

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELETRICA

CIRCUITO INTEGRADO PARA INTERFACE DE COMUNICAÇÃO COM
INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS EM REDES LOCAIS DE COMPUTADORES

IVAN SARAIVA SILVA

CAMPINA GRANDE
MAIO - 1990

IVAN SARAIVA SILVA

**CIRCUITO INTEGRADO PARA INTERFACE DE COMUNICAÇÃO COM
INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS EM REDES LOCAIS DE COMPUTADORES**

Dissertação apresentada ao curso de MESTRADO
EM ENGENHARIA ELETRICA da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do Grau de Mestre.

AREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO

WILLIAM FERREIRA GIOZZA
Orientador

CAMPINA GRANDE
MAIO - 1990

*Dia
004.4 (043)
13.5850*



S586c Silva, Ivan Saraiva.
Circuito integrado para interface de comunicação com
integração de voz e dados em redes locais de computadores /
Ivan Saraiva Silva. - Campina Grande, 1990.
134 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) -
Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e
Tecnologia, 1990.
"Orientação : Prof. Dr. William Ferreira Giozza".
Referências.


1. Redes de Computadores. 2. Redes Locais -
Computadores. 3. Interface de Comunicação. 4. Integração de
Voz e Dados. 5. Dissertação - Engenharia Elétrica. I.
Giozza, William Ferreira. II. Universidade Federal da
Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 004.7(043)


CIRCUITO INTEGRADO PARA INTERFACE DE COMUNICAÇÃO COM
INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS EM REDES LOCAIS DE COMPUTADORES

IVAN SARAIVA SILVA


DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31.05.90



WILLIAM FERREIRA GIOZZA, Dr.Ing., UFPB
Orientador



RICARDO AUGUSTO DA LUZ REIS, Dr., UFRGS
Componente da Banca



JOBERTO SERGIO BARBOSA MARTINS, Dr.Ing., UFPB
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB
MAIO - 1990

AGRADECIMENTO

A Olivier P. F. Giordano, pela valiosa contribuição para a execução deste trabalho.

RESUMO

A necessidade de compartilhar recursos computacionais e agilizar o processo de tomada de decisão, associada à crescente informatização de todos os setores da sociedade, tem levado ao desenvolvimento de redes locais de computadores com integração dos serviços de voz e imagem.

Este trabalho desenvolve uma interface de comunicação para rede local de computadores com integração de voz e dados e implementa um ASIC ("Application Specific Integrated Circuit") capaz de fornecer serviços básicos à integração de voz em ambiente de rede local. A interface gerencia o fornecimento destes serviços e reúne em uma unidade coordenada um conjunto de soluções para as questões tecnológicas envolvidas na integração do serviço de voz em ambiente de rede local.

A teoria básica necessária ao desenvolvimento e implementação da interface e do ASIC é apresentada e os resultados obtidos são discutidos.

SUMARIO

CAPITULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPITULO II - INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS EM REDES LOCAIS	
2.1 INTRODUÇÃO	5
2.2 TIPOS DE TRAFEGOS	6
2.3 TECNICAS DE COMUTAÇÃO PARA INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS	11
2.3.1 COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS	13
2.3.2 COMUTAÇÃO RÁPIDA DE CIRCUITOS	18
2.3.3 COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS MELHORADA	19
2.3.4 COMUTAÇÃO DE PACOTES	22
2.3.5 COMUTAÇÃO RÁPIDA DE PACOTES	28
2.3.6 COMUTAÇÃO HÍBRIDA	29
2.3.7 BRUST SWITCHING	30
2.4 PROTOCOLOS DE ACESSO AO MEIO	31
2.4.1 CSMA/CD	32
2.4.2 PROTOCOLO HÍBRIDO CSMA/CD - FICHA	33
2.4.3 PROTOCOLO SINCRONO	35
CAPITULO III - CONCEPÇÃO DE CIRCUITOS INTEGRADOS	
3.1 INTRODUÇÃO	38
3.2 TECNOLOGIAS	39
3.2.1 LÓGICA TRANSISTOR-TRANSISTOR (TTL)	39
3.2.2 LÓGICA POR ACLOPAMENTO DE EMISSOR (ECL)	42
3.2.3 TECNOLOGIA MOS COMPLEMENTAR (CMOS)	43
3.3 ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS ELETRÔNICOS	45
3.3.1 IMPLEMENTAÇÃO DE CIRCUITOS DEDICADOS SEMI-DEDICADOS	46
3.4 RESUMO	47
CAPITULO IV INTERFACE DE COMUNICAÇÃO PARA REDE LOCAL COM INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS	
4.1 INTRODUÇÃO	48

4.2 A REDE LOCAL INTEGRADA	48
4.2.1 TOPOLOGIA EM BARRAMENTO	49
4.2.2 TOPOLOGIA EM ANEL	52
4.3 A INTERFACE PROPOSTA	54
4.3.1 OS SERVICOS DA INTERFACE	55
4.3.1.1 SERVIÇO DE SINALIZAÇÃO	55
4.3.1.2 RECONSTRUÇÃO CONTINUA DA VOZ	59
4.3.2 A ARQUITETURA DA INTERFACE	61
4.3.2.1 TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE VOZ	63
4.3.2.2 SINALIZAÇÃO	64
4.3.2.3 IDENTIFICAÇÃO TELEFÔNICA	64
4.3.2.4 CONTROLE CENTRAL	65
4.4 MECANISMO DE ACESSO AO MEIO	65
4.5 CONSIDERAÇÕES DE DESEMPENHO	67
4.6 RESUMO	69
CAPITULO V ASIC PARA INTERFACE DE COMUNICAÇÃO COM INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS	
5.1 INTRODUÇÃO	70
5.2 TECNOLOGIA	71
5.3 FUNÇÕES DO ASIC	72
5.3.1 IDENTIFICAÇÃO DO TELEFONE CHAMADO	73
5.3.2 SINALIZAÇÃO DOS INSTANTES DA TENTATIVA DE ESTABELECIMENTO DE UMA CONEXÃO DE VOZ	74
5.3.3 CODIFICAÇÃO E DECODIFICAÇÃO DO SINAL DE VOZ	76
5.4 ARQUITETURA DO ASIC	76
5.4.1 CIRCUITO DECODIFICADOR DE PULSOS	79
5.4.2 CIRCUITO DE SINALIZAÇÃO	82
5.4.3 CONVERSORES	83
5.4.3.1 CONVERSOR SÉRIE/PARALELO	84
5.4.3.2 CONVERSOR PARALELO/SÉRIE	86
5.4.4 MULTIPLEXADOR DE SAIDAS	87
5.5 IMPLEMENTAÇÃO DO ASIC	88
5.6 RESUMO	92

CAPITULO VI CONCLUSÕES	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	97
ANEXO 1	106
ANEXO 2	123

CAPITULO I

INTRODUÇÃO

As redes locais de computadores podem ser definidas como sendo um suporte de comunicação para interconexão e compartilhamento de recursos computacionais (hardware e software) em uma área geograficamente limitada. [1, 2]

As redes locais de computadores se distinguem das redes de longa distância pelas maiores velocidades de transmissão, menores taxas de erros e pelo fato de pertencerem, na maioria das vezes, a grupos privados, o que permite um projeto específico para o atendimento das necessidades de cada grupo.

As mais importantes características das redes locais são:

- . Altas velocidades de transmissão;
- . Taxas de erros muito baixas;
- . Meios de transmissão mais baratos;
- . Possibilidade de enviar mensagens simultâneas para todos os usuários da rede ("BROADCAST").

De um modo geral, pode-se dizer que as redes locais de computadores são constituídas de equipamentos dos

usuários e facilidades de comunicação. Os equipamentos dos usuários são:

- . Terminais dos usuários;
- . Servidores.

As facilidades de comunicação constituem-se de um conjunto de recursos de "hardware" e "software" que permitem a comunicação entre usuários e o compartilhamento dos servidores. Estes recursos são:

- . Meios de transmissão;
- . Mecanismos de controle de acesso ao meio de transmissão;
- . Software de comunicação;
- . Interface equipamento do usuário/rede.

A interface dos equipamentos com a rede tem a finalidade de receber e transmitir dados da rede para o equipamento do usuário e constitui-se um ponto crítico no projeto de uma rede local.

As alternativas para a comunicação com o equipamento do usuário são:

- . Desenvolver uma interface especial para cada equipamento conectado à rede, o que permite utilizar toda a velocidade disponível na rede;
- . Utilizar uma das portas de comunicação serial dos equipamentos, mas isto restringe a sua velocidade. (p. ex. 9,6 Kbits/seg no caso de interface RS232).

As redes locais de computadores nos últimos anos têm se tornado bastante popular, tendo sua aplicação se estendido a automação de escritórios, ao controle de processos industriais e ao processamento distribuído. Recentemente cresceu bastante o interesse de projetar redes locais capazes de suportar outros tipos de tráfegos, voz e imagem, por exemplo, em conjunção com o tráfego de dados convencional. Isto se deve, principalmente, à percepção de que, para uma considerável parte das aplicações de redes locais, a comunicação vocal e visual é tão importante quanto a convencional troca de arquivos de dados. Além deste argumento, a possibilidade de melhor utilizar as facilidades de comunicação já instaladas, torna a integração de serviços em redes locais de computadores bastante atraente do ponto de vista econômico. Estes tráfegos, entretanto, apresentam características diferentes das apresentadas pelo tráfego de dados, e assim, exigem tratamento diferenciado no ambiente da rede. Considerar as características particulares de cada um dos tráfegos suportados pela rede e projetar facilidades capazes de tratá-los adequadamente é a questão chave da integração de serviços em redes locais.

Neste trabalho, as implicações da integração do tráfego de voz em ambiente de rede local de computadores são estudadas. No segundo capítulo, os conceitos e técnicas básicas envolvendo a integração do serviço de voz em rede local são apresentados resumidamente. No terceiro capítulo as técnicas de concepção e implementação de circuitos integrados são apresentadas. No quarto capítulo, uma interface de comunicação

para rede local com integração dos serviços de voz e dados é proposta. No quinto capítulo, é discutida a especificação e a implementação de um circuito integrado de aplicação específica (ASIC), capaz de realizar funções básicas da interface de comunicação proposta. Finalmente, o sexto capítulo apresenta as conclusões obtidas com a realização do trabalho.

CAPITULO II

INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS EM REDES LOCAIS

2.1 - INTRODUÇÃO

A integração de voz e dados em ambiente de redes locais, é um tema de pesquisa relativamente novo, pois há pouco tempo a separação entre as aplicações de voz e dados incentivava a manutenção de redes independentes para suportar estes serviços de comunicação. Tradicionalmente a comunicação de voz tem sido suportada pela rede pública de telefonia, enquanto a comunicação de dados é mantida por redes especialmente projetadas para este fim. Além disso, as características eminentemente diferentes dos sinais de voz e dados impuseram limitações tecnológicas à integração de serviços. Entretanto, tais limitações vem sendo superadas aos poucos com o avanço da tecnologia de computadores e de comunicação.

O interesse em estudar e propor a integração dos serviços de voz e dados em redes locais surgiu, primeiramente, da percepção que voz é um serviço de comunicação amplamente utilizado em escritórios e que as redes são componentes indispensáveis no esforço de automação das atividades deste ambiente. Assim, pode-se antever um escritório do futuro, onde uma rede local suporte uma vasta gama de serviços, tais como: Transmissão de voz, Fac-simile, Video, Transferência de

arquivo, etc. Outro incentivo para esta integração é o esforço internacional que se tem observado, na tentativa de elaborar um padrão para as Redes Locais de Serviços Integrados, ou RDSI [3,4] que serão redes digitais oferecendo grande capacidade de serviços de voz e dados baseados em canais de 64 Kbits/s. Finalmente, há a expectativa de que o desenvolvimento tecnológico acabe por consolidar as aplicações de voz e dados. Por exemplo, espera-se que técnicas de inteligência artificial possam, eventualmente, permitir que os computadores aceitem e interpretem comandos de voz em conversações pessoa-máquina ou que mensagens contendo voz, vídeo e texto, possam ser editadas, armazenadas e transmitidas, como é feito hoje com o correio eletrônico [5].

2.2 - TIPO DE TRÁFEGOS

As informações de voz e dados podem ser imaginadas como dois tipos distintos de tráfegos na rede de comunicação. Cada um destes tipos possuem características particulares que implicam em uma série de requisitos que devem ser atendidos da melhor forma possível para que a integração possa surgir como uma solução verdadeiramente eficaz à necessidade de manutenção de comunicação de voz e dados. O projeto, em separado, de redes que suportem individualmente cada um destes tráfegos é um problema relativamente simples, haja visto o grande número de redes espalhadas pelo mundo que suportam voz ou dados separadamente. A dificuldade de se projetar uma rede que suporte satisfatoriamente os dois tráfegos reside exatamente no equacionamento do problema de satisfazer, de forma adequada, os requisitos individuais de cada tráfego e ainda

manter aceitáveis aspectos como: eficiência, custo, qualidade dos serviços, etc.

Vamos estudar estes requisitos examinando as características dos sinais de voz e dados, primeiramente localizando-os em uma das classes gerais de tráfegos existentes nas redes de comunicação. Atualmente são consideradas três classes de tráfegos, embora outras classes possam surgir futuramente [6]. Em seguida, dentro de cada classe, suas características serão extraídas para que possamos perceber seus requisitos.

CLASSE I: refere-se aos sinais que necessitam de processamento em tempo real, entre eles voz e vídeo. Para todos os propósitos, vídeo pode ser considerado similar à voz, exceto pela banda de passagem requerida. A banda de passagem requerida para o tráfego de voz, depende da qualidade desejada da voz reconstituída na saída. Códigos de baixas taxas têm sido desenvolvidos de modo a reduzir a banda de passagem requerida [7]. O tráfego de voz costuma ser tratado como um tráfego contínuo. Entretanto, foi mostrado que em uma conversação típica, este tipo de tráfego exibe uma característica on-off [8], isto porque a voz é um sinal gerado em tempo real pessoa-a-pessoa e que, devido a sua natureza conversacional, encontra-se ativo em um único sentido a cada instante. Além disso, mesmo durante o tempo de atividade em um sentido da comunicação, podemos perceber a existência de intervalos de silêncio entre sentenças e sílabas, o que resulta na ocupação da capacidade de transmissão em apenas

40% do tempo [17], aproximadamente. Quanto à degradação, devido à riqueza de redundância naturalmente encontrada na voz humana, uma certa quantidade é tolerada (por exemplo: ruído, compressão, etc.). Evidentemente, a quantidade exata de degradação depende do esquema de codificação usado. Esquemas como PCM ("Pulse Code Modulation") e DPCM ("Differential Pulse Code Modulation") são relativamente protegidos contra erros e toleram algo em torno de 1% de erro [9]. Já os esquemas de codificação a baixas taxas, LPC ("Linear Predictive Coding") por exemplo, não são tão protegidos contra erros e, mecanismos adicionais de controle de erros são necessários. Outro requisito de grande importância para o tráfego de voz é o atraso fim-a-fim do fluxo de informação. Este atraso está associado ao tempo de digitalização da voz, processamentos necessários na transmissão e recepção e o tempo de transmissão da mensagem da fonte ao destino. A quantidade exata de atraso fim-a-fim tolerável, é objetivo de debate entre os pesquisadores. Em [10] e [11] por exemplo, podemos encontrar que atrasos de até 300ms são tolerados. Já em [12], encontramos que o atraso máximo permitido está entre 100 e 500ms. Parece que este intervalo é bastante aceitável, pois não foi encontrada nenhuma referência a atrasos fim-a-fim com valores fora deste intervalo. Juntamente com a preocupação e solução para este requisito, vem o requisito de garantia de continuidade da saída de voz. Geralmente, no projeto de cada rede, esquemas de garantia de continuidade para o fluxo de voz são implementados. Estes esquemas encarregam-se de disciplinar o tráfego, de modo que cada assinante participando de uma conversação receba novas informações de voz a intervalos regulares.

CLASSE II: consiste do tráfego de dados gerado em uma conversação pessoa-máquina feita entre um terminal de dados e um computador remoto. A esta classe pertencem os tráfegos conhecidos como "interactive data", videotexto por exemplo. A comunicação nesta classe é caracteristicamente assimétrica, constituindo-se de volumes intermitentes de informações, separados por intervalos de silêncio. Não sendo um tráfego eminentemente de tratamento em tempo real, as mensagens de dados desta classe podem tolerar pequenos atrasos de transmissão. Para se ter uma idéia, um usuário pode esperar alguns segundos por uma resposta a um comando, porém esperas da ordem de minutos são inadmissíveis. Outra característica deste tipo de tráfego é a baixa utilização da banda de passagem que lhe é destinada. Em [13] encontramos que o fator ativo (uma medida da porção da banda de passagem utilizada pelo tipo de tráfego) está em torno de 5%. Como um requisito fundamental deste tipo de tráfego, está a necessidade de lhe atribuir um alto grau de confiabilidade quanto a erros de transmissão, dada a sua baixa tolerabilidade a ocorrência de erros.

CLASSE III: é formada pelo tráfego de dados gerado nas conversações máquina-máquina. A esta classe pertencem os tráfegos conhecidos como "bulk data". Um exemplo que poderia ser citado para esta classe seria a transferência de arquivos entre usuários. As mensagens deste tipo de tráfego se caracterizam por ser tipicamente unidirecionais e longas, requerendo grande banda de passagem. O fator ativo para este tipo

de tráfego é maior que 50% [13]. O atraso de transmissão tolerado é substancialmente maior que o atraso tolerado nas mensagens da classe II. Entretanto, os requisitos de integridade da mensagem original são mais restritivos ainda e a taxa de erro deve ser mantida muito baixa ($< 10^{-7}$) [14].

As diferenças entre cada uma das classes podem ser melhor ilustradas se tentarmos localizá-las em um sistema de coordenadas tridimensionais, onde os eixos representarão três fatores que afetam diretamente o desempenho de uma rede que suporte estas classes de tráfegos. Uma ilustração comparativa entre as classes, pode ser feita usando como fatores, o atraso de transmissão, o bloqueio e a degradação que poderiam ser provocados respectivamente por diminuição da taxa da fonte, erro de transmissão e perda de mensagens [5]. O resultado desta experiência pode ser visto na figura 2.1, e a conclusão que pode ser tirada é que: o tráfego classe I é relativamente tolerante a degradação e bloqueio, mas muito intolerante a atraso; o tráfego classe II é mais tolerante a atraso que a bloqueio e não é tolerante a degradação; e finalmente no tráfego classe III, temos uma boa tolerabilidade a atraso, mas muita intolerância a bloqueio e degradação.

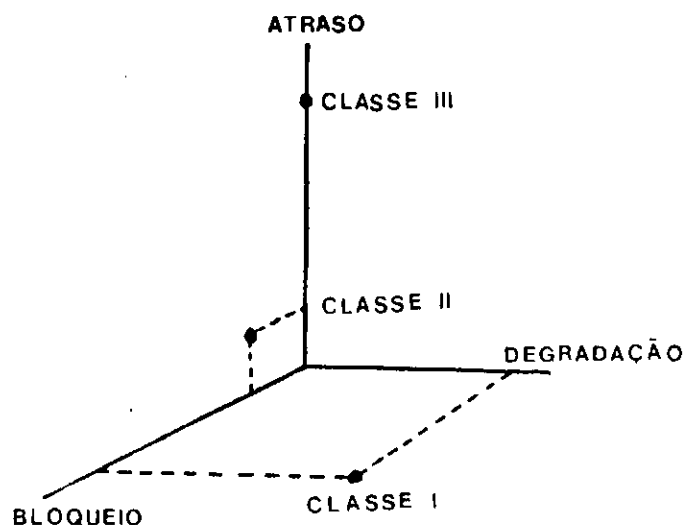


Figura 2.1 - Comparação das classes de tráfegos

2.3 - TÉCNICAS DE COMUTAÇÃO PARA INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS

Antes de começar a discutir as técnicas utilizadas para fazer a integração de serviços de voz e dados nas redes locais, vamos discutir um pouco o que se costuma chamar de níveis de integração. A integração de voz e dados em redes de computadores é comumente dividida em três níveis [15].

No primeiro nível de integração de voz e dados incluem-se as Redes Digitais de Serviços Integrados - RDSI, que a nível internacional passa pela fase de padronização. No Brasil, em particular, é desenvolvido pela TELEBRAS, um esforço que visa atingir as RDSI por volta do ano 2000. Este nível é conhecido como ACESSO INTEGRADO, nele os serviços de voz e dados tem acesso à rede através de uma única interface de acesso. A esta interface comum são associados os terminais de voz e dados. Cada um dos tipos de tráfego neste nível de integração são transportados por uma linha de transmissão comum até os comutadores, onde serão roteados para redes independentes otimizadas para cada um dos serviços.

No segundo nível de integração, comumente chamado TRANSMISSÃO INTEGRADA, as facilidades de comutação são mantidas separadas. Entretanto, tanto a transmissão até os comutadores como entre eles são feitas através de uma única linha de transmissão. Para isto são usadas técnicas de multiplexação por divisão no tempo (TDM) e multiplexação por divisão na frequência (FDM).

No terceiro nível de integração, COMUTAÇÃO INTEGRADA, facilidades de acesso, comutação e transmissão são divididas. Este nível é considerado como um nível de integração completa, já que todos os tráfegos são tratados com as mesmas facilidades. Por outro lado, é o nível de integração que apresenta maiores desafios técnicos, devido aos diferentes requisitos dos tráfegos, que devem ser atendidos sem que nenhuma facilidade adicional possa ser oferecida a nenhum dos serviços.

Na figura 2.2 podemos ver um exemplo ilustrando os três níveis de integração de serviços comumente reconhecidos.

As técnicas de comutação mais comuns de implementação de redes, locais ou não, para suportar um ou mais tipos de tráfego são a comutação de circuitos e a comutação de pacotes. Mais recentemente surgiram novas técnicas que são mais apropriadas à implementação de redes que suportem a integração de serviços, voz e dados por exemplo. Dois exemplos destas técnicas são a "burst switching" e a comutação híbrida.

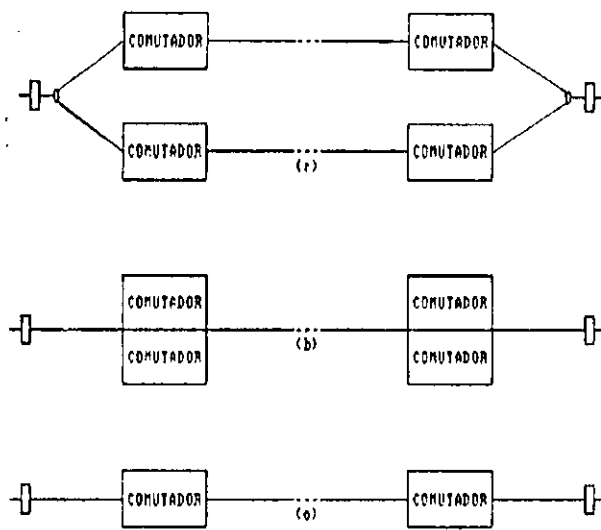


Figura 2.2 - Níveis de integração (a) Acesso Integrado (b) Trans. Integrada (c) Comutação Integrada.

2.3.1 - COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS.

Esta é provavelmente a mais conhecida das técnicas de comutação. Um exemplo bastante conhecido de sua utilização é o sistema telefônico (16). Esta técnica foi desenvolvida juntamente com o surgimento do sistema público de telefonia e remonta a época em que a comutação dos circuitos era feita manualmente. Embora a tecnologia de comutação tenha avançado bastante, de modo que hoje é feita eletronicamente, os princípios de comutação de circuitos mantiveram-se inalterados.

A principal característica da comutação de circuitos é a dedicação exclusiva de um canal com banda de passagem fixa, entre dois assinantes que mantêm uma conversação, durante todo o tempo que esta durar. Para o estabelecimento da conexão, um pedido de conexão é transmitido através da rede. Se

ao perceber este pedido a rede possui um circuito desocupado, uma mensagem de aceitação da conexão é transmitida de volta e o circuito passa ao estado ocupado, ficando exclusivamente dedicado a esta conversação até que uma mensagem de desconexão seja transmitida, liberando o circuito.

A técnica de comutação de circuitos apresenta uma série de características que determinam quão simples ou complexo será o projeto de uma rede, em função do(s) tráfego(s) que esta deverá suportar e da percentagem total da carga que é associada a um ou outro tráfego, no caso de integração de serviços. Estas características são: nas condições de sobrecarga, a rede recusa os novos pedidos de conexão enquanto segue mantendo as conversações já iniciadas, independentemente da eficiência de utilização do canal; a aplicação desta técnica só é eficiente se o tempo de estabelecimento e desconexão da ligação é pequeno quando comparado com o tempo de manutenção da conversação; quanto menor for o tempo de atividade das aplicações dos usuários, menor será a eficiência de utilização da banda de passagem, uma vez que o canal será dedicado exclusivamente durante toda a conversação; a dedicação exclusiva do canal implica em possibilidade de comunicação com atraso mínimo (associado apenas ao atraso de propagação); e finalmente, a rede é insensível ao conteúdo da informação que está transportando e isto implica em uma incapacidade de detectar e corrigir erros de transmissão, ficando portanto sob a responsabilidade da aplicação do usuário a implementação de mecanismos de detecção e correção de erros.

Estas propriedades levam à conclusão que comutação de circuitos é mais apropriada a tráfegos da classe I, devido o tempo de estabelecimento e desconexão desta classe ser sensivelmente menor que o tempo de manutenção da conexão. Além disso, em conversações de voz típicas, a fonte permanece ativa durante aproximadamente 40% e a rede não impõe nenhum atraso adicional além do tempo de propagação. Para a maioria das aplicações de dados, notadamente às aplicações pertencentes a classe II [17], esta técnica apresenta algumas desvantagens. Primeiro, a banda de passagem é muito ineficientemente utilizada porque as aplicações desta classe mantêm suas fontes ativas entre 5 e 15% do tempo, fazendo com que o canal fique quase sempre desocupado, porém inacessível a outras aplicações devido a dedicação do canal. Segundo, o tempo de manutenção da conexão é comparável ao tempo de estabelecimento. Terceiro, torna-se necessário implementar um mecanismo de alocação de banda devido a grande diversidade do grau de utilização de banda nas aplicações de dados. Finalmente, a impossibilidade de detecção e correção de erros na própria rede torna muito difícil garantir as baixas taxas de erros requeridas pelas aplicações de dados.

Para superar estes problemas têm sido propostas diversas modificações na técnica de comutação de circuitos. Por exemplo, a técnica TASI ("Time Assignment Speech Interpolation") permite aumentar a eficiência de utilização da banda de passagem [18]. Outra modificação com o mesmo objetivo é a utilização de DSI ("Digital Speech Interpolation") [19]. Estas propostas possibilitam que um pequeno

número de canais sejam utilizados por um número maior de fontes. Isto seria feito selecionando-se a cada instante apenas as fontes ativas. A relação entre o número de canais e o número de fontes selecionadas é tal que a probabilidade de que, um número maior de fontes fiquem ativas ao mesmo instante, seja mantida muito pequena. Caso esta situação indesejável ocorra os sinais poderiam ser "clipped" (parcialmente cortados) ou comprimidos (quantizados mais fortemente).

Para superar a ineficiência de comutação de circuitos em manter conexões cujos tempos de estabelecimento são comparáveis aos de manutenção, tem sido estudada uma técnica de comutação rápida de circuitos [17]. A idéia é desenvolver comutadores que realizem a sinalização e estabelecimento das conexões tão rapidamente que os pequenos tempos de manutenção da conexão tornem-se, quando comparados com os novos tempos de estabelecimento, grandes o suficiente para tornar a eficiência destas conexões satisfatória.

Na figura 2.3 podemos ver a arquitetura de um comutador de circuitos básico. Seus blocos funcionais são: Interface de terminais, Rede comutada e o Controlador. A interface de terminais tem a função de fornecer a sinalização, pedido de conexão por exemplo, e garantir que a sinalização de estado esteja compatível com as características elétricas de comutação. A rede comutada fornece a linha física de transmissão dos sinais. O controlador contém a inteligência responsável por propor a operação do hardware de comutação.

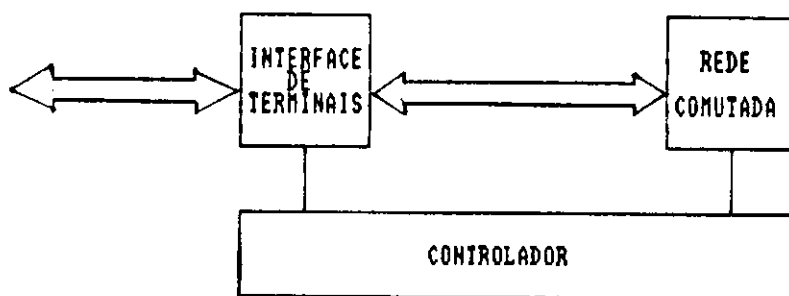


Figura 2.3 - Comutador Básico de Circuitos

Podemos medir a eficiência de transmissão de uma técnica pela investigação da capacidade do canal realmente usada com o tráfego de informação de voz e/ou dados. Esta eficiência na utilização do canal está relacionada, entre outros fatores, com a percentagem da carga da rede representada por cada serviço em particular e o fator ativo dos serviços suportados pela rede. Já sabemos que o fator ativo para o tráfego de voz está em torno de 40% e que o fator ativo em um tráfego de dados estabelecido de um terminal para um computador está entre 1 e 5% e de um computador para um terminal entre 13 e 35% [20, 21]. Assim, por exemplo, fazendo-se as seguintes considerações: fator ativo das estações de voz 40%, fator ativo das estações de dados 15% (combinando os sentidos terminal-computador e computador-terminal) e as percentagens estabelecidas para as misturas voz/dados da ordem de 80%/20%, 50%/50% e 20%/80% foram obtidos resultados que demonstram que a eficiência de transmissão em comutação de circuitos aumenta quando a percentagem de voz do tráfego total aumenta [17].

2.3.2 - COMUTAÇÃO RÁPIDA DE CIRCUITOS.

A comutação rápida de circuitos usa mensagens de sinalização para estabelecer e liberar a conexão, antes e depois da transmissão. Sua vantagem reside no fato de a velocidade de sinalização ser grande o suficiente para tornar eficiente a conexão de mensagens extremamente breves [17]. O pequeno fator ativo das aplicações de tráfego classe II associado à velocidade com que uma conexão é estabelecida e liberada permite a esta técnica não dedicar durante toda a conversação um circuito exclusivo. A capacidade recuperada com a utilização deste expediente pode ser usada na transmissão de outras mensagens de dados, o que acabaria por aumentar a eficiência global da rede. Estima-se que com a utilização de avançadas técnicas de comutação digital, tempos de estabelecimento ou desconexão em torno de 140ms poderiam satisfazer os requisitos de atraso fim-a-fim para as aplicações classe II [17].

Se o intervalo entre as mensagens diminuir, a eficiência da transmissão em um circuito dedicado aumenta, tornando-se necessária uma análise do ganho real obtido com a utilização de comutação rápida de circuitos, em certas situações. Assim, por exemplo, se o intervalo entre mensagens situa-se entre 1 e 2s, ou menos, a utilização de comutação de circuitos tradicional é efetivamente mais barata que a comutação rápida de circuitos e estes custos adicionais não compensariam a maior eficiência obtida para tais intervalos [22].

No caso de integração de voz e dados pode-se

pensar em uma rede que utilize comutação de circuitos tradicional para aplicações com tráfegos nas classes I e III e comutação rápida de circuitos em aplicações com tráfego na classe II.

Para o tráfego de voz, a eficiência de transmissão de comutação rápida de circuitos seria a mesma eficiência obtida com a técnica tradicional. Para o tráfego de dados, entretanto, a eficiência de transmissão deve ser melhor analisada, e para esta análise, fatores como, comprimento das mensagens (em bits) e taxa de transmissão devem ser considerados. Assim, por exemplo, considerando-se mensagens de 2kbits e taxas de transmissão de 4,8kbit/s, 16kbits/s, 64kbits/s, um atraso de propagação estimado em 20ms adicionado a 280ms associados ao estabelecimento e desconexão e cargas voz/dados da ordem de, 80%/20%, 50%/50% e 20%/80% obtem-se resultados que demonstram que para menor taxa de transmissão a eficiência aumenta com o aumento da percentagem de dados, enquanto que para as outras taxas de transmissão o inverso ocorre, devido a menor eficiência obtida com comutação de mensagens de 2kbits para as taxas maiores.

2.3.3 - COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS MELHORADA.

Trata-se de mais uma proposta de refinamento da técnica de comutação de circuitos tradicional. A concepção básica deste refinamento consiste em usar comutação de circuitos tradicional suplementado da técnica TASI ("Time Assignment Speech Interpolation") para as aplicações de voz [18], [23] e ADM

("Adaptive Demand Multiplexing") para aplicações de dados [24]. Uma ilustração desta técnica pode ser vista na figura 2.4.

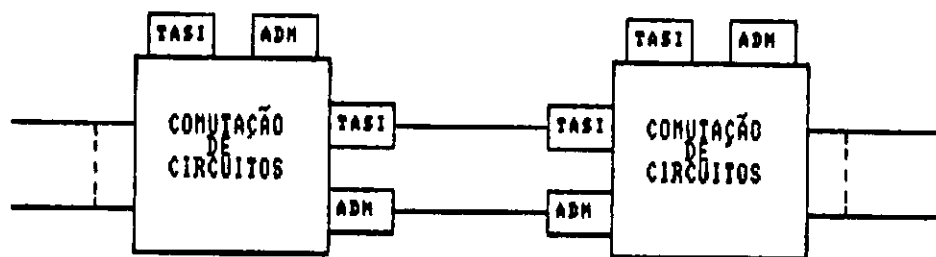


Figura 2.4 - Conceito de comutação de circuitos melhorada.

A técnica TASI é usada para dar acesso a conversações adicionais durante os intervalos de silêncio das conversações que ocupam os canais existentes. As chamadas que tentam se reativar quando todos os circuitos estão ocupados, não havendo mais capacidade adicional de banda de passagem que esta conexão possa ocupar, terão suas saídas congeladas ("frozen out") e deverão esperar a desocupação de um circuito. Claro que nestes casos a qualidade da voz reconstituída é comprometida. É importante, portanto, que a probabilidade de ocorrência desta situação seja mantida muito baixa.

Para uma implementação satisfatória da técnica de comutação de circuitos melhorada, a quantidade de assinantes e circuitos disponíveis deve ser razoavelmente grande. A razão entre o número de usuários e o número de circuitos disponíveis é conhecida como vantagem TASI. Tipicamente para se manter uma fração "freezout" de 0,5% são necessários aproximadamente 40 circuitos e 80 usuários [25]. Têm sido propostos, também, esquemas TASI com armazenamento de voz, onde um atraso variável

devido a fração "freezout" é substituído por um armazenamento da voz até que um circuito desocupado seja encontrado [26], [27]. Uma implementação particular da técnica TASI para voz digitalizada é a técnica DSI. A técnica DSI é usada com excelentes resultados em canais de satélite [19], [28].

Comutação circuitos melhorada com a técnica ADM é caracterizado por um esquema duplo de disputa do canal de transmissão, que reduz a perda de banda de passagem de comutação de circuitos tradicional e não requer um processamento adicional como na técnica de comutação de pacotes. Com a técnica ADM os canais de dados são controlados do mesmo modo que são controlados os de voz em TASI, permitindo do mesmo modo, que um número maior de usuários de serviços de dados possam dividir um certo número de canais.

A análise da eficiência de transmissão em comutação de circuitos melhorada, onde TASI e ADM são sobrepostos à técnica tradicional, exige além do conhecimento do fator ativo de cada um dos tráfegos que se investigue a influência que fatores como a fração "freezout" de TASI e ADM têm sobre esta eficiência. Como esta fração representa a informação de voz e dados que é perdida devido a impossibilidade de transmissão momentânea no ato de sua geração, podemos inferir que a técnica será tanto mais eficiente quanto menor pudermos manter estes parâmetros. Assim, por exemplo, considerando-se frações "freezout" de 0,5% e 10^{-7} para TASI e ADM respectivamente, nota-se que a eficiência obtida com a técnica de comutação de circuitos melhorada para a transmissão do tráfego misto

(voz/dados) diminui com o aumento da percentagem de dados [17]. Esta diminuição é justificada devido ao fato da técnica TASI (com uma fração de 0,5%) apresentar melhor desempenho para o tráfego de voz que a técnica ADM (com fração de 10^{-7}) apresenta para o tráfego de dados. Outra característica, já comentada, e que pode ser facilmente notada é que esta técnica, ao contrário das outras, não apresenta uma eficiência constante com o número de canais.

2.3.4 - COMUTAÇÃO DE PACOTES.

Esta técnica de comutação originou-se de um sistema de comunicação militar [29], [30]. Sua primeira aplicação foi o desenvolvimento de ARPANET, uma rede de comunicação de dados das forças armadas americanas. Com o sucesso desta aplicação muitas outras surgiram fornecendo serviços públicos de dados.

A técnica de comutação de pacotes baseia-se na idéia de comutação de mensagens ou "armazena e re-envia". A mensagem é formada com o encadeamento de informações de dados junto a um cabeçalho e um "flag" de fim de mensagem. No cabeçalho constará todas as informações necessárias ao roteamento da mensagem (fonte, destino, checagem de erros, etc). Em cada comutador da rede, a mensagem é armazenada em um buffer para que seu cabeçalho seja decodificado e o nó seguinte de sua rota possa ser determinado. Uma vez feito isto e, quando o enlace entre o nó atual e o próximo nó da rota for estabelecido, a mensagem é retransmitida. Normalmente uma mensagem de reconhecimento

("acknowledgement") é transmitida ao nó fonte para indicar que o destino recebeu a mensagem sem erro. Caso isto não ocorra, depois de algum tempo, o nó fonte retransmite a mensagem. Perceba que, ao contrário de comutação de circuitos, a rede é sensível ao conteúdo da mensagem que é transmitida, sendo possível a detecção e correção de erros ainda no interior da rede.

A diferença entre a comutação de pacotes [31], [32] e comutação de mensagens é que na primeira, as mensagens são divididas em pequenos segmentos chamados pacotes e cada um destes com seu cabeçalho próprio. A vantagem desta divisão é que os pequenos pacotes necessitam de menor tempo de armazenamento em cada comutador ao longo da rede, resultando em um atraso fim-a-fim muito menor que o atraso das mensagens. Isto torna-se muito vantajoso em rotas que requerem a passagem por muitos nós (comutadores) sucessivos. Na figura 2.5 podemos ver uma ilustração do tempo necessário para a transmissão de uma informação através das duas técnicas. O tamanho exato de cada pacote é uma solução de compromisso entre o atraso máximo permitido e o "overhead" associados aos cabeçalhos. Pequenos pacotes diminuem o congestionamento de pacotes em cada nó, mas aumentam a percentagem de ocupação dos pacotes pelo cabeçalho, o que diminui a quantidade de informação efetivamente transmitida por pacote.

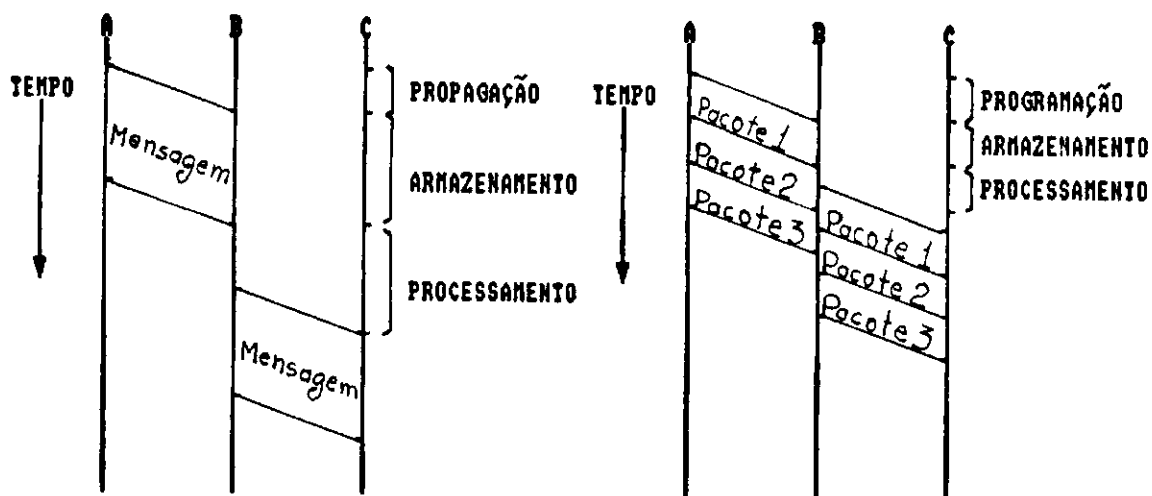


Figura 2.5 - Tempo de Transmissão em (a) Comutação de mensagens
(b) Comutação de pacotes

Na técnica de comutação de pacotes há dois métodos gerais para se fazer o roteamento de pacotes através da rede, DATAGRAMA e CIRCUITO VIRTUAL. No caso de datagrama, cada pacote é transportado por rotas independentes entre si, dependendo apenas da rota que foi possível estabelecer quando de sua geração. Evidentemente, estes pacotes chegam ao destino em uma sequência aleatória, ficando a cargo da rede a ordenação correta dos pacotes. Isto implica em uma capacidade maior de armazenamento no destino e depende fortemente da aplicação que gerou e espera os pacotes. No caso de circuito virtual, uma conexão lógica entre a fonte e o destino é estabelecida no início da comunicação por um pacote de controle especial. A partir dele, todos os pacotes gerados por esta fonte, para este destino, serão transportados através da rede por este circuito virtual, que é identificado por um número no cabeçalho. Ao fim da comunicação, um outro pacote de controle especial é transmitido a fim de desfazer o circuito virtual. Note que um circuito virtual não é a mesma coisa que um circuito (físico) dedicado, pois vários

circuitos virtuais entre fontes e destinos diferentes podem usar o mesmo circuito físico. O uso desta última técnica de roteamento torna a comunicação mais sensível a falhas dos nós comutadores e menos adaptativa a mudanças das condições de tráfego.

A comutação de pacotes tem importantes diferenças com relação a comutação de circuitos. Primeiro, o esquema de manutenção do tráfego depende de um atraso básico. A rede aceita novos pacotes mesmo quando as condições de tráfego indicam uma carga extremamente pesada. Entretanto, um longo atraso é imposto devido ao armazenamento, a espera por um enlace livre e a decodificação do cabeçalho. Deste modo, o atraso depende do comprimento dos pacotes, da complexidade do cabeçalho e das condições de tráfego. Segundo, quando o método de roteamento dos pacotes através da rede for datagrama não há sinalização envolvida no estabelecimento do enlace. Entretanto, uma certa capacidade de transmissão é desperdiçada pelo "overhead" associados aos cabeçalhos, implicando ainda, na necessidade de uma capacidade de processamento. Terceiro, a alocação de banda de passagem é feita dinamicamente e uma maior eficiência de utilização é naturalmente obtida com a utilização do canal apenas quando há informação. Finalmente, a rede é sensível ao conteúdo da informação permitindo checagem e correção de erros.

Um problema básico na utilização da técnica de comutação de pacotes para voz é a manutenção do fluxo contínuo da informação, recebida através de pacotes que sofrem atrasos

aleatórios. Torna-se portanto, necessário, o uso de técnicas adicionais que atenuem o efeito das variações do atraso, garantindo assim, a continuidade da saída. Em [34] é sugerido, no contexto de uma rede local com integração de voz e dados, atrasar a reprodução do primeiro pacote recebido de um tempo T_{max} (tempo máximo permitido para uma transmissão). Assim, os quadros seguintes disporão de um tempo máximo para chegarem ao destino, obtido pelo soma de T_{max} com o atraso de propagação do primeiro pacote. O resultado desta soma é o atraso constante esperado T_c . O valor de T_c pode variar, dependendo da variação do atraso de propagação. Este atraso por sua vez, é limitado pelo tempo máximo permitido para uma transmissão (T_{max}). Deste modo, T_c pode variar de $T_c = T_{max}$ (condições ideais) a $t_c = 2T_{max}$. T_{max} é portanto, limitado pela metade do máximo atraso fim-a-fim, requerido para aplicações de voz.

Mesmo com este problema, a comutação de pacotes é uma técnica extremamente atrativa para a integração de voz e dados. Primeiro, devido a sua grande flexibilidade, onde por exemplo, um pacote pode ser copiado e transmitido a um grupo de estações como se estivesse sendo transmitido ponto-a-ponto. Segundo, devido a sua capacidade de processamento e alteração da informação dentro da rede, o que possibilita por exemplo, resumir ou descartar pacotes de voz quando as condições de tráfego tornarem-se inadequadas.

Vários refinamentos da técnica têm sido propostos com objetivo de reduzir os atrasos de transmissão dos pacotes de voz [35], [36]. Os atrasos de armazenamento podem ser

reduzidos com pacotes de menor comprimento ou usando "virtual cut-through switching" [37], um refinamento da técnica que permite que um pacote seja expedido antes de ser inteiramente armazenado. Os cabeçalhos podem ser simplificados usando-se circuito virtual e não requerendo retransmissão ou reconhecimento, desde que certa quantidade de degradação na voz reconstituída seja tolerada. Pode-se ainda, atribuir uma prioridade maior aos pacotes de voz para reduzir atrasos no acesso à rede. A fonte pode ser instruída a reduzir a taxa de codificação, ou a própria rede pode resumir ou descartar pacotes quando ocorrerem congestionamentos.

Outro refinamento proposto para minimizar efeitos prejudiciais causados por atrasos de pacotes, é codificar a voz a diferentes taxas de codificação e atribuir aos pacotes prioridades diferentes, determinadas pela taxa de codificação que foi usada na sua geração. Deste modo, um pacote de voz de menor prioridade, se descartado, não afetaria a continuidade da saída e causaria uma degradação desprezível na qualidade da voz reconstituída [38], [25].

Na figura 2.6 podemos ver a arquitetura básica de um comutador de pacotes. Seus blocos funcionais são: buffer de entrada, buffer de saída, comutadores e controlador. Inicialmente os pacotes são armazenados no buffer de entrada onde seus cabeçalhos são decodificados. Quando sua rota é determinada os pacotes são armazenados no buffer de saída apropriado através dos comutadores, que podem ser uma simples via. O controlador é

responsável pelo processamento da informação do cabeçalho e demais funções de controle.

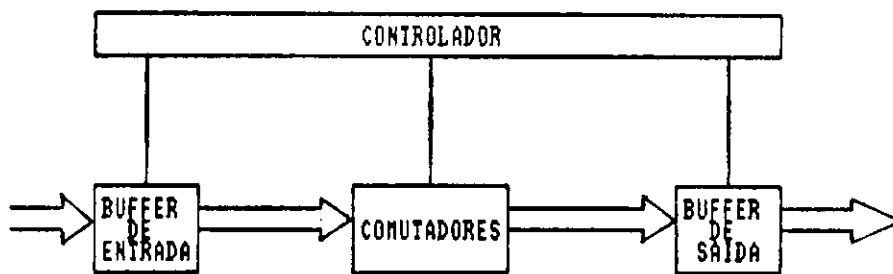


Figura 2.6 - Comutador de Pacotes Básico

2.3.5 - COMUTAÇÃO RÁPIDA DE PACOTES.

Comutação rápida de pacotes é também conhecida como AID ("Asynchronous Time Division") ou ATM ("Asynchronous Transfer Mode"), e constitui um avançado refinamento de técnica de comutação de pacotes. Esta técnica é proposta, normalmente, para enlaces de redes com fibras óticas [39], [40].

O aspecto chave deste refinamento é simplificar as funções dos protocolos das camadas inferiores do modelo de referência OSI-ISO [1, 2, 32]. Especificamente as funções de correções de erro e controle de falhas são removidas destas camadas, uma vez que os enlaces de fibras óticas oferecem grande banda de passagem disponível e baixa taxa de erros. O controle de falhas e correção de erros serão feitos pelos protocolos, em uma das camadas superiores, quando necessário (isto é, serão usados nas aplicações de dados mas não nas aplicações de voz).

Na técnica de comutação de pacotes rápida, todos os tipos de tráfegos são tratados do mesmo modo pelos protocolos das camadas inferiores, ficando para os das camadas superiores a execução de funções específicas para os diferentes tipos de tráfego. Além disso o roteamento é simplificado através do uso de cabeçalhos de formato mais conciso, o que habilita o processamento dos pacotes em hardware. A combinação desta possibilidade de processamento com a alta velocidade torna a comutação rápida de pacotes, capaz de integrar serviços de voz e dados e possivelmente vídeo [41], [42], [43].

2.3.6 - COMUTAÇÃO HÍBRIDA.

Esta técnica tenta combinar as vantagens individuais de comutação de circuitos e comutação de pacotes [42], [43]. Isto é conseguido com uma multiplexação de voz e dados no tempo dentro da rede. Para isto é usado um "quadro mestre", que na verdade é uma combinação de slots sucessivos, precedidos por um slot de início chamado SDF ("Start-Off-Frame"), conforme ilustrado na figura 2.7. Na transmissão, as informações de voz e dados são alocadas em uma certa quantidade de slots que são transmitidos através da técnica de comutação de pacotes (se for um slot de dados) ou através de comutação de circuitos (se for um slot de voz).

O esquema básico de comutação híbrida estabelece um limite fixo entre os slots alocados para voz ou dados. Entretanto a fixação deste limite impõe uma certa ineficiência no uso da capacidade do canal, devido a flutuação na

taxa dos tráfegos. Neste esquema, os slots de voz que não forem usados devido aos intervalos de silêncio, não poderão ser usados para transportar dados. Da mesma forma slots não usados, originalmente alocados para dados não poderão ser usados para voz. Para se obter maior eficiência na utilização da banda de passagem disponível, pode-se implementar a técnica com a capacidade de mover adaptativamente este limite. Por exemplo, a informação de voz poderia ser alocada no maior número possível de slots, ficando aos dados os slots não usados devido aos intervalos de silêncio [44], [45].

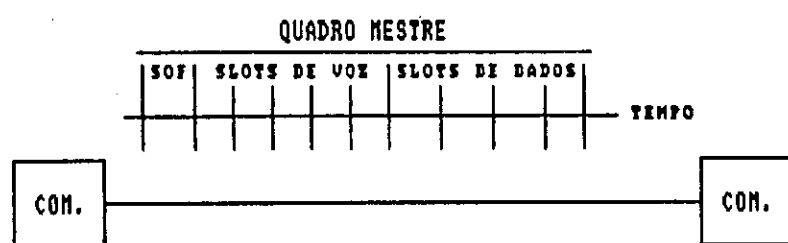


Figura 2.7 - Quadro Híbrido

2.3.7 - BURST SWITCHING.

Esta técnica de comutação é um tipo de comutação de mensagens que combina diferentes características da comutação rápida de circuitos [46], [47]. Um "burst" é uma mensagem de comprimento variável composto por um cabeçalho seguido por um campo de informação e um flag que marca o fim do quadro. Nesta técnica três tipos de quadros são usados: um "burst" de dados que transporta informações referentes ao tráfego de dados, um "burst" de voz que transporta as informações codificadas durante os períodos de atividade dos usuários deste

serviço e um "burst" de comando que transporta comandos entre os comutadores.

As funções de controle são parcialmente distribuídas entre enlaces de comutadores. Cada enlace possui uma limitada capacidade de processamento, podendo trocar mensagens com outros enlaces para executar um serviço. Com esta arquitetura distribuída, esta técnica facilita a expansão da rede e é menos sensível a falhas de nós. O roteamento é feito depois de um pedido de roteamento. Uma vez estabelecida a conexão, é colocado no cabeçalho a informação sobre a rota que um "burst" deve seguir. Esta informação instruirá corretamente os comutadores até que uma mensagem de desconexão libere o enlace. Um esquema de prioridade é estabelecido, onde os comandos possuem a mais alta prioridade e os dados a mais baixa. Nesta técnica também está prevista a retransmissão de quadros de dados e comandos quando ocorrerem erros.

2.4 - PROTOCOLOS DE ACESSO AO MEIO.

Nesta seção vamos apresentar e discutir alguns protocolos de acesso usados para gerenciar o funcionamento de redes locais com integração de voz e dados. Entre outras funções estes protocolos são responsáveis pelo acesso ao meio de transmissão das informações de voz e dados. Fica claro, portanto, que os protocolos têm grande influência no atraso fim-a-fim das mensagens transportadas pela rede e conseqüentemente na qualidade da voz reconstituída no destino. Desta forma a avaliação dos protocolos apresentados será baseada na velocidade

e eficiência com que desempenham suas funções a diferentes níveis de carga da rede e diferentes percentagens de tráfego.

2.4.1 - CSMA/CD.

O protocolo de acesso ao meio CSMA/CD ("Carrier Sense Multiple Access/Colision Detection") mantém cada uma das estações ativas em permanente escuta do meio. Quando uma destas estações possui uma mensagem a ser transmitida aguarda um instante em que o meio de transmissão não esteja sendo usado para transmiti-la. Uma vez efetuada a transmissão a estação continua escutando o meio com o objetivo de certificar-se de que não houve colisão de sua mensagem com uma mensagem de uma outra estação qualquer, que percebendo a desocupação do meio, também tentou uma transmissão. Caso isto ocorra, a colisão é detectada por ambas estações, que param a transmissão e só voltam a tentar uma nova transmissão depois de um intervalo de tempo aleatório, determinado pela aplicação de um algoritmo conhecido como "algoritmo de backoff". As características de uma rede local usando CSMA/CD para suportar tráfego de voz foram estudadas em [48]. Para este estudo a rede tinha um canal com capacidade de 10 Mbits/s, taxa de codificação de voz de 64 Kbits/s e pacotes de 368 bits com 112 bits de cabeçalho. O número máximo de conversações encontrado foi 93. Com estes parâmetros avaliou-se que 50 conversações poderiam ser suportadas satisfatoriamente (isto é, com satisfatória qualidade de voz reconstituída no destino).

Alguns refinamentos do protocolo CSMA/CD para o caso de integração de voz e dados têm sido propostos. Três

destas propostas [49], [50] e [51] sugerem a atribuição de prioridades a cada um dos tipos de tráfego. Em [50] e [51] (PCSM/CD) o preâmbulo é usado para a determinação da prioridade. As estações com maior prioridade possuem um preâmbulo proporcional a $2T$, onde T é o atraso máximo de propagação fim-a-fim. Quando uma estação vai efetuar uma transmissão, transmite inicialmente o preâmbulo. As estações de menor prioridade percebem a colisão e abandonam a tentativa, as estações de maior prioridade, se não detectarem colisões no final de seus preâmbulos (colisões com estações de igual prioridade), terão garantido o direito de transmitir. Caso contrário, usam o algoritmo de "backoff".

2.4.2 - PROTOCOLO HIBRIDO CSMA/CD - FICHA.

Este protocolo combina as vantagens dos protocolos de passagem de ficha e CSMA/CD [52]. Nele as estações de voz são organizadas em um anel lógico virtual, onde a ficha circula atribuindo à estação que a possui, a maior prioridade.

Todas as estações de voz ativas, exceto a que possui a ficha, seguem usando o protocolo CSMA/CD para a aquisição do meio. A estação com a posse da ficha transmite com prioridade máxima, isto é, em caso de uma colisão com uma estação sem ficha, a estação que possui a ficha desabilita seu "backoff" e volta imediatamente a tentar a transmissão, enquanto a estação sem ficha usa normalmente o "backoff".

A passagem da ficha entre as estações é feita

sem que seja necessária a transmissão de um pacote específico. Todas as estações escutam o canal continuamente e, sempre que este transitar entre ocupado e livre, a ficha é implicitamente passada. Para isto, todas as estações mantem informações sobre duas variáveis de estado:

- (i) m , número de estações no anel lógico;
- (ii) r , número de vezes que o canal transitará de ocupado para livre antes que esta estação tenha posse da ficha.

No fim de cada período de transmissão todas as estações decrementam o valor de r . A estação tem a posse da ficha quando r é igual a zero.

O número de estações que poderão fazer parte do anel lógico é limitado pela capacidade do canal. Quando uma estação deseja fazer parte do anel (sempre que vai iniciar uma conversação de voz) um pedido de inserção deve ser emitido usando o protocolo CSMA/CD. Este pedido, quando percebido pela estação que tem a posse da ficha, é respondido por um quadro de resposta de inserção, caso haja capacidade suficiente no anel para suportar a carga imposta por esta nova estação. A resposta de inserção transportará os valores das variáveis de estado. A nova estação estabelece seus valores de m e r como sendo o valor de m recebido e todas as outras estações atualizarão seu valor de m .

Quando uma estação deseja retirar-se do anel lógico, um pedido de retirada é transmitido, de modo que todas as estações decrementem o valor de m que possuem e todas as

estações com valor de r superior ao da estação que se retira do anel também decrementem o valor de r que possuem.

2.4.3 - PROTOCOLO SINCRONO.

Este protocolo é semelhante ao protocolo híbrido CSMA/CD - FICHA. Nele as estações de voz também são organizadas em um anel lógico virtual onde circula uma ficha. As diferenças entre eles é que as estações no anel lógico transmitem apenas quando possuem a ficha e esta é mantida por uma estação até que ela gere e transmita um pacote. Isto é possível desde que haja garantias que todas as estações tenham pacotes prontos para transmitir dentro de um tempo determinístico. Estas diferenças trazem em consequência a vantagem de não permitir colisões entre pacotes de voz, já que a estação só pode transmitir tais pacotes quando tem posse da ficha.

Os procedimentos de passagem da ficha e inserção da estação no anel são semelhantes ao protocolo híbrido. Já a retirada do anel só é feita quando a estação que deseja abandonar o anel tem a posse da ficha.

Os protocolos de acesso CSMA/CD, P-CSMA/CD, Híbrido e síncrono foram comparados para várias misturas de voz/dados e os resultados apresentados em termos do atraso médio dos pacotes e do atraso médio do "talkspurt" (período de atividade de uma fonte de voz) em função da percentagem do tráfego de dados [13]. Note que os protocolos híbrido e síncrono permitem divisão completa de banda de passagem. Sendo assim, é

possível que um tipo de tráfego utilize toda a banda quando o outro está ausente. Se isto não for desejado, uma quantidade específica de banda pode ser alocada permanentemente ao tráfego de dados, bastando para isto, que se limite o número de estações de voz no anel. Nas figuras 2.8 e 2.9 são mostrados os resultados obtidos para o atraso médio dos pacotes e o atraso médio do "talkspurt", respectivamente, com uma carga de 0,4 e uma percentagem crescente para o tráfego de dados. Nestas figuras podemos ver que para tal carga, o efeito do tráfego de dados não afeta sensivelmente estes atrasos. Os resultados obtidos para uma carga de 0,8 são mostrados nas figuras 2.10 e 2.11. onde pode ser observado que o atraso diminui sensivelmente quando a percentagem do tráfego de dados aumenta. Isto é devido a redução da carga de voz que diminui a possibilidade de sobrecarga.

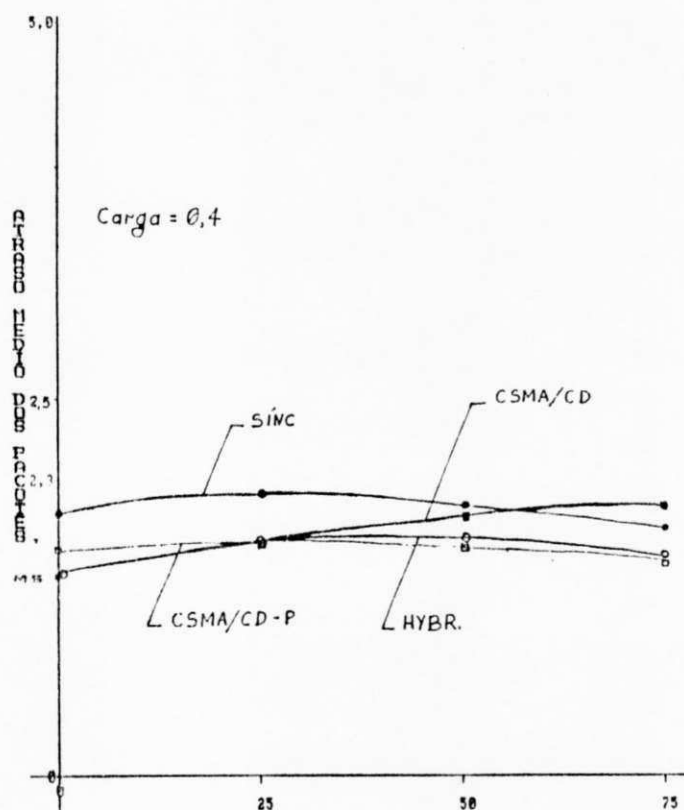


Figura 2.8 - Efeito do tráfego de dados no atraso dos pacotes

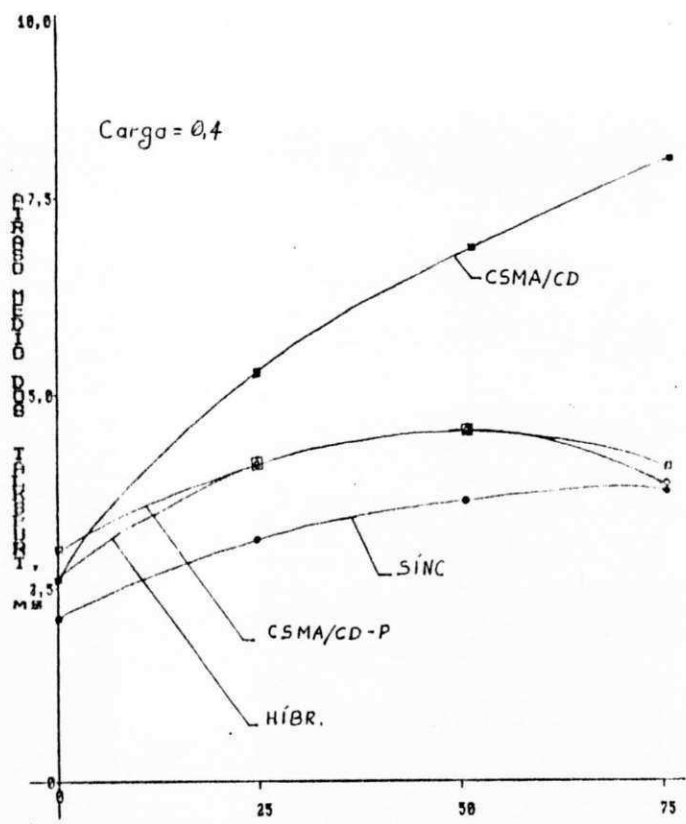


Figura 2.9 - Efeito do tráfego de dados no atraso do talkspurt

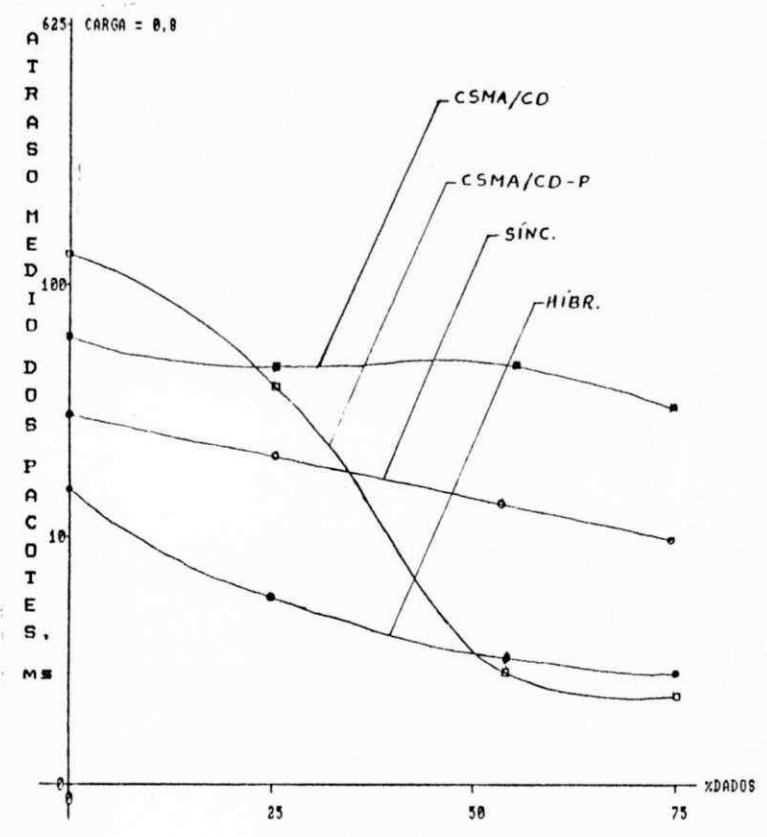


Figura 2.10 - Efeito do tráfego de dados no atraso dos pacotes

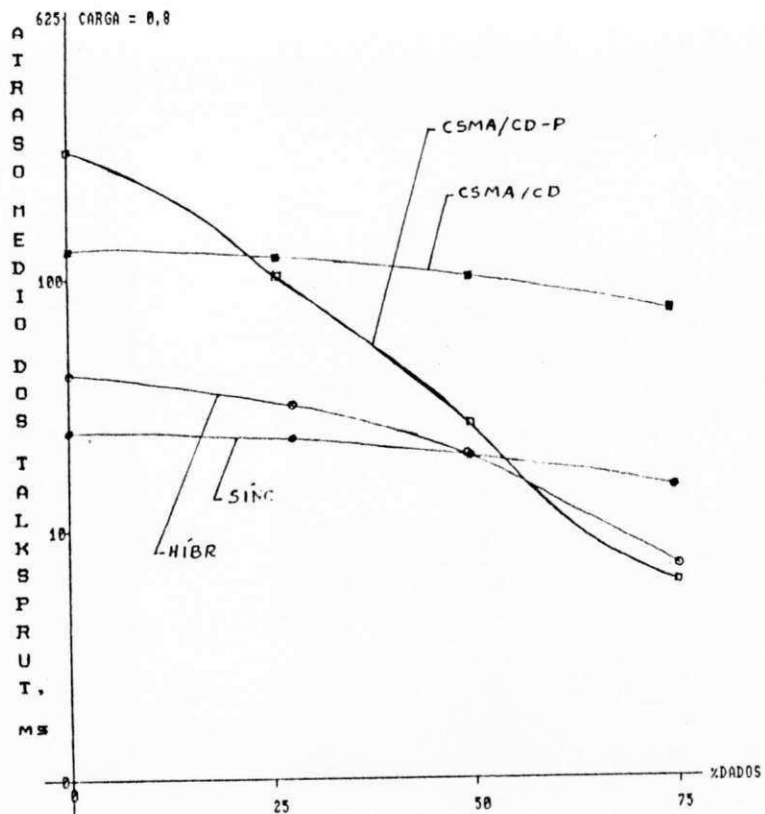


Figura 2.11 - Efeito do tráfego de dados no atraso do talkspurt

2.5 - RESUMO

Neste capítulo foram apresentados os conceitos e técnicas básicas envolvidas na integração de voz e dados em redes locais de computadores.

CAPITULO III

CONCEPÇÃO DE CIRCUITOS INTEGRADOS

3.1 - INTRODUÇÃO

Desde seu surgimento, no final da década de 50, os circuitos integrados têm promovido uma verdadeira revolução na eletrônica e seus produtos. Na década de 60 a tecnologia de concepção de circuitos integrados produziu sua primeira geração de circuitos, as portas lógicas e os amplificadores operacionais. Na década de 70, as memórias e microprocessadores, constituíram a segunda geração de circuitos integrados. Finalmente, na década de 80, os ASICs ("Application Specific Integrated Circuit") surgiram como a terceira geração.

Nas redes de computadores em particular, os circuitos integrados permitiram, por um lado, o barateamento dos terminais dos usuários e das interfaces de comunicação e, por outro lado, a possibilidade de integrar um número cada vez maior de funções em um projeto compacto e confiável.

3.2 - TECNOLOGIAS

A definição do projeto de um circuito integrado deve se feita em três domínios:

- . O domínio comportamental, que descreve como um circuito ou porta responde a um conjunto particular

- de estados de suas entradas;
- . O domínio estrutural, que descreve como os componentes do projeto são interconectados para satisfazer a descrição do domínio comportamental;
- . O domínio físico, que descreve o processo de implementação dos componentes que vão compor a estrutura e o comportamento definidos para o projeto.

O domínio físico está intimamente ligado à tecnologia de implementação do circuito integrado e é quem determina as características elétricas do circuito implementado. A determinação da tecnologia de implementação a ser usada em um circuito integrado depende dos requisitos de velocidade de operação, dissipação de potência, imunidade ao ruído, etc. Cada tecnologia possui características próprias quanto aos requisitos mencionados.

3.2.1 - LÓGICA TRANSISTOR-TRANSISTOR (TTL)

A família TTL surge como uma solução para a limitada velocidade de operação da família DTL (lógica transistor-diodo). A baixa velocidade de operação da família DTL deve-se a lentidão do mecanismo de remoção da carga armazenada na base do transistor de saída T3 da porta básica DTL conforme ilustrado na figura 3.1a. Na porta básica TTL, (figura 3.1b) a velocidade de operação é aumentada, conectando o coletor de T1 diretamente na base de T3. Esta estratégia faz com que a carga na base de T3 seja dissipada através do coletor de T1, e com isso, tempos de propagação dez vezes inferiores são obtidos [53].

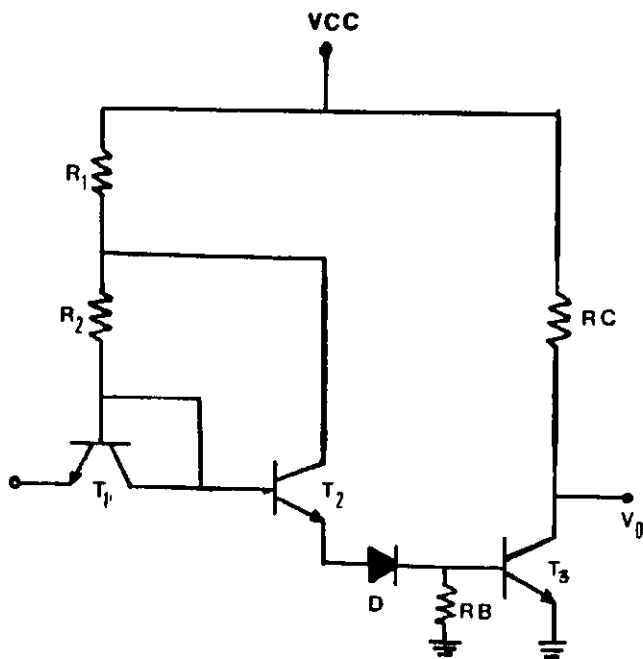


Figura 3.1a - Porta básica DTL

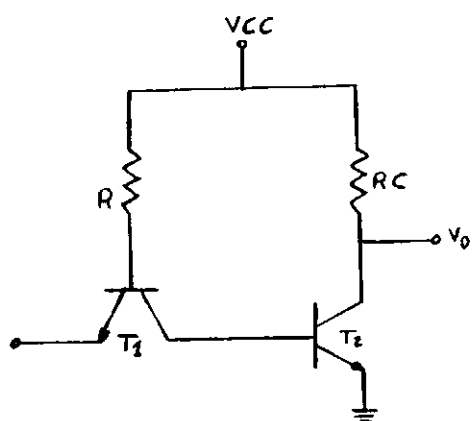


Figura 3.1b - Porta básica TTL

Para que o circuito da figura 3.1b torne-se uma porta lógica, mais entradas devem ser adicionadas. Na prática, transistores com múltiplos emissores e de coletor e base comuns são construídos. Apesar do mecanismo de remoção de carga da família TTL, a velocidade de operação é limitada pela capacitância na saída da porta. Para minimizar o efeito da capacitância, sem produzir um aumento significativo na potência

dissipada pela porta, uma malha ativa ("pull-up") é acrescentada. Uma porta NAND TTL com malha de PULL-UP ativo é ilustrada na figura 3.2.

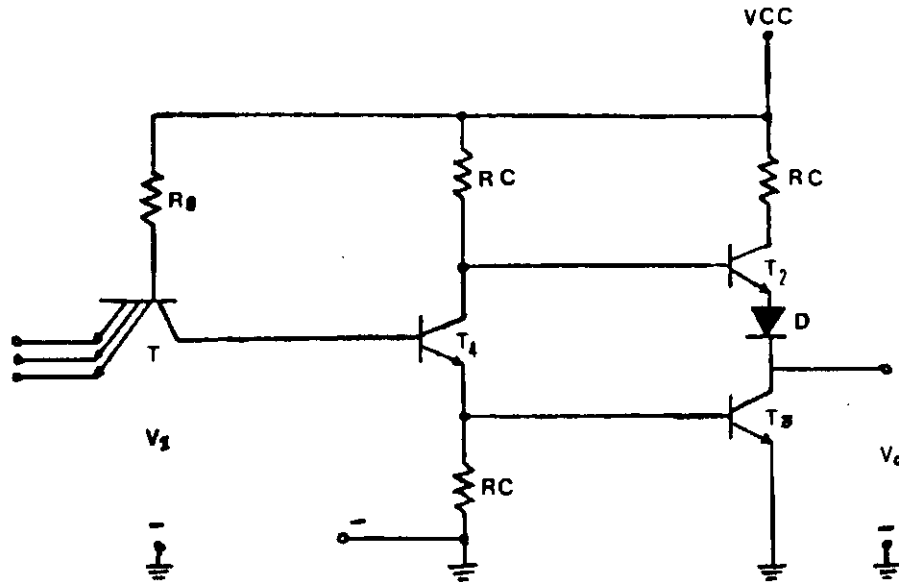


Figura 3.2 - Porta NAND TTL com malha de "pull-up" ativa

3.2.2 - LÓGICA POR ACOPLAMENTO DE EMISSOR (ECL)

Mesmo a porta TTL com malha de PULL-UP ativo sofre limitação em sua velocidade de operação. Este limite é imposto pela necessidade, presente em todos os tipos de lógica, que os transistores sejam levados do corte a saturação. Esta imposição resulta em um tempo de propagação elevado. É possível, entretanto, chavear um transistor do corte para a região ativa, com estabilidade, sem uma grande variação de tensão na entrada.

Tipicamente, tensões de polarização base/emissor da ordem de 0,8v são necessárias nas portas ECL [54]. Este valor de tensão deve-se principalmente às reduzidas dimensões físicas dos transistores das portas ECL. Tais dimensões, servem também, para reduzir a capacitância e, portanto, aumentar a velocidade de operação.

De todas as famílias (RTL, DTL, TTL) as portas ECL são as mais rápidas, apresentando tempos de atraso de propagação que vão de 4ns (MECLII) a 1ns (MECLIII) [54]. Entretanto, estes tempos são significativamente afetados por cargas capacitivas. Resultados práticos demonstram que os tempos de subida e descida aumentam, respectivamente de 6ns e 4ns para 8ns e 30ns, quando a carga capacitiva é da ordem de 100pF [54].

Outra característica das portas ECL é a possibilidade de se estender as capacidades das portas através da simples interconexão das saídas. Isto é, quando duas saídas são conectadas, a saída resultante é a soma lógica das funções individuais de cada porta.

3.2.3 - TECNOLOGIA MOS COMPLEMENTAR (CMOS)

As portas CMOS são compostas por dois tipos de transistores, o transistor tipo N, que é construído sobre um substrato semiconductor dopado com impurezas ricas em lacunas (carga elétricas positivas) e o transistor tipo P, que é construído sobre um substrato dopado com impurezas ricas em elétrons (cargas elétricas negativas).

Uma porta CMOS é constituída pela conexão de duas malhas de transistores. Uma das malhas (malha excitadora) é formada pela implementação direta da função desejada com transistores tipo N, enquanto que a outra malha (malha de carga) é formada pela implementação do complemento da função com transistores tipo P. Esta característica pode ser notada no

circuito da figura 3.3, que representa a implementação de uma porta OR (OU) de duas entradas.

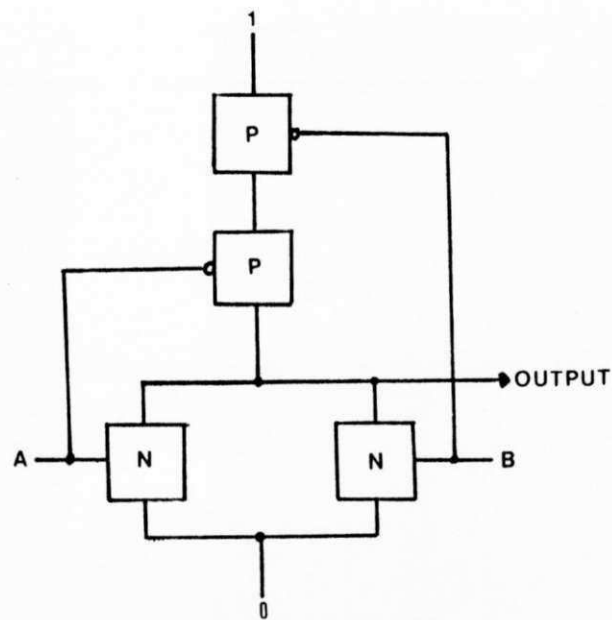


Figura 3.3 - Porta OR (CMOS)

Esta característica garante que sempre existirá um caminho de baixa impedância para carregar ou descarregar uma carga capacitiva acoplada à saída de uma porta CMOS. Outra característica da tecnologia CMOS é a pequena dissipação de potência estática. Esta dissipação é devida a corrente de fuga existente entre as regiões de difusão e o substrato. Valores típicos, para a corrente de fuga em um inversor CMOS à temperatura ambiente situam-se entre 0,1nA e 0,5nA, assim, para uma tensão de alimentação de 5v a dissipação estática fica entre 0,5nW e 2,5nW [56].

A dissipação dinâmica de potência deve-se a corrente de chaveamento e a corrente de carregamento e descarregamento de cargas capacitivas.

Em portas CMOS a razão W/L (largura do canal / comprimento do canal) é projetada para ser inversamente proporcional a razão da mobilidade das cargas em seus transistores, assim, tempos de carga e descarga são da mesma ordem de grandeza.

3.3 - ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS ELETRONICOS

Atualmente ao deparar-se com o problema de implementação de um sistema eletrônico, o projetista possui duas alternativas bem definidas e com características distintas. A primeira destas alternativas é utilizar circuitos de catálogo, tais como, microprocessadores, memórias, portas lógicas, etc. A segunda opção seria conceber e implementar um circuito integrado dedicado ou semi-dedicado, usando recursos da microeletrônica, capaz de implementar, global ou parcialmente, as funções do sistema desejado.

O projeto de sistemas eletrônicos através de circuitos de catálogo possui a vantagem da disponibilidade do hardware no mercado, o que minimiza o tempo de projeto e implementação. Entretanto, a disponibilidade de hardware, além de permitir a fácil duplicação do sistema por parte dos concorrentes, tende a limitar o desempenho e a confiabilidade.

O projeto de sistemas eletrônicos através de circuitos integrados dedicados ou semi-dedicados tem a vantagem do hardware ser único e de propriedade bem definida, o que permite a otimização do desempenho e a elevação da confiabilidade

do sistema. Entretanto, exige maior investimento para o desenvolvimento inicial, maior tempo de concepção e dificuldade alterações futuras nas funções implementadas.

3.3.1 - IMPLEMENTAÇÃO DE CIRCUITOS DEDICADOS/SEMI-DEDICADOS

A concepção e implementação de circuitos integrados dedicados/semi-dedicados pode ser vista segundo três abordagens principais: Projeto com a utilização de pastilhas pré-difundidas ("gate array"), projeto com a utilização de células pré-caracterizadas ("standard cell") e projeto "full-custom".

Os "gate array" são arranjos bidimensionais de transistores pré-difundidos em uma pastilha de silício até o nível de interconexão. Utilizando estas pastilhas os usuários podem construir portas e circuitos interconectando os transistores com roteamento em metal. De um modo geral, até 3 camadas de metal são utilizadas para transmissão de sinais e alimentação. Das abordagens apresentadas, os "gate - arrays" apresentam o menor custo e tempo de projeto. Com esta abordagem, entretanto, não é possível otimizar o desempenho elétrico do circuito. Circuitos dinâmicos são de difícil implementação e circuitos de alta complexidade ou grande volume de produção são economicamente inviáveis com a tecnologia de "gate-array".

Os projetos com a utilização de células pré-caracterizadas ("standard-cell") apresentam custo e tempo de desenvolvimento médios. Nesta abordagem, blocos funcionais pré-caracterizados, porém não pré-difundidos, são utilizados como

células básicas, a partir dos quais, os sistemas são implementados. De modo geral, os circuitos e sistemas são implementados por trilhas de células básicas separadas por canais de roteamento, onde a interconexão das células são executadas. Com o uso de "standard-cell" a otimização elétrica é feita ao nível das células, não sendo possível otimizar o desempenho do sistema. As dimensões das pastilhas de silício nesta técnica não são facilmente otimizadas devido a utilização dos canais de roteamento.

O projeto de circuito integrado "full-custom" apresenta o maior nível de otimização do desempenho elétrico e da área de silício gasta na difusão. Sua utilização, entretanto, envolve maior custo e tempo de desenvolvimento. A confiabilidade do sistema implementado é alta, porém, ferramentas computacionais para a validação do projeto são necessárias e o projetista deve ter um bom conhecimento da tecnologia de concepção de circuitos integrados. Este último requisito não é tão crítico nas outras abordagens apresentadas.

3.4 - RESUMO

Neste capítulo foram estudados os conceitos básicos da concepção e implementação de circuitos integrados. Nos capítulos seguintes estes conceitos serão utilizados para a concepção de uma interface de comunicação para rede local de computadores com integração de voz e dados.

CAPITULO IV

INTERFACE DE COMUNICAÇÃO PARA REDE LOCAL COM INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS

4.1 - INTRODUÇÃO

No capítulo II foram apresentados e discutidos os conceitos básicos envolvidos na integração dos serviços de voz e dados em redes locais de computadores. Viu-se, por exemplo, a dificuldade de se manter a continuidade de uma conversação com a técnica de comutação de pacotes, as implicações advindas dos diferentes fatores de utilização dos tráfegos de voz e dados, etc. Também foi visto no capítulo II um conjunto de propostas que tentam solucionar as questões tecnológicas que surgem devido a tentativa de se integrar em um único ambiente tráfegos de características tão diferentes. Neste capítulo, propõe-se uma interface de comunicação que agrupe em uma unidade coordenada um conjunto de soluções que possibilite a transparência do tipo de tráfego transportado pela rede em cada instante.

4.2 - A REDE LOCAL INTEGRADA.

As redes locais de computadores constituem-se basicamente de equipamentos terminais de usuários conectados por um meio de transmissão compartilhado [1]. A necessidade de compartilhar o meio de comunicação exige a implementação de uma disciplina de utilização do recurso de transmissão comum, pelos vários terminais interconectados. Vários estudos [57, 58, 51]

têm investigado a eficiência das topologias em anel e em barramento na integração dos tráfegos de voz e dados em redes locais de computadores. A topologia corresponde à estrutura de interconexão física dos vários terminais de usuários. No caso de redes locais a interconexão dos terminais ao meio de transmissão é feita através de interfaces ou nós de comunicação. As topologias em barramento e em anel serão, neste caso, as topologias de interesse devido a simplicidade de implementação das interfaces e ao reduzido custo e complexidade de instalação e manutenção do meio de transmissão.

4.2.1 - TOPOLOGIA EM BARRAMENTO

A tecnologia de interconexão de terminais em barramento possui duas características que são de importância fundamental para o estudo das técnicas de controle de acesso ao meio de comunicação, que são utilizados neste tipo de topologia:

- . O canal de comunicação é eletricamente aberto; e
- . Possui qualidades intrínsecas como meio passivo de difusão.

A primeira característica implica no esvaziamento natural do meio de transmissão após sua utilização, o que simplifica a implementação do mecanismo de acesso ao meio de comunicação. A segunda característica implica na passividade dos terminais. Esta característica simplifica a implementação das interfaces e confere maior confiabilidade a rede. Por outro lado, estas

características dificultam a implementação de mecanismos de resposta imediata e diminuem o alcance da rede.

A principal técnica de controle de acesso ao meio de transmissão associada a topologia em barramento é a técnica CSMA/CD ("Carrier Sense, Multiple Access with Collision Detection") - Acesso Múltiplo com Detecção de Portadora e Detecção de Colisão. Esta técnica foi introduzida em 1976 por Metcalfe e Boggs [59] e desenvolvida desde então pelas empresas Xerox, Intel e Digital Equipment Corporation [60] para a rede local Ethernet. Atualmente a técnica CSMA/CD é uma das técnicas adotadas como padrão para a arquitetura IEEE 802 [61].

Em resumo a técnica CSMA/CD consiste na escuta permanente do meio de comunicação por parte do terminal do usuário. Este usuário só é autorizado a transmitir suas mensagens quando detecta o meio como estando desocupado. Quando dois terminais tentam transmitir ao mesmo tempo ocorre uma colisão. Quando colisões ocorrem os terminais devem interromper suas transmissões e só estão autorizados a tentarem uma retransmissão depois de um atraso aleatório calculado por um algoritmo de retirada. Colisões são possíveis quando dois ou mais terminais têm mensagens prontas, no momento em que o meio torna-se desocupado e as transmitem com uma diferença de tempo menor que o tempo de propagação das mensagens entre os terminais. Os diagramas de fluxo do protocolo de acesso CSMA/CD são ilustrados na figura 4.1 [1].

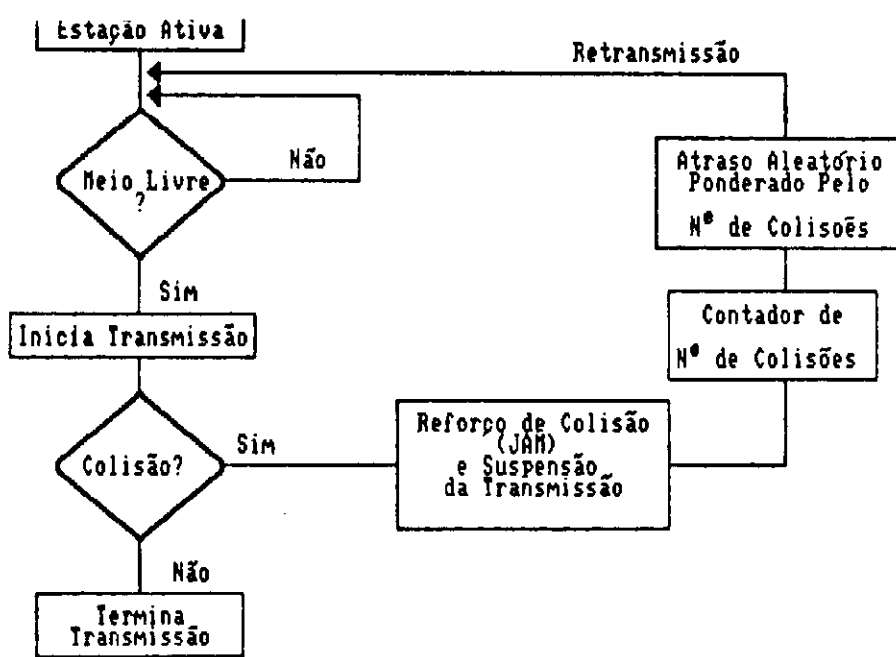


Figura 4.1a - algoritmo do protocolo CSMA/CD

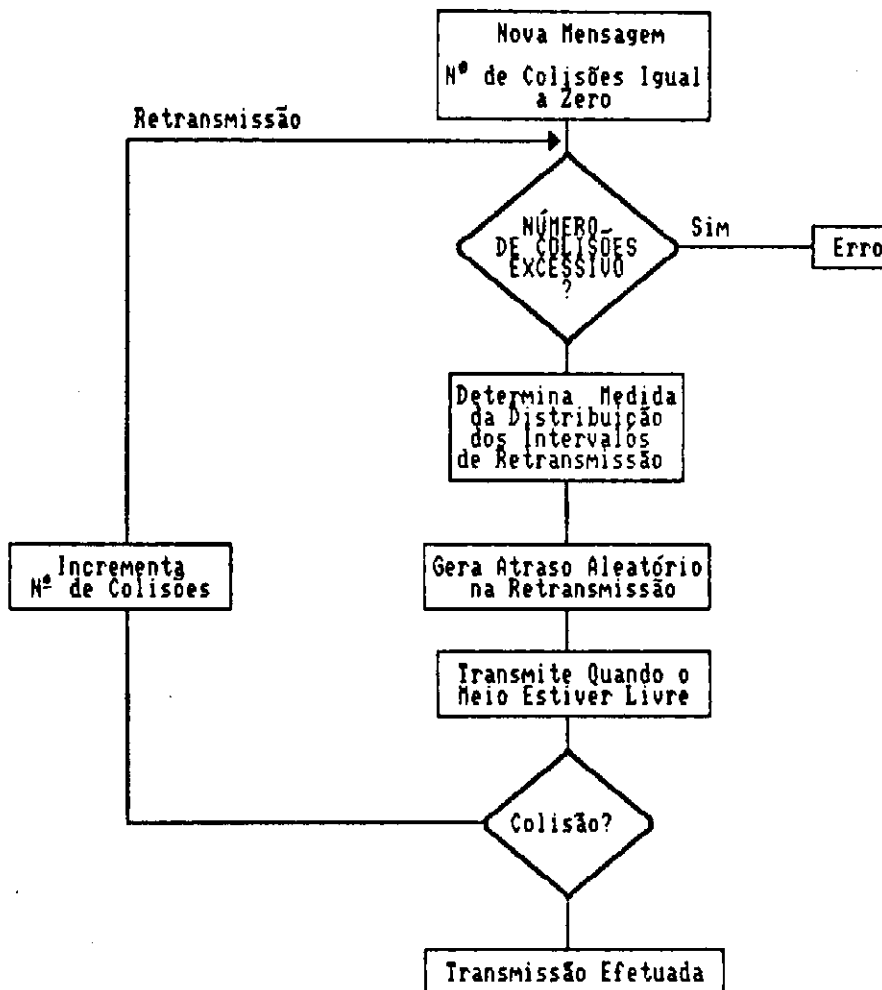


Figura 4.1b - Algoritmo de retransmissão do protocolo CSMA/CD

A técnica CSMA/CD apresenta características estatísticas de atraso quando a utilização do canal é baixa. Entretanto, com o aumento da utilização do canal, o número de colisões aumenta e com isto o atraso médio dos pacotes também aumenta [13]. Assim não é possível garantir um atraso médio constante para os pacotes transmitidos pela rede. Este comportamento é satisfatório para os requisitos do tráfego de dados, mas não é aceitável para tráfegos de aplicações em tempo real como voz.

Em [48] uma rede conectada em barramento com o protocolo CSMA/CD como mecanismo de acesso ao meio foi estudada com o objetivo de se determinar como este protocolo suportaria o tráfego de voz em conjunção com o tráfego de dados (seção 2.4.1). Outros estudos [62, 63] propõem refinamentos à técnica CSMA/CD com o objetivo de melhorar seu desempenho quando suportando o tráfego de voz.

4.2.2 - TOPOLOGIA EM ANEL

A topologia em anel pode ser descrita como constituindo-se de segmentos de transmissão ponto-a-ponto conectando terminais adjacentes. As mensagens em cada terminal são transmitidas unidirecionalmente de terminal em terminal até o destinatário. Cada nó de comunicação na topologia em anel atua como repetidor no processo de transmissão de mensagens entre terminais que não se encontram diretamente conectados. Esta característica possibilita um alcance maior, isto é, a área geográfica atingida pela rede é maior quando comparada com a área

atingida pela rede com topologia de conexão em barramento. Pelo mesmo motivo a confiabilidade da rede conectada em anel é menor, uma vez que, o correto funcionamento da rede depende do funcionamento individual de cada elemento repetidor implementado nos terminais. Além disto, a repetição das mensagens em cada interface impõe a necessidade de eliminar a mensagem em trânsito na rede. Por outro lado, este tipo de topologia simplifica a implementação de mecanismos de resposta imediata [1].

Uma técnica de acesso ao meio de transmissão bastante utilizada nas redes configuradas em anel é conhecida como ficha ou passagem de permissão. Nela, uma ficha circula permanentemente pela rede com seu estado alternando entre livre e ocupado. Quando um terminal possui uma mensagem para transmitir, espera a passagem da ficha no estado livre, modifica seu estado para ocupado e transmite sua mensagem. Quando a mensagem é inteiramente transmitida e recebida, o terminal reconstitue o estado de ficha livre e fica aguardando o momento de voltar a transmitir. No período de inicialização da rede acontece uma disputa para se determinar a qual terminal cabe a inicialização da ficha.

Um protocolo baseado na passagem de ficha foi proposto em [64] para suportar tráfegos síncronos e assíncronos. Nele está prevista a existência de um terminal monitor que supervisiona as operações com a ficha e recupera erros. Nesta proposta o terminal adquire periodicamente o controle da ficha e faz com que ela circule exclusivamente pelos terminais, suportando o tráfego de voz. Feito isto, o domínio da

ficha é devolvido aos terminais que suportam o tráfego de dados.

Uma característica marcante das redes conectadas em anel e de grande importância para a integração do serviço de voz é a possibilidade de se determinar o tempo máximo de espera, experimentado pelos terminais, até que possam transmitir suas mensagens através da rede. Isto se deve à possibilidade de limitar o tempo de ocupação do canal por parte de cada estação, o que leva à determinação do tempo máximo de circulação da ficha. Isto é importante quando se quer garantir a continuidade do fluxo de informações entre dois terminais conectados e isto é um dos requisitos fundamentais do tráfego de voz.

4.3 - A INTERFACE DE COMUNICAÇÃO PROPOSTA

Considerando as características de esvaziamento natural do meio de comunicação, pequena complexidade e custo para a implementação e manutenção, confiabilidade média/alta, simplicidade no roteamento e disponibilidade de pastilhas de alto grau de integração que implementam o protocolo de acesso ao meio, decidiu-se implementar uma interface de comunicação para integração dos tráfegos de voz e dados em rede local configurada em barramento com o mecanismo de acesso ao meio CSMA/CD. A topologia em anel foi preterida pela maior complexidade do mecanismo de acesso ao meio de comunicação e maiores dificuldades associadas com o projeto de uma rede em anel [65]. Entretanto, para compensar a aleatoriedade de acesso ao meio, característica da técnica CSMA/CD e, como foi visto, não

compatível com os requisitos de um tráfego em tempo real, como voz, um anel lógico virtual com passagem de ficha é implementado. Por este anel circulará o tráfego de voz com prioridade mais alta. Deste modo é possível obter uma rede de custo relativamente baixo e adaptada a manutenção do tráfego de voz.

4.3.1 - OS SERVIÇOS DA INTERFACE

A integração do tráfego de voz em ambiente de rede local de computadores exige da interface de comunicação a implementação dos serviços de sinalização do processo de estabelecimento da conexão de voz e de reconstrução contínua do sinal de voz a partir dos quadros de voz que chegam pela rede.

4.3.1.1 - SERVIÇO DE SINALIZAÇÃO.

Este serviço compreende a identificação dos telefones chamado e chamando, a sinalização de linha e a sinalização acústica. A identificação dos telefones chamado e chamando é feita pela leitura dos dígitos discados no telefone chamador. A interface, na implementação deste serviço é responsável pela adaptação das características de identificação de entidades do sistema telefônico tradicional às características de identificação de entidades nas redes locais. Os dígitos que identificam os telefones chamado e chamando constituirão o título que identifica o terminal remoto com o qual o usuário chamador deseja se conectar. Estes títulos, uma vez determinados, passarão a fazer parte dos pacotes de voz transmitidos pela rede e neste ambiente identificarão a fonte e o destino dos pacotes. É óbvio

que cada um dos títulos assumirá alternadamente a função de fonte e destino. A sinalização de linha e a sinalização acústica são feitas durante o período de estabelecimento de uma conexão telefônica, através da troca de quadros de sinalização entre as interfaces de comunicação envolvidas. Quatro tipos de quadros são usados para realizar o estabelecimento e liberação da conexão de voz.

- . quadro "CHAMADA";
- . quadro "CHAMANDO";
- . quadro "ATENDIDO"; e
- . quadro "DESCONEXÃO".

O quadro "CHAMADA" é enviado pela interface que solicita a conexão telefônica (daqui por diante chamada de interface originadora) quando o usuário retira o fone do gancho e disca o número do telefone com o qual deseja se conectar. A condição de número telefônico discado, interrompe o microprocessador gerenciador da interface. Neste instante é feita a leitura do número discado pelo serviço de identificação dos telefones chamado e chamando. Identificado o telefone chamado seu título é usado na formação do quadro "CHAMADA" que é enviado pela rede. A transmissão deste quadro coloca a interface originadora em estado de espera da confirmação da conexão solicitada. A ausência da confirmação após um intervalo de tempo pré-determinado indica que a conexão não pôde ser completada. A informação desta situação é passada para o usuário através do acionamento do sinal de telefone ocupado pela interface originadora. O quadro "CHAMANDO" é enviado pela interface sendo

chamada para a interface originadora como resposta ao quadro "CHAMADA", quando é possível completar a conexão. A transmissão do quadro "CHAMANDO" aciona no telefone associado à interface sendo chamada o sinal de telefone chamado (toque de campainha). Na interface originadora, a recepção do quadro "CHAMANDO" aciona o sinal de telefone chamando. Este sinal indica ao usuário originador da conexão telefônica que do outro lado da linha a campainha está tocando. O quadro "ATENDIDO" finaliza o estabelecimento da conexão telefônica e inicia o tráfego de pacotes de voz. Este quadro é gerado pela interface sendo chamada quando o telefone é retirado do gancho, depois de ter sua campainha tocando. A transmissão e recepção deste quadro inibe a aplicação dos sinais de telefone chamado e chamando nas interfaces sendo chamada e originadora. Finalmente, o quadro "DESCONEXÃO" sinaliza o aborto da conexão de voz. Este quadro é gerado por qualquer interface sempre que um dos usuários recoloca o telefone no gancho. Quando este quadro é enviado e recebido as interfaces acionam o tom de discar para indicar ao usuário que uma nova conexão pode ser tentada. A presença do tom de discar não indica que a rede está pronta para suportar uma conexão de voz, indica apenas que a interface está inicializada e pronta para uma tentativa de conexão de voz. Se a conexão tentada não pode ser suportada, o quadro "CHAMADA" não será respondido e o sinal de telefone ocupado será aplicado ao telefone iniciador da tentativa de conexão. Mais adiante, neste capítulo será discutido o procedimento de acesso ao meio de transmissão e a aceitação e recusa de conexões serão abordadas. Nas figuras 4.2a

e 4.2b são encontrados dois diagramas de fluxo que descrevem o protocolo que implementa o serviço de sinalização. A figura 4.2a apresenta o protocolo sendo executado na interface originadora, enquanto que na figura 4.2b encontra-se o protocolo executado na interface sendo chamada.

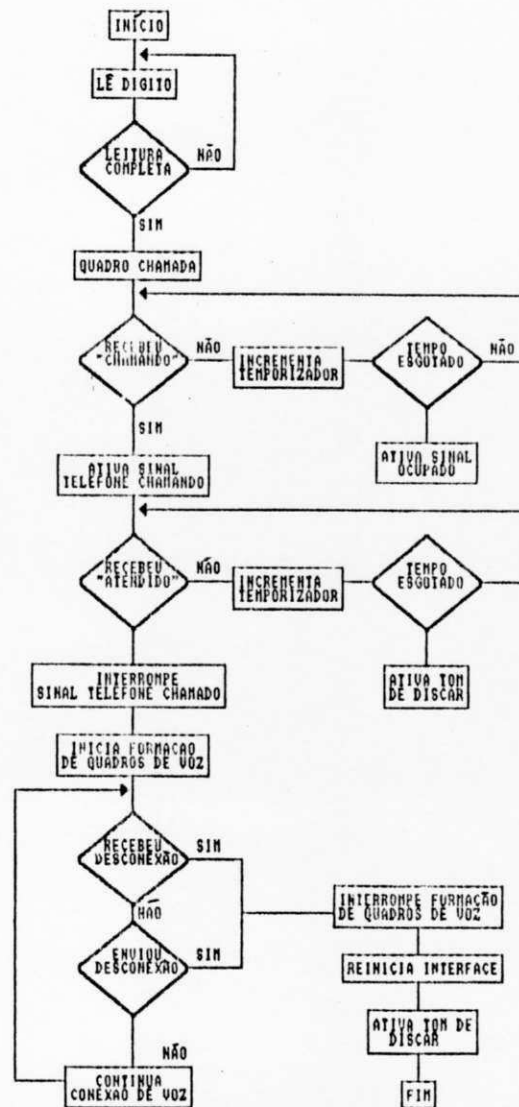


Figura 4.2a - Protocolo de chamada

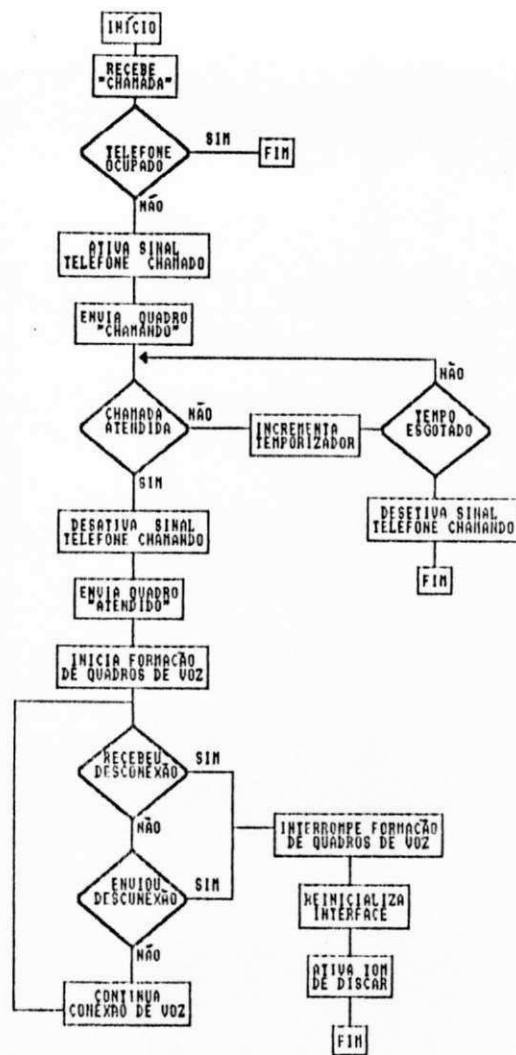


Figura 4.2b - Protocolo de resposta a chamada

4.3.1.2 - RECONSTRUÇÃO CONTINUA DA VOZ

Um canal de voz permanece desocupado durante 60 a 65% do tempo total da conversação [8]. Dentre os requisitos básicos do tráfego de voz estão um atraso fim-a-fim máximo de 500ms em cada sentido e um fluxo contínuo de informações na saída do sistema. Uma rede local em barramento com controle de acesso CSMA/CD, a continuidade pode não ser obtida devido aos atrasos variáveis sofridos pelos pacotes de voz transportados pela rede. Deste modo, torna-se necessário que a

interface de comunicação atue no sentido de minimizar as variações destes atrasos, garantindo a continuidade no fluxo de saída.

O atraso fim-a-fim deve-se ao tempo de obtenção das amostras de voz (conversão A/D), formação dos pacotes, transmissão, processamento na recepção e reconstituição do sinal analógico de voz (conversão D/A). Normalmente a variação no atraso dos pacotes deve-se a variação do tempo gasto na transmissão. Um tempo máximo de transmissão pode, entretanto ser determinado levando-se em consideração as condições do tráfego [34]. Desta forma é necessário disciplinar o tráfego na rede, de modo que seja possível manter o atraso inferior a este tempo máximo, exceto por uma fração desprezível do fluxo total de pacotes. A técnica usada para garantir a continuidade do fluxo de voz, consiste em atrasar a reprodução do primeiro pacote recebido por um tempo T_{max} , igual ao tempo máximo permitido para a transmissão. Assim, o segundo pacote vai dispor de um tempo máximo para chegar ao destino, igual a T_{max} mais o atraso de transmissão do primeiro pacote. Esta soma corresponde ao atraso constante desejado T_c . O valor de T_c varia de conexão para conexão, devido a variação do tempo de transmissão de cada conexão de voz. Percebe-se que o pior caso seria a ocorrência de um atraso de transmissão igual a T_{max} e deste modo T_c seria igual a $2T_{max}$.

A interface transmissora deve desistir da transmissão de um pacote, se não consegue formá-lo até o tempo

máximo, T_{max} . Do mesmo modo, pacotes que não conseguirem chegar a interface destino até o tempo T_c serão descartados e interpretados como um intervalo de silêncio. Os intervalos de silêncio reais provocam a formação de pacotes com um excessivo número de bytes nulos. Na interface transmissora estes pacotes devem ser detectados e descartados, evitando a ocupação do canal com transmissões indesejáveis e na saída deve ser gerado um ruído de fundo.

4.3.2 - ARQUITETURA DA INTERFACE

Na figura 4.3 a arquitetura da interface de comunicação proposta é mostrada. Nesta seção serão discutidas as funções dos blocos que compõem a arquitetura da interface: transmissão e recepção de voz, sinalização, identificação telefônica, controle central e acoplamento com a rede.

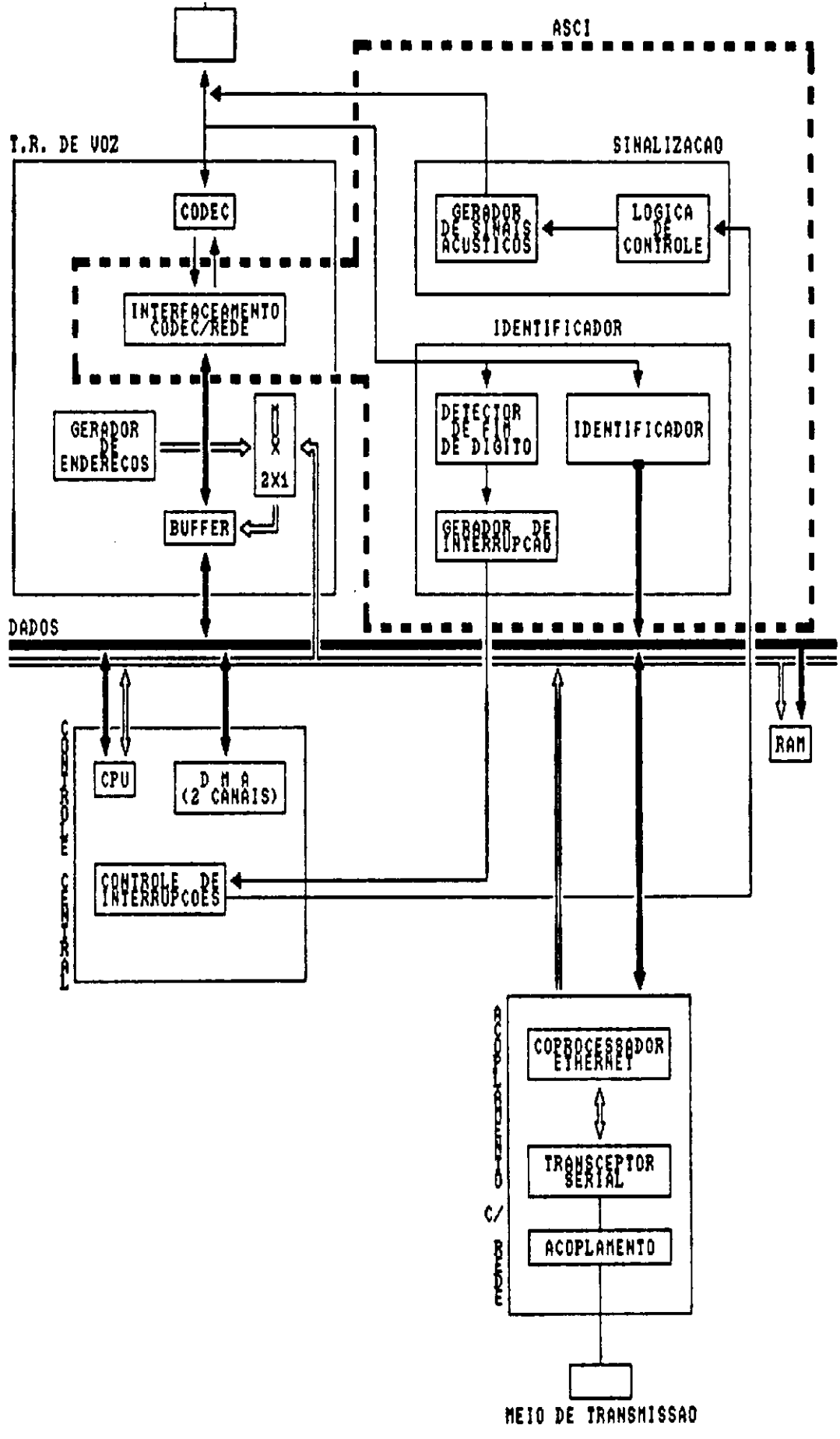


Figura 4.3 - Arquitetura da interface
62

4.3.2.1 - TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE VOZ

No bloco de transmissão e recepção de voz a etapa de conversão analógico/digital e digital/analógico, e mais importante, é composta de filtragem, amplificação, amostragem, quantização e codificação/decodificação do sinal de voz. Esta etapa é implementada por um "chip" CODEC - PCM de alta integração e larga disponibilidade no mercado. O uso deste "chip" permite uma implementação mais compacta e confiável.

Na transmissão, as amostras de voz codificadas são armazenadas em tempo real sob o controle do bloco gerador de endereços, em uma memória (bloco "buffer") dimensionada para armazenar um pacote para transmissão e um outro pacote de recepção. Quando o número de amostras é suficiente para a formação de um pacote, estas amostras são transferidas via DMA sob controle da CPU local para a memória compartilhada (bloco RAM). Na recepção, quando um pacote chega pela rede o coprocessador Ethernet leva-o à memória compartilhada. Da memória o pacote é transferido via DMA para o bloco "buffer" e daí para o CODEC - PCM que realiza a decodificação e aplica o sinal analógico resultante no telefone. O bloco mux 2X1 é utilizado para multiplexar o endereçamento do pacote para a transmissão e de recepção alternadamente. O bloco de interfaceamento CODEC/rede compatibiliza o paralelismo das amostras transportadas pela rede com a entrada e saída serial de dados do CODEC.

4.3.2.2 - SINALIZAÇÃO

O bloco de sinalização é responsável pela geração da sinalização acústica aplicada ao telefone durante o período de estabelecimento de uma conexão de voz. Este bloco é dividido em dois blocos elementares. O gerador de sinais acústicos, gera as frequências correspondentes aos sinais de telefone chamando e telefone chamado (sinais de chamada telefônica), o sinal de telefone ocupado e o sinal de disponibilidade de linha (tom de discar). A lógica de controle é responsável pela seleção do sinal conveniente a cada instante do estabelecimento da conexão de voz. Este bloco é acionado pelo controle central, segundo o fluxo dos quadros de sinalização discutidos na seção 4.4.1.

4.3.2.3 - IDENTIFICAÇÃO TELEFÔNICA

O bloco de identificação telefônica é responsável pela implementação do serviço de identificação dos telefones chamando e chamado. Este bloco é dividido em: detector de fim de dígito, identificador e gerador de interrupção. O detector de fim de dígito é responsável pelo controle do identificador e ativação do gerador de interrupção quando a identificação tiver sido completada. O identificador é responsável pela conversão da sequência de pulsos transmitido pelo telefone quando um dígito é discado, em uma palavra binária que identifica o telefone chamado no ambiente da rede. O gerador de interrupção, interrompe o microprocessador gerenciador da interface quando o processo de identificação do telefone chamado é completado. Com esta interrupção o microprocessador faz a

leitura do título do telefone chamado, forma o quadro "CHAMADA" e transmite-o pela rede.

4.3.2.4 - CONTROLE CENTRAL

O bloco de controle central fará o gerenciamento da interface. Neste bloco será implementado por software o anel lógico virtual, através do qual serão transmitidos os pacotes de voz. Este bloco é também responsável pela formação dos quadros de sinalização e gerenciamento das transferências de amostras por DMA. A utilização de um microprocessador dedicado confere maior flexibilidade de implementação do anel lógico virtual sem sobrecarregar o processador do equipamento terminal.

4.4 - MECANISMO DE ACESSO AO MEIO

O protocolo básico de acesso ao meio de comunicação é o protocolo CSMA/CD. Na interface proposta, este protocolo é implementado pelo coprocessador 82586 (Intel) e pela interface serial 82501 (Intel). O coprocessador é responsável pelo empacotamento das amostras de voz e dos quadros de dados, a geração de preâmbulo, desempacotamento, verificação de endereços e correção de erros. O coprocessador 82586 é ainda dotado da capacidade de auto-teste e diagnóstico e localização de curto-circuito e circuito aberto na rede. A interface serial 82501 é responsável pela geração do relógio, codificação/decodificação Manchester da sequência de dados transmitidos/recebidos, detecção de portadora e colisão e fornecimento de interfaceamento elétrico entre o equipamento

terminal e o cabo transceptor tipo ethernet [1].

A compensação da aleatoriedade no acesso ao meio, característico do protocolo CSMA/CD é feita com a implementação de um anel lógico virtual com passagem de ficha trabalhando em nível de prioridade mais elevado. Esta combinação de protocolos proposta em [13] satisfaz os requisitos do tráfego de voz, mesmo para altas taxas de utilização da rede. A seguinte descrição pode ser feita para a combinação dos protocolos: os terminais envolvidos apenas com conexão de dados usam o protocolo CSMA/CD normalmente, enquanto que os terminais envolvidos com conexões de voz são organizados em um anel lógico virtual, onde uma ficha circula dando permissão para a transmissão. Um terminal no anel só está autorizado a transmitir se estiver de posse da ficha. A inicialização da ficha, bem como a inserção de novos terminais no anel lógico são feitas através de mensagens transmitidas para todos os terminais ("broadcast"). Cada terminal armazena o valor de duas variáveis para o controle do anel:

- . m, que é o número de estações no anel;
- . r, que é o número de vezes que o canal deve passar pelo estado desocupado antes que o terminal tenha a posse da ficha.

Depois de cada transmissão de um pacote de voz todos os terminais decrementam o valor de r de uma unidade. O terminal com $r=0$ tem a posse da ficha. Feita a transmissão o possuidor da ficha faz $r=m$ e fica aguardando a ficha para voltar a transmitir. Nota-se que a transmissão da ficha é virtual e não

envolve a ocupação do meio de transmissão. Quando um terminal deseja entrar no anel, difunde um pacote de pedido de admissão ("insertion request"). Ao receber este pedido o possuidor da ficha naquele instante deve responder com um pacote de resposta de admissão ("insertion response") contendo o valor de m para o novo terminal, se perceber que a rede está capacitada a aceitar mais uma conexão, isto é, $m+1$ é menor que o número máximo permitido de terminais envolvidos com conexão de voz. Ao perceber a transmissão desta resposta todos os terminais atualizam o valor de m e o terminal admitido no anel faz $r=m$. Se a rede não está capacitada a aceitar mais uma conexão de voz, o pedido de admissão é respondido com um pacote de rejeição de admissão ("insertion reject"). Quando não existe nenhuma estação no anel, isto é, o anel vai ser inicializado, nenhuma destas respostas é transmitida e o terminal solicitando sua inclusão faz $m=1$ e $r=0$, com isto o anel estará inicializado. As colisões que ocorrerem durante o período de inicialização do anel serão resolvidas pela aplicação do algoritmo de retirada, segundo determina o protocolo CSMA/CD.

Com este esquema o tempo máximo de espera até que um terminal no anel possa transmitir é $T + mT_v$, onde T é o tempo de geração de um pacote de voz, m é o número de terminais no anel e T_v é o tempo de transmissão de um pacote de voz.

4.5 - CONSIDERAÇÕES DE DESEMPENHO

Considerando uma rede local com capacidade de 10 Mbits/s e com 10% desta capacidade dedicada ao tráfego de voz,

o número máximo de terminais envolvidos com o tráfego de voz é dado por:

$$N = (V/H + V).(C/Td)$$

onde V e H são o número de bits de informação e de cabeçalho, respectivamente, em um pacote de voz, C é a capacidade da rede associada ao tráfego de voz (1 Mbits/s) e Td é a taxa de digitalização do sinal de voz (64 Kbits/s para PCM). Considerando um pacote ótimo definido em [66], ou seja, 26 octetos para o cabeçalho (8 octetos de preâmbulo, 12 octetos de endereços, 2 octetos de tipo/comprimento e 3 octetos de controle de erros) e um campo de informação de 1024 bits ("overhead" de aproximadamente 20%), chega-se ao total de 12 terminais envolvidos simultaneamente com conexões de voz. Este tamanho de pacote é recomendado para a obtenção de atraso fim-a-fim menor ou igual a 200ms. O número máximo de terminais que poderão manter simultaneamente conexão de voz pode ser aumentado com a utilização de técnicas de codificação de voz à baixas taxas (menores que 64 Kbits/s) ou com o aumento da capacidade da rede destinada a manutenção do tráfego de voz. O aumento da percentagem do tráfego de voz, entretanto, aumenta o atraso médio dos pacotes de voz quando a carga da rede aumenta.

Outro aspecto a ser considerado na implementação da interface, é o tempo necessário para a formação dos pacotes de voz, contado a partir da obtenção da última amostra ("buffer" cheio). Este tempo é calculado como sendo a soma dos tempos de, transferência das amostras do "buffer" para a RAM (62,5us), programação da DMA (3,5us) e o tempo de geração de

interrupção para o coprocessador 82586 (5,9us), o que resulta em um tempo total de 71,9us [34] para um "clock" de 8 MHz. Este tempo, entretanto, não é significativo quando comparado com o atraso máximo requerido de 200ms.

4.6 - RESUMO

Neste capítulo foi proposta uma arquitetura para interface de comunicação com integração de voz e dados em rede local de computadores configurada em barramento. O protocolo de acesso ao meio de comunicação combina a utilização de "chips" de alto grau de integração que implementam o protocolo CSMA/CD com a implementação de um anel lógico virtual pelo qual serão transmitidos os pacotes de voz sob o controle de uma ficha circulante.

CAPITULO V

ASIC PARA INTERFACE DE COMUNICAÇÃO COM INTEGRAÇÃO DE VOZ E DADOS

5.1 - INTRODUÇÃO

No capítulo anterior uma interface de comunicação para integração de voz e dados em redes locais de computadores foi proposta. Neste capítulo, a concepção e implementação de um ASIC ("Application Specific Integrated Circuit") é proposta como solução para a implementação de funções básicas da interface.

Para a concepção do ASIC, três requisitos foram impostos com o objetivo de fixar limites, dentro dos quais a arquitetura foi concebida. Assim, o ASIC proposto deve:

- . Implementar funções básicas;
- . Possibilitar a utilização de telefones convencionais;
- . Ter funcionalidade compatível com CI's do mercado.

O primeiro requisito tem como objetivo limitar as funções implementadas às funções básicas:

- . Identificação do telefone chamado;
- . Sinalização dos instantes da tentativa de estabelecimento de uma conexão telefônica;
- . Codificação e decodificação do sinal de voz.

O segundo requisito tem como objetivo garantir que a interface obtida com a utilização do ASIC possa conectar o terminal do usuário a qualquer telefone. Finalmente, o terceiro requisito tem a finalidade de assegurar que o ASIC seja realmente aplicável, isto é, deve ser possível implementar uma interface de comunicação para integração de voz e dados em rede local, utilizando-se o ASIC e circuitos integrados disponíveis no mercado.

5.2 - TECNOLOGIA

No capítulo II, discutiu-se os conceitos básicos da concepção e implementação de sistemas em microeletrônica. Entre estes conceitos foi visto que a descrição de um circuito integrado pode ser feita em três domínios:

- . Domínio comportamental;
- . Domínio estrutural;
- . Domínio físico.

Sendo que em cada um destes domínios existem escolhas a serem feitas para a completa descrição do circuito integrado. Tais escolhas envolvem muitos aspectos. Entretanto, a integração de um sistema estará minimamente definida se forem escolhidos:

- . A tecnologia de implementação;
- . A estratégia de concepção;
- . O modo de execução.

A tecnologia de implementação diz respeito à lógica utilizada

na implementação do circuito integrado. Para o ASIC em questão, a escolha recaiu sobre a tecnologia CMOS ("Complementary Metal Oxide Silicon") devido a possibilidade de obtenção de um circuito integrado de bom desempenho, com pequena dissipação de potência [55, 56]. A estratégia de concepção define o modo de abordar o sistema a ser integrado, de modo que, a concepção do circuito seja facilitada. Para o ASIC escolheu-se uma abordagem hierárquica, onde o sistema é dividido repetidas vezes, até que se obtenha sub-sistemas de menor complexidade. O modo de execução caracteriza a técnica de implementação do chip concebido. Para a implementação do ASIC escolheu-se um projeto "standard-cell". Neste modo de execução, para a implementação do sistema, células padrão de complexidade variável são dispostas em trilhas separadas por canais de roteamento.

Com estas escolhas o ASIC fica definido no que se refere aos aspectos ligados à concepção e implementação de sistemas em microeletrônica.

5.3 - FUNÇÕES DO ASIC

Das discussões do capítulo III e da observação dos requisitos impostos à concepção do ASIC, chegou-se à conclusão que o ASIC deveria implementar as funções de identificação do telefone chamado, sinalização dos instantes da tentativa de estabelecimento de uma conexão de voz e codificação/decodificação do sinal de voz. A implementação destas funções no ambiente de redes locais de computadores requer a consideração de uma série de fatores que não são considerados

no sistema telefônico tradicional. Nesta seção, estas considerações serão apresentadas e discutidas, antes que se passe a discutir a arquitetura de um chip que seja capaz de implementar as funções definidas.

5.3.1 - IDENTIFICAÇÃO DO TELEFONE CHAMADO

No sistema telefônico tradicional a identificação do telefone chamado é feita na central telefônica pela leitura do número discado pelo telefone chamador. Feita a identificação, a central utiliza o número discado para associar um canal de comunicação aos usuários pelo tempo que for necessário.

Na maioria das redes de computadores (redes de longa distância e algumas redes locais), a identificação de entidades que tentam uma conexão (telefone chamador e telefone chamado, no caso da conexão de voz) envolve a determinação de títulos, endereços e rotas. Títulos são identificadores usados para distinguir uma entidade de outra [67]. O modelo RM OSI/ISO [1, 2] refere-se a um título-global que identifica uma entidade (N) independentemente de sua localização na rede e consiste de duas partes:

- . O nome de um domínio de título para identificar univocamente o domínio de título.
- . O sufixo de título que é único na extensão do domínio de título identificado.

Endereços são títulos que incorporam atributos de localização, e

rota é um identificador do caminho a ser seguido para se chegar ao endereço. Esta identificação, entretanto, não é um problema de fácil resolução [1, 2] e tem se constituído um assunto de grande interesse na padronização de protocolos de redes [68, 69].

Desta forma, para identificar completamente o telefone chamado é necessário que a interface de comunicação forneça ao terminal do usuário o título, endereço e a rota do telefone com o qual deseja se comunicar. O ASIC, entretanto, será usado na implementação de uma interface destinada a integrar os tráfegos de voz e dados em uma rede local configurada em barramento. Nesta topologia não é necessário rotear as mensagens que transitam pelo seu meio de transmissão. Sendo assim, ao ASIC caberá o fornecimento do título do telefone chamado, que identificará o destino do pacote na rede. É possível, entretanto, imaginar a utilização deste ASIC em uma interface que se destine à integração dos tráfegos de voz e dados em uma outra topologia. Neste caso, o ASIC forneceria o sufixo de título, segundo a abordagem do modelo RM OSI/ISO e caberia à interface a determinação do restante da identificação do telefone chamado.

5.3.2 - SINALIZAÇÃO DOS INSTANTES DA TENTATIVA DE ESTABELECIMENTO DE UMA CONEXÃO DE VOZ

No sistema telefônico tradicional, as centrais telefônicas suprem de sinalização acústica os telefones envolvidos com a tentativa de estabelecimento de uma conexão, a fim de manter os usuários envolvidos, informados do progresso da conexão que está sendo tentada. Esta sinalização é basicamente constituída por quatro sinais:

- . O tom de discar, que indica a existência de recursos disponíveis para o tratamento da conexão desejado e, que o número do telefone destino pode ser discado;
- . O sinal de telefone chamado, que corresponde ao toque da campainha e indica que uma conexão está sendo tentada com este telefone;
- . O sinal de telefone chamando, que indica que o telefone destino está disponível e sua campainha está tocando;
- . O sinal de telefone ocupado, que indica que o telefone destino não está disponível e a conexão não pode ser completada.

Cada um destes sinais possui características de intermitência diferentes, de modo que não possam ser confundidos. Na figura 5.1 a intermitência de cada um dos sinais é apresentada.

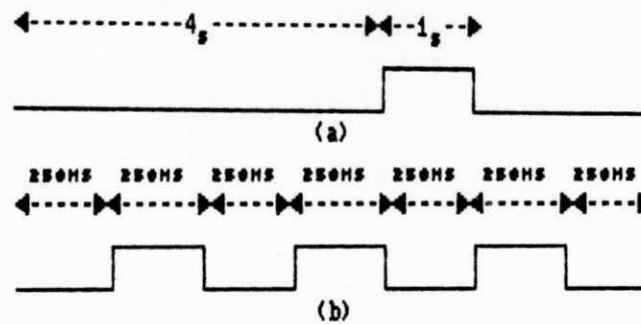


Figura 5.1 - Intermitências dos sinais acústicos - (a) Chamada
(b) Telefone ocupado

No ambiente da rede local de computadores, como foi discutido no capítulo III, a geração e gerenciamento da sinalização acústica será feita localmente, na interface de comunicação do usuário. A geração da sinalização acústica

constitue uma das funções básicas que será fornecida pelo ASIC proposto. O gerenciamento, entretanto, será feito pelos microprocessadores gerenciadores das interfaces envolvidas com a tentativa de estabelecimento da conexão de voz, através da troca dos quadros de sinalização apresentados anteriormente.

5.3.3 - CODIFICAÇÃO E DECODIFICAÇÃO DO SINAL DE VOZ

O sinal analógico gerado pelo telefone não é compatível com o ambiente de uma rede local de computadores. Desta forma, antes que este sinal possa ser tratado pelos recursos de comunicação, especialmente projetados para a integração do tráfego de voz em rede local, é necessário digitalizá-lo.

A codificação/decodificação do sinal de voz pode, portanto, ser vista como uma função básica, e assim, seria fornecida pelo ASIC. Entretanto, com a disponibilidade de circuitos que realizam satisfatoriamente estas funções [70, 71, 72] optou-se por implementar no ASIC apenas o interfaceamento entre o CODEC (codificador/decodificador) e o terminal do usuário.

O requisito de compatibilidade funcional entre o ASIC e circuitos de mercado foi especialmente considerado na implementação de uma arquitetura capaz de interfacear o CODEC e o terminal do usuário, pois desta compatibilidade dependeria a correta codificação e decodificação do sinal de voz.

5.4 - ARQUITETURA DO ASIC

Tendo sido definidos as funções a serem fornecidas pelo ASIC, passou-se à fase de concepção de uma arquitetura que fosse capaz de implementá-las. Seguindo a abordagem hierárquica adotada como estratégia de concepção, o ASIC proposto foi dividido em três sub-circuitos básicos:

- . O circuito decodificador de pulsos, que implementa o serviço de identificação do telefone chamado;
- . O circuito de sinalização, que implementa o serviço de sinalização dos instantes da tentativa de estabelecimento de uma conexão de voz;
- . Os conversores, que implementam o interfaceamento entre o CODEC e o terminal do usuário, dentro da função de codificação/decodificação do sinal de voz.

Além destes sub-circuitos, utilizou-se um multiplexador de saídas com o objetivo de diminuir o número de pinos do ASIC. Na figura 5.2 é mostrado o plano geral do ASIC proposto com seus três circuitos básicos.

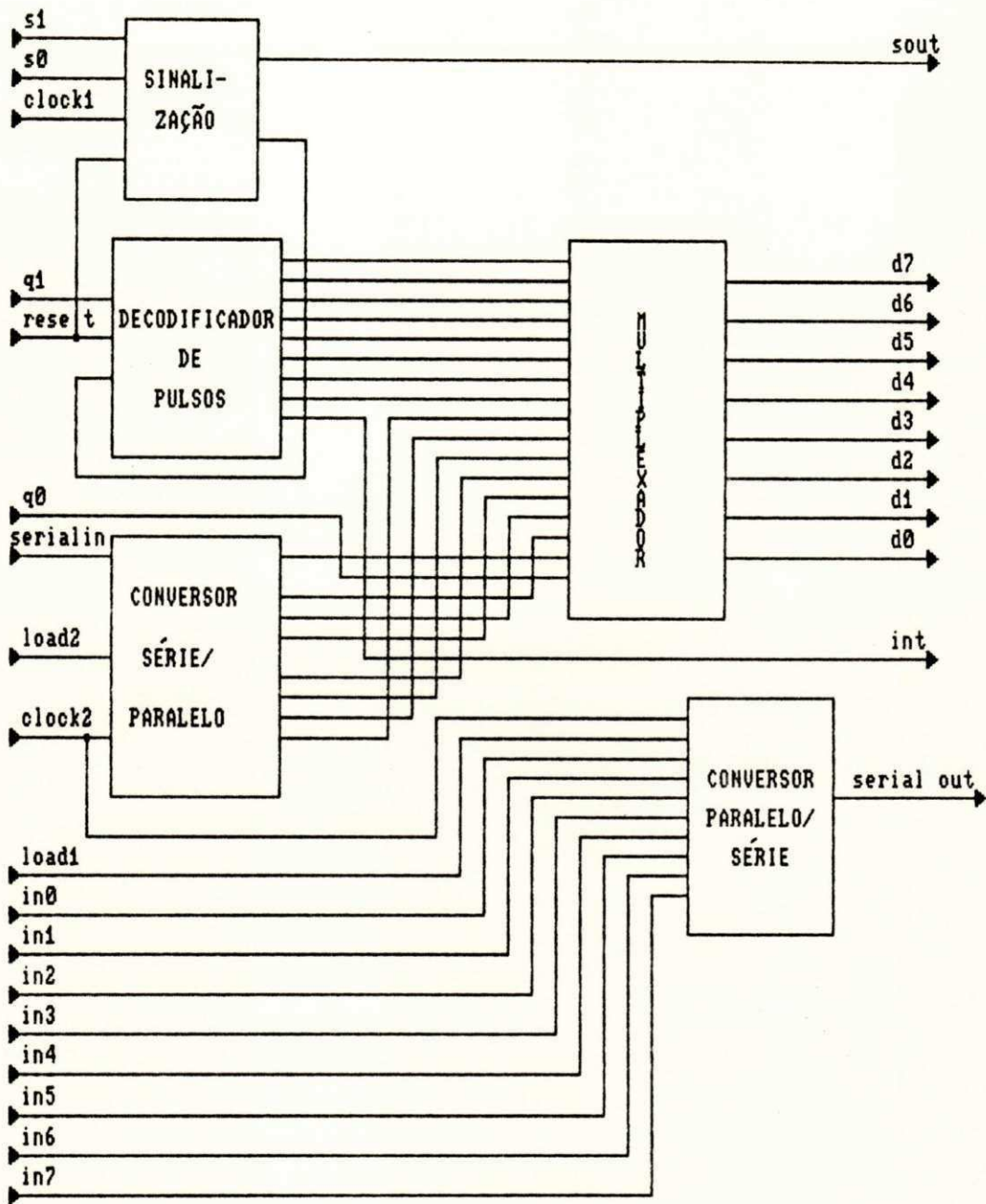


Figura 5.2 - Arquitetura do ASIC

5.4.1 - CIRCUITO DECODIFICADOR DE PULSOS

No sistema telefônico tradicional, quando um usuário deseja estabelecer uma conexão telefônica com outro, fornece à central telefônica o número do telefone com o qual deseja se conectar. Esta informação é transmitida para a central pela linha geralmente através de um trem de pulsos obtido pelo chaveamento da linha telefônica quando o número é discado. Na figura 5.3 vê-se a forma de onda transmitida pela linha telefônica quando disca-se o número quatro, por exemplo.

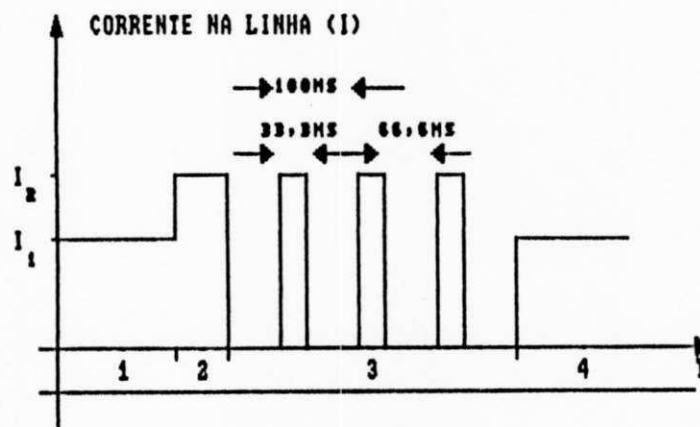


Figura 5.3 - Transmissão do dígito 4

Durante o intervalo (1) o monofone foi retirado do gancho e a corrente I_1 começa a circular pelo telefone. Em (2) o número quatro é conduzido até o bloqueio do disco e a corrente aumenta de I_1 para I_2 , uma vez que, o monofone foi curto-circuitado. No intervalo (3) o disco é liberado e durante o seu retorno à posição inicial a corrente é interrompida

quatro vezes, o que caracteriza a presença de informação na transição negativa do pulso de corrente. Finalmente, em (4) a corrente I_1 é reestabelecida, permanecendo neste valor por um intervalo de tempo não inferior a 400ms quando um novo dígito pode ser transmitido [73]. Estas informações foram utilizadas na concepção do circuito decodificador de pulsos.

O circuito decodificador de pulsos é composto por dois contadores hexadecimais, um circuito de detecção do fim da transmissão de um dígito (CDFTD), um demultiplexador 1X2 e algumas portas lógicas. Sua função é converter o trem de pulsos transmitido pela linha telefônica em uma palavra binária. Os dois contadores hexadecimais permitem ao circuito decodificador de pulsos converter números telefônicos de dois dígitos, isto é, até 100 telefones podem ser conectados à rede local servida pela interface de comunicação em questão. Na figura 5.4 a arquitetura do circuito decodificador de pulsos é apresentada.

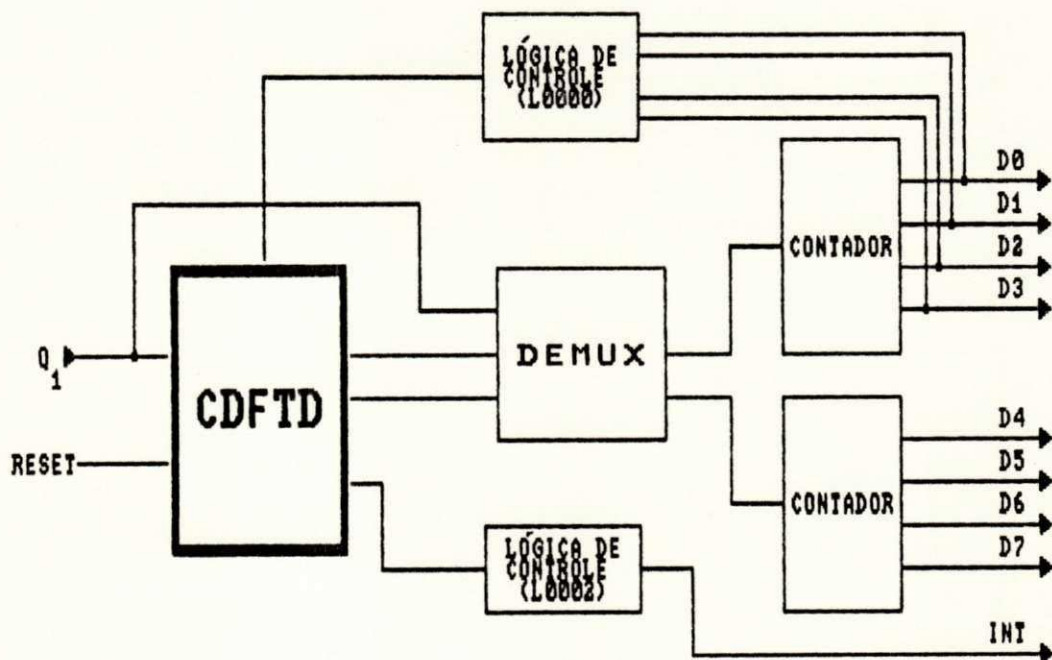


Figura 5.4 - Arquitetura do decodificador de pulsos

O funcionamento do circuito decodificador de pulsos, baseia-se na contagem dos pulsos transmitidos pela linha telefônica quando um dígito é discado. Cada um dos contadores é responsável pela contagem dos pulsos de um dos dígitos, cabendo ao circuito de detecção do fim da transmissão de um dígito (CDFTD) direcionar através do demultiplexador o trem de pulsos correspondentes ao primeiro e segundo dígitos para o primeiro e segundo contadores, respectivamente. O circuito de detecção do fim da transmissão de um dígito é composto por um contador octal e um flip-flop mestre/escravo tipo D. A detecção do fim da transmissão de um dígito é feita contando-se o tempo em que a linha permanece em nível alto. Desta forma, quando um usuário inicia a discagem do primeiro dígito do número do telefone com o qual deseja se comunicar, o circuito de detecção do fim da transmissão de um dígito seleciona a saída S0000 do demultiplexador. Isto faz com que o trem de pulsos correspondente a este dígito seja recebido pelo primeiro contador hexadecimal. Quando o primeiro trem de pulsos for completamente transmitido e a linha telefônica permanecer em nível alto por 400ms, o circuito de detecção do fim da transmissão de um dígito selecionará a saída S0001 do demultiplexador e o segundo trem de pulsos será recebido pelo segundo contador. Do mesmo modo, quando a transmissão e conversão do segundo dígito for completada, o circuito de detecção do fim da transmissão de um dígito ativará o sinal de interrupção através da célula L0002. Isto indicará ao microprocessador gerenciador da interface, que o título do telefone destino já se encontra disponível nas saídas do ASIC.

5.4.2 - CIRCUITO DE SINALIZAÇÃO

A função do circuito de sinalização é gerar os sinais acústicos apresentados na seção 5.3.2. Estes sinais são constituídos basicamente por um sinal de 400Hz, aplicado segundo as intermitências vistas na figura 5.1. A solução encontrada para a geração da sinalização acústica baseia-se na idéia de criar janelas que habilitem a aplicação do sinal de 400Hz. Tais janelas são criadas através de operações de divisão e contagem. Na figura 5.5 encontra-se a arquitetura do circuito de sinalização.

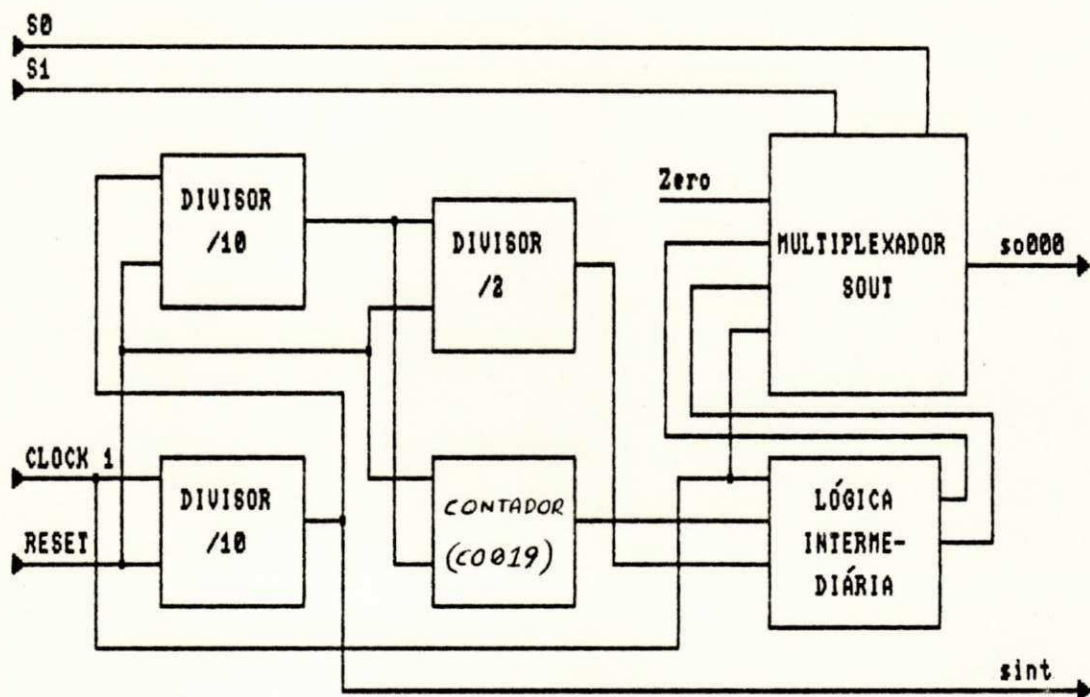


Figura 5.5 - Arquitetura do circuito de sinalização

O sinal de 400Hz é dividido sucessivas vezes gerando sinais de 40Hz, 4Hz e 2Hz. O sinal de 40Hz é utilizado

como clock para detecção do fim da transmissão de um dígito no circuito decodificador de pulsos. O sinal de 4Hz alimenta o contador C0019. Este contador é constituído por um conjunto de cinco flip-flops e uma célula de reset que reinicializa a contagem quando a sequência 10011 é atingida. O resultado desta contagem é a geração das intermitências dos sinais de telefone chamado e telefone chamando. O sinal de 2Hz constitui a intermitência do sinal de telefone ocupado. Estas intermitências são levadas à célula intermediária LD004 juntamente com o sinal de 400Hz. Nesta célula a sinalização acústica é gerada pela mistura das intermitências com o sinal de 400Hz. O resultado desta mistura, os sinais acústicos, são levados às entradas do multiplexador MU001 que permite a selecção do sinal a ser aplicado ao telefone, através das entradas de controle S0 e S1. O tom de discar é feito pela aplicação contínua do sinal de 400Hz. Portanto este sinal também é levado à entrada do multiplexador. A utilização das entradas de controle S0 e S1 é resumida na tabela 5.1.

S0	S1	SINAL ATIVO
0	0	NÍVEL BAIXO (RESERVADO)
0	1	SINAL DE TELEFONE OCUPADO
1	0	SINAL DE TELEFONE CHAMANDO/CHAMADO
1	1	TOM DE TELEFONE OCUPADO

Tabela 5.1 - Utilização das entradas S0 e S1

5.4.3 - CONVERSORES

A codificação e decodificação do sinal de voz

encarrega-se da transmissão pela rede. Na figura 5.6 pode ser encontrada a arquitetura do conversor série/paralelo.

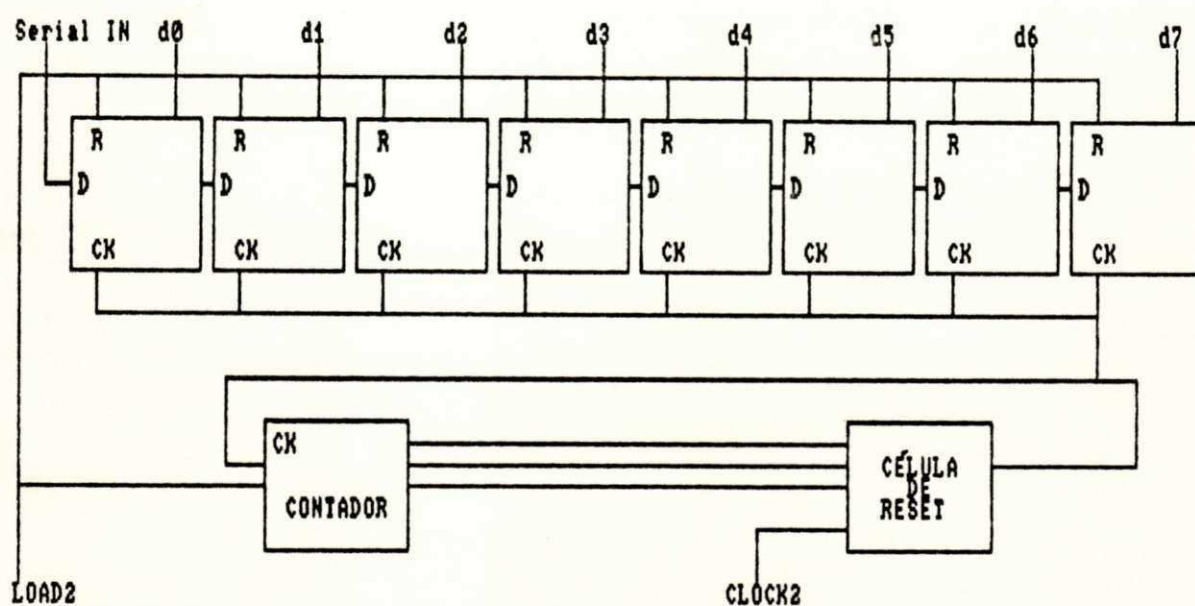


Figura 5.6 - Arquitetura do conversor série/paralelo

A conversão será controlada pelos mesmos sinais que controlam a transmissão serial do CODEC. A cada pulso do clock de 2.048MHz aplicado à entrada clock2 do ASIC, um bit é transferido do CODEC para o conversor. Ao fim da transmissão de cada sequência, a célula C0019, composta por um conjunto de quatro flip-flops e uma célula de reset, bloqueia o clock. Desta forma, os níveis correspondentes à sequência transmitida são fixados nas saídas do ASIC. Este estado permanecerá inalterado até que um sinal de inicialização seja aplicado à entrada LOAD2 do ASIC. Este sinal de inicialização é aplicado também no CODEC, onde habilita o início da transmissão de uma nova sequência e, no microprocessador gerenciador da interface, onde habilita a leitura da última sequência transmitida. Percebe-se que a primeira ativação deste sinal deve ser descartada pelo

será feita por um circuito integrado codificador/decodificador - CODEC, restando ao ASIC proposto a função de interfacear o CODEC e o terminal do usuário. Este interfaceamento pode ser dividido em duas etapas distintas: a transmissão e a recepção. Na transmissão, o sinal analógico transmitido pelo telefone deve alimentar a entrada analógica do CODEC que realiza uma codificação PCM e transmite o resultado da codificação serialmente. Na recepção, o sinal de voz digitalizado chega pela rede para o terminal do usuário. Este por sua vez, deve alimentar serialmente a entrada digital do CODEC que realiza a decodificação e transmite o sinal analógico resultante ao telefone [74]. Percebe-se na descrição destes procedimentos, a incompatibilidade entre o paralelismo dos dados no barramento do microprocessador gerenciador da interface e a característica dos dados tratados pelo CODEC. Deste modo, o interfaceamento pode ser descrito como uma conversão série/paralelo para o procedimento de transmissão e uma conversão paralelo/série para o procedimento de recepção. A implementação destes conversores tomou como base experiências anteriormente desenvolvidas sobre o mesmo tema [74], onde foi utilizado o CMOS CODEC/FILTER TP3057 da National Semiconductor [75].

5.4.3.1 - CONVERSOR SERIE/PARALELO

Este conversor atua na etapa de transmissão, isto é, recebe as sequências seriais de bits transmitidas pelo CODEC depois do processo de codificação PCM do sinal analógico de voz, converte estas sequências em palavras de oito bits e as fornece ao microprocessador gerenciador da interface que

microprocessador, pois neste instante nenhuma sequência foi transmitida ainda.

5.4.3.2 - CONVERSOR PARALELO/SERIE

Este conversor atua na etapa de recepção, isto é, recebe do microprocessador gerenciador da interface as palavras de oito bits correspondentes ao tráfego de voz transmitido pela rede, converte estas palavras em sequências seriais de bits e as fornece ao CODEC que faz a decodificação PCM e aplica o sinal analógico resultante no telefone. Na figura 5.7 pode ser encontrada a arquitetura do conversor paralelo/série.

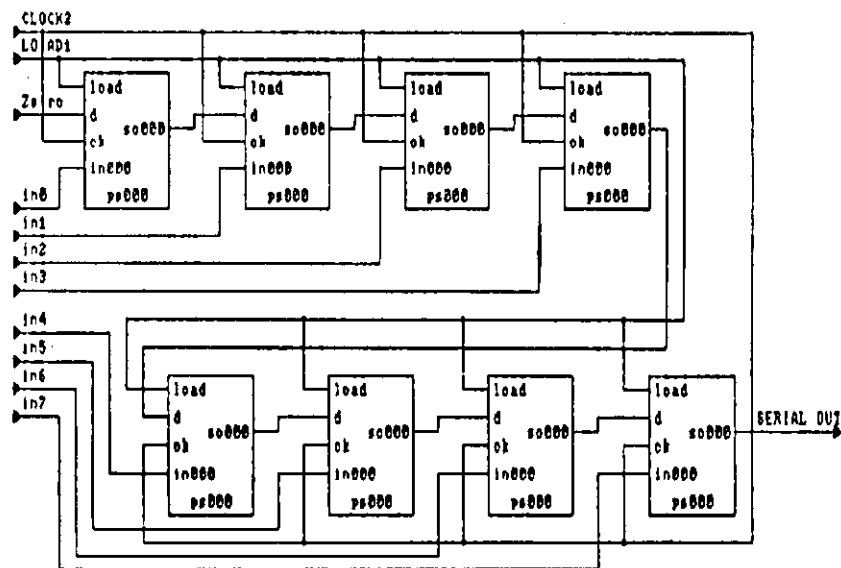


Figura 5.7 - arquitetura do conversor paralelo/série

A conversão paralelo/série também será controlada pelos mesmos sinais que controlam a recepção do CODEC. Quando o microprocessador gerenciador da interface posicionar, em

seu barramento de dados uma palavra contendo os dados do tráfego de voz que foi transmitido pela rede, ativará através de seu pino de escritura o sinal de habilitação da recepção. Este sinal aplicado no ASIC através da entrada LOAD1, carrega os dados do barramento do microprocessador nos estados internos do conversor. No CODEC este sinal habilita o processo de recepção e decodificação PCM. Quando este sinal de habilitação for desativado, a cada pulso do clock de 2,048MHz aplicado na entrada clock2 um bit será transmitido para o CODEC. Ao fim da transmissão da palavra, os estados internos do conversor paralelo/série estarão zerados e o processo de recepção do CODEC será automaticamente desativado. Por este motivo não é necessário desativar o clock.

5.4.4 - MULTIPLEXADOR DE SAIDAS

O multiplexador de saídas foi usado para diminuir o número de pinos do ASIC e multiplexa as saídas do circuito decodificador de pulsos e do conversor série/paralelo. Sua utilização é facilitada devido ao fato que os instantes em que é necessário ter acesso às saídas do ASIC, por parte de cada um dos circuitos envolvidos, serem bastante diferentes. O conversor série/paralelo só é utilizado quando uma conexão de voz já está estabelecida e a conversação já se iniciou. O circuito decodificador de pulsos, por sua vez, só é utilizado no instante em que o usuário disca o número do telefone com o qual deseja conectar-se, ou seja, durante a fase de conexão e neste instante não há conversação. Portanto, não é necessário utilizar o conversor série/paralelo. A arquitetura do multiplexador

de saídas baseia-se em oito pares de portas de passagem controladas pela entrada de seleção A0 (A0 = 1 habilita as saídas do decodificador de pulsos, A0 = 0 habilita as saídas do conversor série/paralelo).

Com a definição das funções e circuitos acima apresentados concebeu-se um chip com 32 pinos.

5.5 - IMPLEMENTAÇÃO DO ASIC

Dois sistemas de CAD para microeletrônica foram paralelamente usados na implementação do ASIC proposto. O primeiro sistema usado foi o software educativo ALLIANCE [76-77] que foi desenvolvido pelo laboratório MASI (Métodos e Arquiteturas de Sistemas Informáticos) da Universidade de Paris VI para projetos de sistemas "full-custom". O ALLIANCE é constituído por um editor físico/lógico, um simulador lógico [78], um verificador de regras de projeto [79] e pós-processadores de tradução para os padrões de descrição de circuitos CIF e CALMA GDS2. O ALLIANCE permite a intervenção do projetista a cada etapa do processo de concepção e implementação. A figura 5.8 ilustra a utilização do ALLIANCE na concepção e implementação de circuitos integrados.

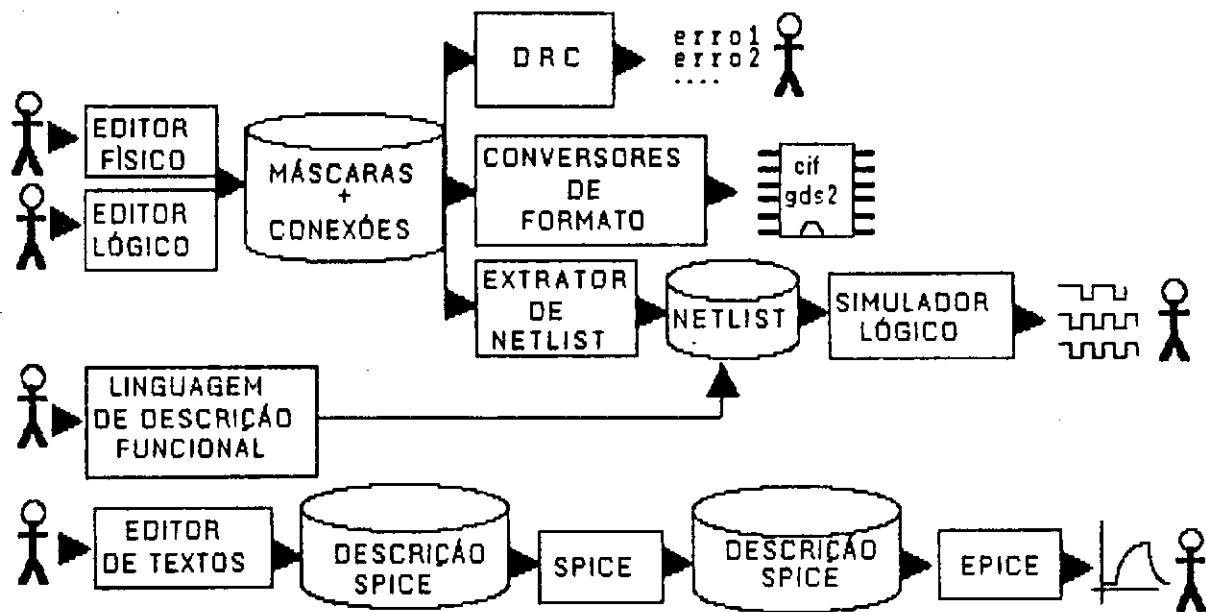


Figura 5.8 - Diagrama esquemático do sistema ALLIANCE

O segundo sistema de CAD/VLSI utilizado foi o software profissional SOLO 1400 [80]. Este software foi desenvolvido pela empresa européia ES2 e roda em estações de trabalho SUN com sistema operacional Unix. O SOLO 1400 é um software "standard-cell", isto é, fornece ao usuário uma biblioteca de células que implementam funções básicas, tais como, "latches" e portas lógicas tipo 74XX, assim como, células mais complexas (memórias, etc). Estas células são usadas em trilhas separadas por canais de roteamento na implementação de sistemas complexos [80]. A interface com o usuário é feita através de um software de captura esquemática. A intervenção do usuário no processo de implementação limita-se basicamente a validação do esquema lógico, o posicionamento dos "PADS" de entrada/saída e a determinação do número de linhas e colunas que são usadas para o posicionamento das células. A figura 5.9 ilustra a utilização do

sistema SOLO 1400 na concepção e implementação de circuitos integrados.

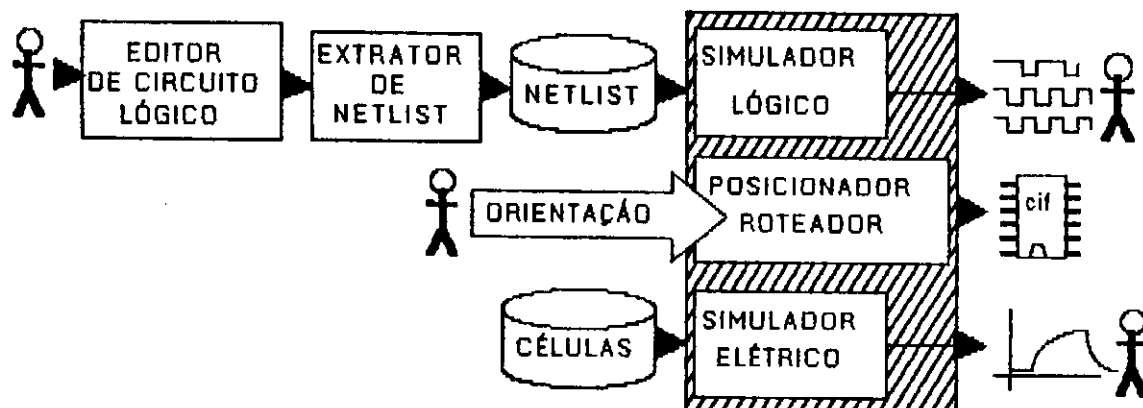


Figura 5.9 - Diagrama esquemático do sistema SOLO 1400

A implementação foi dividida em duas partes, a validação descendente e a implementação ascendente. A validação "top-down" foi obtida através dos recursos de edição lógica do sistema ALLIANCE. Nesta etapa descreveu-se cada um dos circuitos básicos através de uma função escrita em linguagem pseudo-C e uma imulação lógica pôde ser obtida utilizando-se o software ELOISE [78]. Na implementação ascendente os sistemas ALLIANCE e SOLO 1400 foram paralelamente utilizados. Com o SOLO 1400 a biblioteca de células padrão foi usada para implementar os circuitos que compõem o ASIC e estes, como se fossem novas células, foram utilizados na implementação final do ASIC. O resultado desta implementação foi um circuito integrado de 1363 estágios (equivalentes aos 1470 transistores que deveriam ser usados para

a implementação com o sistema CAD/VLSI ALLIANCE) [80] dispostos em uma única coluna de 7 linhas com 200 estágios por linha, o que resulta em uma ocupação de 97,3% do espaço reservado para o posicionamento dos estágios. A área final do ASIC foi de 8,27mm² na forma 3,31mm X 2,50mm. Sendo que, 58,3% desta área foi utilizada para o roteamento e colocação dos "PADS" de entrada/saída. Com o sistema ALLIANCE, a etapa de implementação ascendente foi dividida em: implementação das células básicas que compõem o ASIC, estudo lógico e elétrico [81] das células implementadas e implementação do ASIC a partir das células básicas. Na implementação das células básicas e do ASIC foram utilizados os recursos de edição física do ALLIANCE. No estudo lógico e elétrico foram utilizados os softwares ELOISE [78], SPICE [82] e EPICE [82] (respectivamente, simulador lógico, simulador elétrico e pós-processador gráfico). Como a utilização do sistema ALLIANCE requer mais tempo de dedicação ao projeto, devido a necessidade de maior intervenção do projetista, a implementação com este sistema limitou-se ao circuito de sinalização. O resultado desta implementação foi um circuito com 426 transistores ocupando uma área total de 210 Lambdas X 1014 Lambdas. Para comparação com a implementação utilizando o sistema SOLO 1400 o lambda usado é de 1,5um [80]. Assim a área utilizada para a implementação do circuito de sinalização é de 0,47mm² na forma 0,315mm X 1,521mm. Esta área é 19,7% menor que a área total utilizada na implementação do circuito de sinalização com o sistema SOLO 1400. Esta redução é justificada pela maior intervenção do projetista no processo de implementação quando

utiliza o sistema ALLIANCE, o que permite otimizar o roteamento e o projeto das células básicas. Na figura 5.10 o layout do circuito de sinalização, obtido com a utilização do SOLO 1400 é encontrado. Finalmente, a figura 5.11 apresenta o plano de encapsulamento do ASIC.

A fundição deste ASIC está prevista para o quinto projeto multiusuário brasileiro - PMU CMOS5. No anexo 1 encontram-se, os layouts das células básicas utilizadas na implementação do circuito de sinalização, através do sistema de CAD/VLSI ALLIANCE, e os resultados do estudo elétrico de cada uma delas. No anexo 2 os layouts dos circuitos e conversores que compõem o ASIC, implementados através do sistema de CAD/VLSI SOLO 1400, e os resultados das simulações lógicas são encontradas.

5.6 - RESUMO

Neste capítulo foram discutidas as funções e a arquitetura do ASIC proposto para interface de comunicação com integração de voz e dados. Para a sua concepção foi escolhida a tecnologia CMOS com um projeto estruturado hierarquicamente e executado segundo a técnica "standard-cell". Para sua implementação foram usados dois sistemas de CAD para microeletrônica, o software educativo ALLIANCE e o software profissional SOLO 1400. Este ASIC será fundido no projeto multiusuário brasileiro PMU CMOS5.

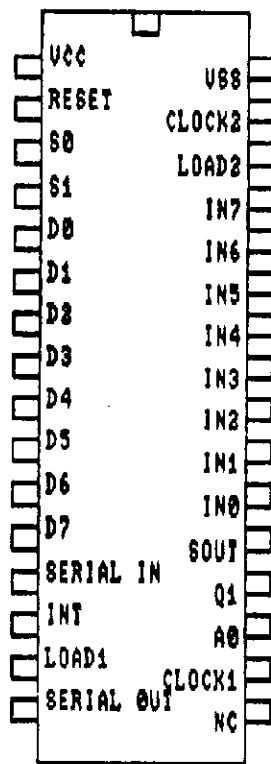


Figura 5.11 - Plano de encapsulamento do ASIC

CAPITULO VI

CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido dentro de uma das linhas de pesquisa de interesse do Grupo de Redes de Computadores da Universidade Federal da Paraíba (GRC-UFPb) que é o desenvolvimento de redes locais de computadores com integração de serviços. Do ponto de vista didático se inclui num programa de formação de pessoal especializado em concepção de circuitos integrados aplicados a redes de computadores. Juntamente com um outro trabalho a nível de mestrado, ora em desenvolvimento, constitui um trabalho pioneiro na região Norte-Nordeste. O ASIC proposto será realizado dentro do programa brasileiro de microeletrônica - PMU CMOS5 - coordenado pelo Centro Tecnológico para Informática (CTI).

A arquitetura da interface proposta apresenta elevado grau de confiabilidade em um projeto compacto. A idéia central da rede local integrada obtida com a utilização desta interface não é a de substituir os equipamentos tradicionalmente usados para a manutenção do tráfego de voz, tais como, as centrais PABX, mas sim, que alguns terminais da rede possuam a capacidade adicional de manter o tráfego de voz, de modo transparente ao usuário e sem comprometer o desempenho da rede. Esta capacidade adicional proporciona uma melhor utilização dos recursos de comunicação do ambiente da rede local.

O ASIC concebido e implementado, segue a preocupação de conferir à interface um elevado grau de confiabilidade em um projeto tão compacto quanto possível. A capacidade de identificar 100 telefones no ambiente da rede, implementada no circuito decodificador de pulsos, é razoável quando se considera um número máximo de 12 terminais envolvidos simultaneamente com conexões de voz. Entretanto, a capacidade de identificação pode ser facilmente ampliada com pequenas modificações na arquitetura do circuito decodificador de pulsos.

Os resultados obtidos com a implementação do ASIC demonstram uma boa utilização dos recursos disponíveis no sistema SOLO 1400, dada a alta taxa de utilização do espaço reservado ao posicionamento dos PADS. Por outro lado, a comparação das áreas gastas para a implementação do circuito de sinalização quando implementado com o sistema SOLO 1400 e o sistema ALLIANCE, demonstram uma possibilidade de otimização das células básicas e do roteamento usando este último sistema. O uso do sistema ALLIANCE, embora parcial por razões práticas, foi bastante útil do ponto de vista didático, pois exigiu maior dedicação ao projeto e maior envolvimento com os aspectos tecnológicos da concepção de circuitos em microeletrônica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - GIOZZA, W. F.; de ARAUJO, J. F. M.; MOURA, J. A. B. e SAUVE, J. P. - Redes locais de computadores - tecnologia e aplicações. McGRAW-HILL, 1986.
- [2] - MOURA, J. A. B.; SAUVE, J. P., GIOZZA, W. F. e de ARAUJO, J. F. M. - Redes locais de computadores = protocolos de alto nível e avaliação de desempenho. McGRAW-HILL, 1986.
- [3] - DORROS, I. "ISDN" IEEE Commun. Mag., vol. 19, p. 16-19, Mar. 1981.
- [4] - TANH, W. "ISDN - new vistas in information processing", IEEE Trans. on Commun. Mag., vol. 24, p. 11-16. nov. 1986.
- [5] - CHEN, T. M. e MESSERSCHMITT, D. G. "Integrated voice/data switching, IEEE Commun. Mag., vol. 26, p. 16-26 jun. 1988
- [6] - ROSS, M. "Circuit versus packet switching," in Fundamentals of Digital Switching, (J. MacDonald, ed.), NY: Plenum, 1983.
- [7] - HEGGESTAD, H.M.; McAuley, R.J., e Tierney, J.; "Practical Considerations for Speech Digitizing at Rates from 64.0 to 0.6 Kbit/s", Global Telecommunications Conference, Miami, 1982, B3.8.1-B3.8.8
- [8] - BRADY, P.t.; "A Statistical Analysis of On-Off Patterns in 16 Conversations", Bell System Technical Journal, vol. 48, jan. 1968, P. 73-91.
- [9] - FLANAGAN, J.L.; SCHOEDER, M.R.; ATAL, B.S.; CORCHIERE, R.E.; JAYANT, N.S., e TRIBOLET, J.M.; "Speech Coding" IEEE Transactions on Communications, vol. COM-27, No. 4,

Abr. 1979, p. 710-737.

- [10] - KLEMMER, E.T.; "Subjective Evaluation Delay in Telephone Conversations", Bell System Technical Journal, vol. 46, 1967, p. 1141-1147.
- [11] - FORGIE, J.W.; "Speech transmission in packet-switching store and forward networks", AFIPS National Computer Conference 1975, vol. 44, p. 137-142
- [12] - TURNER, J. "Design of an integrated services packet network," IEEE J. on Sel. Areas in Commun., vol SAC-4, p. 1373-1380, Nov. 1986.
- [13] - GOPAL, P.M. "Voice transmission on local area networks" University of Waterloo, CCNG REPORT T-131, Abr. 1985.
- [14] - TSUKUDA, K. Y.; YUKIMATSU, K. e OHNISHI, H., "Integrated services data switching network", Sixth data communications symposium, Nov. 1979, p. 159-165.
- [15] - GERLA, M. e PAZOS-RANGEL, R. "Bandwidth allocation a routing in ISDN, IEEE Commun. Mag., vol 22, Fev. 1984 p. 16-26.
- [16] - JOEL, A. Jr.; "Circuit-swuching fundamentals," in Eundamentals of Digital Switching, (J. McDonald, ed.). NY: Plenum, 1983.
- [17] - HARRINGTON, E.A. "Voice/data integration using circuit switching networks" IEEE Trans. on Commun., vol. COM-28, Jun. 1980 p. 781-793.
- [18] - BULLINGTON, K. e FRASER, J. "Engineering aspects of TASI" Bell Sys. Tech. J., vol. 38, Mar. 1959 p. 353-364.
- [19] - CAMPANELLA, S. "Digital speech interpolation", - CONSAT

- [20] - JACKSON, P. Jackson e STUBBS, C. "A study of multiaccess computer communications," in Spring Joint Computer Conf., Proc. AFIPS, 1969.
- [21] - DAVIES, D. e BARBER, D., Communications Networks for Computers. New York: wiley 1973.
- [22] - Network Analysis Corporation (NAC). "Economic analysis of integrated DoD voice and data networks", Set. 1978.
- [23] - FRASER, J.; BULLOCK, D. e LONG, N. "Overall characteristic of a TASI system", Bell Syst. Tech. J., Jul. 1962.
- [24] - HAN, S. "Circuit-switching digital data communication with demand adaptive multiplexing". J. Appl. Sci Eng., Elsevier Scientific, Amsterdam, The Netherlands, 1975.
- [25] - BIALLY, T.; McLAUGHIN, A. J., e WEINSTEIN, C. J., "Voice communication in integrated digital voice and data networks", IEEE Trans. on VCommun. vol. COM-28, No. 9, Set. 1980, p. 1478-1490.
- [26] - NAKHLA, M. S. e BLACK, D. H. A., "Analysis of a TASI system employing speech storage", IEEE Trans. on Commun. vol. COM-30, No. 4, Abr. 1982, p. 780-785.
- [27] - REUTHER, P. G. e VACHON, P. A., "Evolution of the COM 2 TASI based concentrator", International Conference on Communications, Denver 1981, 49.6.1-49.6.5.
- [28] - CAMPANELLA, S. "Digital speech interpolation techniques", in Conf. Rec. 1978 Nat. Telecommun. Conf., Dez. 1978.
- [29] - ROBERTS, L. "The evolution of packet switching", Proc.

IEEE, col. 66, Nov. 1978, p. 1307-1313.

- [30] - GREEN, P. Jr. "Computer communications: milestones and prophecies". IEEE Commun. Mag., vol. 22, pp. 49-63, Maio 1984.
- [31] - HEGGESTAD, H. "An overview of packet switching communications", IEEE Commun. Mag., vol. 22, Abr. 1984, p. 24-31.
- [32] - TANENBAUM, A. *Computer Networks*. NJ: Prentice-Hall, 1981.
- [33] - MONTGOMERY, W. "Techniques for packet voice synchronization", IEEE J on Sel. Areas in Commun., vol. SAC-1, Dez. 1983, p. 1022-1028.
- [34] - CARVALHO, J. M. e GIOZZA, W. F., "Interface de comunicação com integração de voz e dados para rede CSMA/CD", Anais do quinto SBT, Campinas, SP, Set. 1987.
- [35] - GOLD, B. "Digital speech networks", Proc. IEEE, vol 65, Dez. 1977, p. 1636-1658.
- [36] - LISTANTI, M. e VILLANI, F. "An X.25 compatible protocol for packet voice communications", Computer Commun., Vol. 6, Fev. 1983, p. 23-31.
- [37] - KERMANI, P.; KLEINROCK, L. "Virtual cut-through: a new computer communication switching technique", Computer Networks, vol. 3, 1979, p. 267-286.
- [38] - BIALLY, T. e outros "A technique for adaptive voice flow control in integrated packet networks", IEEE Trans on Commun., vol. COM-28, Mar. 1980, p. 325-333.
- [39] - TURNER, J. "New directions in communications (or which way to the information age?)". IEEE Commun. Mag., vol. 24

- Out. 1986, p. 8-15.
- [40] - TAKAMI, K. e TATENAKA, T. "Architectural and functional aspects of a multi-media packet switched network", ISS-87, p. B6.4.1-5.
- [41] - MUISE, R. e outros "Experiments in wideband packet technology", 1986 Zurich Sem. on Dig. Commun., p. D4.1-5
- [42] - HUI, J. e ARTHURA, E. "A broadband packet switch for integrated transport", IEEE J. on Sel. Areas in Commun., vol. SAC-5, Out. 1987, p. 1264-1272.
- [43] - YEH, Y. e outros "The knockout switch: a simple, modular architecture for high-performance packet switching", IEEE J. on Sel. Areas in Commun. vol SAC-5, Out. 1987, p. 1274-1283. Oct. 1987.
- [44] - COVIELLO, G. e VENA, P. "Integration of circuit/packet switching in a SENET (slotted envelope network) concept", NTC-75, p. 42.12-42.17.
- [45] - GITMAN, I. e outros "Analysis and desing of hybrid switching networks", IEEE Trans. on Commun., vol.COM-29, No. 9, 1981, p. 1290-1300.
- [46] - AMSTUTZ, S. "Burst switching - an introduction", IEEE Commun. Mag., vol. 21, Nov. 1983, p. 36-42.
- [47] - HAUGHNEY, J. "Application of burst switching technology to the defense communication systems," IEEE commun. Mag. vol. 22, Out. 1984, p. 15-21.
- [48] - DeTREVILLE, J.D., "A simulation-based comparison of voice transmission on CSMA/CD networks and on token buses", AT&T Bell System Technical Journal, vol. 63, No. 1, 1984,

- p. 33-55.
- [49] - LIDA, I., ISHIZUKA, M., e ONOE, M., "Random access packet switched local computer network with priority function", National Telecommunications Conference, 1980 p. 37-41.
- [50] - LIDA, I., YAUSUDA, Y., e KOMACHI, Y., "Modified CSMA/CD local area networks with message-based priority function" INFOCOM-83, San Diego, Ca., Abr. 1983, p. 472-477.
- [51] - TOBAGI, F.A. e outros "On CSMA/CD local networks an voice communication", INFOCOM-82, p. 122-127.
- [52] - GOPAL, P.M. e outros "Analysis of a hybrid token-CSMA/CD protocol for bus networks" International Symposium on the Performance of Computer-Communication System, Zurich, Mar. 1984, p. 63-78.
- [53] - MORRIS, J. L. e MILLER, J. R. (orgs.). Designing with IIL integrated circuits, McGRAW-HILL, New York, 1971.
- [54] - BLOOD, W. R. e Jr Mecl. System design handbook. Motorola Semiconductor Products, Inc, phoenix, Ariz, Out. 1971.
- [55] - TAUB, H. e Schilling, D. Eletrônica digital, McGRAW-HILL, São Paulo, 1982.
- [56] - WESTE, N. H. E. e ESHRAGHIAN, D. Principles of CMOS VLSI design - A systems perspective, Addison - Wesley, 1985.
- [57] - MARK, J. W. "Integrated voice/data services on a dual-ring local area network", Global Telecommunications conference 1983, Vol. 1, P. 377 - 381.
- [58] - NUTT, G. J. e BAUER, D. L. "Performance of CSMA/CD networks under combined voice and data loads", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM - 30, No. 1,

Jan. 1982.

- [59] - Metcalfe, R. M. e Boggs, D. R. "Ethernet: Distributed packet switching for local computer networks." Communications ACM, P. 395 - 404, Jul. 1976.

- 60] - Digital Equipment Corp. e Xerox. "The ethernet, a local area network: Data link layer and physical layer specifications", version 1.0, setembro, 1980.

- [61] - IEEE Project 802. "Local area network standards" draft IEEE 802.3: "CSMA/CD access method and physical layer specifications", 1982.

- [62] - CHLAMTAC, I. e EISENGER, M. "Voice/data integration on ethernet - Backoff and priority considerations", Computer Communications, Vol. 6, No. 5, Maio 1983, p. 236 -244.

- [63] - MAXEMCHUK, N. F. "A variation of CSMA/CD that yields movable TDMA slots in integrated voice/data local networks", Bell System Technical Journal, Vol. 61, No. 7, 1982, p. 1527-1550.

- [64] - BUX, W., MEISTER, B. e GRILLO, D. "End-to-end performance in local area networks of interconnected token rings", INFOCOM 1983, San Francisco, p. 60-68.

- [65] - SALTZER, J. H. "Why a ring." 7th Data Communication Symposium, México, out. 1981, p. 211-217.

- [66] - MINOLE, D. "optimal packet length for packet voice communication". IEEE trans. on communications, Com -27, Mar. 1979.

- [67] - SU, Z. S. "Identifications in computer networks", proceedings of th data communications symposium, ACM

SIGCOM, V. 13 No. 4, North Falmouth, MA, USA, out. 1983, p. 51-1.

- [68] - SCHUCH, J. F. "Internetwork naming, addressing and routing", 17th IEEE Computer Society International conference (COMPCON), set. 1987, p. 430-37.
- [69] - DALAL, Y.K. e PRINTIS, R. S. "48 - bit absolute internet and ethernet host numbers" Proceedings of 7th Data Communications Symposium, ACM SIGCOM. Order Number: 533810, Mexico city, Mexico, Out. 1981, p. 240-45.
- [70] - DHIR, K., e Jr. CALLAHAN, M. J. "An NMOS telephone codec for transmission and switching applications". IEEE trans. on communication, vol. COM - 27, No. 2 fev. 1979 p. 305-311.
- [71] - KLLEY, S. e ULMER1, D. "A single - chip CMOS PCM codec". IEEE trans. on communications, vol. COM - 27, No. 2 fev. 1979, p. 312-316.
- [72] - CAVES, T. J.; CHAN, C. H.; ROSENBAUM, S. D.; SELLARES, L. P. e TERRY, J. B. "A PCM voice codec with on chip filters". IEEE trans. on communications, vol. COM - 27, No. 2 fev. 1979, p. 323-331.
- [73] - MEGRICH, A. Telefonía básica. Editele.
- [74] - SILVA I. S. Interface de comunicação para redes locais com integração de voz e dados - Relatório final de estágio supervisionado, DEE - UFPb, 1988.
- [75] - National Semiconductor corporation, Linear databook, 1982, P. 9.247-9.248.
- [76] - GIORDANO, O. e GUEZ, F. "ALLIANCE: Un enviroment pour le

- developpment d'applications portables en CAO/VLSI" 4
Simpósio Brasileiro de concepção de circuitos integrados,
Rio de Janeiro - Brasil, Abril 1989.
- [77] - GUEZ, F. e GIORDANO, O. "Portabilité aScendante: les
advantages du micro sans ses limites 8eme MICAD, Paris,
France, fev. 1989.
- [78] - Laboratoire MASI/CAO & VLSI. "ELOISE: Manuel de
l'utilisateur". Université Pierre et Marie Curie, 1986.
- [79] - MEDOU-ZENGUE, J. "Versatil: concepts d'un VRD evolutif,
règles recursives et notion de chainage de voisinage".
Université de Paris 6, MEMI, Vol. 1, No. 1 1988.
- [80] - European Silicon Structures - ES2 . "SOLO family digital
databook". Mar. 1988.
- [81] - NOGUEZ, G. "A set of "V rules" for CMOS logics", CCVLSI -
88, HALIFAX - Canada, Oct. 1988, p. 24-25.
- [82] - Laboratoire MASI/CAO & VLSI. "EPICE et SPICE: Manuel de
l'utilisateur". Université Pierre et Marie Curie, 1986.

ANEXO 1

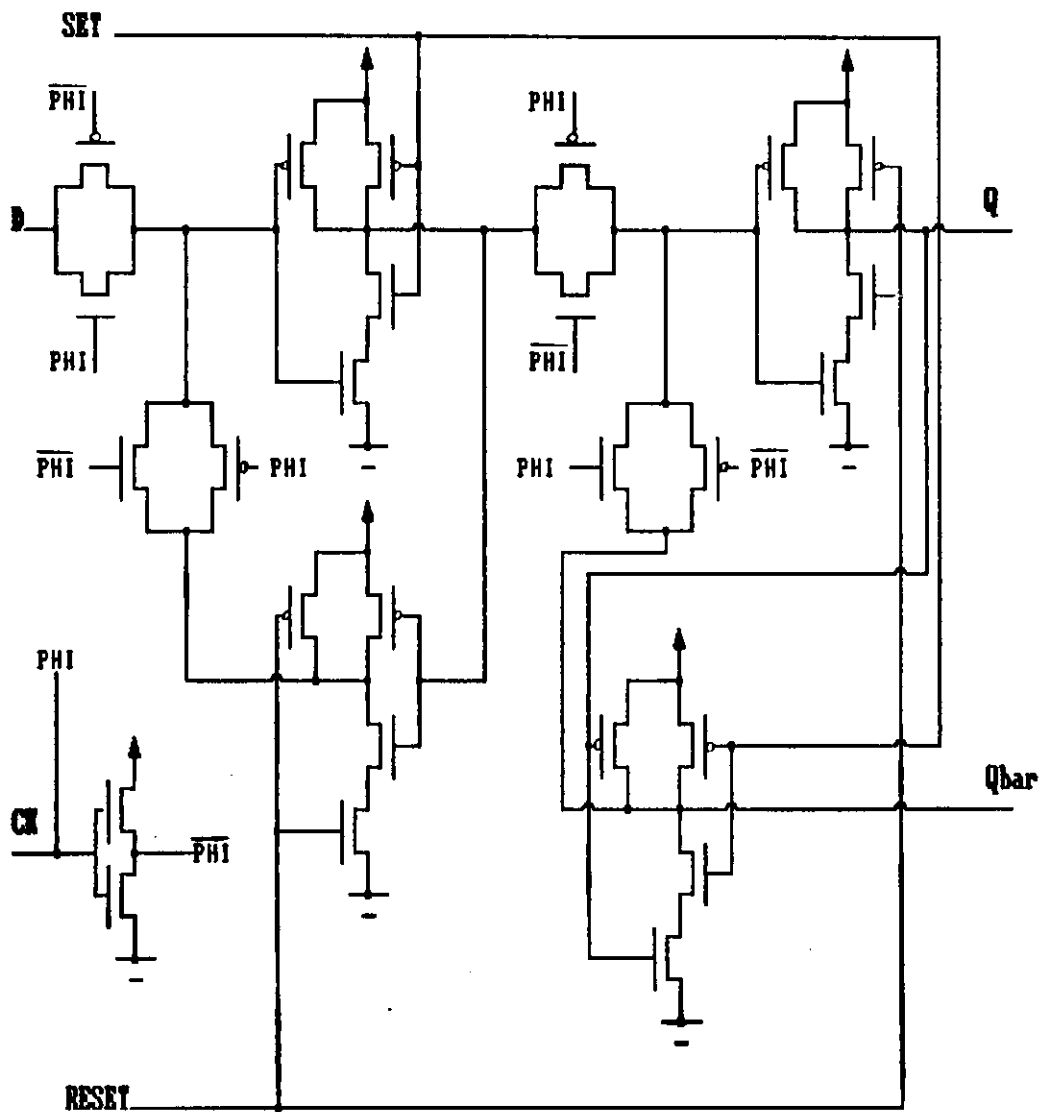
Latch tipo D com entradas de set e reset.

dimensões dos transistores.

TIPO N - comprimento 2 μ m
- largura 6 μ m
- área da fonte 45 μ m²
- área do dreno 45 μ m²
- perímetro da fonte 21 μ m
- perímetro do dreno 21 μ m

TIPO P - comprimento 2 μ m
- largura 15 μ m
- área da fonte 112,5 μ m²
- área do dreno 112,5 μ m²
- perímetro da fonte 30 μ m
- perímetro do dreno 30 μ m

OBS.: Essas dimensões correspondem as dimensões obtidas depois do pós-processamento (RE-SIZING).



Resultados da simulação.

V(12) - sinal na saída Q

V(2) - sinal na entrada D

V(3) - sinal na entrada CK (frequência de 3 MHz)

Tempo de subida de V(12) = 5.8ns

Tempo de propagação entre V(3) e V(12) = 7,26ns

Dissipação total = 1.5mW

Corrente de eletromigração = 0,30mA

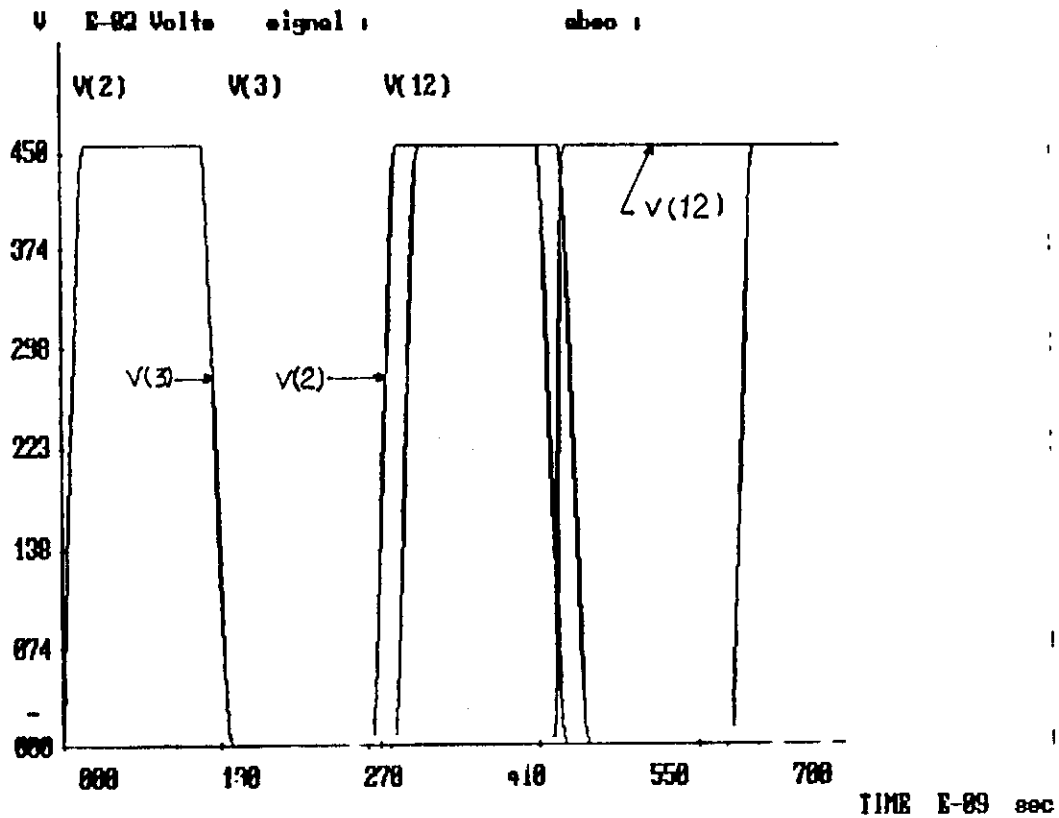


Figura A1.1 - Simulação SLOW CASE - latch tipo D - V(3) sinal de clock - V(2) sinal na entrada D - V(12) sinal na saída Q

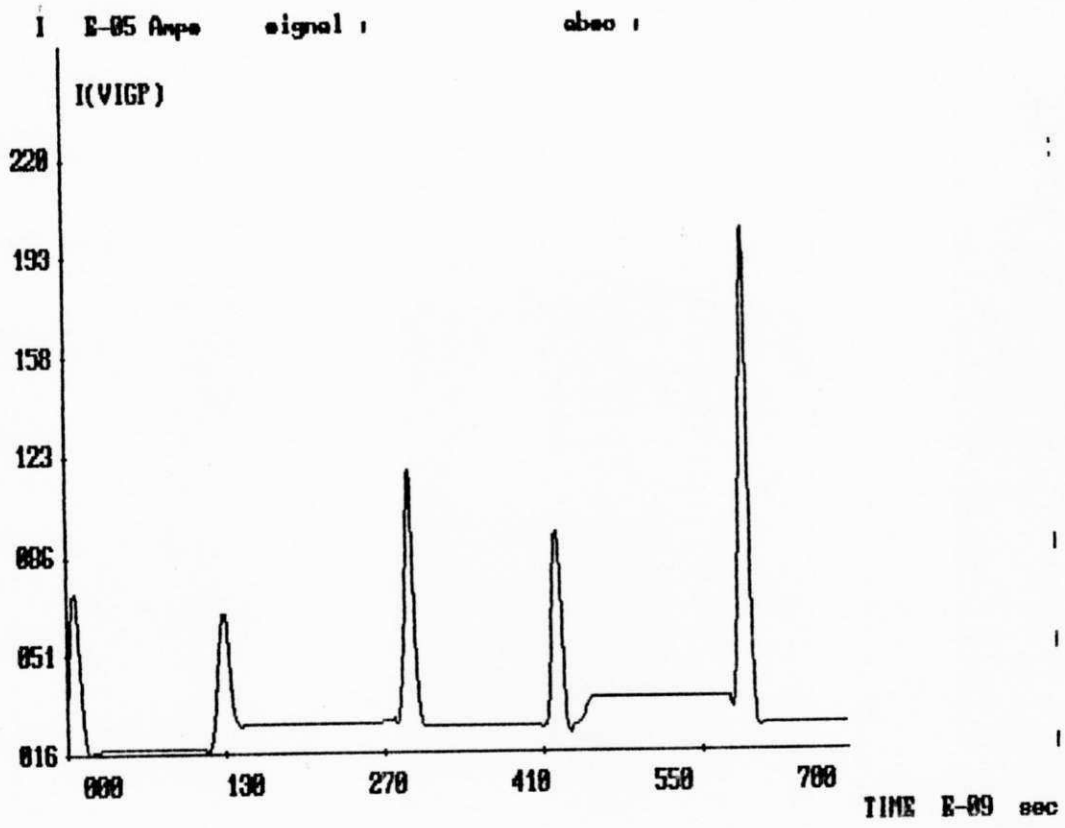


Figura A1.2 - Simulação FAST CASE - latch tipo D - I(VIGP)
corrente em VDD

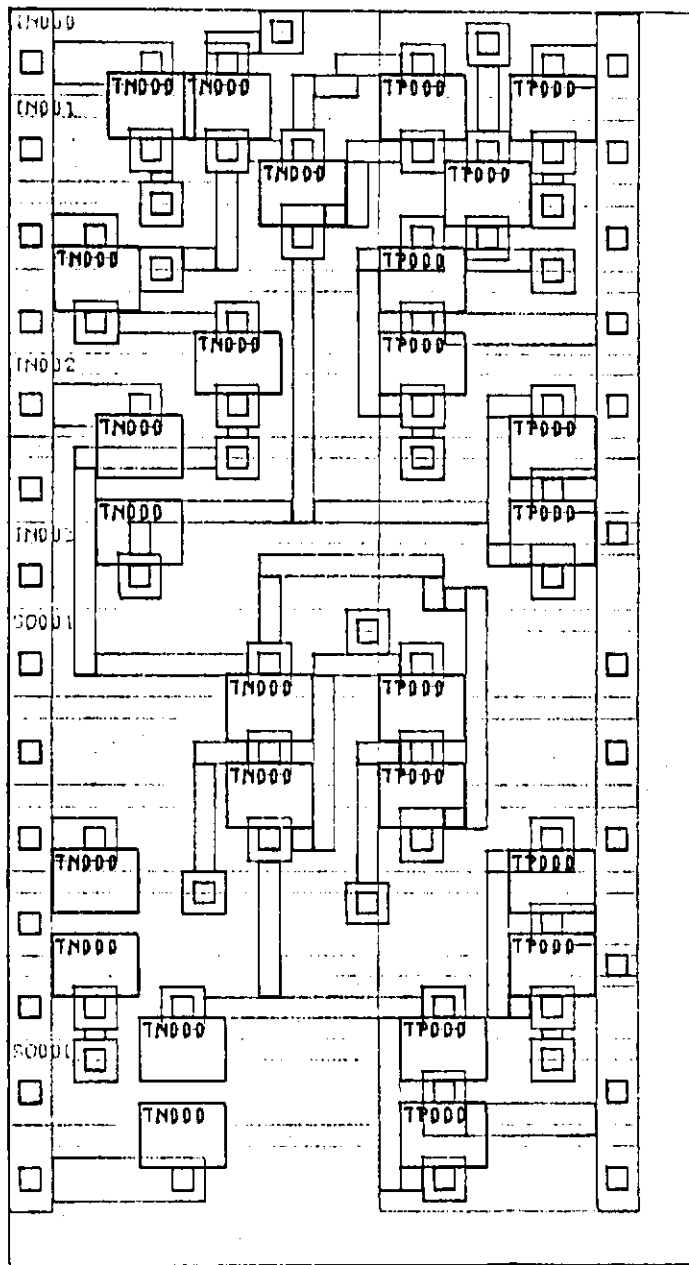


Figura A1.3 - Layout latch tipo D

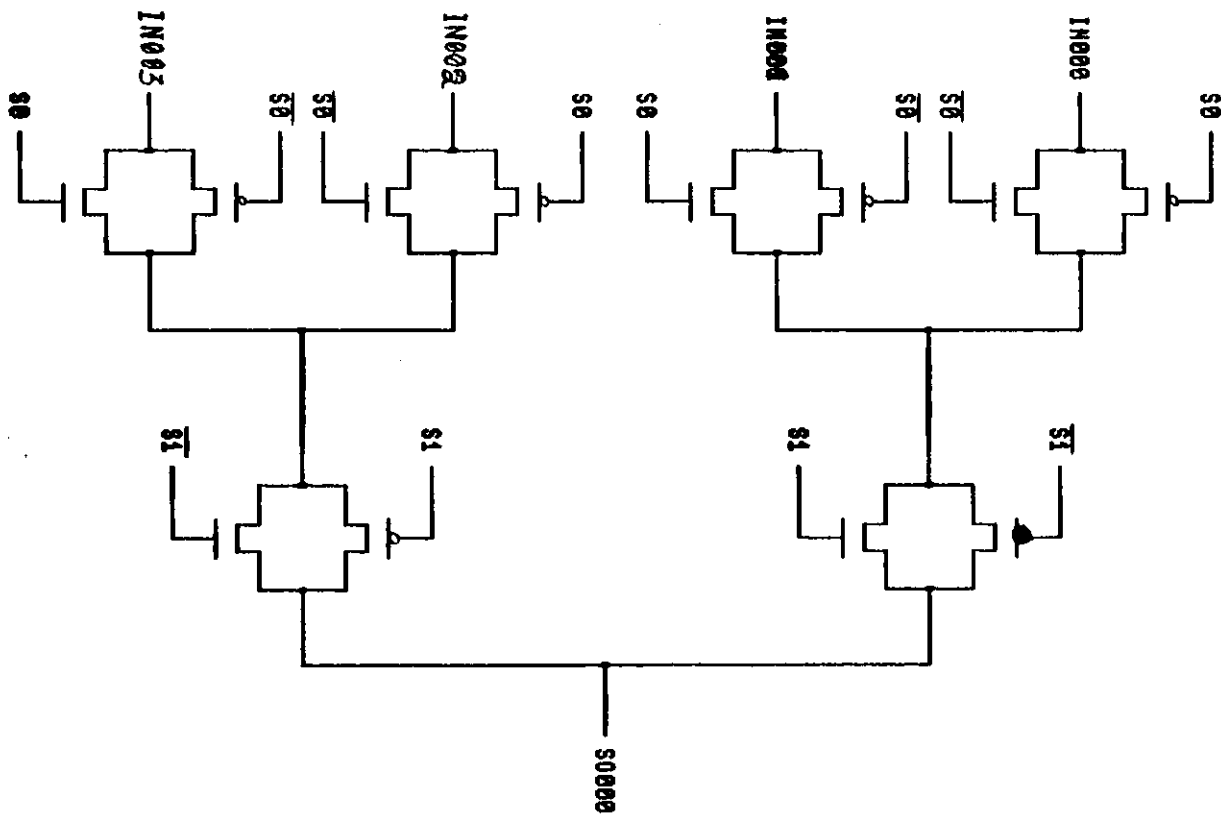
direcionamento da sinalização acústica gerada.

dimensões dos transistores.

- TIPO N - comprimento 2 μ m
- largura 6 μ m
- área da fonte 45 μ m²
- área do dreno 45 μ m²
- perímetro da fonte 21 μ m
- perímetro do dreno 21 μ m

- TIPO P - comprimento 2 μ m
- largura 15 μ m
- área da fonte 112,5 μ m²
- área do dreno 112,5 μ m²
- perímetro da fonte 30 μ m
- perímetro do dreno 30 μ m

OBS.: Essas dimensões correspondem as dimensões obtidas depois do pós-processamento (RE-SIZING).



Resultados da simulação.

V(5) - sinal aplicado na entrada de seleção S1 (S1)

V(3) - sinal presente na saída do multiplexador. Obtido pela comutação das entradas IN000 (V(5) = 0) e IN002 (V(5) = 1)

Tempo de subida V(3) = 6.2ns

Tempo de propagação entre V(5) e V(3) = 3.7ns

Dissipação total = 0.26W

Corrente de eletromigração = 52.34mA

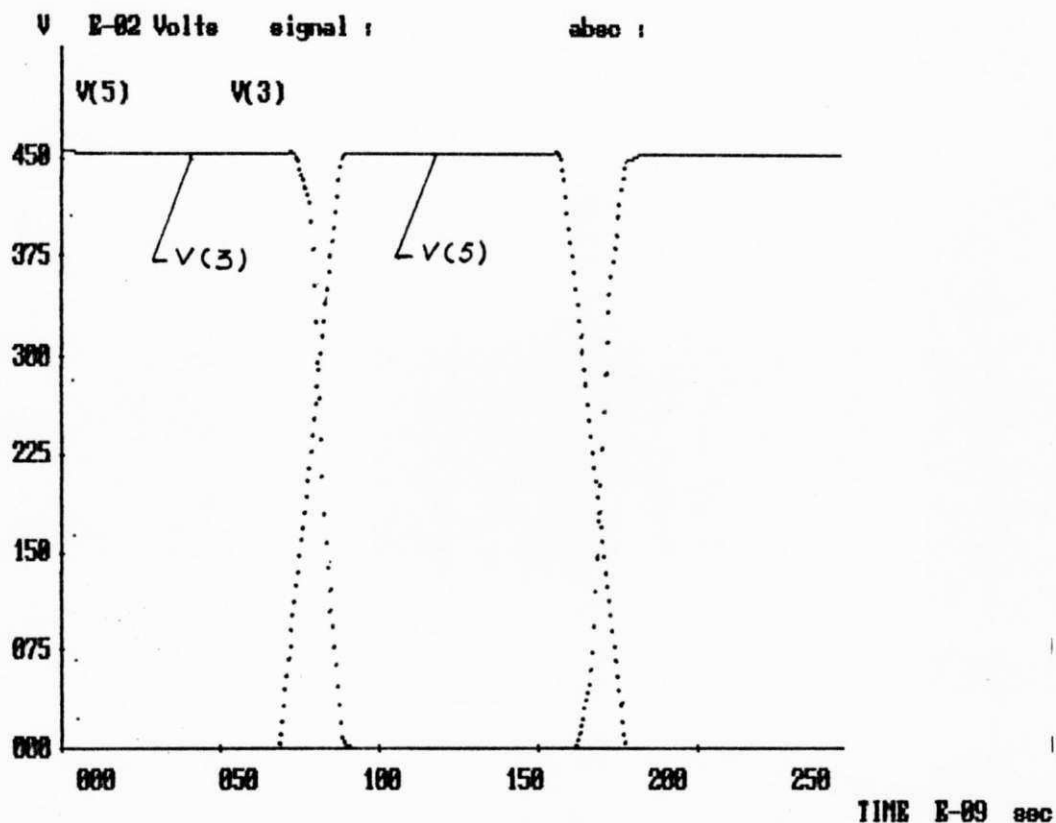


Figura A1.4 - Simulação SLOW CASE - multiplexador 4X1 - V(5) sinal de seleção - V(3) sinal na saída S0000

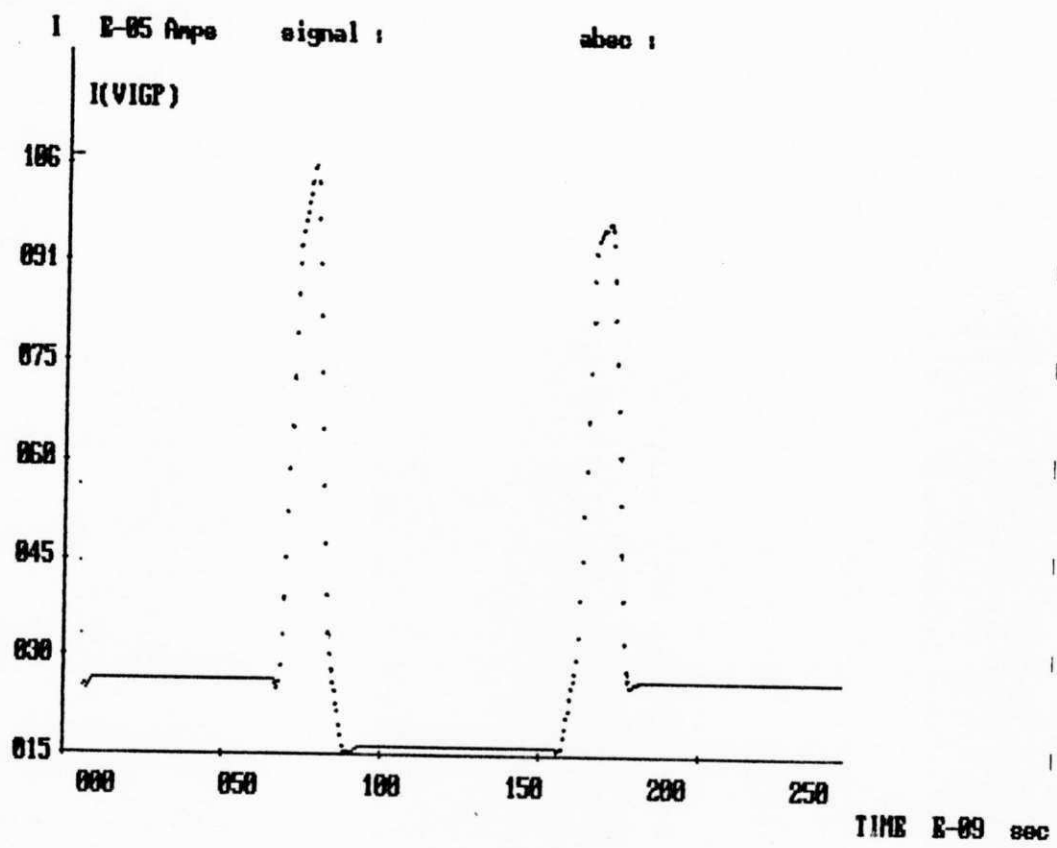


Figura A1.5 - Simulação FAST CASE - multiplexador 4X1 - I(VIGP) corrente em VDD

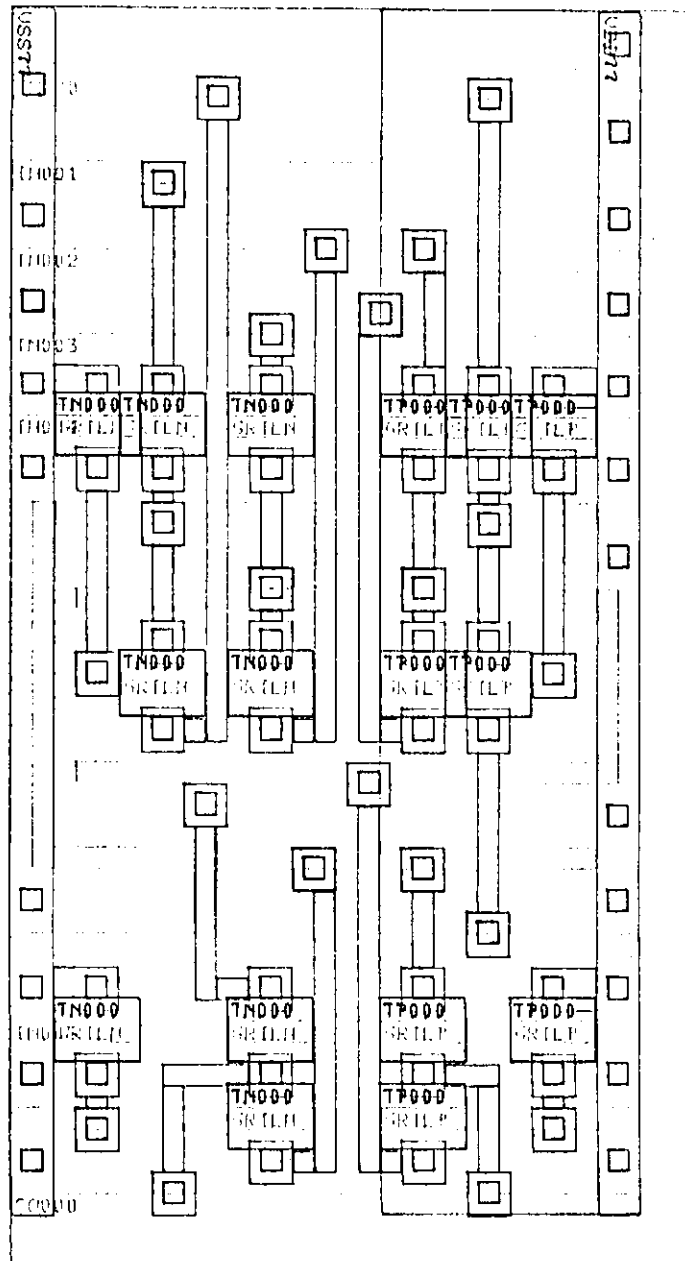


Figura A1.6 - Layout do multiplexador 4X1

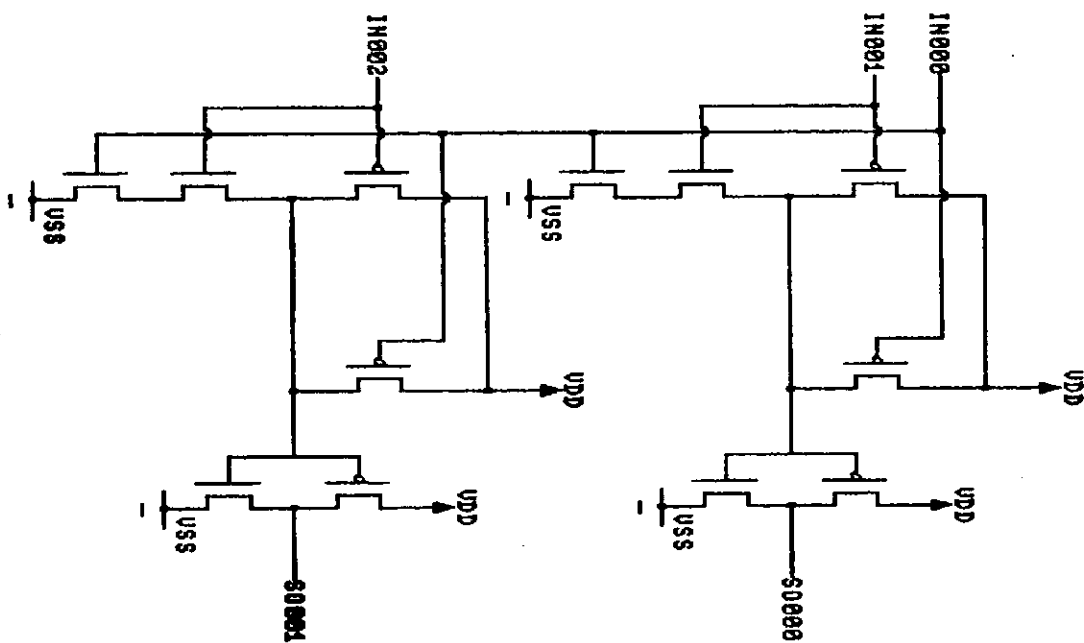
Célula intermediária, gera a sinalização acústica a partir das intermitências e do sinal de 400 Hz original.

dimensões dos transistores.

TIPO N - comprimento 2 μ m
- largura 6 μ m
- área da fonte 45 μ m²
- área do dreno 45 μ m²
- perímetro da fonte 21 μ m
- perímetro do dreno 21 μ m

TIPO P - comprimento 2 μ m
- largura 15 μ m
- área da fonte 112,5 μ m²
- área do dreno 112,5 μ m²
- perímetro da fonte 30 μ m
- perímetro do dreno 30 μ m

Obs.: Essas dimensões correspondem as dimensões obtidas depois do pós-processamento (RE-SIZING).



Resultados da simulação.

V(2) - sinal na entrada IN000

V(7) - sinal na saída S0001

Tempo de subida V(7) = 2.1ns

Tempo de propagação entre V(2) e V(7) = 8.2ns

Dissipação total = 0.14W

Corrente de eletromigração = 28,6mA

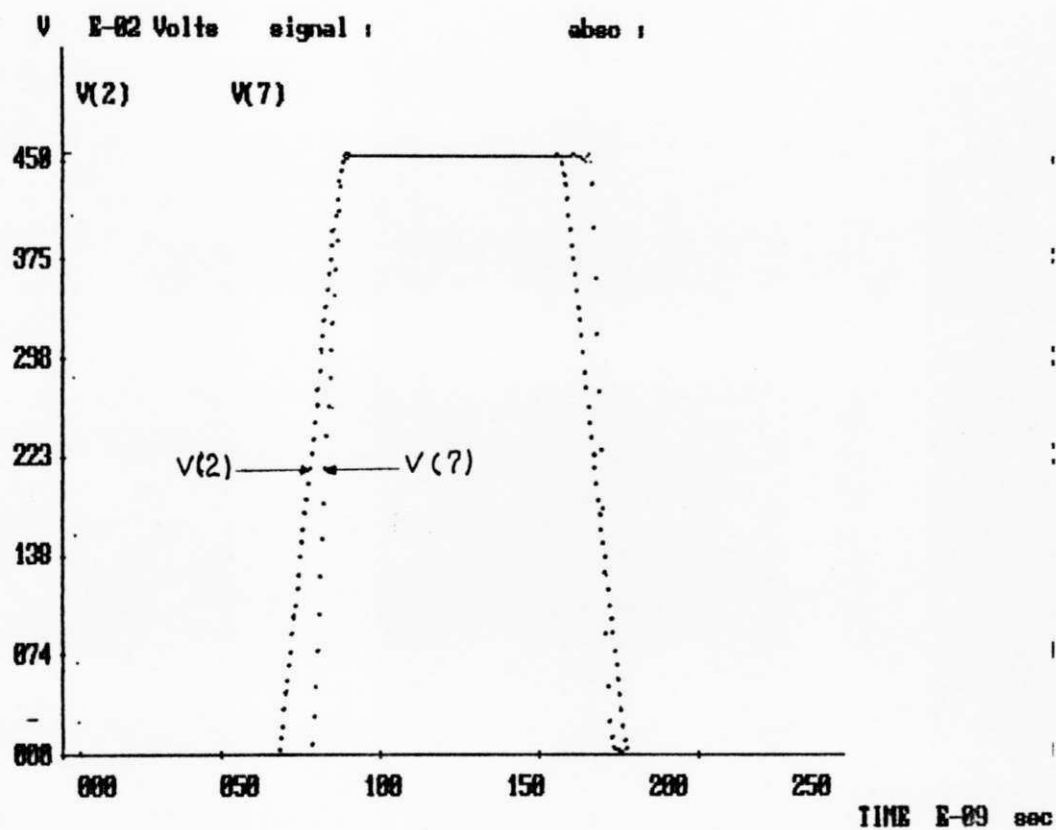


Figura A1.7 - Simulação SLOW CASE - célula intermediária - V(2) sinal na entrada IN000 - V(7) sinal na saída S0001

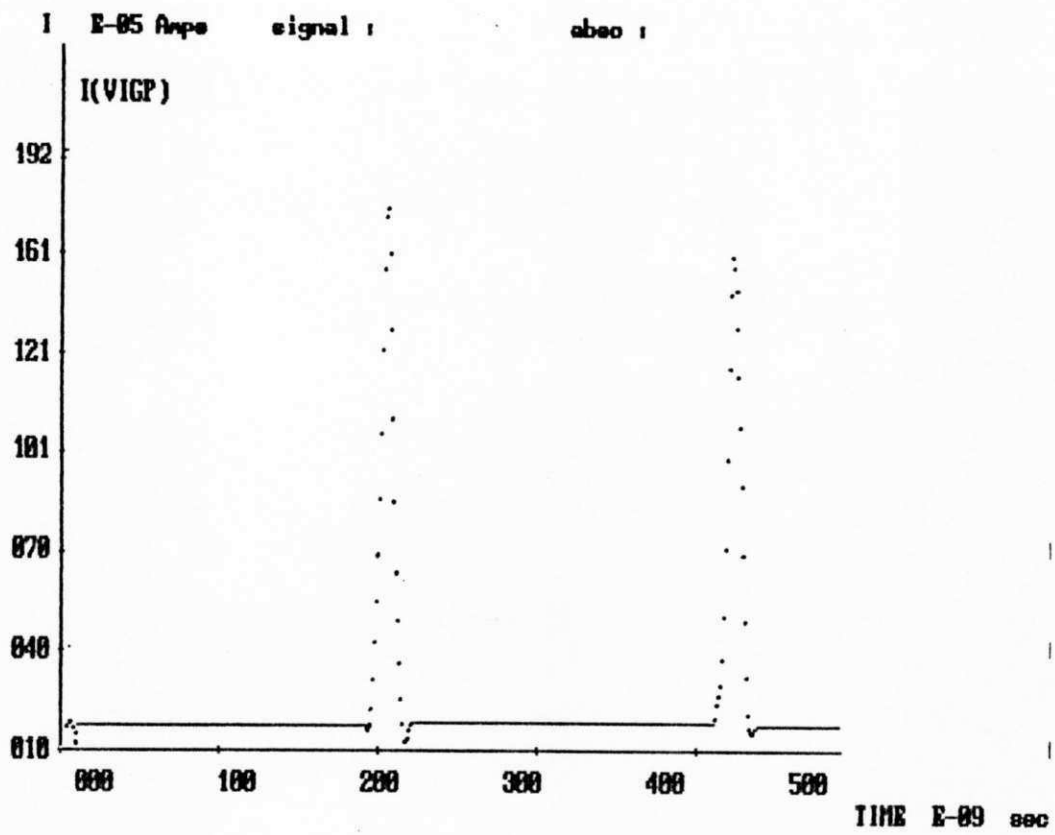


Figura A1.8 - Simulação FAST CASE - célula intermediária - $I(VIGP)$ corrente em VDD

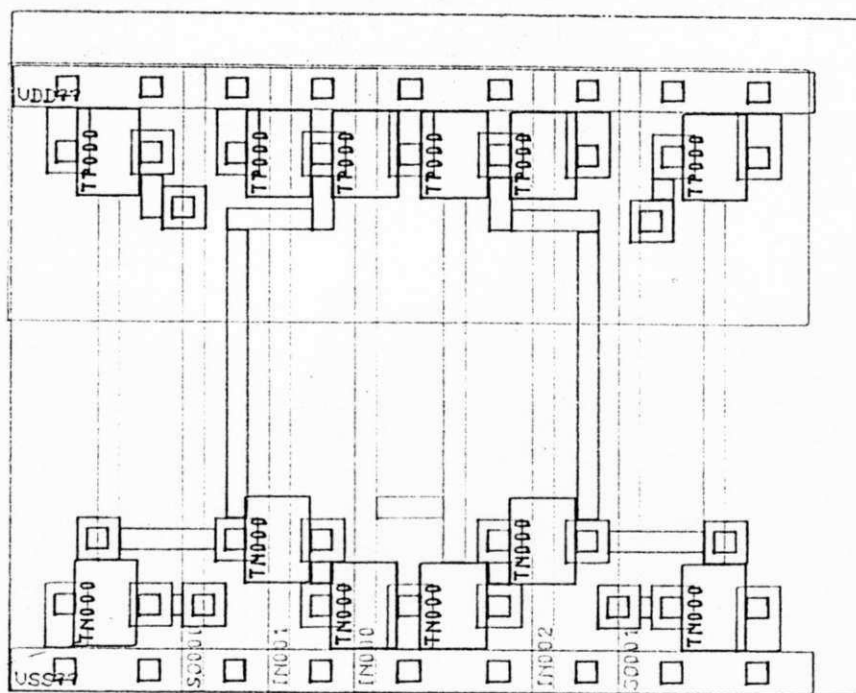


Figura A1.9 - Layout da célula intermediária

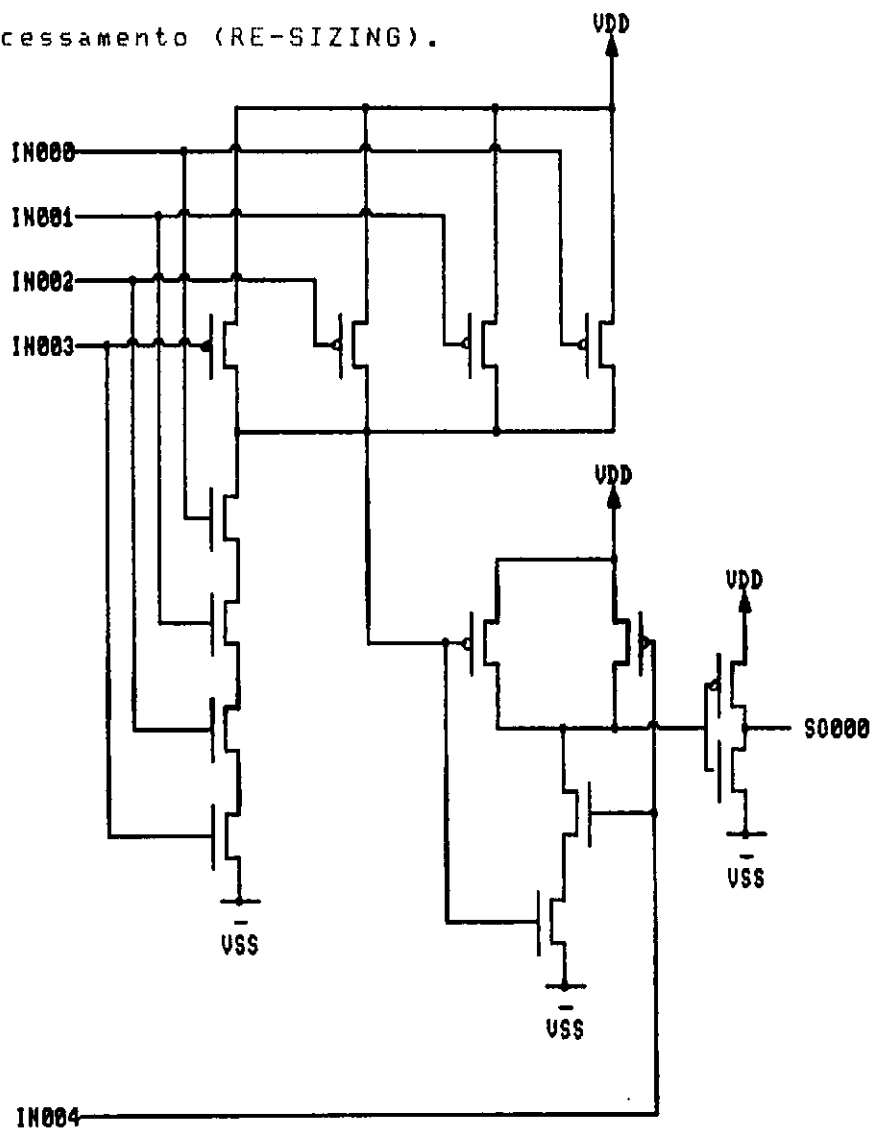
célula de reset utilizada na implementação do divisor por dez e do contador até a sequência 10011.

dimensões dos transistores.

- TIPO N - comprimento 2 μ m
- largura 6 μ m
- área da fonte 45 μ m²
- área do dreno 45 μ m²
- perímetro da fonte 21 μ m
- perímetro do dreno 21 μ m

- TIPO P - comprimento 2 μ m
- largura 15 μ m
- área da fonte 112,5 μ m²
- área do dreno 112,5 μ m²
- perímetro da fonte 30 μ m
- perímetro do dreno 30 μ m

OBS.: Essas dimensões correspondem as dimensões obtidas depois do pós-processamento (RE-SIZING).



resultados da simulação.

V(9) - sinal presente na entrada IN004

V(8) - sinal na saída S0000

Tempo de subida V(9) = 2,96ns

Tempo de propagação entre V(9) e V(8) = 9,17ns

Dissipação total = 1mW

Corrente de eletromigração = 0,32mA

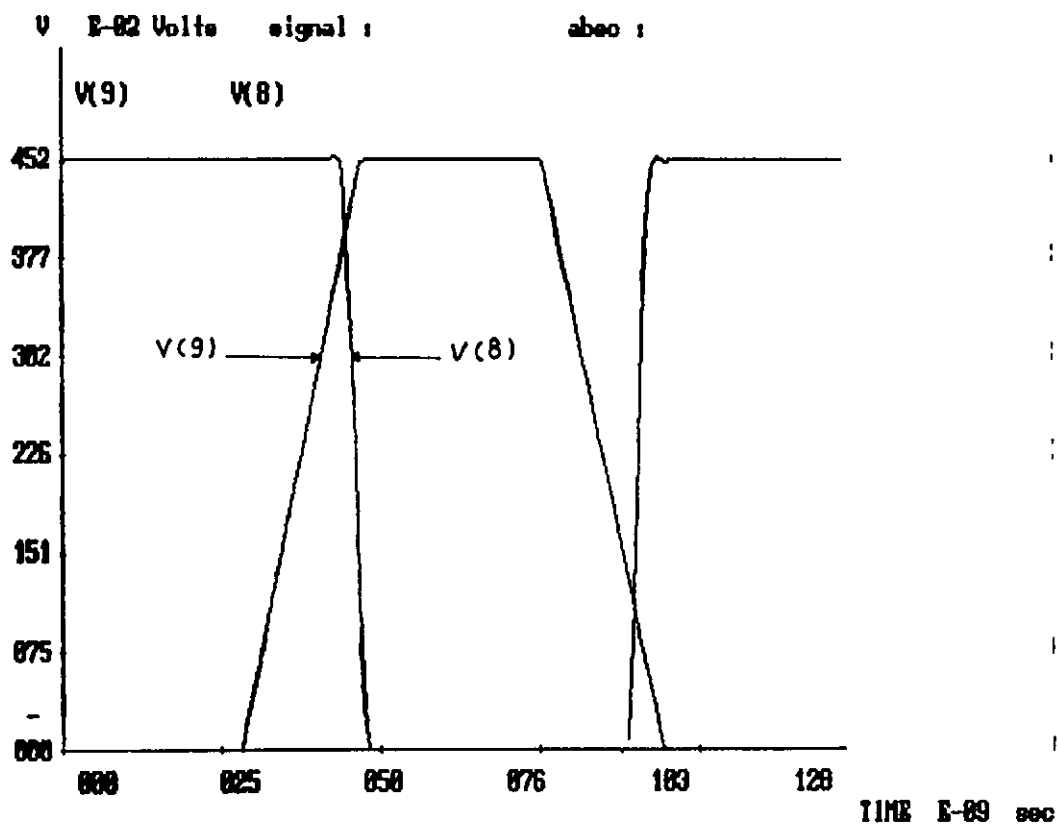


Figura A1.10 - Simulação SLOW CASE - célula de reset - V(9) sinal de reset - V(8) sinal na saída S0000

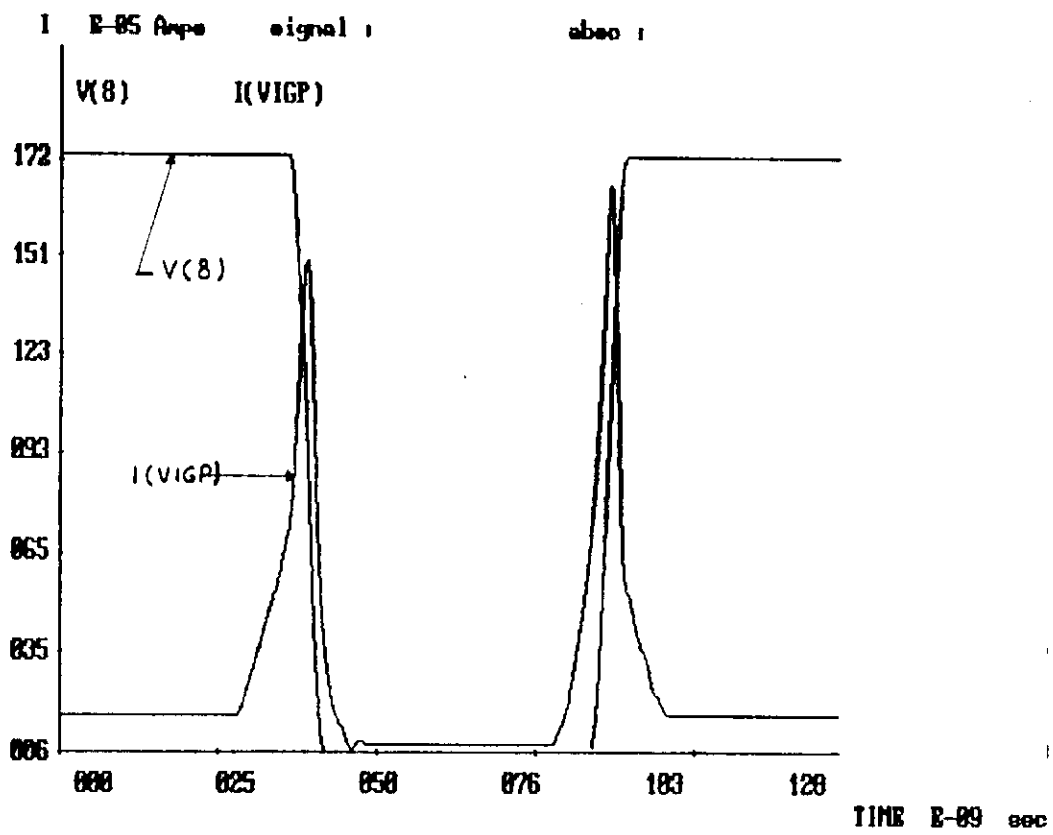


Figura A1.11 - Simulação FAST CASE - célula de reset - $I(VIGP)$ corrente em VDD

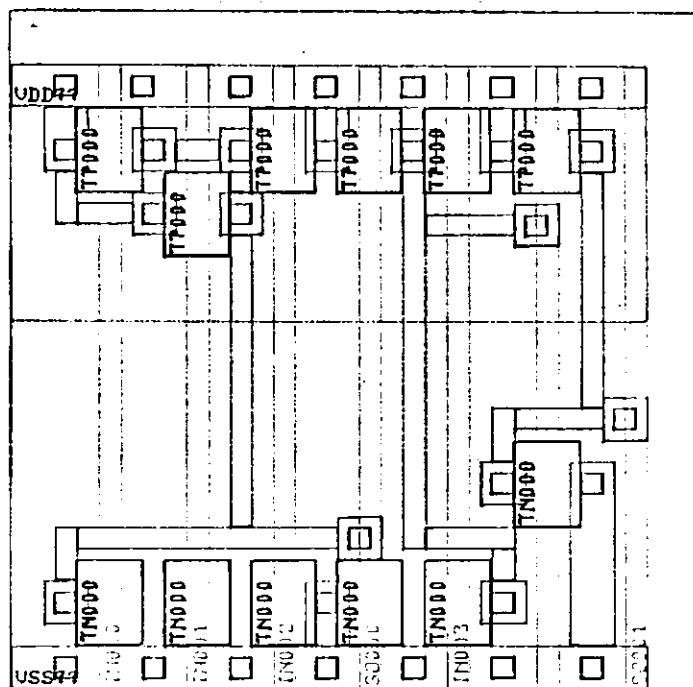


Figura A1.12 - Layout da célula de reset

ANEXO 2

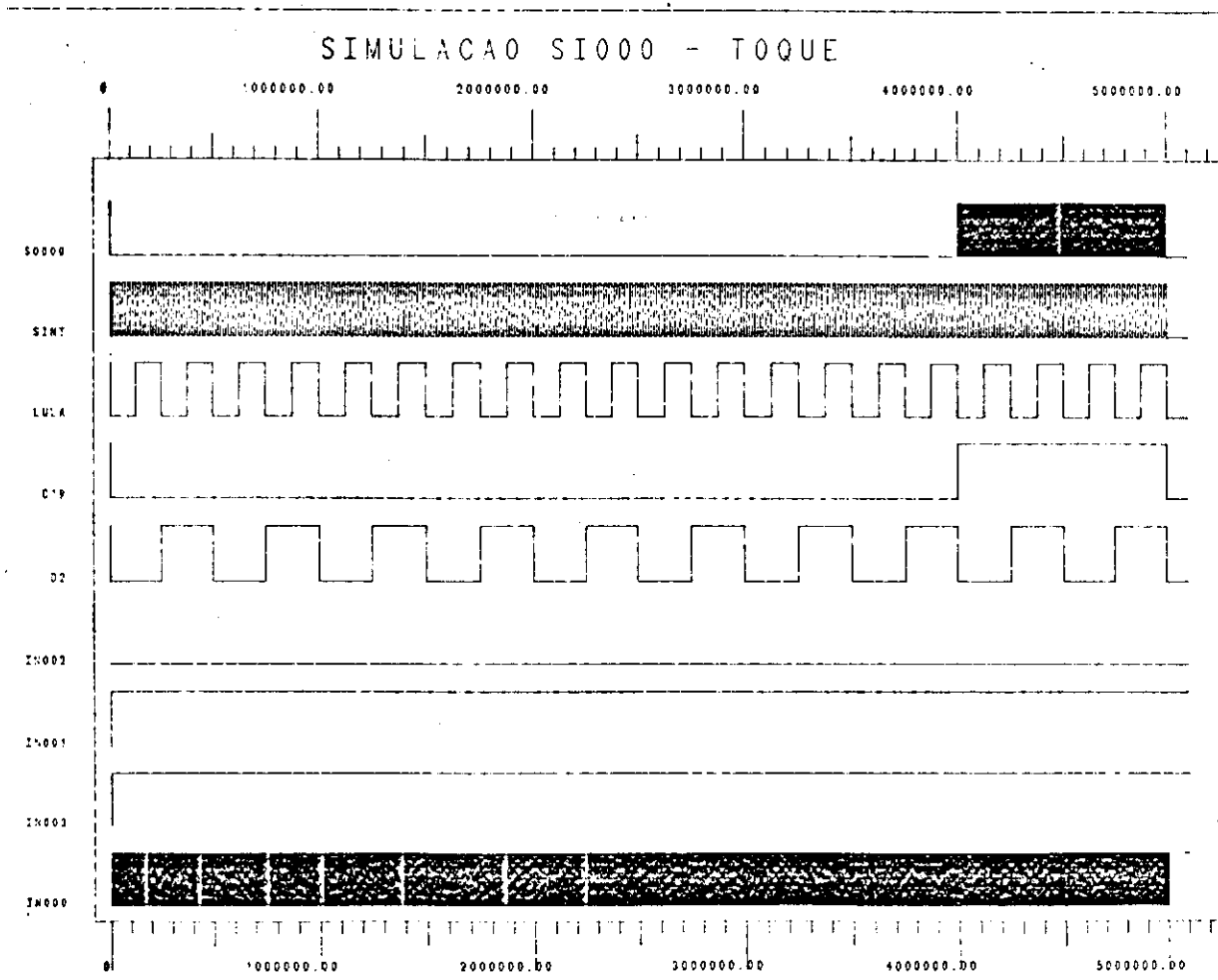


Figura A2.2 - Simulação do circuito de sinalização - 50000 sinal de telefone chamado e/ou chamando

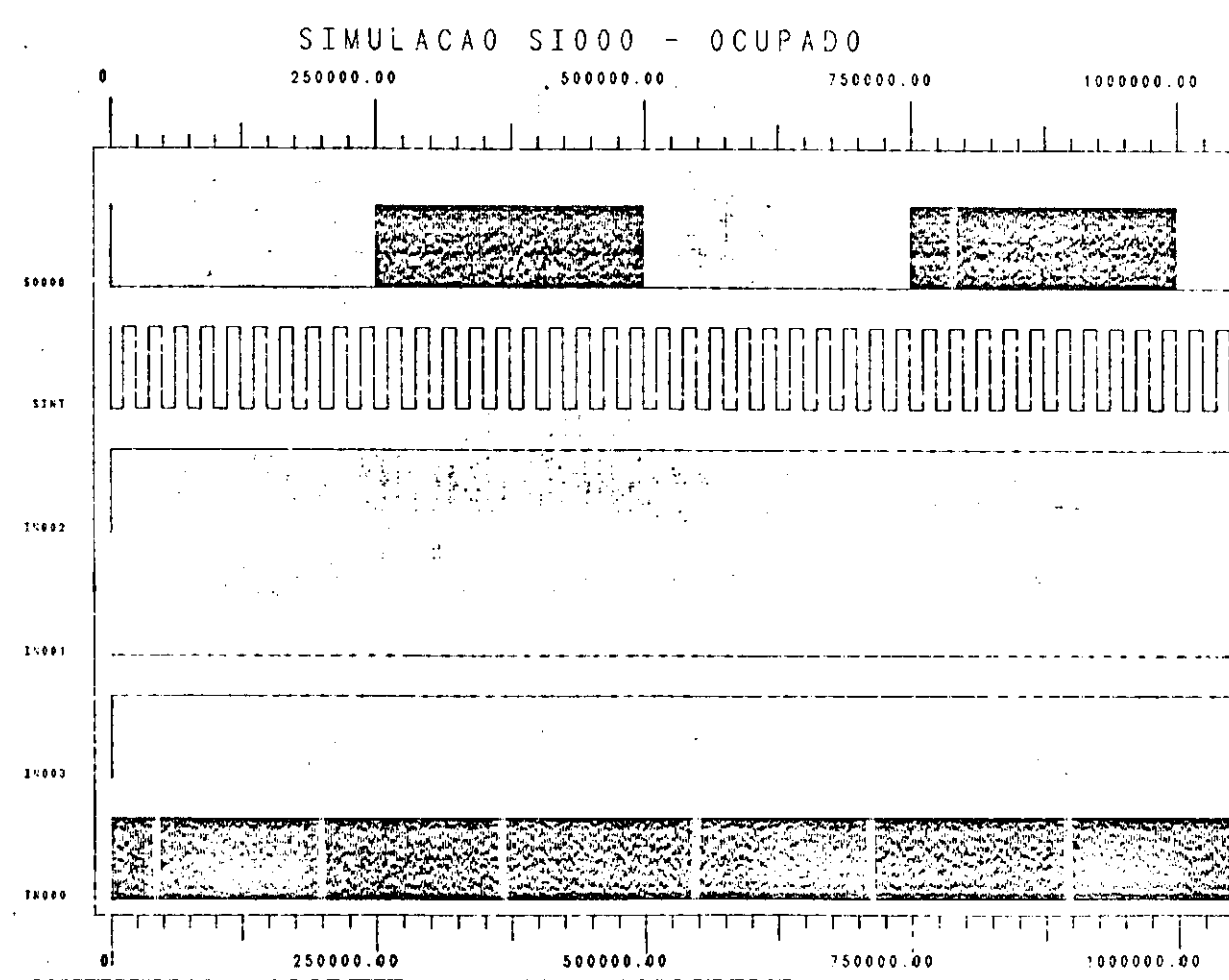


Figura A2.3 - Simulação do circuito de sinalização - S0000 sinal de telefone ocupado

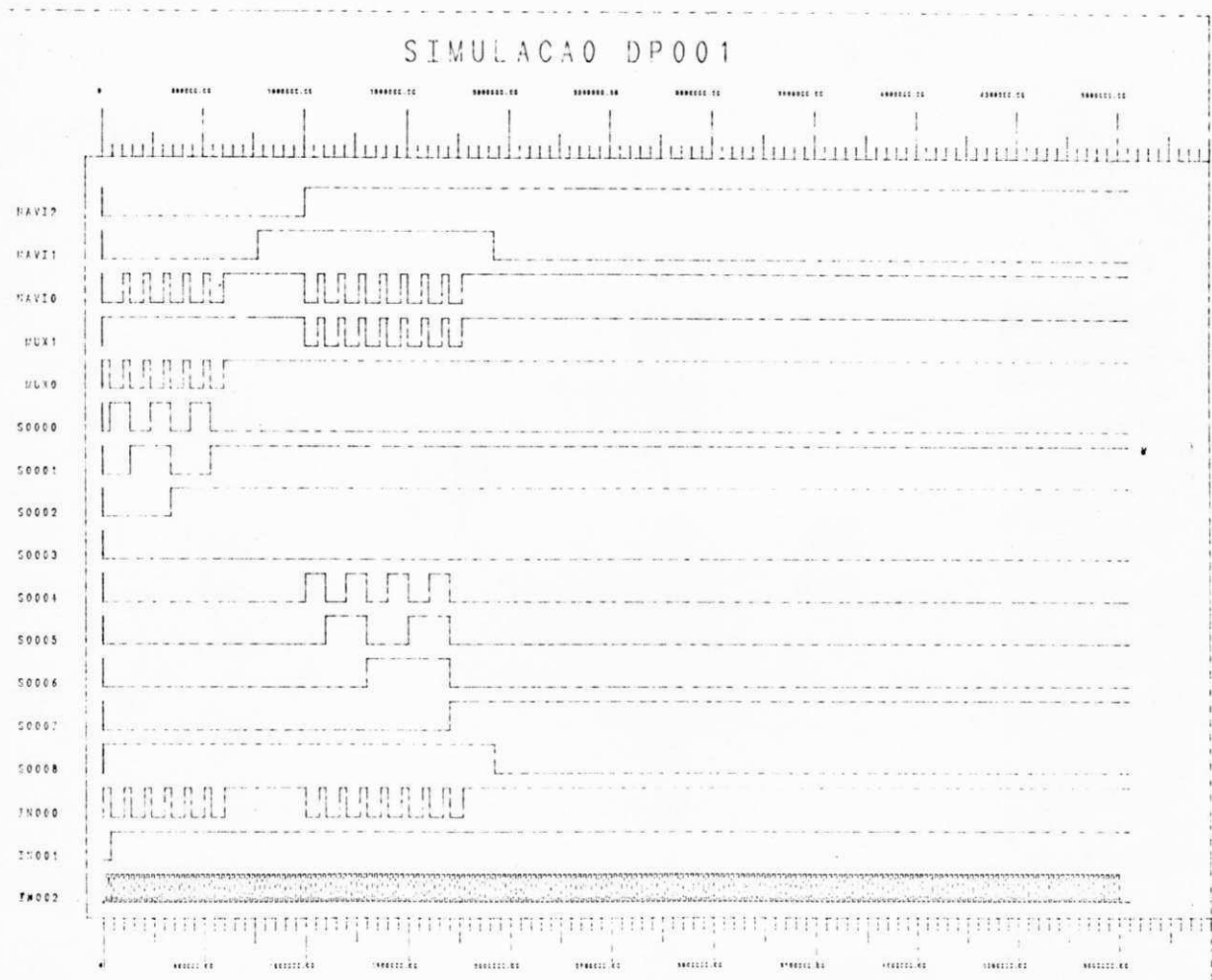


Figura A2.5 - Simulação do circuito decodificador de pulsos IN000 entrada do trem de pulsos - S0000/S0007 saidas decodificadas - S0008 interrupção

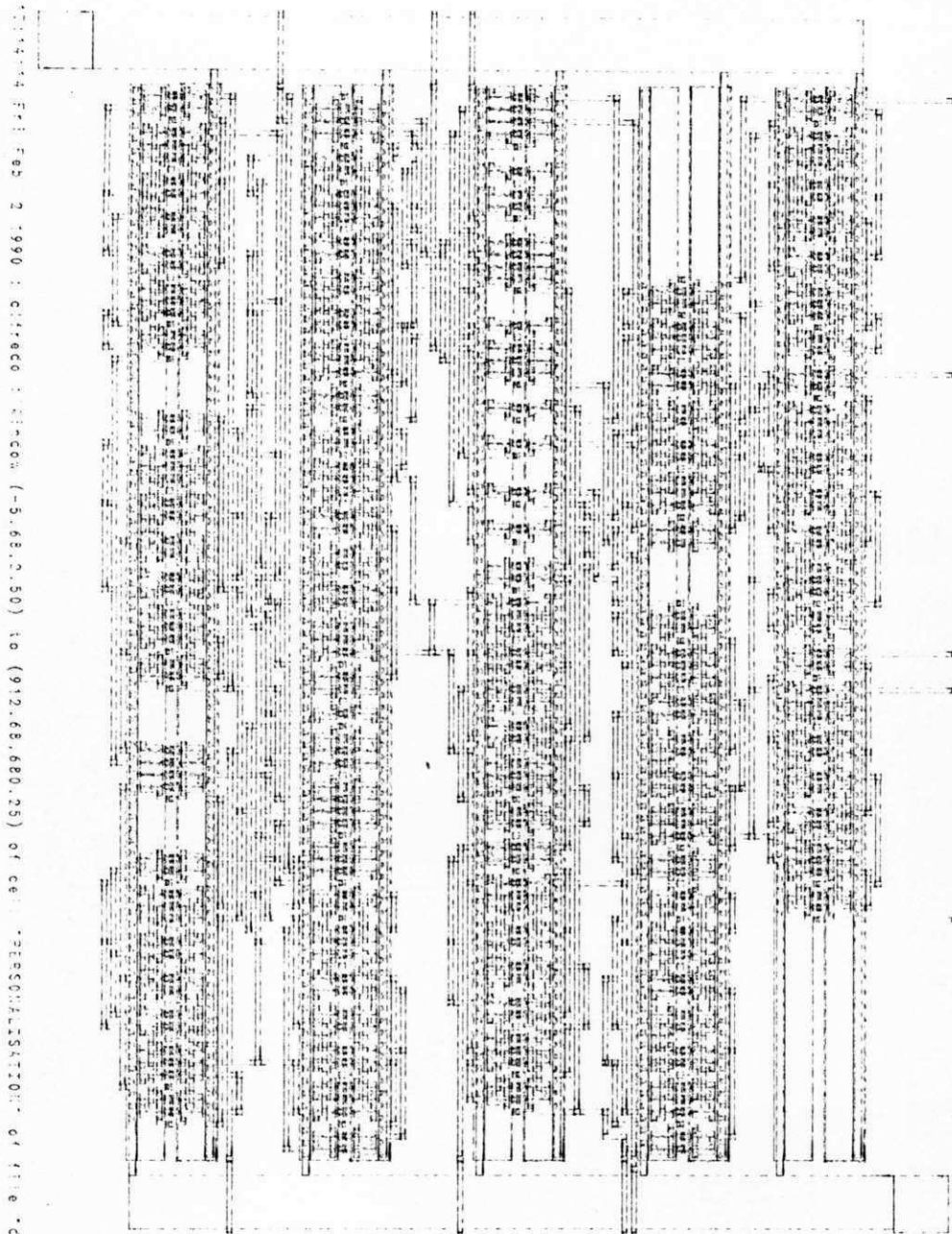


Figura A2.4 - Layout do circuito decodificador de pulsos

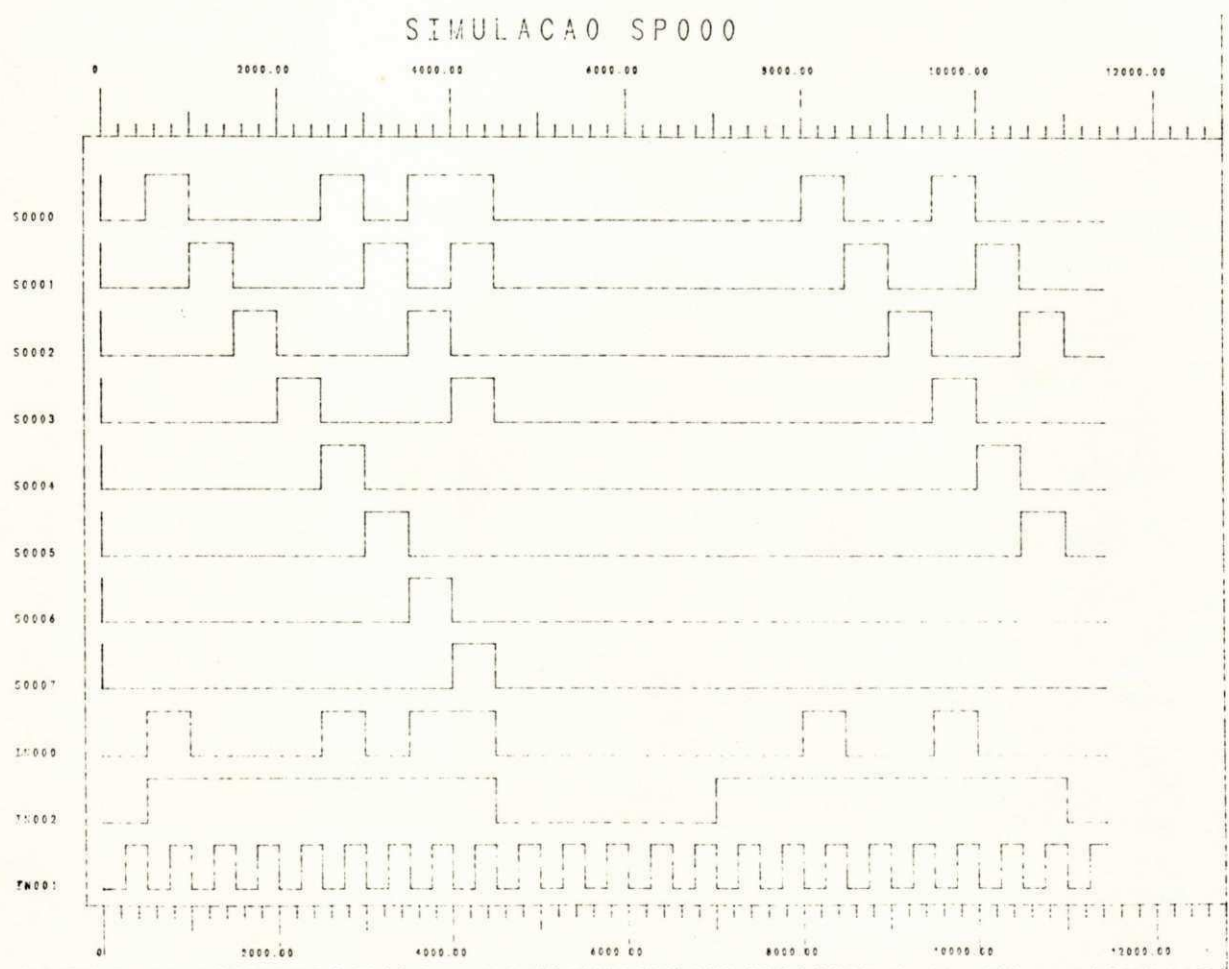


Figura A2.7 - Simulação do conversor série/paralelo - IN000 entrada serial - S0000/S0007 saidas paralelas

6:47:53 Fri Feb 2 1990 : citredo : citredo (-1.75,-120.38) to (1007.75,624.63) of cell 'PERSONALIZATION' of 411

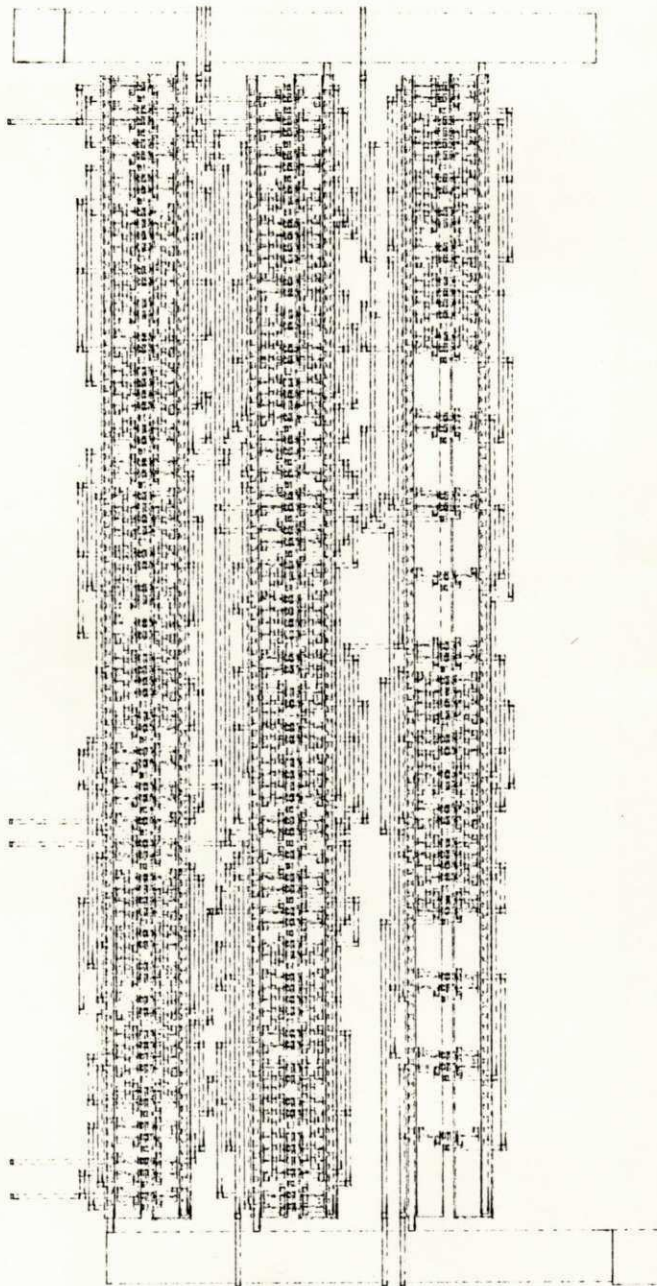


Figura A2.8 - Layout do conversor paralelo/série

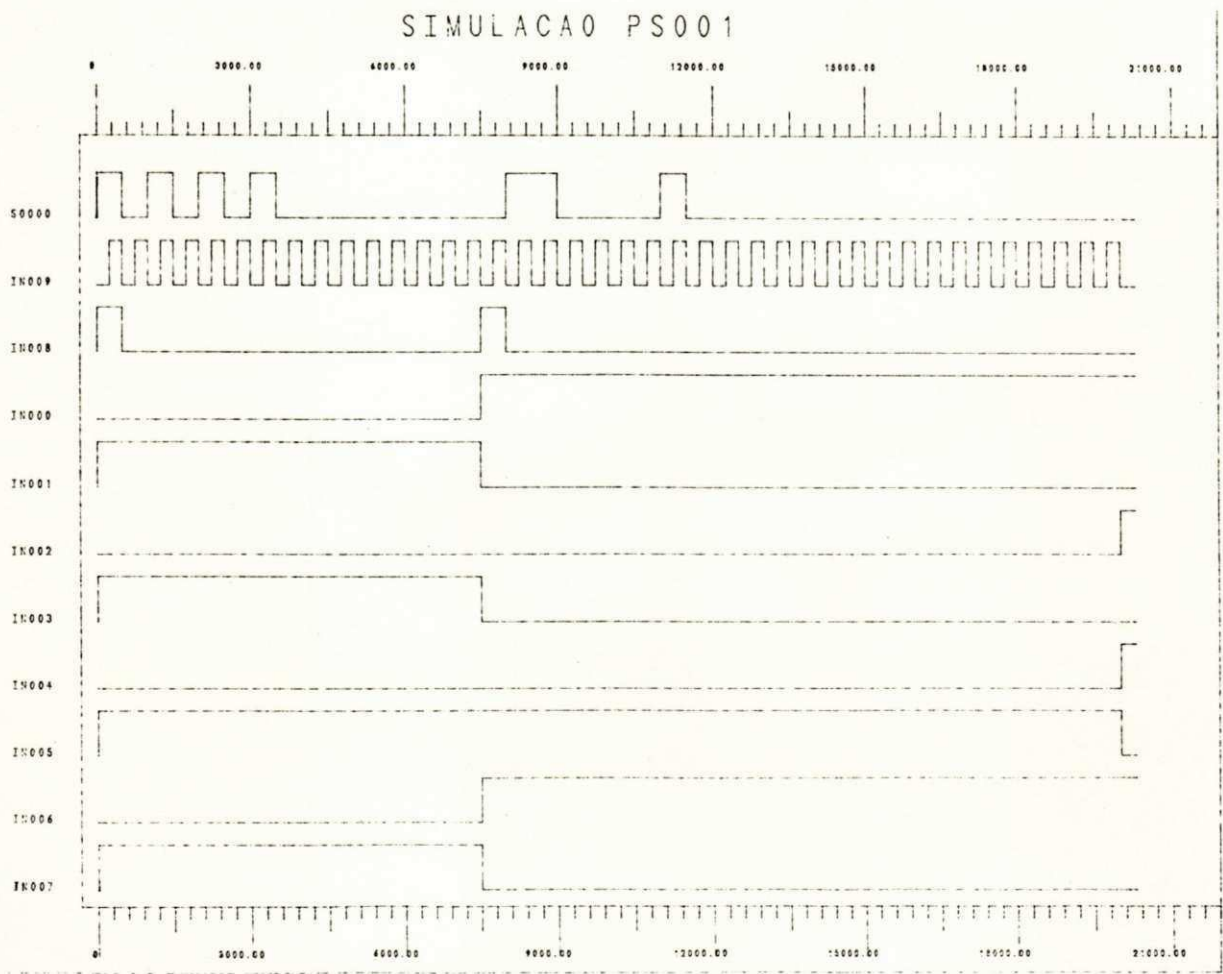


Figura A2.9 - Simulação do conversor paralelo/série - IN000/IN007 entradas paralelas - S0000 saída serial

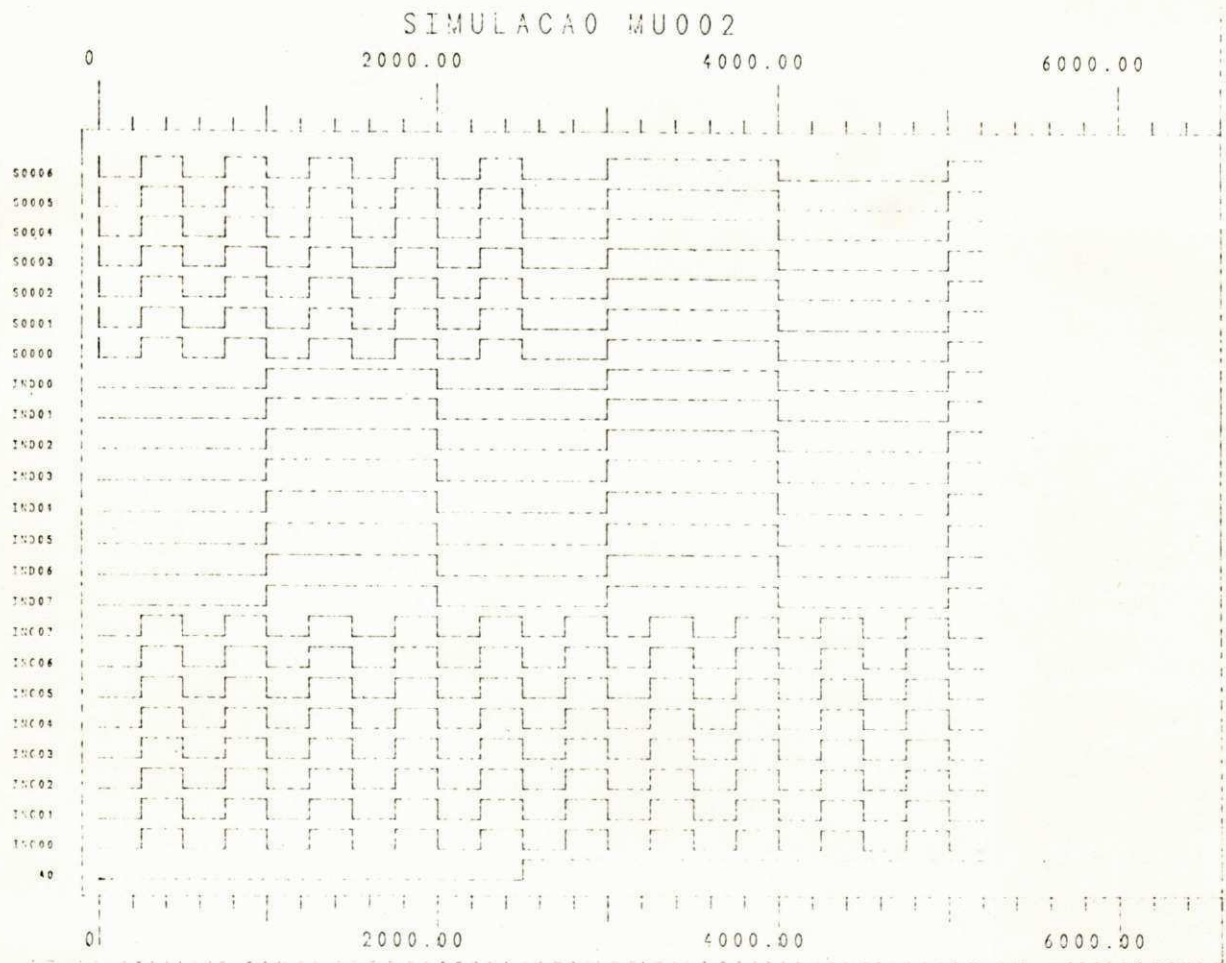


Figura A2.11 - Simulação do multiplexador - A0 entrada de seleção - INC00/INC07 e IND00/IND07 entradas - S0000/S0007 saídas