIRING FOR DATA TRANSMISSION BETWEEN COMPUTERS IS DESCRIBED IN THIS WORK. THE SYSTEM ALSO SUPORTS THE REMOTE MONITORING AND CONTROL OF LIGHTS, APPLIANCES, SENSORS AND ACTUATORS, USING THE ELETRIC OR TELEPHONE WIRING ALREADY EXISTING IN A BULDING. THE SOFTWARE CONTROLLING THE INTERCONNECTIONS BETWEEN MICROCOMPUTERS, IMPLEMENTS A SIMPLE LINK LAYER TO SUPORT THE APPLICATIONS. THE REMOTE CONTROL AND MONITORING IS ACOMPLISHED BY A REAL TIME SOFTWARE RUNNING IN AN IBM PC-XT LIKE MICROCOMPUTER.

INTRODUÇÃO.

A interligação de microcomputadores na forma de Redes Locais já constitui, há algum tempo, uma necessidade em diversas instalações. Aplicações como automação de escritórios, controle de processos e aquisição de dados em laboratórios e indústrias são cada vez mais comuns. Atualmente, existem também sistemas para monitoração e controle remoto de pontos de luz, de força e alarmes numa residência, inclusive já disponíveis comercialmente nos Estados Unidos e Japão.

Este trabalho descreve a concepção e implementação de um sistema para interligação de microcomputadores entre si e também a pontos de luz, de força e pontos atuadores, utilizando a rede elétrica de potência já disponível numa instalação, para a transmissão de sinais digitais entre os diversos elementos.

1. CONCEPÇÃO DO SISTEMA.

A idéia para a concepção do sistema surgiu de um projeto de uma central remota de operação para controlar pontos de luz, de força e alarmes de uma instalação. Nestas aplicações são normalmente usadas três técnicas para a transmissão de sinais entre os diversos pontos e o centro de operação e comando:

- usar fiação independente, normalmente cabo coaxial;
- usar a fiação elétrica de potência já existente;
- utilizar transmissão através de ondas de rádio.

A utilização de fiação independente além do custo elevado, poderia ser complicada ou mesmo inviável em instalações já existentes constituindo-se numa alternativa relevante apenas no caso de novas construções onde a fiação adicional seria considerada à priori no projeto elétrico.

A utilização de transmissão usando ondas de rádio pode implicar em problemas de interferência e a sua aplicação se restringe mais a aplicações de segurança.

A solução adotada foi a utilização da rede elétrica de potência (fase/neutro) já existente para a transmissão de sinais. Esta solução apresenta como principal vantagem o custo zero do meio de transmissão. A principal limitação desta técnica é a taxa de transmissão baixa, normalmente da ordem de 1000 bits por segundo.

No início da especificação do projeto verificou-se que se fossem conectados à central de operação outros microcomputadores, eles poderiam se comunicar como numa rede local com topologia de barramento.

2. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA.

O principal objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um hardware e software para a utilização da rede elétrica e/ou telefônica já existente numa instalação, para monitoração/atuação de pontos remotos e transmissão de dados utilizando microcomputador.

O hardware deve permitir a interligação de microcomputadores utilizando uma fase e o neutro como um barramento para troca de mensagens. Neste caso o software deverá implementar uma camada de enlace, definindo o método de acesso ao meio.

No caso de aplicação de controle (monitoração e comando remotos), o controle global será implementado por um software de tempo real, rodando num microcomputador compatível com o IBM PC-XT.

Também faz parte do projeto a análise dos seguintes pontos:

- qual o processo de acoplamento / desacoplamento mais adequado para a transmissão de sinais através da rede elétrica de potência;
- qual a melhor faixa de frequência dos sinais a serem transmitidos;
- a taxa de transmissão e a distância máxima entre elementos ligados ao meio físico de transmissão.

2.1 DESCRIÇÃO DO HARDWARE.

O hardware do sistema proposto tem a configuração básica mostrada em blocos na figura 1.

Tendo em vista as diversas aplicações possíveis para o sistema, procurou-se desenvolver um projeto modular, permitindo diversas configurações de hardware. De fato, para a aplicação de Redes Locais foi implementado um controlador digital baseado em microprocessador e com vários tipos de circuitos integrados periféricos de apoio. Para as aplicações de monitoração e comando remotos, o controlador pode, eventualmente, ser mais simples, dependendo do tipo de função que irá desempenhar. Nesta fase do trabalho estão sendo projetados controladores simples para o comando tipo on-off de pontos de luz e de força remotos. A utilização de microcontroladores é bastante indicado para estas aplicações e a concepção modular do hardware também permite controladores digitais implementados usando tais circuitos integrados.

2.1.1 Circuito de Acoplamento / Desacoplamento.

É o módulo responsável pela transmissão e recepção dos sinais gerados pelo modulador/demodulador através da linha de 127 Volts-60 Hertz.

Este circuito, mostrado através de um diagrama de blocos simplificado na figura 2, realiza a interface entre o circuito de modulação-demodulação e o barramento (fase-neutro da linha de potência). Ele recebe como entrada um sinal em frequência da ordem de centenas de Hz até unidades de KHz, modula este sinal em amplitude com uma portadora da ordem de centenas de KHz e acopla-o a linha de potência. A tarefa inversa é também realizada por este circuito. Apesar de representados separadamente no diagrama de blocos simplificado, alguns circuitos são compartilhados pela seção de acoplamento e desacoplamento.

2.1.2 Circuito Modulador/Demodulador.

Para fazer a modulação e demodulação do sinal digital a ser transmitido, foram utilizados circuitos de transmissão/recepção DTMF "Dual-Tone Multi-Frequency". Introduzida a cerca de 25 anos atrás para sinalização telefônica esta técnica tem sido utilizada atualmente em diversas outras áreas tais como comunicação por rádio, máquinas de resposta automática, controle remoto e transmissão de dados. A principal razão desta proliferação do uso da sinalização DTMF deve-se ao alto grau de confiabilidade da técnica para a transmissão de sinais e a disponibilidade de circuitos integrados que realizam a transmissão e recepção de sinais digitais.

Estes circuitos recebem como entrada 4 bits de um controlador digital e podem gerar até 16 pares de frequência: um par para cada configuração binária. No sentido contrário, os receptores DTMF recebem pares de frequências e os converte para a configuração binária correspondente.

Para executar estas funções, é utilizado o circuito integrado de telefonia 8880 da MITEL, que implementa a recepção e a transmissão de sinais DTMF. A figura 3 mostra os principais pinos de entrada e saída deste "chip".

A vantagem de se utilizar este CI é que ele pode ser programado através de uma interface paralela do Controlador Digital sendo, portanto, bastante flexível. Outra grande vantagem é a possibilidade de se comandar e monitorar remotamente pontos de luz, de força, alarmes, etc, utilizando-se a Rede Pública de Telefonia Comutada, além da rede elétrica de potência. Com isto, o número de aplicações possíveis cresce enormemente.

2.1.3 O Controlador Digital.

Conforme mostrado no diagrama de blocos, a função do controlador é prover uma interface entre o elemento de entrada e o circuito baseado no CI 8880 de transmissão e recepção de sinais DTMF.

A complexidade do controlador digital, vai depender do tipo de elemento ligado na sua entrada.

O controlador mais complexo permite a interligação de microcomputadores para troca de informações. Neste caso, o controlador digital é um sistema baseado no microprocessador INTEL 8085, com a seguinte configuração básica:

- CPU INTEL 8085;
- 2 Kbytes de memória RAM;
- 4 Kbytes de memória EPROM;
- 1 interface serial padrão RS-232C;
- 1 interface com 24 linhas de E/S, 1 temporizador e 256 bytes de RAM;
- 1 interface com 3 temporizadores/contadores.

A figura 4 mostra o diagrama em blocos do controlador digital.

O uso do controlador digital é importante, uma vez que ele pode encarregar-se de tarefas rotineiras, deixando o microcomputador disponível para outras necessidades. O controlador desempenha o papel de interface entre o microcomputador e o circuito modulador/demodulador.

A utilização de um controlador baseado em microprocessador oferece também uma grande flexibilidade para programação e controle de diversos tipos de circuitos possíveis de serem utilizados para promover a modulação e demodulação do sinal a transmitir.

No caso de monitoração e comando de pontos remotos, existe um controlador baseado em microprocessador fazendo a interligação com o microcomputador de controle, e um ou mais controladores digitais simples associados aos respectivos pontos de controle. Esta configuração permite, por exemplo, comandar: ligar/desligar pontos de luz; ligar/desligar equipamentos e dispositivos ligados a pontos de força; monitorar pontos de alarme, utilizando um programa de controle rodando no microcomputador.

2.1.4 Projeto Físico

Procurou-se desenvolver o projeto físico do hardware do sistema com o objetivo de se obter um protótipo semi-industrial.

Em termos de projeto de "hardware" subdividiu-se a o sistema logicamente, procurando associar cada módulo lógico a único módulo físico, resultando na seguinte implementação:

- (1) acoplamento-desacoplamento *;
- (2) modulação-demodulação *;
- (3) controlador digital;
- (4) fonte de +12V e -12V;
- (5) fonte de +5V;

(*) Estes módulos encontram-se ainda em forma de protótipo.

Os módulos foram desenvolvidos em cartões de dimensão de 100x160 mm, e estão acomodados, verticalmente, em um "rack" de fácil aquisição no comércio local, fornecido pela "Taunus". Esta linha de "rack" é bastante flexível em termos mecânicos; suas dimensões são de aproximadamente 130x240x253 mm.

Este "rack" acomoda os cinco módulos já descritos, e contém alguns "slots" disponíveis que receberão novas interfaces a serem projetadas.

Para possibilitar um teste de comunicação entre microcomputadores através da rede elétrica de potência, foram montados dois conjuntos iguais ao acima descrito. Além disto, com esta configuração é também possível a simulação de controle remoto de pontos de luz e de força obtendo-se, deste modo, testes completos do sistema.

A implementação modular do sistema possibilita a permutação de cartões entre "racks". Esta facilidade é bastante útil: inicialmente, durante a fase de desenvolvimento e testes; posteriormente para a manutenção do sistema.

2.2 O MICROCOMPUTADOR E O SOFTWARE DE CONTROLE

O microcomputador utilizado para desenvolvimento do projeto é um SID 501, com 512 KBytes de memória, 1 drive para "floppy" de 5 1/4", disco rígido de 20 MBytes e placa multifunção com interface serial RS-232C.

Para desenvolvimento e testes do controlador digital, foi utilizado um monitor gravado na EPROM do controlador, de modo a permitir a implementação e testes dos programas de tratamento do 8880 DTMF. O controlador é ligado ao microcomputador através de uma de uma interface serial padrão RS-232.

O grande atrativo deste projeto é a ampla gama de aplicações suportadas. Inicialmente foram implementados três controladores inteligentes permitindo, portanto, a interligação de três microcomputadores numa configuração de rede "token-bus", sendo a fase/neutro da rede elétrica de potência usados como barramento. Neste tipo de aplicação, o software desenvolvido implementa um nível de enlace simples para permitir a troca de mensagens entre os micros conectados.

Em cima desta camada de enlace, vários tipos de aplicações poderão ser desenvolvidas, como transmissão de arquivos, servidores de disco e impressora, correio eletrônico, etc.

Uma outra aplicação que está sendo desenvolvida na primeira fase do projeto é o "home-minder", isto é, automação de uma residência utilizando um microcomputador com um software de controle e diversos controladores digitais simples nos pontos a serem monitorados e comandados.

Nesta aplicação o microcomputador dispõe de uma tela para interação com o usuário, apresentando a planta baixa da residência com indicação dos pontos controláveis e um "menu" de comandos disponíveis. O usuário poderá, através do preenchimento de uma agenda, programar por exemplo:

- ligar aquecedor das 17:00 às 18:30 horas todos os dias;
- ligar as luzes externas todos os dias, a partir das 18:00 horas;
- ligar/desligar aparelhos elétricos de forma programada ou diretamente através de comandos;
- ligar/desligar luzes de forma programada ou diretamente através de comandos;
- monitorar pontos de luz e alarmes e programar eventuais ações a serem seguidas.
- outras aplicações envolvendo os mais diversos tipos de sensores e atuadores.

Para esta aplicação, foi desenvolvido um software de tempo real para controle das diversas dependências de uma residência sendo os comandos simulados pelo teclado e as atuações representadas na tela de um microcomputador.

3- ESTAGIO ATUAL DO PROJETO E CONCLUSÕES.

Atualmente, estão montadas duas unidades inteligentes, com o controlador, o circuito acoplador/desacoplador e o circuito modulador/demodulador. Cada unidade está montada num bastidor da Taunus e possui fonte de tensão própria. As entradas e saídas de cada unidade são:

- conector DB-25 para interligação com o microcomputador através da interface serial RS-232, para interação do controlador com o micro;
- tomada de força para alimentação do microcomputador;
- alimentação de força da unidade.

Os itens listados no item 2 foram analisados tendo sido determinado experimentalmente:

- a) o circuito acoplador / desacoplador usando amplificadores com controle de ganho, filtros, circuito ressonantes e modulação dos sinais DTMF numa portadora de 100 KHz, mostrou-se adequado para a transmissão confiável de sinais através da rede elétrica de potência.
- b) a utilização de sinalização DTMF oferece um alto grau de confiabilidade reconhecendo com precisão as configurações de pares de frequência para distâncias da ordem de 100 metros;
- c) a taxa de transmissão efetiva é da ordem de 1000 bits por segundo;
- d) o sistema não introduziu ruído em outros equipamentos ligados na mesma fase usada como meio de transmissão de sinais;
- e) a carga elétrica ligada na fase / neutro usados como meio de transmissão influi no grau de amplificação necessário para uma recepção correta dos sinais transmitidos.

O projeto atendeu às expectativas e, como comentado no item 2.1.2 permite a implementação de uma ampla gama de aplicações, tanto na área de redes de computadores quanto na de controle e automação de uma instalação.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] MITEL SEMICONDUCTOR, " Microeletronic Products Data Book ", Issue 1, January/1986.
- [2] IEEE SPECTRUM, "Special Issue: At home with high technology" IEEE Spectrum, Volu. 22, Number5, May/1985.
- [3] PIETY, R.A. " Intrabulding Data Transmission Using Power-Line Wiring ", Hewlet-Packard Journal, May/1987, pp. 37-41.
- [4] SHEKEL, J. " Using Eletric Power Distribution Lines as a Communication Network ", IEEE Interncional Conference on Circuits and Computers, Vol. 2, 1980, p. 1010.
- [5] " Summary of an IEEE Guide for Power-Line Carrier Applications ", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-99, no.1, January/February 1980, pp. 2334-2337.

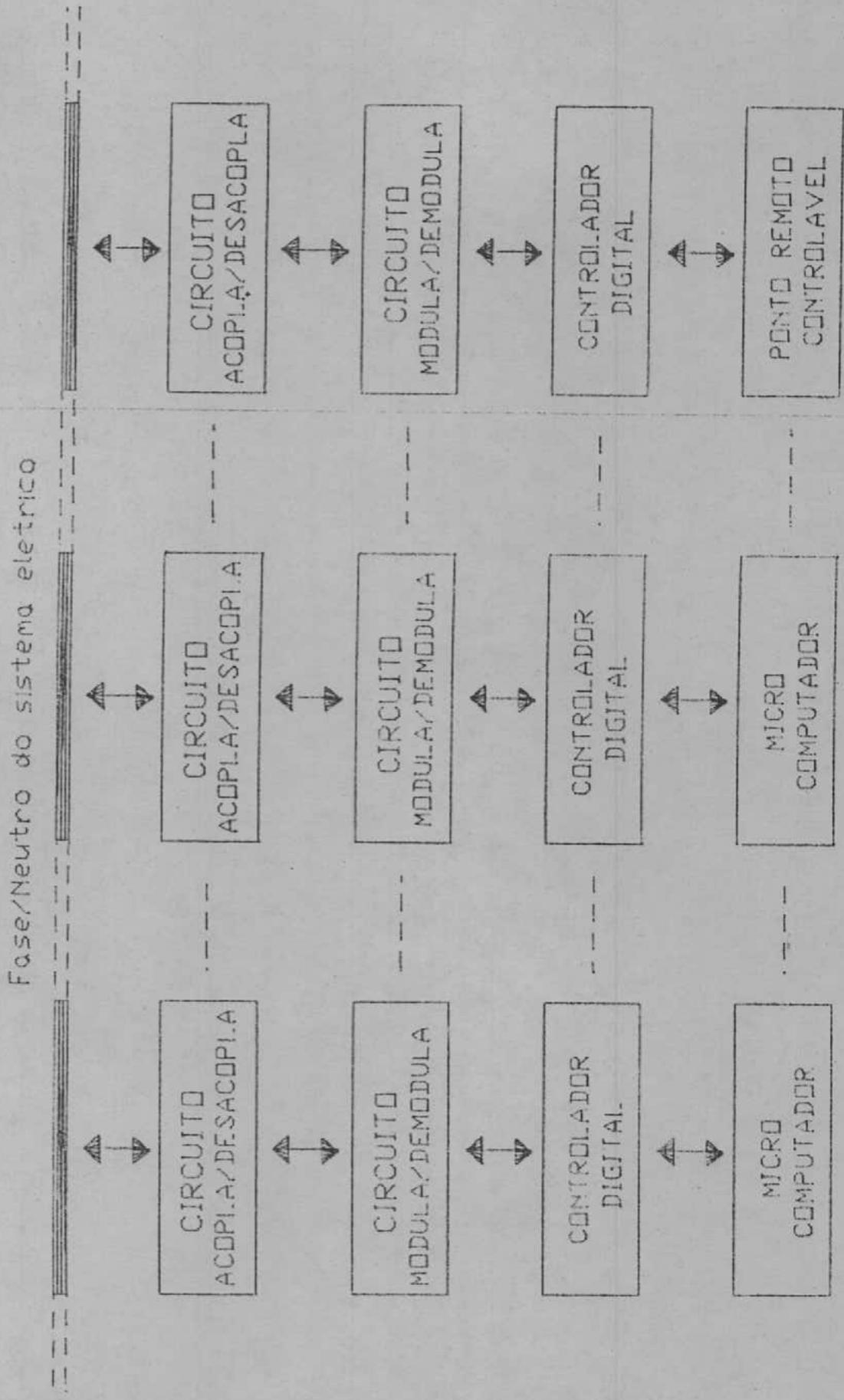


Figura 1

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DO CIRCUITO DE ACOPLAMENTO/DESACOPLAMENTO

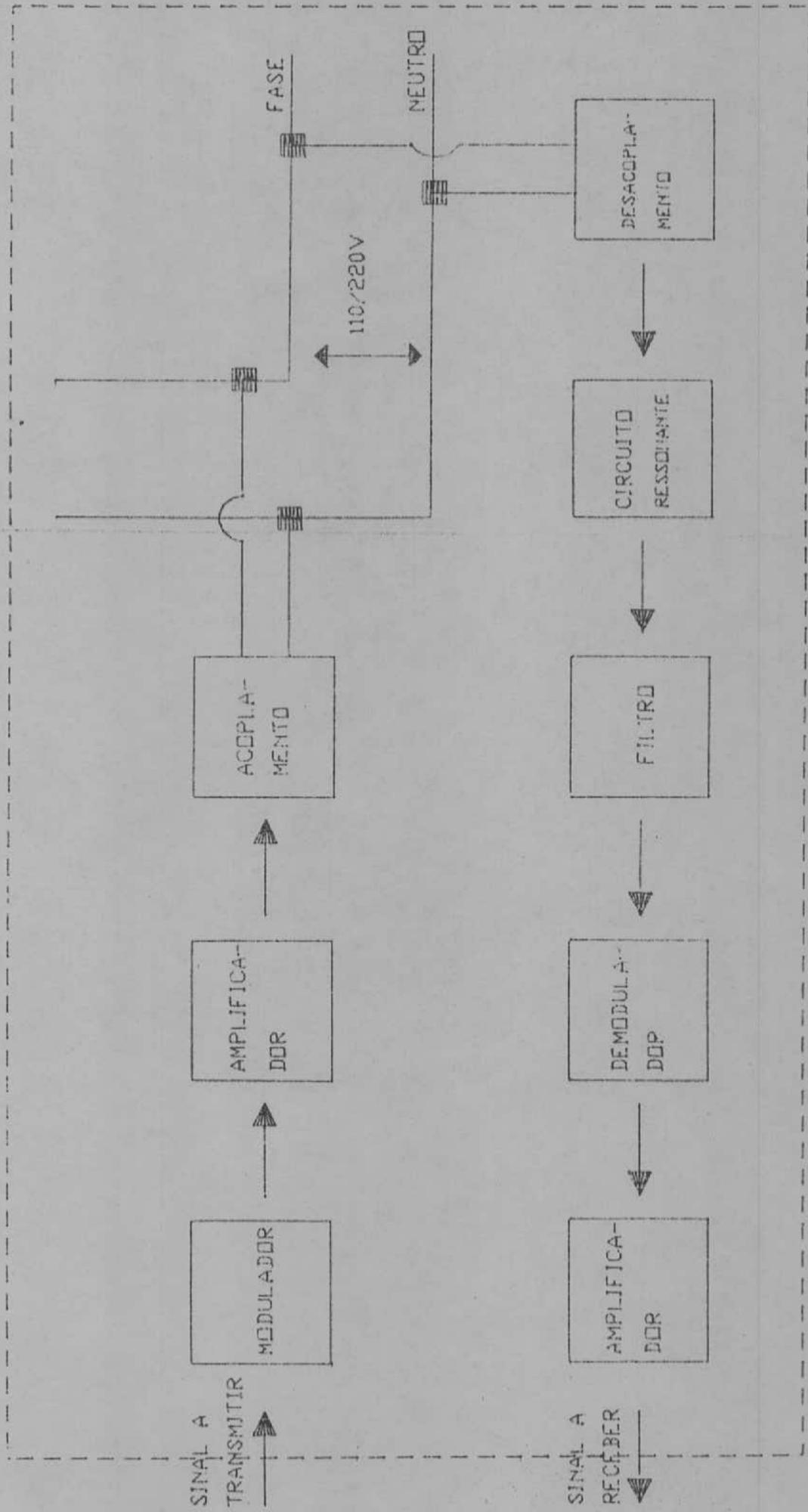


Figura 2

CIRCUITO MODULADOR/DEMODULADOR

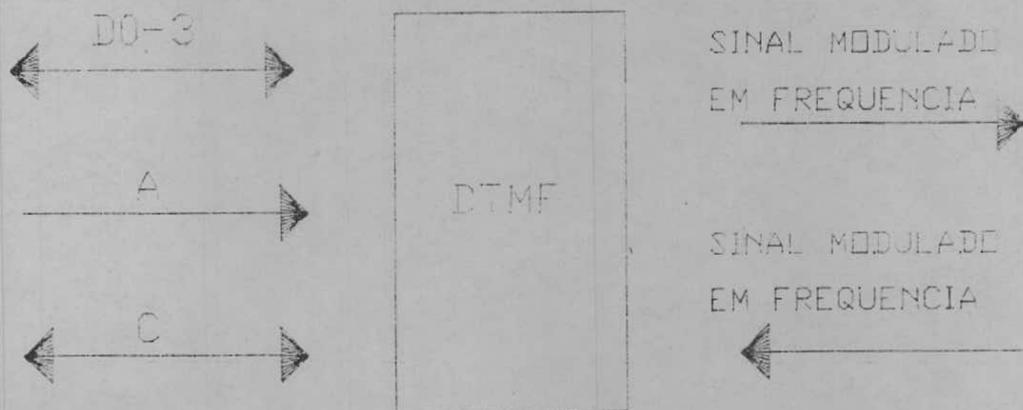


Figura 3

CONTROLADOR DIGITAL

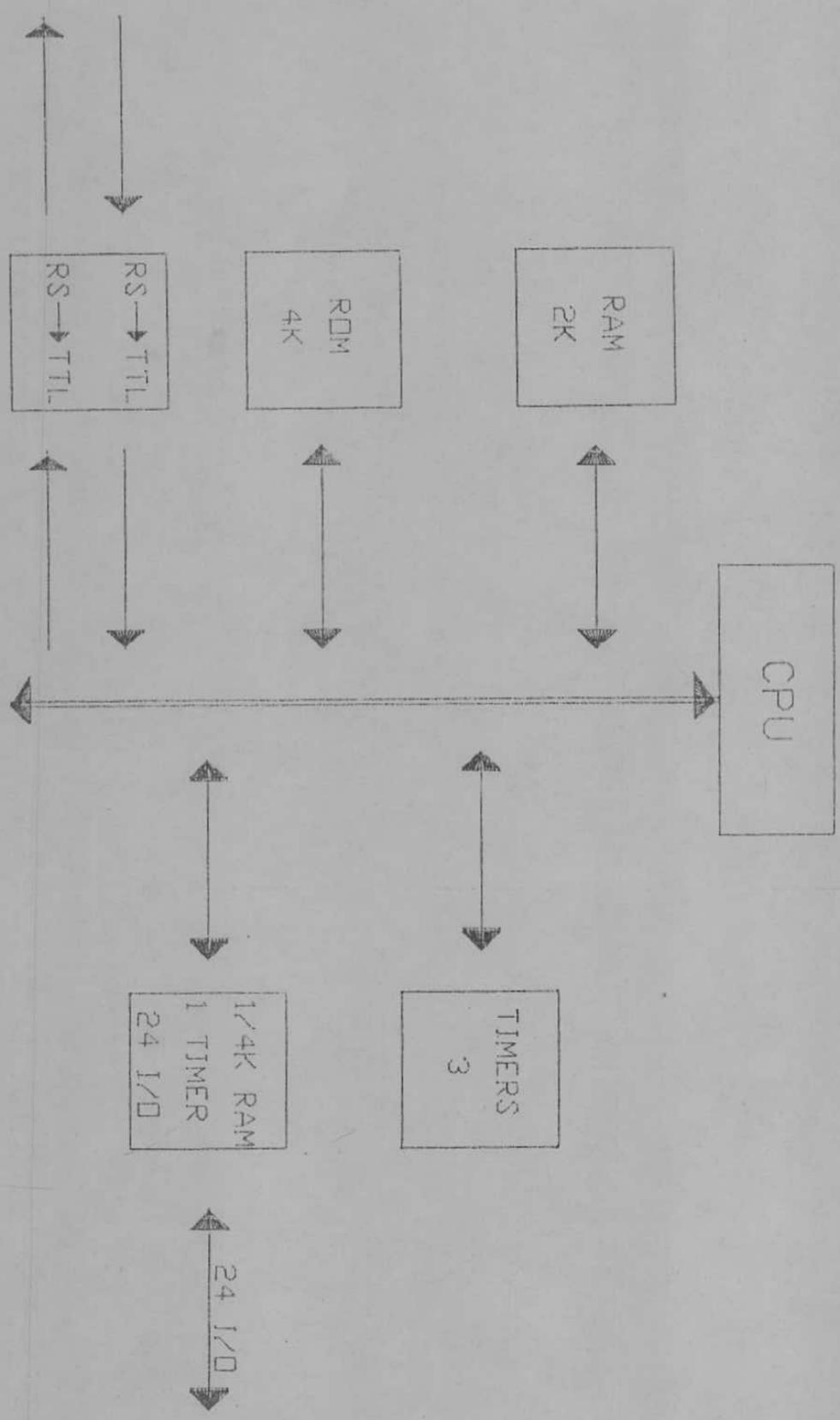


Figura 4

p. 64