



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENG<sup>a</sup> ELÉTRICA

# RELATÓRIO DE ESTÁGIO

**DENISE DE MELO LIMA**

Relatório apresentado a Coordenação de Estágios em  
Engenharia Elétrica da UFPB como parte dos  
requisitos necessários à obtenção do título de  
Engenheiro Eletricista.

Campina Grande ( PB ), 15 de dezembro de 1997

ESTAGIÁRIA : Denise de Melo Lima

MATRÍCULA : 9121352-4

EMPRESA : APEL - Aplicações Eletrônicas Ltda.

LOCAL : Campina Grande - PB

SUPERVISOR : Eng<sup>o</sup> Luiz Geraldo Sena de Oliveira Régis.

TIPO DE ESTÁGIO: Integrado

PERÍODO DE ESTÁGIO: 01 de setembro a 09 de dezembro de 1997

PROFESSOR ORIENTADOR: José Sérgio da Rocha Neto

COORDENADOR DE ESTÁGIOS: Ricardo Loureiro



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

**Título:** Relatório de Estágio

.....  
José Sergio da Rocha Neto ( Orientador)

*Denise de Melo Lima*  
.....  
Denise de Melo Lima (Estagiária)

Campina Grande, 15 de dezembro de 1997

## Índice

INTRODUÇÃO.....	1
APEL .....	2
METODOLOGIA.....	6
1. Apresentação .....	6
2. Etapas do Projeto .....	7
3. Sistema de Comunicação Híbrido.....	8
3.1 Híbrido da Bilheteria.....	9
3.1.1 Microfone.....	9
3.1.2 Compressor de Ganho .....	9
3.1.3 Amplificador de Linha (com Audição).....	10
3.1.4 Amplificador Diferencial .....	11
3.1.5 Audio-Gate.....	12
3.1.6 Amplificação de Potência.....	14
3.2 Híbrido da Supervisão.....	15
4. Sistema de Sinalização (Projeto por Lógica Digital).....	16
4.1 Sistema de Sinalização de Bilheteria.....	19
4.1.1 Codificação de Chamada Bi .....	20
4.1.2 Alarme Bi .....	23
4.1.3 Audio-Gate Bi, Audição Bi e Sinalização Visual Livre/Ocupado .....	24
4.2 Sistema de Sinalização da Supervisão.....	29
4.2.1 Decodificação de Chamadas.....	29
4.2.2 Chaves e Sinalização Visual de Chamada e de Alarme.....	31
4.2.3 Som de Chamada e Som de Alarme .....	33
5. Sistema de Sinalização ( Projeto por Microcontrolador).....	35
CONCLUSÃO.....	45
AGRADECIMENTOS .....	46
BIBLIOGRAFIA e EQUIPAMENTOS .....	47

## **INTRODUÇÃO**

Esse relatório descreve a implementação do Sistema de Comunicação e de Sinalização de Estações da Companhia Metropolitana de Metrô do Rio de Janeiro, desenvolvido na empresa APEL (Aplicações Eletrônicas Indústria e Comércio Ltda), localizada na cidade de Campina Grande (Av. Assis Chateaubriand, 4115-A), estado da Paraíba.

O estágio foi realizado no período entre 01 de setembro de 1997 a 09 de dezembro de 1997, cumprindo 8 (oito) horas diárias e perfazendo um total de 660 horas.

O relatório está dividido em seis capítulos. O primeiro consiste nesta introdução. O segundo trata da APEL e o seu ramo de trabalho. O terceiro oferece uma descrição detalhada do que foi desenvolvido durante o período de estágio. O quarto e o quinto contêm respectivamente, a conclusão e os agradecimentos. E o sexto, e último, consiste na bibliografia.

## APEL

### *Considerações sobre a Apel*

#### • Identificação da Empresa

Razão Social: Apel - Aplicações Eletrônicas Indústria e Comércio Ltda.

Data da Constituição: 26 de abril de 1975

Endereço: Av. Assis Chateaubriand, 4115 - Distrito Industrial 58105-421 Campina

Grande - Paraíba

Produtos fabricados pela empresa: Equipamentos de Radiodifusão, Comunicação,  
Telemetria, Sonorização, Assessoria e Projetos.

Tipo de Sociedade: Sociedade de Responsabilidade por Cotas Limitadas

C.G.C.: 08.991.515/0001-02

Inscrição Estadual: 16.063.456-3

#### • Setores da Empresa

A APEL divide-se basicamente nos seguintes setores: Secretaria, Diretoria Administrativa, Recursos Humanos, Diretoria Técnica, Desenho, Laboratório, Teste (Manutenção), Produção, Almoxarifado, Mecânica e Serigrafia.

O estágio em questão foi realizado no Laboratório.

• **Histórico**

A empresa APEL - Aplicações Eletrônicas Ltda. - foi fundada em 1975, resultando da iniciativa de professores e funcionários da UFPB. A partir de 1982, a APEL iniciou um processo de diversificação de sua produção, com ênfase nos produtos voltados para a radiodifusão, telecomunicações e sonorização de ambientes. Esta empresa tem como diretrizes o Desenvolvimento, Industrialização e Comercialização de Tecnologia, bem como equipamentos na área Eletro-Eletrônica. Instalada atualmente no Distrito Industrial de Campina Grande, Ela possui também uma filial de vendas e assistência técnica em São Paulo - SP.

Seu primeiro produto, o sistema "MOUSIKE", que permite a transmissão de oito canais de música através de um cabo telefônico, foi idealizado a partir de uma Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Iniciando suas atividades atuando no mercado de sonorização, chegou a participar com 60% do mercado nacional.

Vale enfatizar que a empresa, além de desenvolver tecnologia própria, também detém todo o processo de fabricação de seus produtos, desde pesquisa e projeto até a arte final.

A empresa, com o objetivo de evitar a estagnação e acompanhar a evolução tecnológica na área Eletro-Eletrônica, adotou uma política de interação com Institutos de Pesquisas e empresas privadas que detenham tecnologia disponível a ser repassada ou negociada. Como resultado desta parceria, obteve-se uma otimização de esforços em desenvolvimento e aplicações de recursos financeiros.

A APEL tem contado com o valioso apoio do BNB - Agência de Campina Grande - PB, onde em 07 de agosto de 1991, assinou contrato de financiamento pela linha FNE para Inversões Fixas de Capital de Giro.

A APEL, como a maioria das empresas nacionais, não conseguiu atingir suas metas de crescimento planejado, em consequência da Conjuntura Econômica Nacional que a anos penaliza o setor produtivo, inibindo quaisquer iniciativas expansão industrial. Para adequar-se às constantes mudanças dos agentes econômicos, A APEL teve de lançar mão de todas as

medidas administrativas disponíveis pra conseguir a manutenção de sua Liquidez Financeira em níveis necessários à administração dos negócios.

Como medida para enfrentar uma economia de grande recessão de mercado, adotou-se cortes de despesas e investimentos, redirecionamento de mercado, desenvolvimento de produtos em parceria com instituições de pesquisa, evitando assim a estagnação tecnológica, por fim, amais difícil de todas as medidas adotadas, a redução do quadro de pessoal. A empresa graças às Inversões Fixas realizadas anteriormente (Edificações, Terrenos, Máquinas e Equipamentos) após o financiamento do FNE, encontra-se estruturada para uma produção em grande escala.

Como resultado da política de absorção de novas tecnologias para atendimento das necessidades detectadas de novos mercado, obteve o compromisso de negociação de Transferência de Tecnologia de três (3) projetos de produtos que possuem alto valor tecnológico e utilização imediata no mercado que são:

#### 1. MERCADO DE ENERGIA (AMPÈRE/HORA)

Desenvolvido em conjunto com o Centro de Pesquisas Elétricas da ELETROBRÁS/CEPEL, atendo solicitação das concessionárias de energia da Região Norte/Nordeste, este equipamento é o primeiro a ser desenvolvido no Brasil, tendo como vantagem em relação aos medidores convencionais: baixo custo, inviolabilidade e durabilidade.

#### 2. SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DE SEGURANÇA DE TRENS DE PASSAGEIROS

Desenvolvido segundo Normas da CBTU - Companhia Brasileira de Transportes Urbanos, tem como objetivo a sua utilização em trens urbanos, proporcionado maior segurança e informações à população de baixa renda, usuários deste meio de transporte.

#### 3. SISTEMA DE TRANSMISSÃO EM VHF

Desenvolvido em conjunto com a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba - PAqTC, permite transmissões de reportagens externas de emissoras de Rádio e Televisão, através de Transmissão VHF.

• **Pespectiva de mercado**

Com a absorção das tecnologias descritas anteriormente, a empresa terá consolidado seu potencial tecnológico no cenário nacional, gerando em consequência da demanda de mercado de cada produto, ampliação de sua linha de produção e diminuição da capacidade ociosa de seu parque industria instalado, tendo como consequência imediata a geração de novos empregos.

O produto Medidor de Energia Ampère/ Hora, segundo pesquisas realizadas pelo CCON - Comitê Coordenador das Operações de Energia do Norte/Nordeste, devido à característica de baixo custo, possui uma necessidade de atendimento imediato de 1.000.000 (um milhão) de unidades só na região Norte/Nordeste.

O Sistema de Comunicação de Trens Urbanos utiliza circuitos de multiplexação de frequência, que permite qualidade e confiabilidade nas transmissões de informações aos usuários de trens urbanos, sistema este sem similar nacional, com excelente perspectiva de utilização, não só no segmento ferroviário, como também em grandes complexos industriais. A perspectiva imediata de encomenda pela CBTU é de 800 unidades do equipamento.

O Sistema de reportagem Externa VHF, desenvolvido em parceria com a Fundação Parque Tecnológico da Paraíba \_ PAqTC, para atender o segmento de Rádiodifusão (Emissora de Rádio e TV), permite a transmissão de eventos (jogos, shows, comícios, etc.) nas mais diversas localidades da cidade, tendo ampla utilização no segmento de Radiodifusão.

## METODOLOGIA

*Descrição funcional de todas as partes do sistema e o desenvolvimento do estágio*

### 1. Apresentação

Este projeto surgiu da necessidade de modernizar o sistema de comunicação e de sinalização, existente entre as bilheterias e a supervisão das estações do metrô do Rio de Janeiro.

No sistema em desenvolvimento a comunicação de voz será no modo “*full duplex*”, ou seja, a transmissão e a recepção serão simultâneas e utilizarão um único par de cabos balanceados entre os interlocutores. Já o sistema de sinalização, englobará a sinalização de alarme e seu reconhecimento, a requisição de comunicação e seu reconhecimento e a sinalização de linha de comunicação livre ou ocupada.

Na Figura 1 mostra-se o diagrama de blocos da interligação das bilheterias com sua respectiva supervisão no projeto do sistema de comunicação.

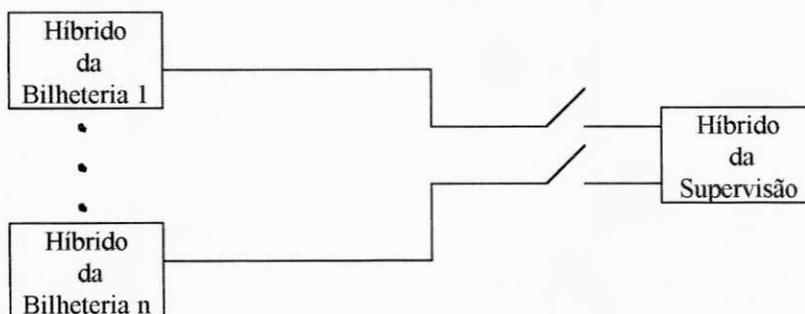


Figura 1- Sistema de Comunicação - Interligação das bilheterias com a supervisão

Na Figura 2 mostra-se o diagrama de blocos da interligação das bilheterias com sua respectiva supervisão no projeto do sistema de sinalização.

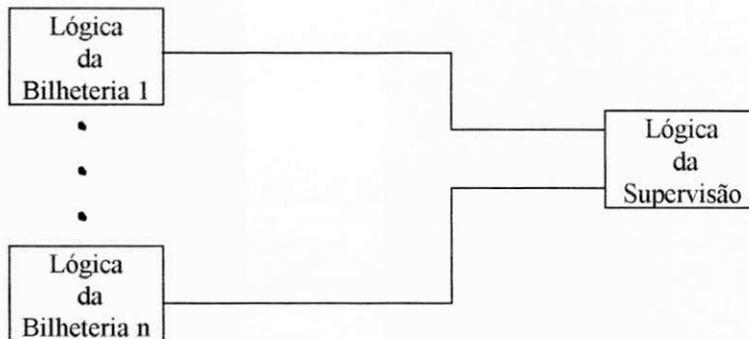


Figura 2 - Sistema de Sinalização - Interligação das bilheterias com a supervisão.

Em ambas as figuras 1 e 2, ressalta-se que o número de bilheterias pode variar de um até o máximo de doze ( $1 \leq n \leq 12$ ) e que as distâncias existentes entre estas bilheterias e sua respectiva supervisão podem variar de poucos metros até cerca de 300 metros.

Em cada bilheteria existem: um pedal para acionar o alarme e um painel. Esse painel possui um par de leds, que sinalizam o estado livre ou ocupado da linha de comunicação de áudio, um botão (“push-button” normalmente aberto) para requisição de chamada, um microfone de eletreto e um alto-falante.

Na supervisão existe um painel com um microfone de eletreto, um alto-falante e 12(doze) pares de chaves e leds, que representam cada uma das doze bilheterias. Utilizou-se chaves duplas de tecla do tipo DPTD (“Toggle switch DPDT- Double-pole double-throw”) que servem para o reconhecimento de chamada ou de alarme e para conectar fisicamente os híbridos; e os leds servem para sinalização visual de requisição de chamada ou de alarme.

## 2. Etapas do Projeto

As etapas do projeto podem ser resumidas em:

- Sistema de Comunicação Híbrido (“Full-Duplex”)
- Sistema de Sinalização\* - Projeto por lógica digital
- Sistema de Sinalização - Projeto por microcontrolador (Implementado fora da empresa).

Essas etapas serão apresentadas a seguir nos tópicos 3, 4 e 5.

### 3. Sistema de Comunicação Híbrido

O sistema híbrido é um sistema que permite a comunicação de áudio no modo “full-duplex”. Nos protótipos provisórios montados em “proto-board” utilizou-se um único cabo não-balanceado conectando os interlocutores, contudo, a utilização do cabo não-balanceado em longas distâncias torna-se inviável, pois quanto maior for o cabo, maior será sua capacitância, acarretando uma grande sensibilidade à ruídos externos e causando consideráveis perdas em altas frequências. Possivelmente, na instalação prática (real), será utilizado um cabo balanceado, pois este pode ter um comprimento maior sem o risco de captação de ruídos eletromagnéticos externos.

O diagrama de blocos do sistema híbrido é mostrado na Figura 3.

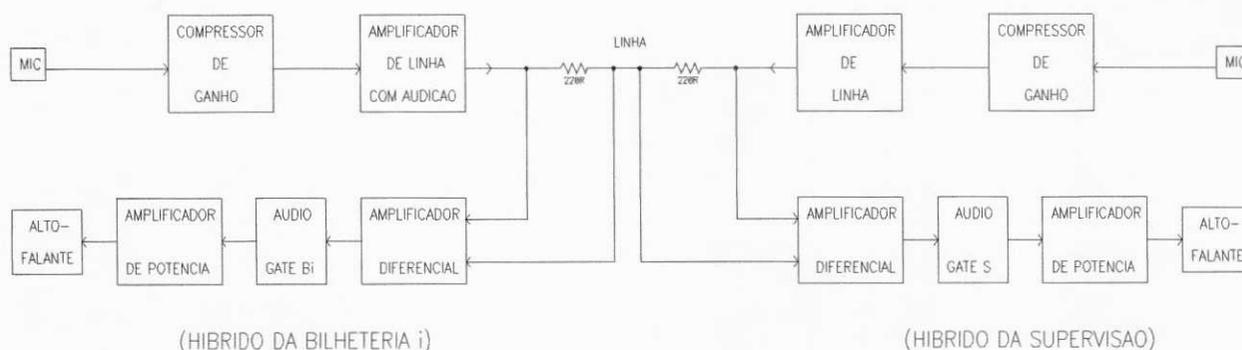


Figura 3 - Diagrama de Blocos do Sistema Híbrido

Cada um dos blocos apresentados na Figura 3, será discutido a seguir nos tópicos 3.1 e 3.2.

### 3.1 Híbrido da Bilheteria

Os blocos que constituem o híbrido da bilheteria serão discutidos nos tópicos 3.1.1 a 3.1.6 e os detalhes apresentam-se nos Anexo 1 e 2.

#### 3.1.1 Microfone

O microfone utilizado foi o de eletreto pois este além de ser bastante portátil, apresenta características interessantes para o projeto, como ser omnidirecional, possuir alta sensibilidade e boa resposta em frequência.

#### 3.1.2 Compressor de Ganho

O compressor de ganho é utilizado para limitar ou expandir o nível do sinal de voz, conforme este apresente elevação ou diminuição, respectivamente. Desta forma, pode-se compensar as diferenças existentes entre os níveis de voz de diferentes pessoas.

O diagrama de blocos do compressor de ganho está descrito na Figura 4.

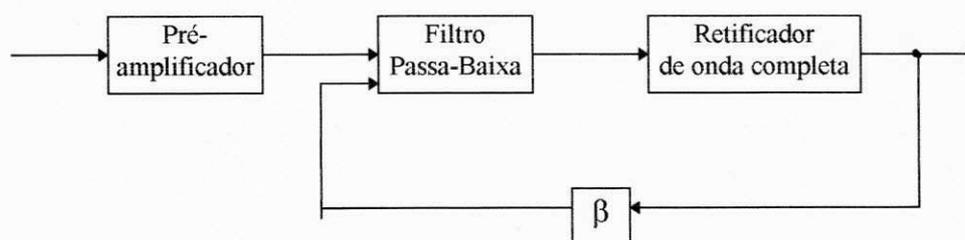


Figura 4 - Diagrama de Blocos do Compressor de Ganho

Maiores detalhes da Figura 4 encontram-se no Anexo 1. Este compressor foi implementado com circuitos operacionais e não houve problemas com "slew-rate", uma vez

que os níveis do sinal de áudio na entrada (gerados pelo microfone de eletreto) são bem pequenos, bem como as frequências (faixa de áudio de 20 Hz a 20 kHz).

Mesmo sendo a frequência de operação do circuito relativamente baixa (máximo de 20 kHz), tomou-se o cuidado de evitar ao máximo resistores de valores altos, para evitar as distorções em alta frequência que ocorrem devido ao efeito das reatâncias capacitiva e indutiva presente nos resistores. Nota-se também, nos circuitos dos Anexos 1, a presença de capacitores de acoplamento e desacoplamento para evitar o nível dc proveniente da fonte de alimentação

O princípio de funcionamento do compressor de ganho é o seguinte: o sinal de áudio gerado pelo microfone de eletreto primeiramente é amplificado e posteriormente passa por um filtro passa baixa, cuja frequência de corte é 6 kHz (deve-se levar em conta a relação energia X inteligibilidade; a voz humana tem 90% de sua energia concentrada na faixa de 100 a 1.5 kHz, e para faixas superiores a 1.5 kHz encontra-se 70% de sua inteligibilidade).

Como o objetivo do compressor é efetuar um controle automático de ganho sobre o sinal de áudio, então este sinal depois de ser limitado em frequência passa por um retificador de onda completa, composto por um par de transistores que atuam como diodos ativos; este sinal retificado é aplicado ao *Gate* de um FET, cuja resistência entre *Dreno* e *Source* ( $r_{ds}$ ) varia de acordo com o nível dc do sinal retificado (Maiores detalhes encontram-se no Anexo 1). Ou seja, o FET atua como *chave shunt (chave analógica)* e constitui, portanto, o fator de realimentação que proporciona o controle automático de ganho exigido pelo compressor.

### 3.1.3 Amplificador de Linha (com Audição)

No circuito do amplificador de linha utilizou-se o amplificador operacional NE5532, pois este é um amplificador operacional de baixo ruído e capaz de fornecer alta corrente de saída ( $I_{OS} = 40 \text{ mA}$ ), funcionando, portanto, como *driver* de corrente.

A técnica de Audição refere-se ao fato de que quando uma bilheteria Bi aciona seu alarme, o nível do sinal de áudio que é transmitido desta bilheteria Bi para a Supervisão deve ser maior do que aquele que é transmitido em situação normal de conversação, possibilitando assim, que durante uma situação de alarme, o supervisor escute em maior volume o que está acontecendo na bilheteria.

Desta forma, o circuito do amplificador de linha com audição presente no Anexo 2, possui um transistor (T4) que está normalmente saturado em situação de simples conversação, já que o nível do sinal de Audição Bi, aplicado ao resistor de polarização de sua base, está normalmente em torno de 8 volts (Audição Bi = 1). Assim, parte do sinal de saída do compressor (que é aplicado ao amplificador de linha) é sempre drenado pelo transistor em situação de simples conversação. Já quando o alarme é acionado, o nível do sinal de Audição Bi vai para zero volt, o transistor corta e deixa de drenar parte do sinal de saída do compressor, portanto, o nível de tensão presente na saída do amplificador de linha em situação de alarme é maior que no caso de conversação normal.

Projetou-se o amplificador de linha de forma a obter um sinal de áudio na saída de aproximadamente  $5 V_{pp}$  em situação de conversação normal e  $10 V_{pp}$  em situação de alarme.

Obs.: Maiores detalhes sobre o sinal de Audição Bi serão discutidos a seguir no projeto lógico (Tópico 4).

### 3.1.4 Amplificador Diferencial

Conforme mostrado na Figura 3 (no tópico 3), o sinal que sai do amplificador de linha da Bilheteria Bi é enviado simultaneamente para o híbrido da Supervisão (através da linha de transmissão de áudio) e para o amplificador diferencial da própria Bilheteria, sendo que este, também recebe o sinal proveniente do amplificador de linha da Supervisão. Os detalhes do amplificador diferencial encontram-se no Anexo 2.

Desta forma, de acordo com o princípio de funcionamento do amplificador diferencial, pode-se para uma dada calibração do potenciometro PT1, obter uma máxima rejeição de modo comum, fazendo com que amplificador diferencial da Bilheteria Bi não amplifique seu próprio sinal linha, ou seja, o sinal proveniente do amplificador de linha da Bilheteria Bi. Elimina-se com esta ação o efeito de microfonia, já que o sinal proveniente do microfone de um híbrido não é amplificado nele próprio, pois é rejeitado em seu amplificador diferencial, que só amplifica sinais de linha proveniente de outro híbrido.

A calibração do potenciometro de PT1 para obter a máxima rejeição de modo comum é variável e depende da impedância, e por consequência do tamanho, da linha de transmissão entre os híbridos. A “calibração dos híbridos”, portanto, deve ser feita em campo. Saliencia-se também, que o valor do resistor R21, foi escolhido para uma linha de aproximadamente 30 metros, interligando os dois híbridos ( Bilheteria e Supervisão); existe portanto, um valor ótimo de R21 que conjugado com o potenciometro PT1, perfaz a máxima rejeição de modo comum, de acordo com o comprimento da linha de transmissão. A máxima rejeição de modo comum, conseguida nos protótipos montados em *proto-board* e interligados por cabo de 30 metros, foi de aproximadamente 50 dB.

### 3.1.5 Audio-Gate

A técnica de *Audio-Gate* refere-se à passagem ou ao bloqueio do sinal proveniente da etapa do amplificador diferencial para a etapa de amplificação de potência, mostradas na Figura 3 (no tópico 3), e cujos detalhes encontram-se no Anexo 2.. Verifica-se neste anexo, a presença de uma chave analógica (implementada com um amplificador operacional na configuração *Buffer*), entre a etapa de amplificação diferencial e a etapa de amplificação de potência, permitindo ou não a passagem de sinal de uma etapa para a outra, ou seja, atuando como “*audio-gate*”.

O controle da chave analógica é feito através nível do sinal de Audi-Gate Bi. Quando não existe reconhecimento de comunicação, ou quando ocorre situação de alarme, o

nível de tensão do sinal Audio-Gate Bi é de aproximadamente 8 volts e o transistor (T5) satura, pois neste caso ultrapassou-se a tensão do zener DZ1 ( $V_z = 6.2 \text{ V}$ ) e a corrente de base é limitada apenas pelo resistor R26. O transistor saturando, o sinal que é aplicado à entrada não-inversora do “Buffer” é praticamente aterrado, desta forma, o sinal que sai da etapa de amplificação diferencial é bloqueado e não passa para a etapa de amplificação de potência. Portanto, quando o sinal Audio-Gate Bi está em nível lógico alto, o sinal de áudio é bloqueado. Obs.: Na descrição do projeto usa-se freqüentemente a expressão “alto-falante desativado”, quando se refere a situação de áudio bloqueado pela chave analógica.

Esse bloqueio é necessário na situação de alarme, pois neste caso, a Bilheteria não pode escutar nada da Supervisão. Relembra-se, no entanto, que neste caso (alarme), a Supervisão deve escutar em maior volume a Bilheteria Bi que emitiu o alarme. Já na situação de ausência de reconhecimento de chamada, o bloqueio é necessário pois neste caso, a linha de transmissão está aberta fisicamente, ou seja, os híbridos estão desconectados e não existe mais o balanceamento entre eles (máxima rejeição de modo comum), deste modo, o amplificador diferencial que antes (no caso de linha de transmissão fechada) rejeitava o sinal de seu próprio microfone, agora amplifica-o, e se não houvesse o bloqueio provocado pela etapa “*audio-gate*”, o sinal proveniente do microfone de um híbrido seria escutado no alto-falante do mesmo híbrido.

Na presença de reconhecimento de chamada, ou seja, de fechamento da linha de transmissão que possibilita a comunicação entre dois híbridos, o nível de tensão do sinal Audio-Gate Bi é de aproximadamente zero volts, deste modo o transistor T5 corta, pois a corrente de base é praticamente nula ( Obs.: a corrente de base é bastante pequena, e é limitada pelo zener até que a tensão Audio-Gate Bi não ultrapasse o limite de  $V_z = 6.2 \text{ V}$ ). O transistor cortando, praticamente todo o sinal aplicado a entrada não-inversora do “Buffer” passa para a saída, deste modo todo o sinal que sai da etapa de amplificação diferencial é transferido para a etapa de amplificação de potência. Portanto, quando o sinal de Audio-Gate Bi está em nível lógico baixo, o sinal de áudio não é bloqueado, ou segundo a terminologia do projeto, o alto-falante está “ativado”.

Obs.: Maiores detalhes sobre o sinal de Audio-Gate Bi serão discutidos a seguir no projeto lógico (Tópico 4)

### 3.1.6 Amplificação de Potência

Para a realização da etapa de amplificação de potência pensou-se inicialmente em utilizar o CI LM380, que é um amplificador operacional de potência de áudio capaz de fornecer uma alta corrente de saída. Contudo, o LM380 apresentou três pontos indesejáveis, que inviabilizaram sua aplicação. O primeiro foi porque necessitava-se de um resistor de potência entre a saída do operacional e o alto-falante, o que provocaria o inconveniente de aumentar demasiadamente o tamanho físico do circuito; o segundo foi a característica do operacional de manter um nível dc na sua saída (automaticamente em  $\frac{1}{2}$  da tensão de alimentação), exigindo portanto, o uso de um capacitor de desacoplamento entre a saída do operacional e o alto-falante; e o terceiro ponto foi porque o operacional apresentava baixa rejeição, ou seja, qualquer oscilação na fonte provocava grandes distorções de sinal na saída do operacional.

Optou-se, então, pelo arranjo do amplificador operacional NE5532 com a saída acoplada a um *push-pull* utilizando transistores de potência BD139 e BD140, perfazendo conhecida configuração *push-pull booster*, cujos detalhes encontram-se no Anexo 2.

O amplificador operacional configura um filtro passa baixa, cuja frequência de corte está em torno de 50 kHz. e o ganho é 3.3 V/V. O controle de volume do sinal de áudio, é feito pelo potenciômetro PT2, que acopla parte do sinal de saída da etapa Audio-Gate à entrada inversora do operacional. O ganho do filtro foi escolhido em 3.3 V/V para evitar que o operacional sature quando o potenciômetro estiver no máximo, ou seja, quando todo o sinal de saída da etapa Audio-Gate (nível em torno de 4Vpp) for aplicado à entrada inversora, proporcionando o máximo volume. A entrada não inversora está aterrada, pois o *push-pull* está polarizado com fontes simétricas ( a tensão de saída é nula na ausência de sinal de entrada).

O acoplamento do *push-pull* ao operacional, permite que a impedância de carga seja baixa (neste caso, o alto-falante tem  $25\Omega$ ), sem que haja o perigo de se ultrapassar o limite de máxima corrente do operacional. A saída do operacional alimenta a entrada do *push-pull*, onde cada transistor conduz apenas durante um semi-ciclo de entrada de tensão, enquanto que

o outro transistor permanece em corte. Durante cada semi-ciclo, a saída do operacional vê uma alta impedância de entrada (olhando para a base), e a carga (alto-falante) vê uma baixa impedância de saída, graças a configuração seguidor emissor dos transistores, que possibilita ainda, que a saída acompanhe a entrada (*bootstrap*).

Os diodos D1 e D2 servem para minimizar a distorção de *crossover*, já que sem eles, a saída acompanharia a entrada com uma queda de tensão de  $V_{BE}$ .

Os diodos D3 e D4 drenam a maior parte da corrente dos emissores, já que fixam a corrente através dos resistores R31 e R32 em um valor baixo, possibilitando desta forma, que esses resistores sejam de baixa potência.

### 3.2 Híbrido da Supervisão

Os circuitos da Supervisão correspondentes aos blocos do Microfone, do Compressor de Ganho, do Amplificador Diferencial e do Amplificador de Potência ( tópico 3 - Figura 3) são idênticos aos circuitos da Bilheteria e encontram-se nos Anexos 5 e 6.

O circuito do bloco do Amplificador de Linha da Supervisão difere do circuito da Bilheteria Bi, pois não possui a técnica de Audição. Portanto, o amplificador de linha da Supervisão é simplesmente um amplificador inversor, cujo ganho foi projetado para se obter um sinal de áudio de 5 Vpp de saída.

Já o circuito do bloco de Audio-Gate da Supervisão difere do circuito da Bilheteria Bi, pois o controle da chave analógica é feito pelo sinal de linha Livre/Ocupado invertido, como mostrado no Anexo 6. Portanto, o sinal de áudio só é transferido da etapa de amplificação diferencial para a etapa de amplificação de potência, quando ocorre o reconhecimento de chamada ( $R_{Bi} = 1$ ), ou seja, se o nível lógico do sinal de linha Livre/Ocupado for alto



uma linha para reconhecimento de bilheteria, uma linha pra sinalização de linha Livre/Ocupado, além de três linhas de alimentação (+15 V, -15 V e terra).

Quando uma bilheteria  $B_i$  deseja comunicar-se com a Supervisão, ela deve primeiro verificar (através do par de leds de sinalização de Livre/Ocupado) se a linha de comunicação de áudio está livre ou ocupada.

Se a linha estiver livre ( $L/O = 0$  - led livre aceso e led ocup. apagado), o bilheteiro deve apertar o botão de requisição de comunicação e, nesse momento, é enviado um sinal de chamada codificada para a Supervisão, onde o led correspondente à bilheteria  $B_i$ , que requisitou a chamada, fica piscando e soa o som de chamada. O supervisor deve, então, reconhecer a chamada fechando a chave que corresponde à bilheteria  $B_i$  e, nesse momento, é estabelecida a conexão física entre os híbridos desta bilheteria  $B_i$  e da Supervisão, permitindo a comunicação entre eles.

Quando o supervisor reconhece a chamada, o led pára de piscar e fica aceso continuamente, o som de chamada cessa, e o sinal de reconhecimento da bilheteria  $B_i$  - $R_{Bi}$ , que está normalmente em nível lógico baixo, sofre uma transição de subida ( $R_{Bi}\uparrow \Rightarrow R_{Bi} = 1$ ). A transição de subida de  $R_{Bi}$  provoca uma transição de descida no sinal "Audio-Gate  $B_i$ " ( $R_{Bi}\uparrow \Rightarrow \text{Audio-Gate } B_i\downarrow \Rightarrow \text{Audio-Gate } B_i = 0$ ) e provoca também, uma transição de subida da linha de sinalização Livre/Ocupado ( $R_{Bi}\uparrow \Rightarrow L/O\uparrow \Rightarrow L/O = 1$ ).

Sendo  $L/O = 1$  e  $\text{Audio-Gate } B_i = 0$ , permite-se que os alto-falantes da bilheteria  $B_i$  e da Supervisão, respectivamente, estejam "ativados", ou seja, permite-se que o sinal de áudio seja transferido da saída da etapa da amplificação diferencial para a etapa de amplificação de potência (Sistema Híbrido).

Os sinais  $R_{Bi}$  e  $L/O$  permanecem em níveis altos ( $R_{Bi} = 1$  e  $L/O = 1$ ) até que a Supervisão decida encerrar a comunicação, ou seja, quando o supervisor solta a chave da bilheteria  $B_i$ , provocando o apagamento de seu correspondente led, desfazendo a conexão física entre os híbridos, e provocando uma transição de descida em  $R_{Bi}$ . A transição de descida do  $R_{Bi}$  (e conseqüente transição de descida no sinal  $L/O$ ), provoca uma transição de subida no sinal  $\text{Audio-Gate } B_i$ , portanto, o ato do supervisor de soltar a chave implica em  $\downarrow R_{Bi}$ ,  $\downarrow L/O$  e

↑Audio-Gate Bi. Sendo Audio-Gate Bi = 1 e L/O = 0, os alto-falantes da bilheteria Bi e da Supervisão, respectivamente, são “desativados”, quando o supervisor encerrar a comunicação.

Ressalta-se que enquanto a chave Bi estiver fechada, o sinal alto do sinal L/O, além de “ativar” o alto-falante da Supervisão, bloqueia (na Supervisão) qualquer outro sinal de chamada codificada. O sinal L/O, portanto, é enviado da Supervisão para todas as bilheterias para efetuar a sinalização do estado da linha de transmissão de áudio (livre/ocupado).

Portanto, se ao desejar comunicação com a Supervisão, o bilheteiro percebe que a linha de comunicação de áudio está ocupada ( led ocup. aceso e led livre apagado), ele deve aguardar a linha desocupar ( led livre aceso e led ocup. apagado) e não deve (mas pode) apertar o botão de requisição de comunicação, já que seu sinal de chamada codificado é bloqueado automaticamente na Supervisão quando  $L/O = 1$ .

### •Modo de Alerta

O modo de alerta permite que as Bilheterias enviem um sinal de alarme para a Supervisão.

O sinal de sinalização de alarme da bilheteria Bi - ABi, tem normalmente nível lógico baixo. Quando a bilheteria Bi deseja gerar alarme para a Supervisão, o bilheteiro deve pisar no pedal de alarme e, nesse momento, é enviado a transição de subida do sinal ABi para a Supervisão, onde o led correspondente à bilheteria Bi (que gerou o alarme) fica piscando e soa o som de alarme, independente da linha de comunicação estar livre ou ocupada ( $L/O=0$  ou  $L/O=1$ ).

O sinal ABi permanece em nível alto até que o supervisor reconheça o alarme, ou seja, até que o supervisor feche a chave correspondente à bilheteria que alarmou, gerando com isto, o acendimento permanente do led e a transição de subida da linha de reconhecimento de bilheteria Bi ( $RBi \uparrow \Rightarrow RBi = 1$ ). Esta transição de subida de RBi, provoca o cessar do som de alarme e a transição de descida de ABi ( $ABi \downarrow \Rightarrow ABi = 0$ ).

O reconhecimento do alarme pelo supervisor (fechamento da chave), além de estabelecer a conexão física dos híbridos da bilheteria Bi e da Supervisão; provoca também a

transição de subida de R<sub>Bi</sub> e de L/O ( R<sub>Bi</sub> ↑ e L/O ↑); sendo que quando o sinal L/O = 1, provoca-se o bloqueio de qualquer chamada codificada que venha a ocorrer durante a situação de alarme e “ativa-se” o alto-falante da Supervisão.

Uma consideração importante deve ser feita: quando o bilheteiro Bi pisa no pedal de alarme, ao mesmo tempo que é gerado o sinal de alarme (A<sub>Bi</sub> = 1), são gerados os sinais Audio-Gate Bi = 1 e Audição Bi = 0. Desta forma, em situação de alarme, o supervisor irá escutar a bilheteria Bi num volume mais elevado do que aquele de comunicação normal, graças a técnica de “Audição”; e o bilheteiro Bi não escutará a Supervisão, ou seja, o alto-falante da bilheteria Bi será “desativado”, graças a técnica de “audio-gate”.

Quando a “situação de alarme” termina, o supervisor pode encerrar a escuta da bilheteria Bi, abrindo a sua correspondente chave, e por conseqüência, apagando o seu led Bi. O ato de soltar a chave, provoca além da desconexão física entre os híbridos, uma transição de descida em R<sub>Bi</sub> e, conseqüentemente, na linha de sinalização Livre/Ocupado ( R<sub>Bi</sub> ↓ e L/O ↓ ⇒ R<sub>Bi</sub> = 0 e L/O = 0). A transição de descida de R<sub>Bi</sub> mantém Audio-Gate Bi = 1 e provoca Audição Bi = 1. Portanto, ao soltar a chave Bi os alto-falantes da bilheteria Bi e da Supervisão são “desativados. Lembrando-se também que, no encerramento da escuta da bilheteria, o sinal Audição Bi = 1, ou seja, se for estabelecida uma nova comunicação entre a bilheteria Bi e a Supervisão, esta escutará a anterior em volume normal; e o sinal L/O como está em nível baixo, libera a chegada de novas chamadas codificadas.

#### 4.1 Sistema de Sinalização de Bilheteria

Analisando o diagrama de blocos apresentado na Figura 5, observa-se que o sistema de sinalização da Bilheteria Bi é constituído pelos blocos:

- Codificação de Chamada Bi;
- Alarme Bi;

- Audio-Gate Bi e Audição Bi;
- Sinalização Visual de Livre/Ocupado.

A descrição desses blocos é apresentada nos tópicos 4.1.1 a 4.1.3.

#### 4.1.1 Codificação de Chamada Bi

Para gerar o sinal de chamada codificada, que identifica cada bilheteria, foi utilizado o CI MC145026. Este CI (MC145026) forma juntamente com o CI MC145027 ( que será usado na Supervisão), um par de codificador e decodificador , respectivamente, para aplicações de controle remoto.

O MC145026 codifica nove linhas de informação, que vão de A1 a A5 e de A6/D6 a A9/D9, e as transmite serialmente, via o pino Data Out (DO), sob o comando de um sinal de habilitação ( $\overline{TE}$ ). As nove linhas de informação podem ser codificadas como dados ternários (baixo, alto ou aberto - perfazendo 19.683 palavras-código) ou como dados binários (baixo ou alto - perfazendo 512 palavras-código).

A seqüência de transmissão é iniciada por um nível baixo na entrada ( $\overline{TE}$ ). Cada vez que ( $\overline{TE}$ ) sofre uma transição de descida, o codificador transmite duas idênticas de palavras de dados, sendo que entre elas, nenhum sinal é enviado por três períodos de dados. Se a entrada ( $\overline{TE}$ ) for mantida em nível baixo, o codificador continua transmitindo a palavra de dados.

O MC145026 possui um oscilador de relaxação interno cuja frequência é determinada pela rede RC (externa), colocada entre os 11 ( $R_S$ ), 12 ( $C_{TC}$ ) e 13 ( $R_{TC}$ ), ou seja,

$$f \approx \frac{1}{2.3.R_{TC}.C_{TC}} \quad \text{para} \quad 1\text{kHz} \leq f \leq 400 \text{ k}, R_S \approx 2, R_{TC} \geq 10 \text{ e } 400\text{pF} < C_{TC} < 15\mu\text{F}$$

Para o projeto da rede externa RC levou-se em consideração que a frequência mínima de oscilação recomendada (pelo fabricante) para o circuito é de 1kHz e o máximo valor de resistor é de  $1M\Omega$ . Utilizou-se, então,  $R_S = 220\text{ k}\Omega$ ,  $R_{TC} = 100\text{ k}\Omega$  e  $C_{TC} = 1000\text{ pF}$ , perfazendo uma frequência de oscilação de aproximadamente 4 kHz.

O MC145026 codifica as entradas A1 à A5 como o endereço do decodificador (para onde os dados serão enviados), e as entradas A6/D6 à A9/D9 como os dados a serem enviados, ou seja, o codificador transmite os dados mais o endereço para onde quer enviar os dados. Portanto, fixou-se as entradas de endereço A1 à A5 como o endereço do decodificador, e utilizou-se as entradas de dados A6/D6 à A9/D9 para identificar cada uma das bilheterias.

Na Figura 6 ( ver também Anexo 3) mostra-se os detalhes do projeto de codificação das várias bilheterias.

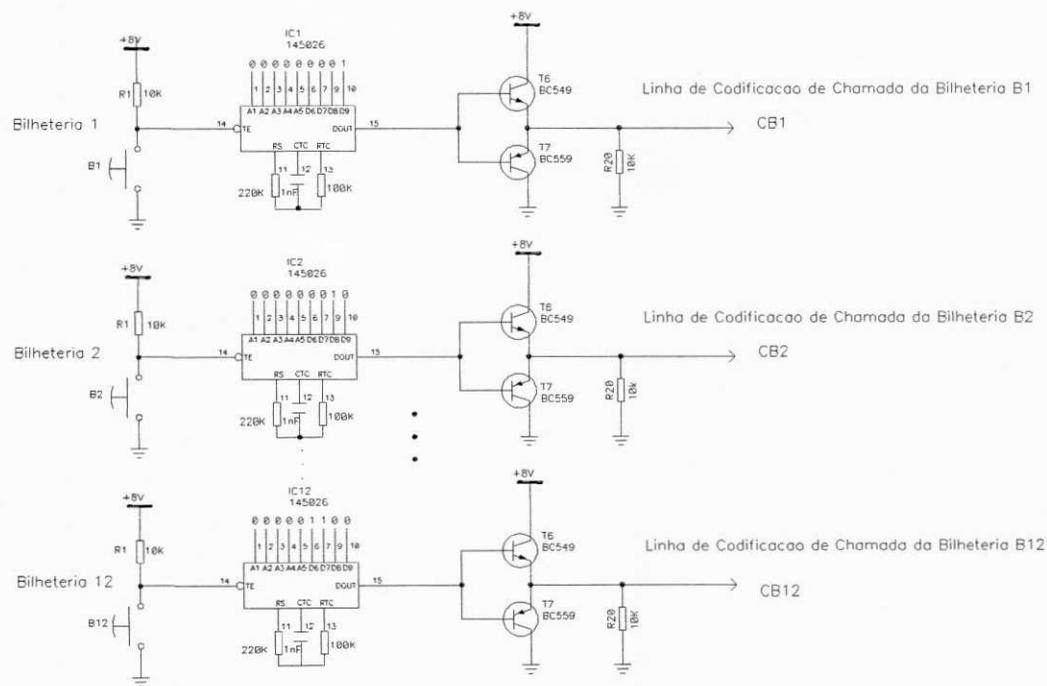


Figura 6 - Projeto de Codificação de Chamada das Bilheterias

Portanto fixou-se:

- Endereço do decodificador  $\Rightarrow (A1 A2 A3 A4 A5) = (0 0 0 0 0)$
- Bilheteria B1  $(D6 D7 D8 D9) = (0001)$
- Bilheteria B2  $(D6 D7 D8 D9) = (0010)$
- Bilheteria B3  $(D6 D7 D8 D9) = (0011)$
- $\vdots$
- Bilheteria B12  $(D6 D7 D8 D9) = (1100)$

Como a largura de pulso mínima de  $\overline{TE}$  corresponde à três períodos do oscilador, cuja frequência é de 4 kHz, ou seja,  $P_{w_{min.}} = 750 \mu s$ ; não houve necessidade de se ter um monoestável para gerar a transição de descida de  $\overline{TE}$ . Assim, a transição de descida de  $\overline{TE}$  é gerada quando aperta-se o botão  $B_i$  de requisição de chamada, iniciando-se, assim, a transmissão do código correspondente à Bilheteria  $B_i$ , a transmissão da chamada codificada.

Como as Bilheterias podem estar afastadas por vários metros da Supervisão, foi colocado no pino de saída de dados do MC145026 ( Pino 15- DO) um arranjo de transistores tipo “*push-pull*” que atua como “*driver*” de corrente.

Uma alternativa mais econômica ( em termos de quantidade de cabos entre Bilheteria e Supervisão) para a interligação das Bilheterias à Supervisão, é mostrada na Figura 7. Contudo, as especificações de projeto da APEL, não permitindo qualquer interligação entre as Bilheterias, descarta, portanto, o uso do interligação mostrada na Figura 7.

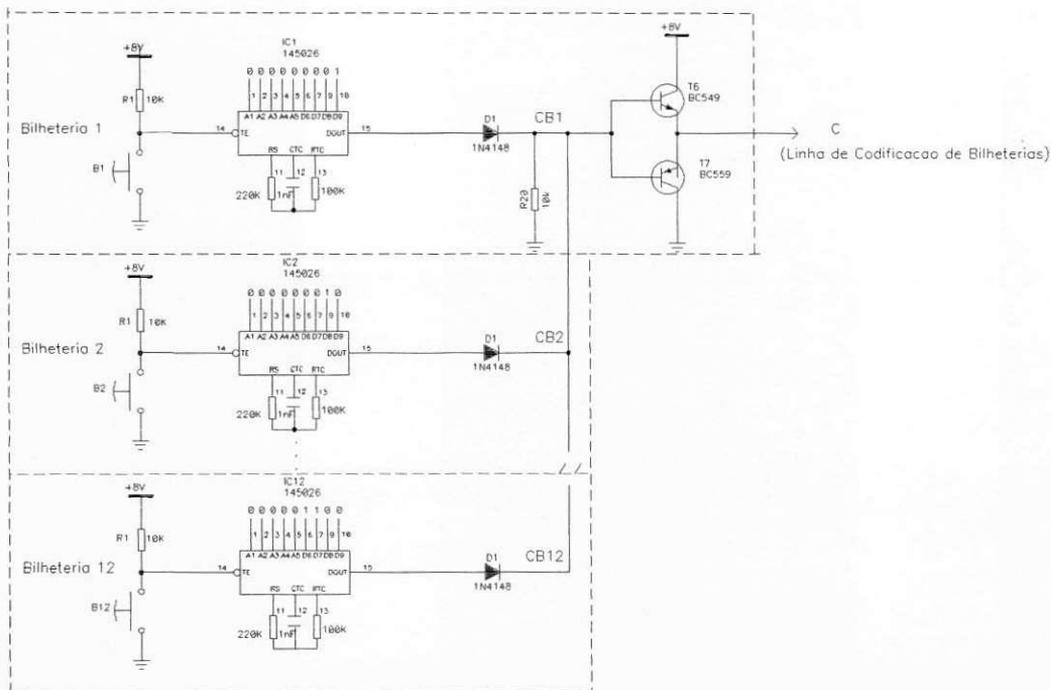


Figura 7 - Interligação alternativa das Bilheteria à Supervisão

#### 4.1.2 Alarme Bi

Os circuitos para gerar o Alarme Bi (sinal ABi) envolvem um Flip-flop tipo D e um Monoestável, e os detalhes encontram-se no Anexo 4.

Quando o bilheteiro Bi pisa no pedal, ocorre uma transição de subida no clock do flip-flop (IC 2 - A), provocando a subida de sua saída Q ( $ABi = 1$ ), que será transmitida para a Supervisão, onde o alarme Bi é acionado. O monoestável (IC 3 - A) está configurado para ser sensível à subida de pulso de RBi e, quando o supervisor reconhece o alarme, a  $\uparrow RBi$  faz o monoestável gerar um pulso positivo na saída Q, que reseta o flip-flop, desativando o alarme ( $ABi = 0$ ).

Tomou-se o cuidado de introduzir-se uma “malha RC” para resetar automaticamente o flip-flop após ser ligada a alimentação do circuito ( *Reset power-up* ), e de colocar-se um “driver” de corrente na saída do flip-flop.

Obs.: O pedal na verdade é um “reed relay”.

#### 4.1.3 Audio-Gate Bi, Audição Bi e Sinalização Visual Livre/Ocupado

Os circuitos projetados para gerar os sinais de Audio-Gate Bi e de Audição Bi, bem como a Sinalização Visual de Livre/Ocupado, encontram-se no Anexo 4.

O bilheteiro Bi ao alarmar, gera além de  $ABi = 1$  ( saída Q do IC 2 - A), os sinais: Audio-Gate Bi = 1 e Audição = 0 ( nas saídas do IC 4-B, Anexo 4), que servem respectivamente para “desativar” o alto-falante da Bilheteria Bi e para aumentar o ganho do sinal de áudio que a Supervisão recebe da Bilheteria Bi.

O sinal de Audição Bi deve permanecer em nível baixo ( Audição Bi = 0 ) enquanto durar a situação de alarme, ou seja, enquanto o supervisor mantiver a chave correspondente a Bi fechada ( $RBi = 1$ ). Portanto, deve-se usar um “monoestável” sensível à  $\downarrow RBi$ , para resetar o flip-flop e provocar a  $\uparrow$ Audição Bi, quando o supervisor abrir a chave Bi.

Pensou-se inicialmente em utilizar o monoestável 4538 na configuração sensível à descida de  $RBi$ , mas pelos motivos que serão citados a seguir, o seu uso foi descartado. O fechamento da chave não gera uma única transição de subida de  $RBi$ , ao contrário, são gerados vários pulsos extras (de subida e de descida) durante a transição de  $RBi$  do nível baixo para alto, até que  $RBi$  se estabilize em  $RBi = 1$ . Esse fenômeno é conhecido como “*switch bounce*” e é ilustrado na Figura 8.

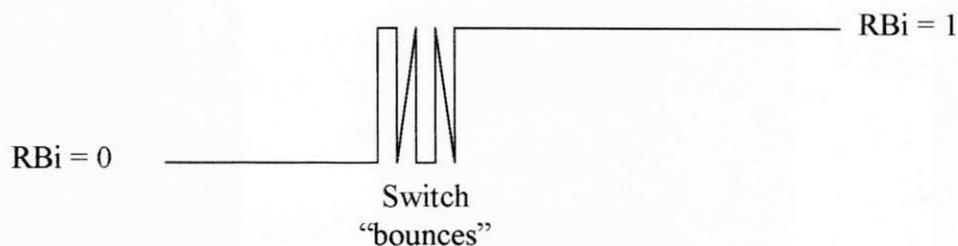


Figura 8 - "Bounces" em RBi ocasionados pelo fechamento da chave

Na Figura 8, nota-se que o "bounce" criado pelo fechamento da chave, provoca em RBi vários pulsos de descida de curta duração. O problema ocorreu pois algum(s) desses pulsos de descida em RBi, tinha duração suficiente para gatilhar o monoestável 4538, cuja largura de pulso de entrada mínima está na faixa de 30 à 60 ns; e isto conseqüentemente, provocava um erro no funcionamento do circuito, já que o sinal Audição Bi assumiria automaticamente nível alto já no fechamento da chave.

Optou-se, então, pelo arranjo do flip-flop tipo D com rede de atraso RC entre as entradas SET e RESET (IC4 - A), para gerar um pulso positivo apenas quando o supervisor abre a chave, ou seja, apenas quando  $\downarrow$ RBi. Os detalhes deste arranjo encontram-se no Anexo 4.

Os gráficos de temporização do arranjo do flip-flop (IC 4 - parte A) com rede de atraso RC, que atua como um monoestável sensível à transição de descida, são dados abaixo, na Figura 9.

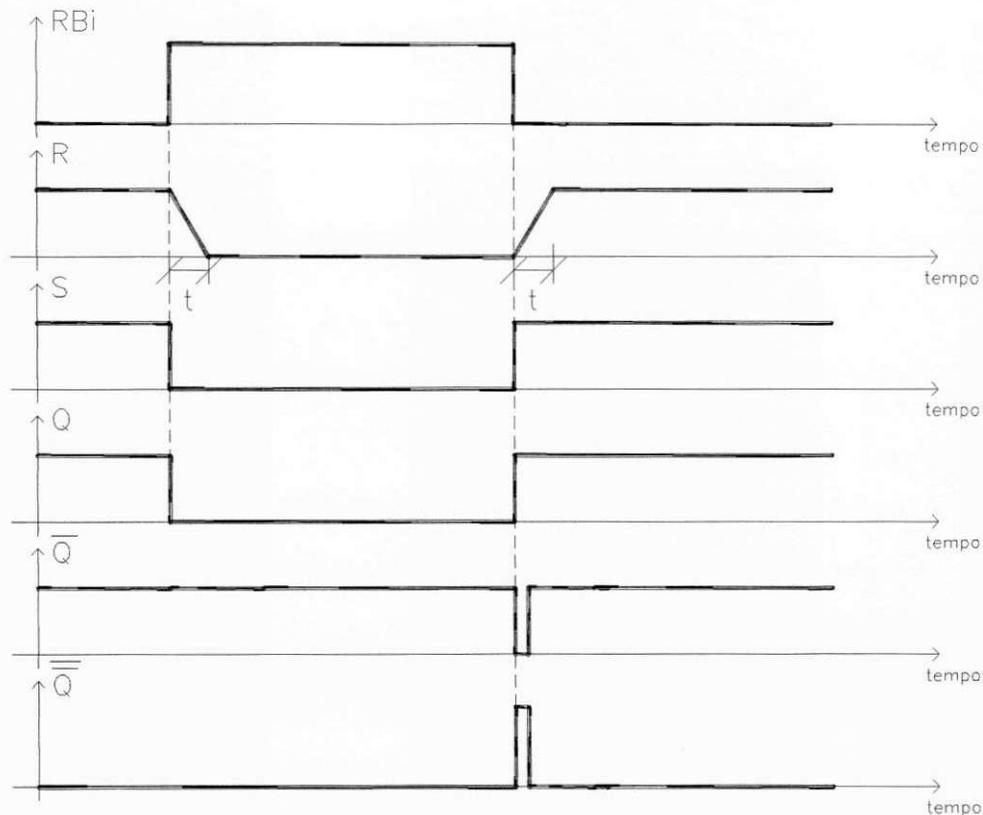


Figura 9 - Temporização de Flip-flop IC4 - Parte A - Equivalente a um Monoestável Sensível à Transição de Descida

De acordo com a explanação do tópico 4.(Modo de Comunicação e Modo de Alerta), o sinal Audio-Gate Bi deve permanecer em nível alto (Audio-Gate Bi = 1) enquanto:

- Os híbridos estão desconectados no Modo de Comunicação, ou
- O supervisor mantiver a chave Bi fechada ( $RBi = 1$ ) no Modo de Alerta

Então, o desejado sinal Audio-Gate Bi foi gerado pela operação lógica OR (implementada com diodos) entre a saída Q do IC 4 - parte B e a entrada SET do IC 4 -parte A.

Os gráficos de temporização de Audio-Gate Bi e de Audição Bi, são dados na Figura 10.

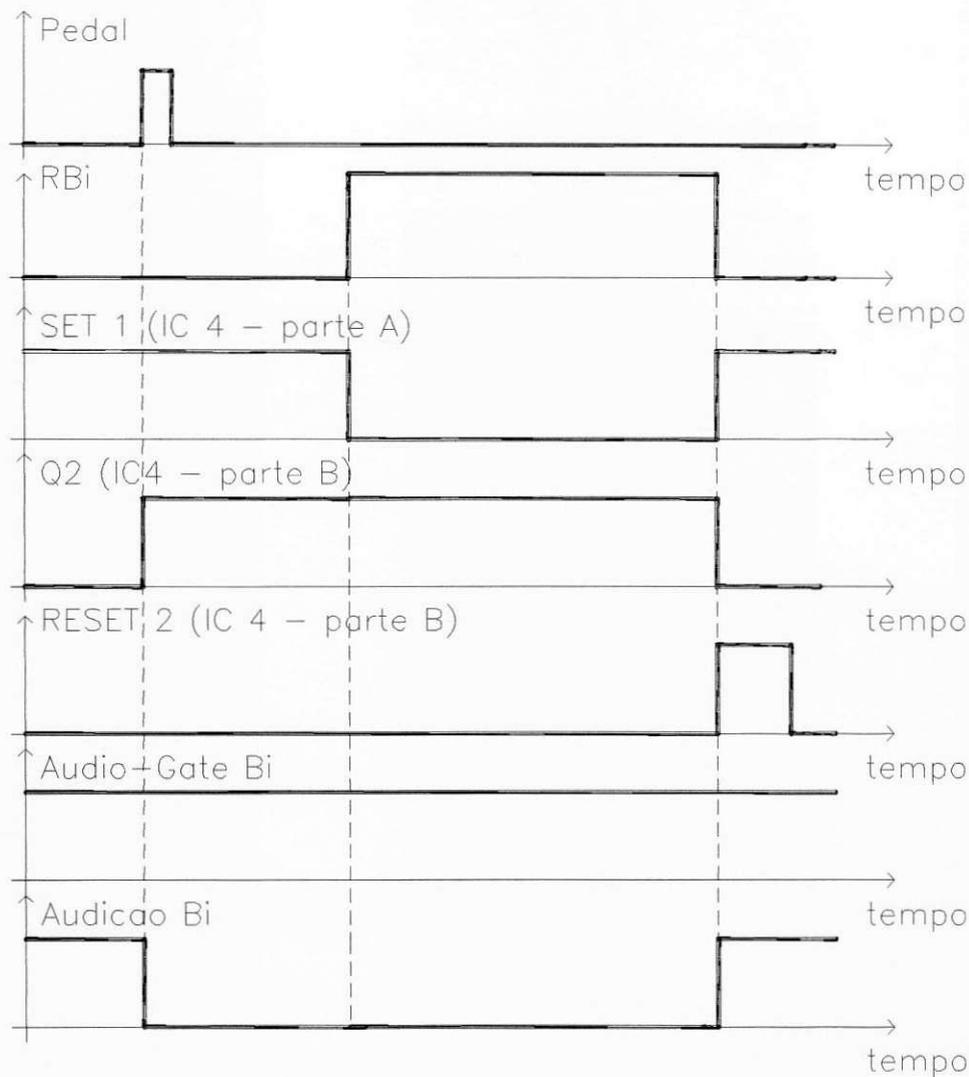


Figura 10 - Temporização de Audio-Gate Bi e Audição Bi (durante Alarme Bi).

A sinalização visual de linha Livre/Ocupado é feita por um par de leds (ver Anexo 4). O sinal Livre/Ocupado é aplicado à base de dois transistores ( um NPN e outro PNP) que operam como “chaves” e controlam o acendimento alternado do par de leds. Quando  $L/O = 0$  (linha livre), led livre (amarelo) acende, enquanto que o led ocup. (vermelho) está apagado. Inversamente, quando  $L/O = 1$  (linha ocupada), acende o led vermelho e apaga led amarelo.

Toda a temporização de sinalização pode ser resumida pela Figura 11.

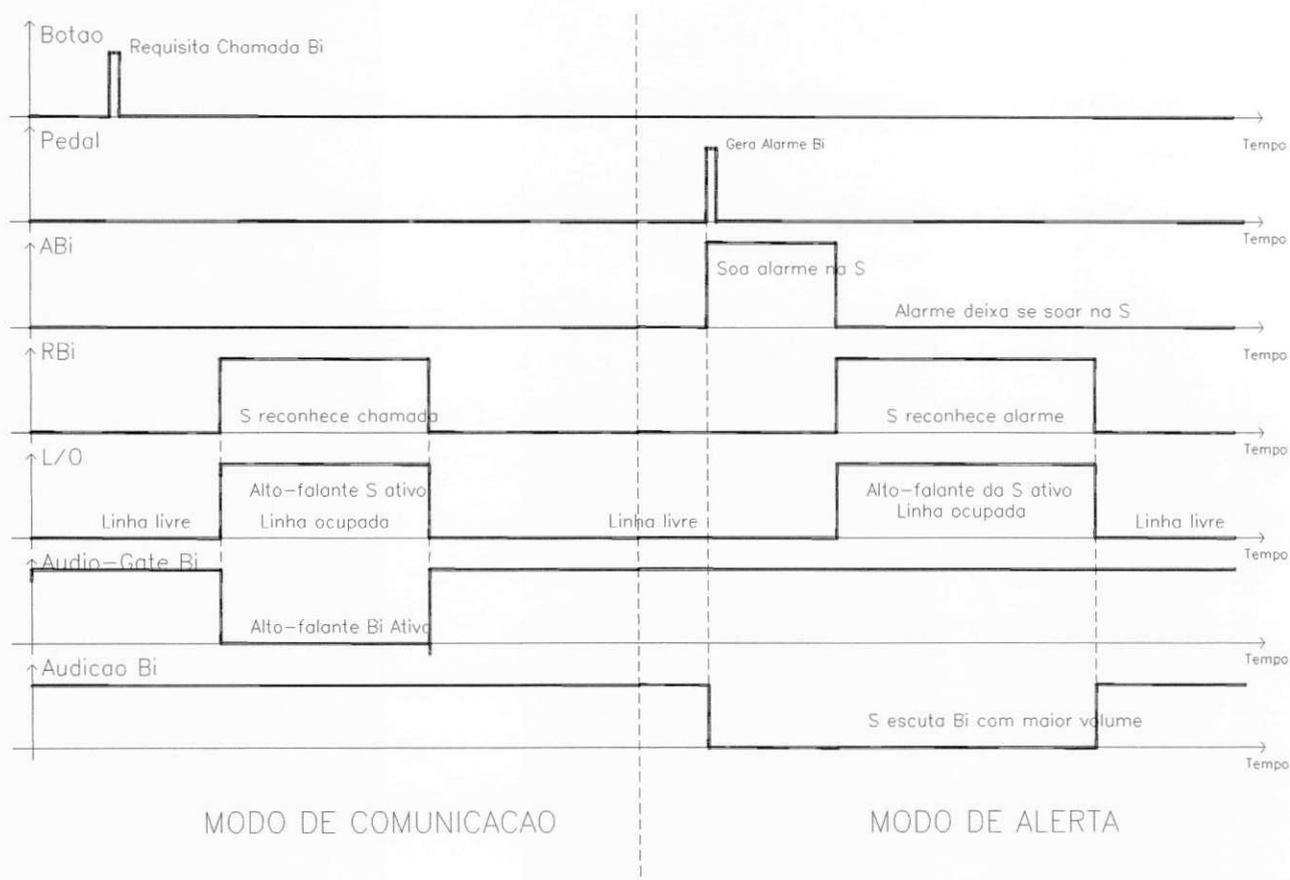


Figura 11 - Diagrama Geral de Temporização de Sinalização de Bilheteria Bi.

## 4.2 Sistema de Sinalização da Supervisão

Analisando o circuito o diagrama de blocos apresentado na Figura 5, observa-se que o sistema de sinalização da Supervisão é constituído pelos blocos:

- Decodificação de Chamadas
- Chaves e Sinalização Visual de Chamadas e de Alarmes
- Som de Chamada e Som de Alarme

A descrição desses blocos é apresentada nos tópicos 4.2.1 a 4.2.3.

### 4.2.1 Decodificação de Chamadas

Para efetuar a decodificação de chamadas foi utilizado o CI MC145027 (IC 1 - Anexo 7), que é um decodificador que recebe a palavra-código serial enviada pelo CI MC145026 (na Bilheteria Bi), e se a palavra-código for válida, ele fornece em sua saída os dados contidos nela.

A transmissão de dados, consiste em duas palavras-códigos idênticas, cujos bits são examinados um a um durante a recepção. Os primeiros cinco dígitos são assumidos como endereço (se for assumido dados binários implica em 32 endereços possíveis). Se o endereço recebido é igual ao endereço local (A1 A2 A3 A4 A5 ) definido no decodificador (MC145027), os próximos quatro dígitos ( no caso os dados que identificam a Bilheteria Bi) são armazenados internamente, mas não são transferidos para a saída. Quando a segunda palavra-código é recebida, o endereço é novamente verificado. Se houver correspondência, os novos bits de dados são comparados com os armazenados anteriormente e, se forem iguais, estes dados são transferidos para o *latch* de saída de dados (D6 D7 D8 D9) do decodificador, e aí permanecem, até que uma nova palavra-código seja recebida. Simultaneamente, a saída VT - *valid transmission* - sofre uma transição de subida e permanece em nível alto até que um

erro seja recebido ou até que nenhum sinal de entrada seja recebido por quatro períodos de dados.

Na codificação de Chamada Bi, os cinco primeiros bits da palavra-código enviada são os bits de endereço, no caso (00000). Portanto, o endereço local do MC 145027 deve ser  $(A1 A2 A3 A4 A5) = (00000)$ .

No MC145027, os pinos 6 e 7, aceitam respectivamente um resistor  $R_1$  e um capacitor  $C_1$ , que são usados para determinar se foi recebido um pulso longo ou curto. A constante de tempo  $R_1 \times C_1$  deve ser ajustada para 1.72 períodos do *clock* do codificador, ou seja,  $R_1.C_1 = 3.95.R_{TC}.C_{TC}$ . Utilizou-se  $R_1 = 390 \text{ K}\Omega$  e  $C_1 = 1000 \text{ pF}$ . Também são usados (no pino 10) um resistor  $R_2$  e um capacitor  $C_2$  para detectar o fim de uma palavra recebida e o fim de uma transmissão. A constante de tempo  $R_2.C_2$  deve ser igual a 33.5 períodos do *clock* do codificador, ou seja,  $R_2.C_2 = 77.R_{TC}.C_{TC}$ . Utilizou-se  $R_2 = 770 \text{ k}\Omega$  e  $C_2 = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$ .

No Anexo 7 mostra-se detalhes do circuito de decodificação de chamadas. As linhas de chamada codificada (C*Bi*) são as entradas de uma porta OR (construída com diodos). Nota-se que o decodificador MC145027 só receberá uma palavra-código quando o sinal L/O = 0 (linha livre).

Como são 12 bilheterias, necessitou-se usar um decodificador de 4:16 (CD4514 - IC3), nas saídas de dados do MC145027. As entradas do 4514 foram acopladas às saídas do MC145027 através de portas AND ( IC 2 - 4081), que são “habilitadas” pelo sinal VT do MC145027. O decodificador 4:16 é habilitado ou pelo sinal VT, ou pelo sinal “Reset do Decodificador”. Deve-se ressaltar que o sinal “Reset do Decodificador” é um pulso positivo gerado quando L/O sofre uma transição de descida, ou seja, na abertura da chave Bi (Maiores detalhes sobre o circuito de Reset do Decodificador estão no Anexo 9).

Assim, quando o bilheteiro Bi aperta o botão de requisição de chamada, o MC145027 recebe uma palavra-código válida (que identifica a bilheteria Bi), e transfere os dados da mesma para seu latch de saída (D6 D7 D8 D9), e aí os mantém até receber até que ocorra uma outra transmissão válida. Durante o tempo de duração do pulso positivo na saída VT (ocasionado pela recepção válida), as portas AND transferem os dados de Bi (D6 D7 D8

D9 do IC1) para as entradas do decodificador 4:16 (D4 D5 D6 D7 do IC3), e este por estar habilitado enquanto  $VT = 1$ , ativa uma de suas saídas de acordo com o dado presente em suas entradas, ou seja,  $S_{Bi} = 1$ . Como será visto no próximo tópico, o led correspondente a  $B_i$  começa a piscar quando  $S_{Bi} = 1$ . O supervisor, então fecha a chave  $B_i$  ( o led fica aceso permanentemente) para iniciar a comunicação de áudio. Enquanto a chave  $B_i$  está fechada, qualquer outra chamada codificada é bloqueada, pois  $L/O = 1$ . Quando o supervisor encerra a comunicação, abrindo a chave  $B_i$ , é gerado o pulso positivo no sinal de “Reset de Decodificador”, que habilita o decodificador 4:16, cujas entradas estão todas em nível baixo, já que  $VT = 0$ . Portanto, a abertura da chave  $B_i$  provoca o *reset* do decodificador 4:16, e o conseqüente apagamento do led  $B_i$ .

Observações:

- Se as saídas de dados do MC145027 (D6 D7 D8 D9) fossem conectadas diretamente às entradas do decodificador 4:16 (D C B A) com  $ST = 1$ , ou seja, sem o esquema para resetar o decodificador 4:16; quando o supervisor abrisse a chave  $B_i$  para finalizar a comunicação, o led  $B_i$  voltaria a piscar, já que o MC145027 mantém os dados recebidos no latch de saída até receber um novo dado, ou seja, o led  $B_i$  continuaria piscando, mesmo depois de encerrada a comunicação, até que outra bilheteria  $B_i$  requisitasse nova chamada.
- Como no tópico 4.1.3, não pode-se utilizar o monoestável 4538 para gerar o pulso positivo do sinal de “Reset de Decodificador” na abertura da chave  $B_i$ , devido ao “bounce” da chave (ver Anexo 9).

#### 4.2.2 Chaves e Sinalização Visual de Chamada e de Alarme

Maiores detalhes sobre os circuitos de chaves e de sinalização visual de chamada e de alarme, encontram-se no Anexo 8.

Utilizou-se na Supervisão chaves duplas de teclas que servem para reconhecer chamada ou alarme e para conectar fisicamente o híbrido da Supervisão com o híbrido da

bilheteira Bi. Quando a chave Bi está em posição normal (“aberta”) o sinais da linha de reconhecimento da bilheteria Bi e da linha de sinalização de Livre/Ocupado estão em níveis baixos ( $R_{Bi} = 0$  e  $L/O = 0$ , pois estas linhas estão conectadas ao terra) e, o híbrido da Supervisão está desconectado fisicamente do híbrido da bilheteria Bi. Já quando a chave está “fechada”, as linhas de reconhecimento Bi e de Livre/Ocupado são conectadas a +Vcc ( $R_{Bi} = 1$  e  $L/O = 1$ ), e o híbrido da Supervisão é conectado ao híbrido da bilheteria Bi.

O circuito da sinalização visual de chamada Bi ou de alarme Bi é formado por um transistor ( $T_i$ ) que atuando como chave comanda o acendimento de led Bi, de acordo com o nível de tensão que é aplicado à sua base. A tensão de polarização do coletor do transistor ( $T_i$ ) é feita, ou por um oscilador de onda quadrada de 2 Hz (quando a chave Bi está aberta), ou pela própria tensão de alimentação (quando a chave Bi está fechada). A base do transistor recebe o sinal da saída do decodificador 4: 16 (IC 3 - Anexo 7) correspondente à chamada de Bi ( $S_{Bi}$ ), o sinal de alarme da bilheteria Bi ( $A_{Bi}$ ) e o sinal de reconhecimento da bilheteria Bi ( $R_{Bi}$ ).

Durante o modo de chamada da bilheteria Bi, a saída  $S_{Bi}$  do decodificador de 4:16 (Anexo 7 - IC 3) estará setada, provocando a condução do transistor  $T_i$  e fazendo o led Bi piscar numa frequência de 2 Hz. Quando o supervisor reconhece a chamada Bi, ou seja, quando a chave Bi é fechada, o led Bi fica aceso continuamente. Quando o supervisor abre a chave Bi (encerrando a comunicação), a transição de descida do sinal L/O reseta o decodificador 4: 16, ou seja, o led Bi apaga pois o transistor corta ( $S_{Bi} = 0$  aplicada à base).

Durante o modo de alerta da bilheteria Bi, o sinal de alarme Bi estará em nível alto ( $A_{Bi} = 1$ ), provocando a condução do transistor e conseqüentemente fazendo o led piscar em 2 Hz. Quando o supervisor reconhece o alarme Bi, o led fica aceso continuamente e há a transição de subida do sinal de reconhecimento Bi ( $R_{Bi} = 1$ ), que provoca o reset do alarme Bi tanto na Supervisão quanto na bilheteria Bi, assim  $A_{Bi} = 0$ . No entanto, o transistor continua conduzindo (led aceso), pois sua base também recebe o sinal  $R_{Bi}$ , que permanece em nível alto enquanto a chave Bi estiver fechada. Quando o supervisor abre a chave para finalizar a comunicação, o led apaga, já que  $R_{Bi} = 0$ .

### 4.2.3 Som de Chamada e Som de Alarme

O som de chamada foi projetado para gerar dois tons, cujas frequências são de aproximadamente 440 Hz e 580 Hz. O circuito é constituído por um oscilador de 2 Hz construído a partir de dois inversores (IC5) e por um oscilador de onda quadrada ( oscilador de relaxação implementado com amplificador operacional TL072- IC9-A); os detalhes destes circuitos encontram-se no Anexo 10.

Para fazer o oscilador de relaxação gerar dois tons de frequência foi colocado um transistor (T15) operando como chave, que “define” o valor da resistência ligada entre a entrada não-inversora ( do IC9-pino 3) e o terra. Assim, quando o transistor satura a resistência é de  $6k8\Omega$  e gera-se 580 Hz; e quando o transistor corta a resistência é de  $(6K8 + 2K7)\Omega$  e gera-se 440 Hz. A operação do transistor (como chave) é controlada pelo oscilação de 2 Hz (oscilador de relaxação implementado com portas inversoras - IC5) que é aplicada à base do transistor.

Colocou-se também na saída do oscilador de relaxação implementado com amplif. operacional (IC9-A), um filtro passa-baixa com frequência de corte em 580 Hz, para tornar o som mais “agradável”. A saída deste oscilador foi conectada à entrada inversora do amplificador de potência do sistema híbrido da Supervisão ( IC3-B, Anexo 6).

Nota-se que a entrada inversora do oscilador de relaxação (IC3-A), está conectada à saída Q de um Flip-flop tipo D ( IC6-A) gatilhado pelo sinal de “Transmissão válida”- VT. Como normalmente  $\overline{Q} = 1$ , então, o oscilador é impedido de oscilar. Portanto, quando o bilheteiro Bi aperta o botão de requisição de chamada, esse sinal de chamada codificada é decodificado na Supervisão e o decodificador MC145027 emite  $\overline{VT} = 1$ . Essa transição de subida de VT gatilha o flip-flop e provoca  $\overline{Q} = 0$ , ou seja, permite a oscilação, e conseqüentemente escuta-se o som de chamada. O som de chamada cessa quando o supervisor reconhece a chamada, ou seja, quando  $L/O = 1$ , resetando o flip-flop ( $\overline{Q} = 1$ ).

O som de alarme é ativado por um flip-flop tipo D (IC6-B). Esse flip-flop é gatilhado pela transição de subida na saída de uma porta OR (implementada com diodos), cujas entradas são todos os sinais de alarme das n bilheteria (ABi ‘s). Portanto, quando o bilheteiro

Bi pisa no pedal, ocorre  $\uparrow$ ABi e o conseqüente gatilhamento do flip-flop na Supervisão, ativando assim o som de alarme.

## 5. Sistema de Sinalização ( Projeto por Microcontrolador)

O sistema de sinalização foi projetado com Microcontrolador 8051, um dos mais populares do mercado. Tal microcontrolador possui uma arquitetura de 8 bits e clock típico de 12Mhz, possui 4 portas de I/O de 8 bits cada, bits esses individualmente endereçáveis, dois temporizadores/contadores de 16 bits; oscilador de clock interno, canal de comunicação serial full-duplex, memória interna de programa de 4kbytes ( podendo ser expandida externamente para 64kbytes) e 128bytes internos de RAM (também expansível a 64kbytes externamente).

O projeto consiste em uma supervisão e no máximo 12 bilheterias conectados por uma rede de dados ( comunicação entre os microcontroladores ), e uma linha de comunicação ( sistema híbrido ) que é comum a todas as bilheterias e à supervisão, mas que deve ser usado por no máximo uma bilheteria de cada vez.

A rede de dados tem topologia em anel, é unidirecional e funciona do seguinte modo: cada bilheteria recebe os dados vindos da rede, caso seja o destino fica com os dados, caso contrario transmite os dados para o próximo nó da rede.

Esta topologia adotada além de ser muito simples na implementação, possui as seguintes características:

- Boa velocidade - Como na topologia em anel o canal de comunicação está sempre livre quando se quer transmitir, não se perde tempo esperando que outras bilheterias liberem o canal.
- Fácil montagem - As bilheterias se ordenam automaticamente na inicialização do sistema, levando em consideração a ordem com que foram montadas na rede. Portanto, todas as bilheterias possuem o mesmo software, facilitando a manutenção.
- Caso ocorra falha em alguma bilheteria  $B_i$ , o sistema torna-se inoperante da bilheteria  $B_i$  em diante. Precisa-se de intervenção humana para descobrir a bilheteria com problema.

Obs : Uma das alternativas para a rede em anel, seria a rede em estrela pois a mesma possui maior tolerância à falhas de bilheterias. Mas por outro lado, o software seria mais complicado, porque não seria possível a utilização do canal serial do microcontrolador 8051, o canal serial teria que ser feito via software ( para 11 bilheterias ), o que acarretaria sobrecarga de processamento e aumento do hardware ( já que não teria-se número de portas de I/O suficientes ).

A sinalização de informações que se dá pela rede de dados, tem por objetivo, manter a supervisão sempre atualizada sobre o estado das bilheterias, e permitir sua comunicação com a bilheteria desejada.

O diagrama da rede de dados em anel é mostrado na Figura 12.

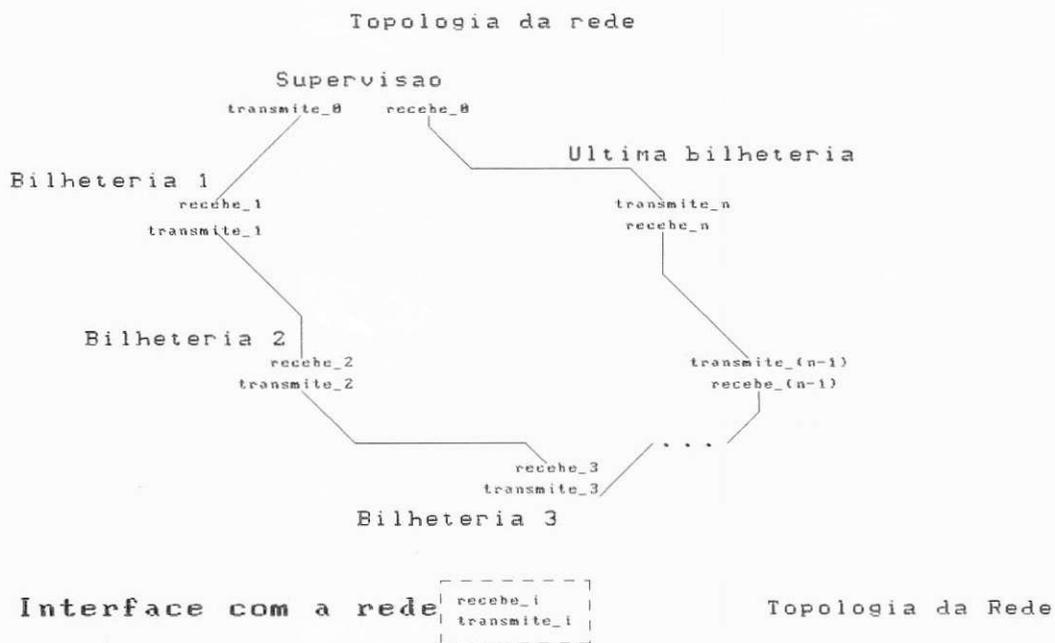


Figura 12 - Diagrama da rede de dados em anel

O circuito da supervisão mostrado na Figura 14, consiste do microcontrolador, memória externa, e dois registradores de 8 bits para aumentar o número de portas de saída do sistema.

As portas de saída adicionais são utilizadas para o acionamento de Leds que identificam as bilheterias, sendo que as portas de I/O do microcontrolador são utilizadas na leitura dos botões, que selecionam a bilheteria a se comunicar com a supervisão.

A supervisão possui dois modos de operação: modo de chamada e modo de alerta.

No modo de chamada, quando uma bilheteria requisita comunicação, na supervisão, seu LED correspondente pisca na frequência de 0,8Hz e gera-se um som de chamada de dois tons ( $f = 1,1\text{kHz}$  e  $f = 0\text{Hz}$ ) trocados em 1,6Hz. A temporização do LED e do som é gerada pelo microcontrolador.

No modo de alarme, quando uma bilheteria alarma, na supervisão, seu LED correspondente pisca na frequência de 1,6Hz e gera-se um som de chamada de dois tons ( $f = 2,3\text{kHz}$  e  $f = 1,1\text{kHz}$ ), trocados em 1,6Hz. A temporização do LED e do som é gerada pelo microcontrolador.

A estrutura lógica do software do supervisor é resumida no diagrama mostrado na figura 13.

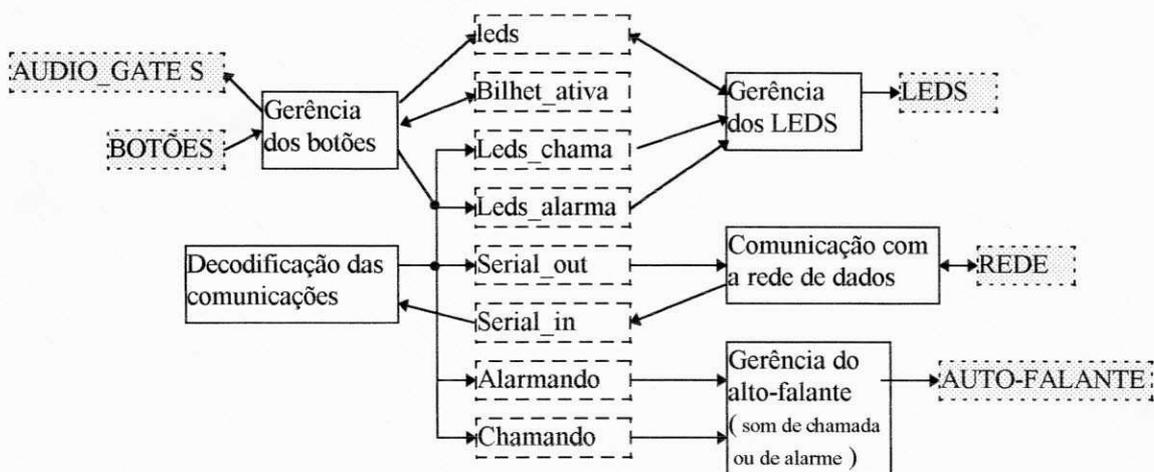


Figura 13 - Estrutura lógica do software da supervisão

Onde:

• Variáveis:

leds - espelho, na memória, do estado dos leds.

Leds\_chama - bilheterias que estão pedindo comunicação.

Leds\_alarma - bilheterias que estão alarmando.

Bilheteria\_ativa - bilheteria que esta ativa ( se comunicando ).

Alarmando - indica se o alarme deve soar.

Chamando - indica se o som de chamada deve soar.

Serial\_out - lista de comandos para serem transmitidos.

Serial\_in - lista de comandos recebidos, mas ainda não processados.

• Procedimentos ( em ordem de prioridade ):

Comunicação com a rede - < por interrupção >

- Adiciona em serial\_in comandos recebidos da rede

- Transmite comandos em serial\_out para a rede

Gerência do alto-falante - < pelo temporizador a cada 0.217mseg >

- Controla o alto-falante para obter sons de chamada ou de alarme

Gerência dos LEDS - < pelo temporizador a cada 300mseg >

- Controla os LEDS, diferenciando a bilheteria que chama da que alarma pela frequência dos LEDS.

Decodifica comunicações - < processamento em background >

- Decodifica os comandos em serial\_in e atualiza o sistema (alarmando, chamando, colocando comandos de reconhecimento em serial\_out, atualizando o estado das bilheterias).

Gerência dos botões - < processamento em background >

- Ler os botões, atualizando a bilheteria ativa, desativando o alto-falante (som de alarme - som de chamada), controlando audio-gate S, e colocando comandos em serial\_out para ativar a bilheteria correspondente.

Obs: Na Figura 13, os blocos em cinza correspondem à parte física do sistema.

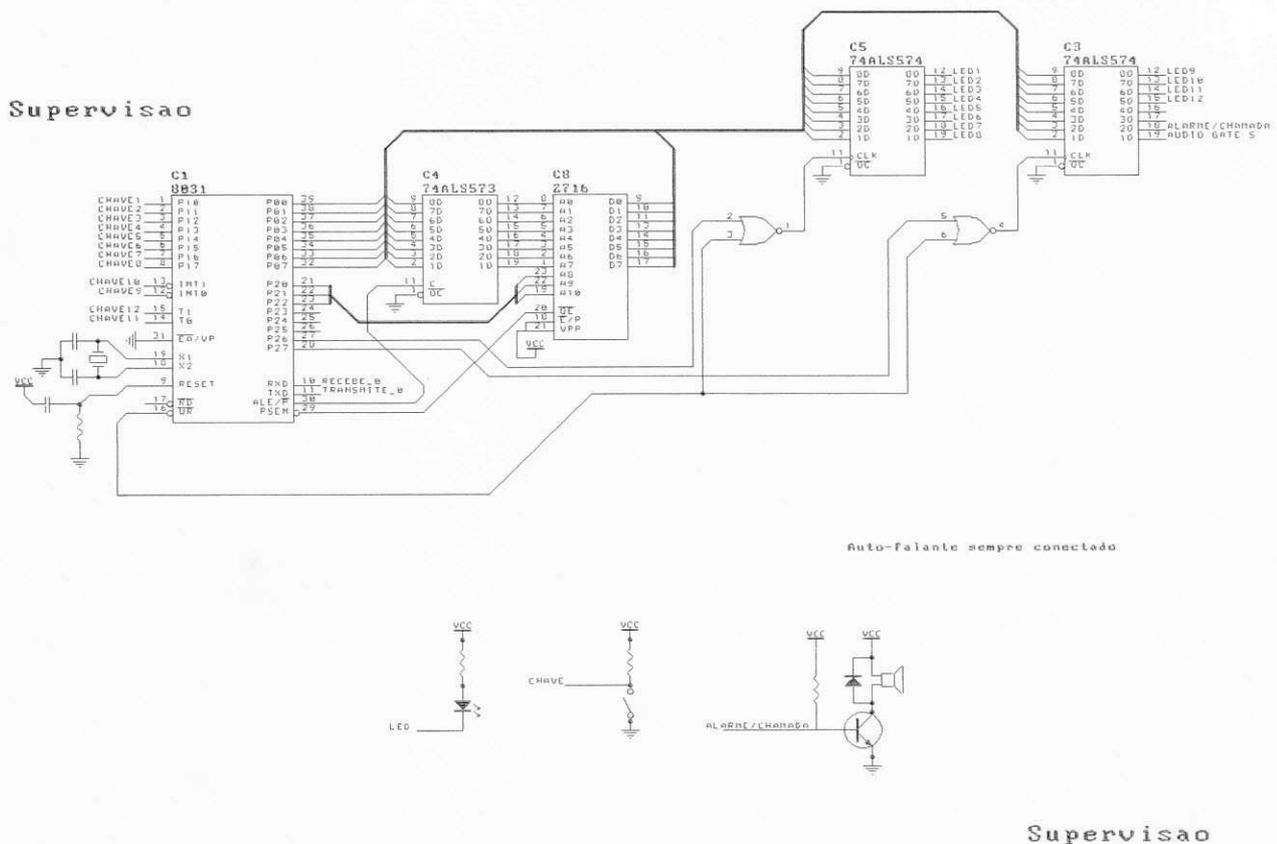


Figura 14 - Circuito da supervisão

O circuito da bilheteria, mostrado na figura 16, consiste do microcontrolador e de memória externa. Os LEDs, botões e relés são conectados a portas de I/O do controlador, e o canal serial é utilizado para a interface com a rede de dados.

Os botões são utilizados para o pedido de comunicação e para a ativação do alarme que é transmitido para a supervisão pela rede. O LEDs indicam o estado da linha de comunicação e se a bilheteria esta na fila da supervisão para se comunicar. Além disso, o microcontrolador controla os sinais de Audio-Gate Bi, Audição Bi e o relé que realiza a conexão física entre o híbridos da bilheteria e o da supervisão ( sistema de comunicação de áudio).

A estrutura lógica do software da bilheteria é resumida no diagrama mostrado na figura 15.

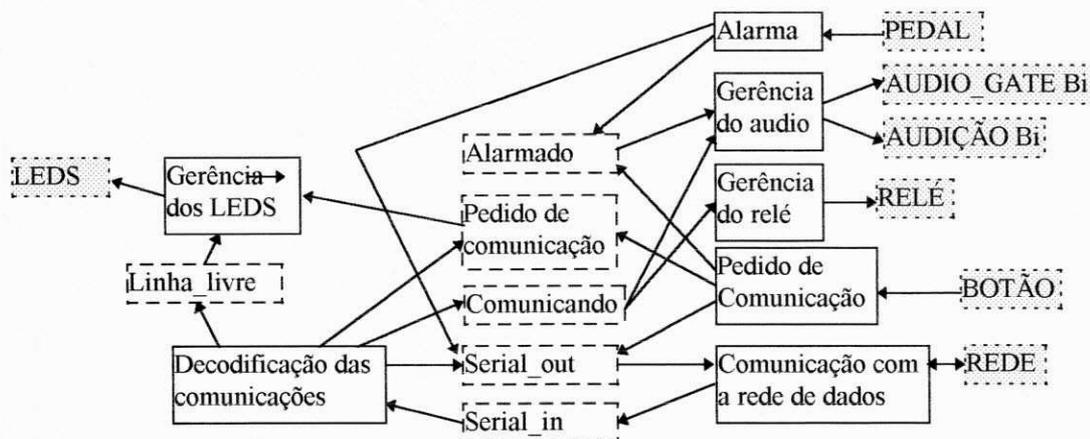


Figura 15 - Estrutura lógica do software da bilheteria

Onde:

•Variáveis:

Alarmado - sinaliza se a bilheteria está em modo de alarme.

Pedido de comunicação - sinaliza se a bilheteria pediu comunicação ao supervisor e ainda não foi atendida.

Comunicando - sinaliza se a bilheteria está se comunicando com a supervisão.

Linha livre - sinaliza o uso da linha de comunicação de áudio.

Serial\_out - lista de comandos para serem transmitidos.

Serial\_in - lista de comandos recebidos, mas ainda não processados.

• Procedimentos ( em ordem de prioridade ):

Comunicação com a rede - < por interrupção >

- Adiciona em serial\_in comandos recebidos da rede

- Transmite comandos em serial\_out para a rede

Gerência dos LEDS - < processamento de background >

- Controla os LEDS, sinalizando o uso da linha e o pedido de comunicação.

Decodificação das comunicações - < processamento em background >

- Decodifica os comandos em serial\_in e atualiza o sistema ( colocando comandos de reconhecimento em serial\_out, atualizando o estado da bilheteria).

Pedido de comunicação - < processamento em background >

- Ler o botão, e sinaliza o pedido de comunicação, e colocando comando em serial\_out para o pedido de comunicação da bilheteria com a supervisão.

Gerência do relé - < processamento em background >

- Controla o relé, conectando o híbrido da bilheteria à linha de comunicação( apenas quando a bilheteria estiver em comunicação).

Observação: existe um relé conectando cada bilheteria à linha de comunicação de áudio.

Gerência do áudio - < processamento em background >

- Controla o híbrido quando a bilheteria estiver em modo de alarme, desativando o som de seu alto-falante (técnica de Audio-Gate Bi) e aumentando o ganho de seu amplificador de linha (técnica de Audição Bi).

Alarma - < por interrupção >

- Ler o pedal, e atualiza a bilheteria em modo de alarme, sinalizando para a supervisão o alarme.

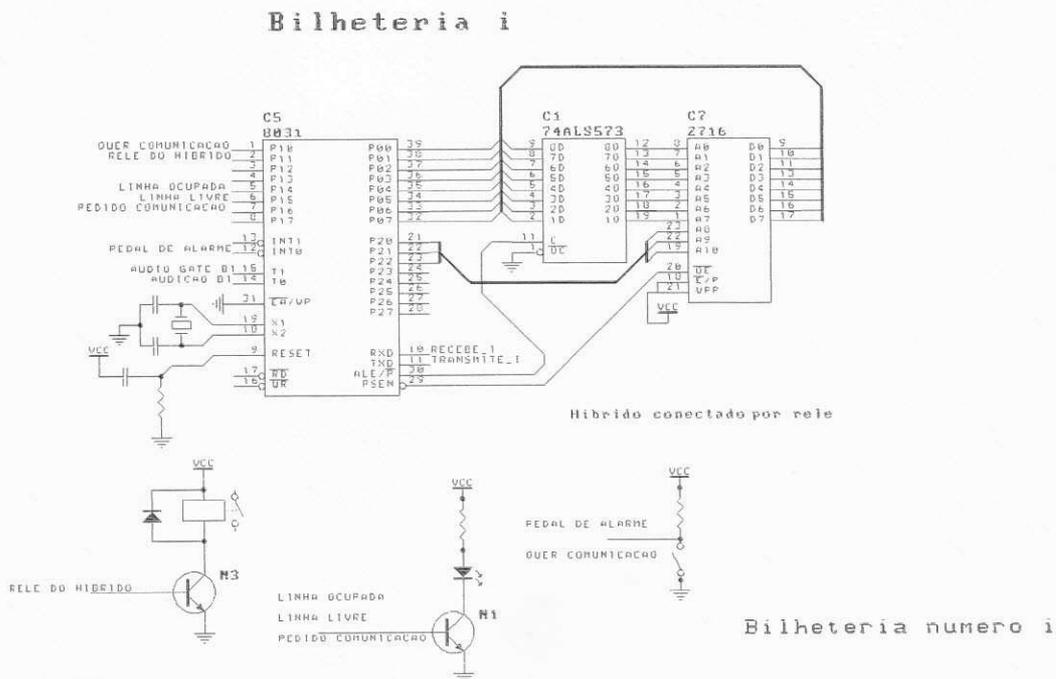


Figura 16 - Circuito da bilheteria

• **Comparação entre os projetos: Projeto Microcontrolado versus**

**Projeto Digital**

**1)**

- No projeto por lógica digital são necessários um total de 96 fios entre as 12 bilheterias e a supervisão, já que par cada bilheteria necessita-se de 8 fios (C*Bi*, A*Bi*, R*Bi*, L/O, linha do híbrido, +15v, -15v e terra).
- No projeto com microcontrolador são necessários 5 fios entre as bilheterias e a supervisão, uma linha para os híbridos, uma linha para a rede de dados, e 3 linhas para a alimentação.

**2)**

- No projeto por lógica digital caso ocorra requisições de chamadas consecutivas, a bilheteria que chamou primeiro perde sua requisição para a bilheteria que chamou posteriormente.
- No projeto por microcontrolador, caso ocorra requisições de chamada consecutivas, a requisição de chamada de ambos será mantida, e sinalizada sonoramente e visualmente, sendo do supervisor a decisão de quem irá se comunicar primeiro.

Obs: O som de chamada cessa com o primeiro reconhecimento, mas a bilheteria que ficou aguardando comunicação continua com sua sinalização visual de chamada.

**3)**

- No projeto por lógica digital, quando a bilheteria *Bi* está em comunicação com a supervisão mas ela mesma alarma, ocorre apenas sinalização sonora de alarme, não ocorrendo sinalização visual. E não é possível cessar o som de alarme sem que seja desativada as técnicas de Audio Gate *Bi* e Audição *Bi*, imprescindíveis durante uma situação de alarme.

- No projeto por microcontrolador, na situação acima, ocorre sinalização visual e sonora de alarme, bastando o supervisor apertar o botão de reconhecimento para estabelecer o modo de alarme ( Audição  $B_i = 0$  e Audio Gate  $B_i = 1$  ) para cessar a sinalização visual e sonora.

Obs: Quem termina o modo de alarme é o bilheteiro, que para isso deve pedir comunicação com a supervisão ( apertar o botão de requisição de comunicação ).

#### 4)

- No projeto por lógica digital, se a supervisão está em escuta da bilheteria  $B_i$  alarmada, e ocorre o alarme de outra bilheteria  $B_j$ , existe sinalização visual e sonora do alarme de  $B_j$  porém para reconhecer  $B_j$  deve-se abandonar  $B_i$ , não sendo mas possível voltar a escutar  $B_i$  no modo de alarme.

- No projeto por microcontrolador, na situação acima, ocorre sinalização visual e sonora do alarme de  $B_j$ , mas quando reconhece-se  $B_j$  ainda pode-se voltar para a escuta de  $B_i$  no modo de alarme, pois é a bilheteria quem termina este modo.

#### 5)

- No projeto por lógica digital, caso ocorram alarmes consecutivos, não é possível a escuta alternada das bilheterias no modo de alarme pelos motivos citados no item 4.
- No projeto por microcontrolador, a caso ocorram alarmes consecutivos, é possível escuta alternada das bilheterias. Permanecendo sinalização visual de alarme da bilheteria que não estiver sendo escutada.

#### 6)

- O projeto por lógica digital apresenta pouca versatilidade na modificação ou/e ampliação de recursos, tendo-se que modificar (e na maioria das vezes acrescentar) hardware.
- O projeto por microcontrolador apresenta grande versatilidade na modificação e/ou ampliação de recursos, já que a maioria das modificações podem ser feitas a nível de software.

## **CONCLUSÃO**

O estágio foi proveitoso, uma vez que o contato direto com a empresa, proporcionou a percepção da importância de uma experiência prática. A impossibilidade de implementar, dentro da empresa, o sistema de sinalização com microcontrolador, constituiu de início uma frustração, mas serviu de alerta sobre os “caprichos” do mercado, pois o mesmo nem sempre está apto para absorver novas tecnologia. Portanto, os conhecimentos técnicos e, principalmente humanos, adquiridos com o estágio, constituem um valioso meio de entender o significado da profissão de Engenheiro dentro de seu contexto verdadeiro, ou seja, a empresa, suas relações internas e o mercado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao orientador do estágio , o Professor José Sérgio da Rocha Neto, pela atenção recebida; ao diretor técnico da APEL, o Engenheiro Alberto Vieira dos Anjos, pela oportunidade de realização deste estágio. Agradeço também ao supervisor de estágio, o Engenheiro Luiz Geraldo; e em particular, ao supervisor do Laboratório da Apel, o Sr. Jurandi Dantas de Souza, por ter acompanhado-me por todo o período de estágio.

Enfim, agradeço sinceramente a todos que contribuíram para a realização deste estágio, em particular ao meu namorado Ezequiel e principalmente à minha família, pela compreensão, incentivo e suporte incondicional em todas as etapas de minha vida.

## BIBLIOGRAFIA e EQUIPAMENTOS

### Bibliografia:

- [ 1 ] *Motorola CMOS Application -Specific Standard Integrated Circuits.*
- [ 2 ] *CMOS Handbook, National Semiconductor Corporation, 1981.*
- [ 3 ] *Linear Handbook, National Semiconductor Corporation, 1981.*
- [ 4 ] Hill, Winfield e Horowitz, Paul - *The Art of Electronics* - Second Edition.
- [ 5 ] Sedra, Adel A. e Smith, Kenneth C. - *Microelectronic Circuits* - Third Edition - Saunders College Publishing.
- [ 6 ] Silva Júnior, Vidal Pereira da - *Aplicações práticas do microcontrolador 8051* - 1994 - Editora Érica.

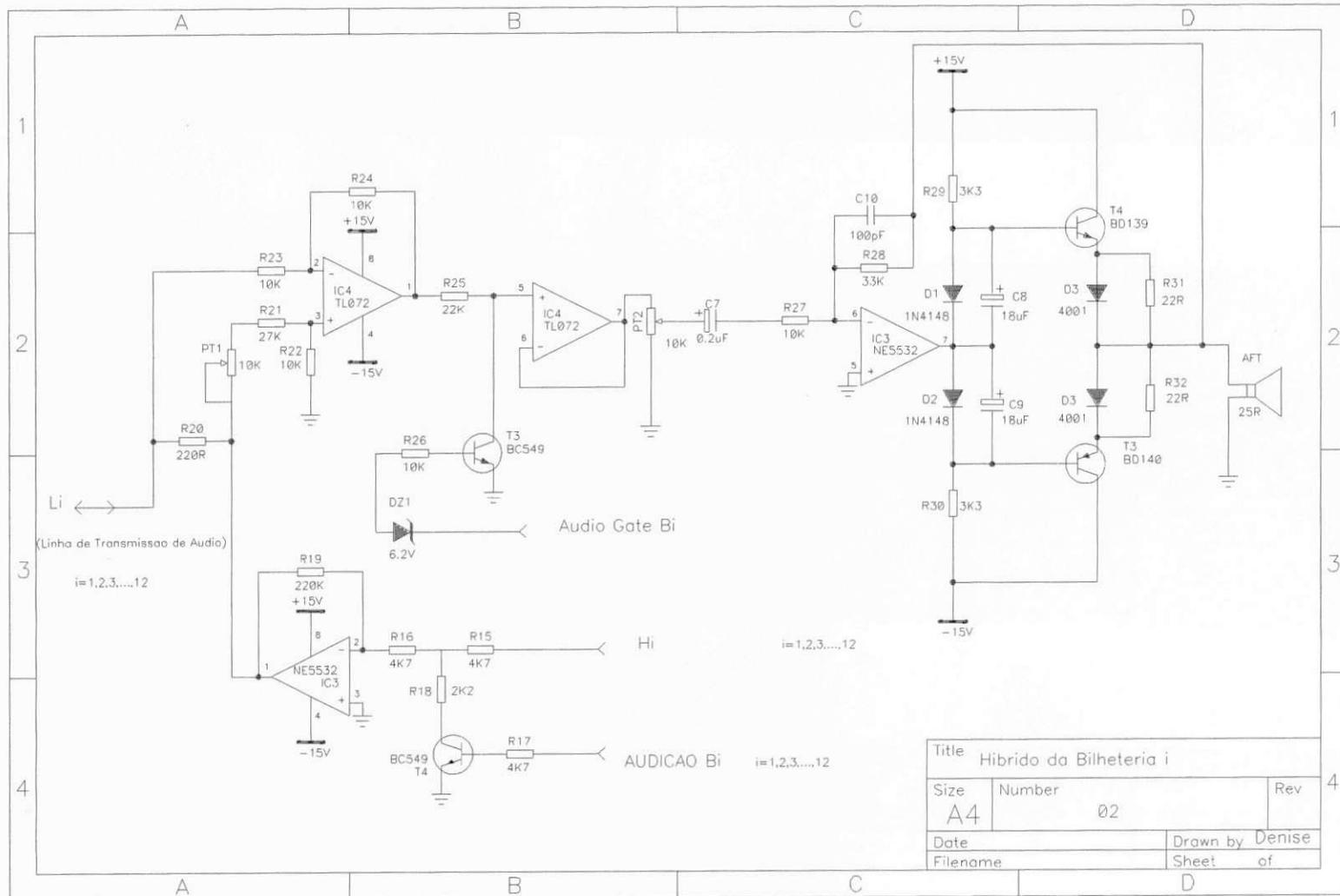
### Equipamentos Utilizados:

- [ 1 ] Osciloscópio Digital - Storage Oscilloscope - LEADER - 100MHz 3100<sup>A</sup>
- [ 2 ] Gerador de Funções - LF Oscillator - MEGURO - MCR4031
- [ 3 ] Multímetro Digital - GOLDSTAR - DM231.

# ANEXOS

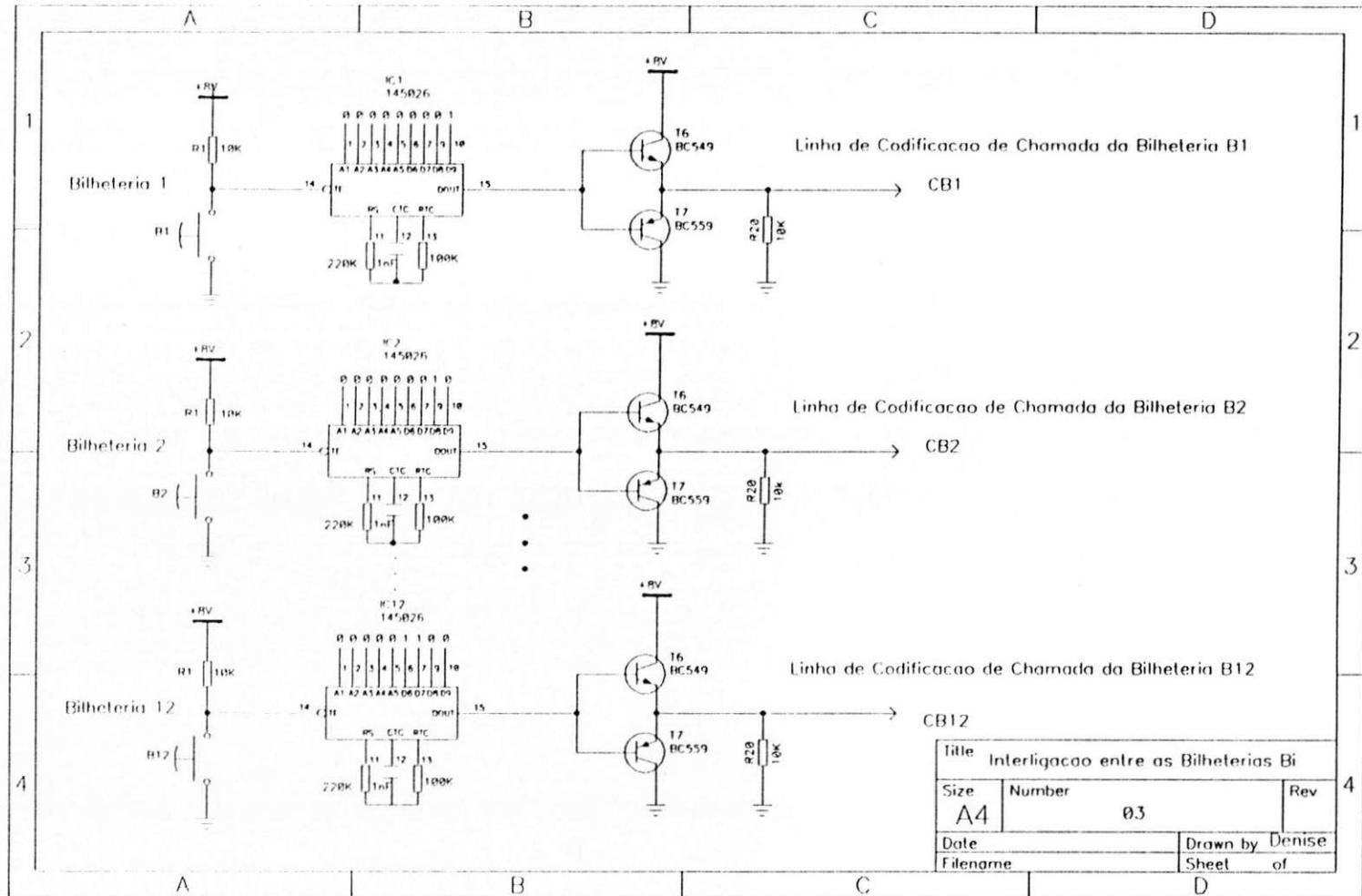


# ANEXO 2



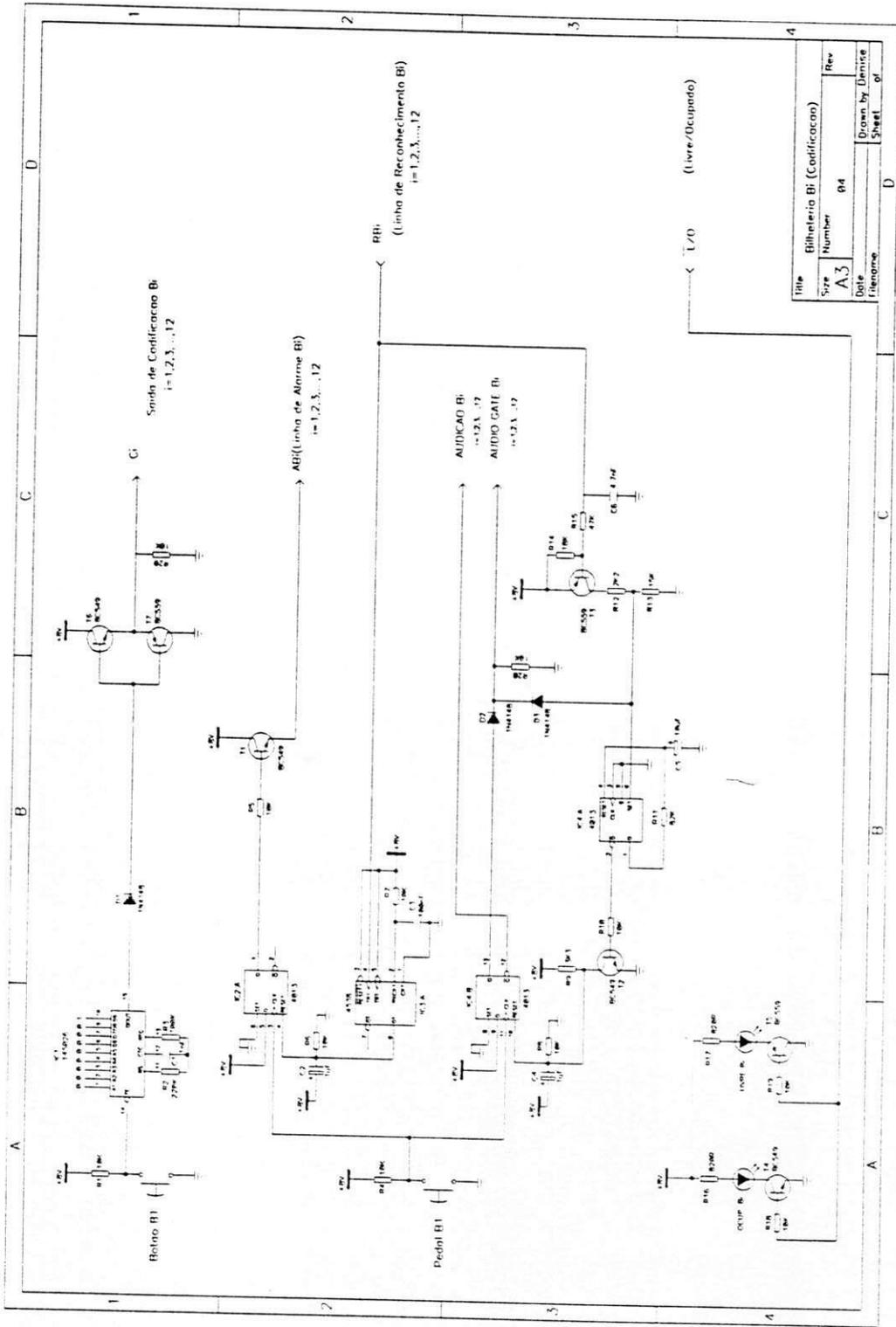
Title			Hibrido da Bilheteria i		
Size	Number			Rev	
A4	02				
Date	Drawn by		Denise		
Filename	Sheet		of		

# ANEXO 3

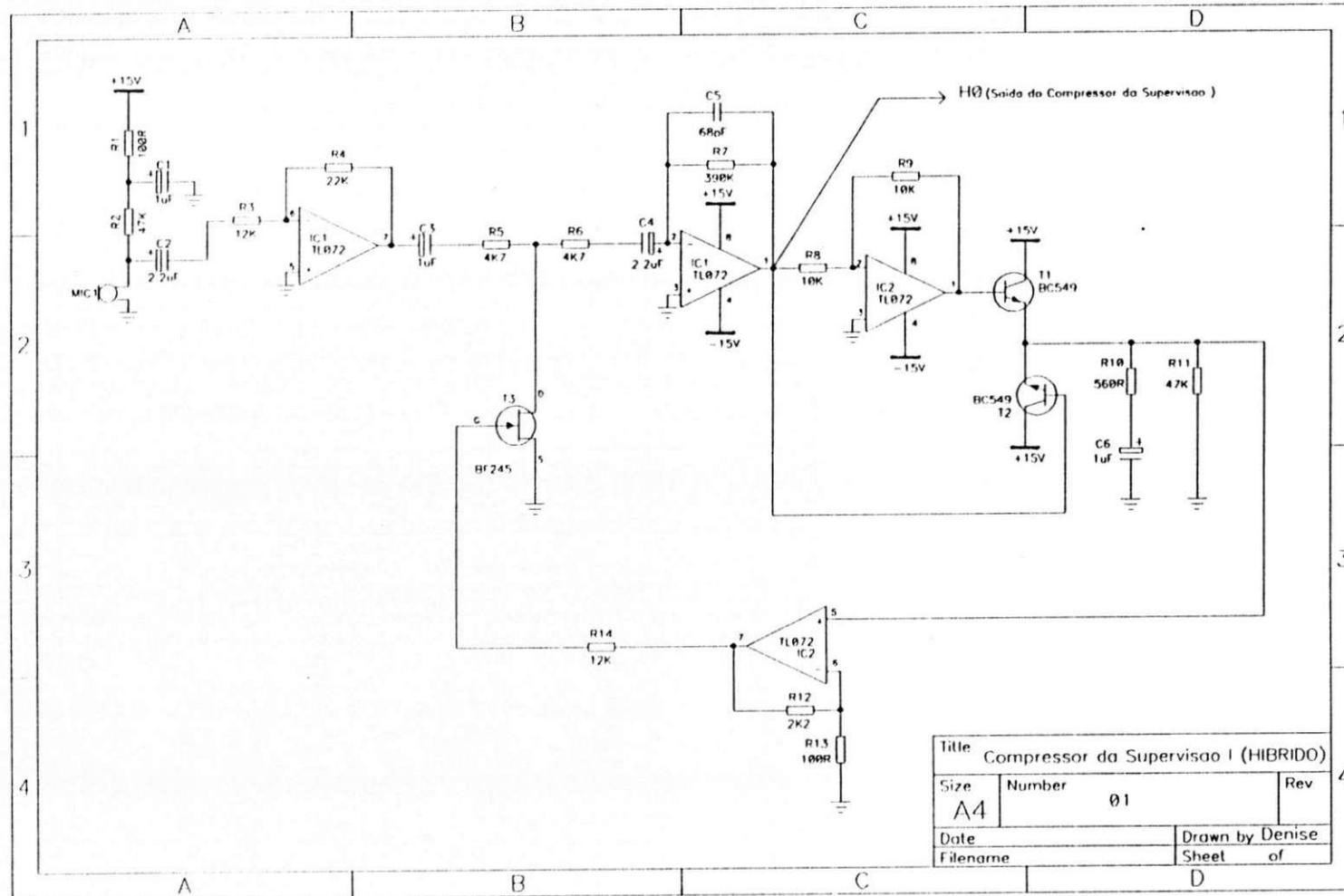


Title			Interligacao entre as Bilheterias Bi		
Size	Number			Rev	
A4	03				
Date				Drawn by	Denise
Filename				Sheet	of

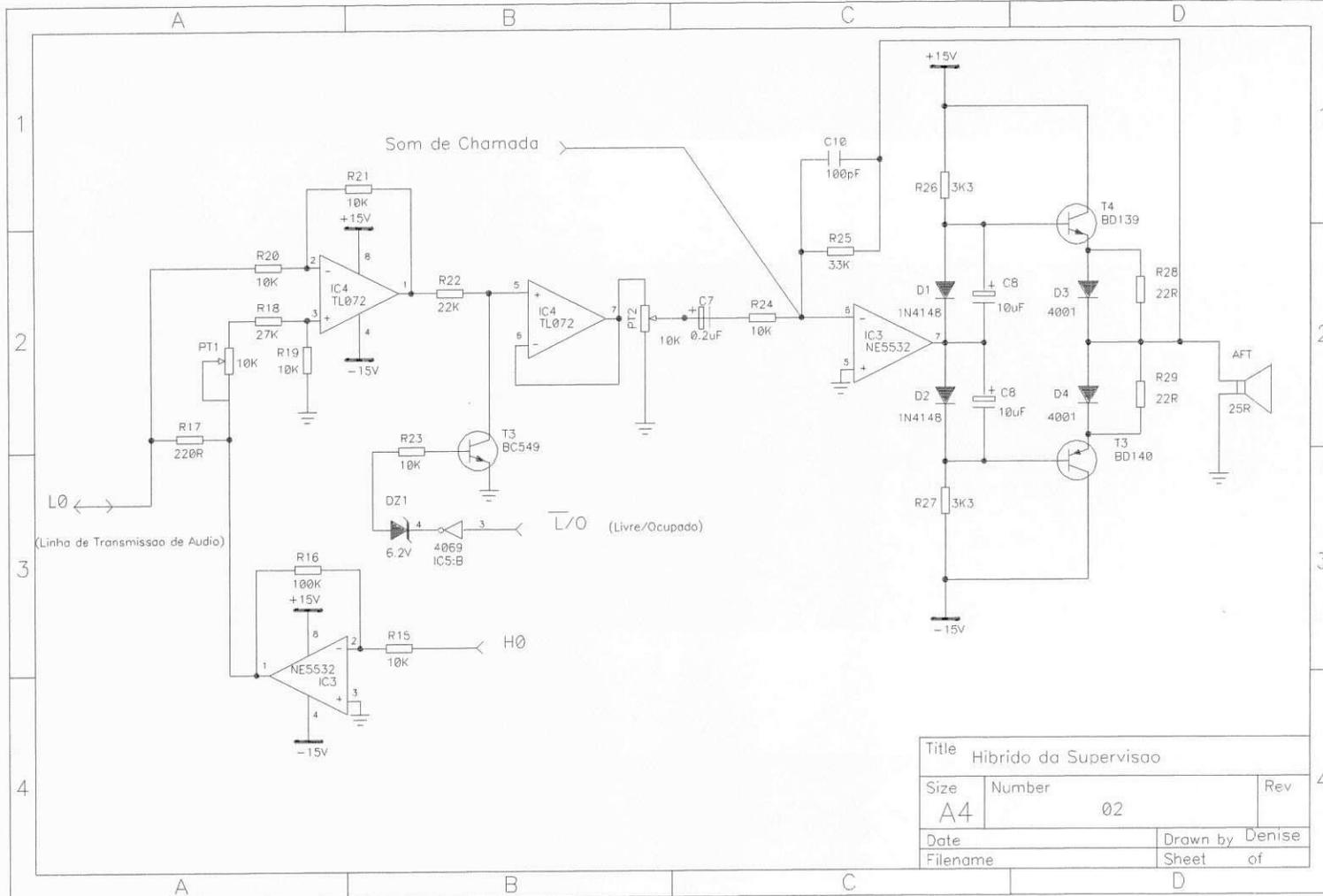
ANEXO 4



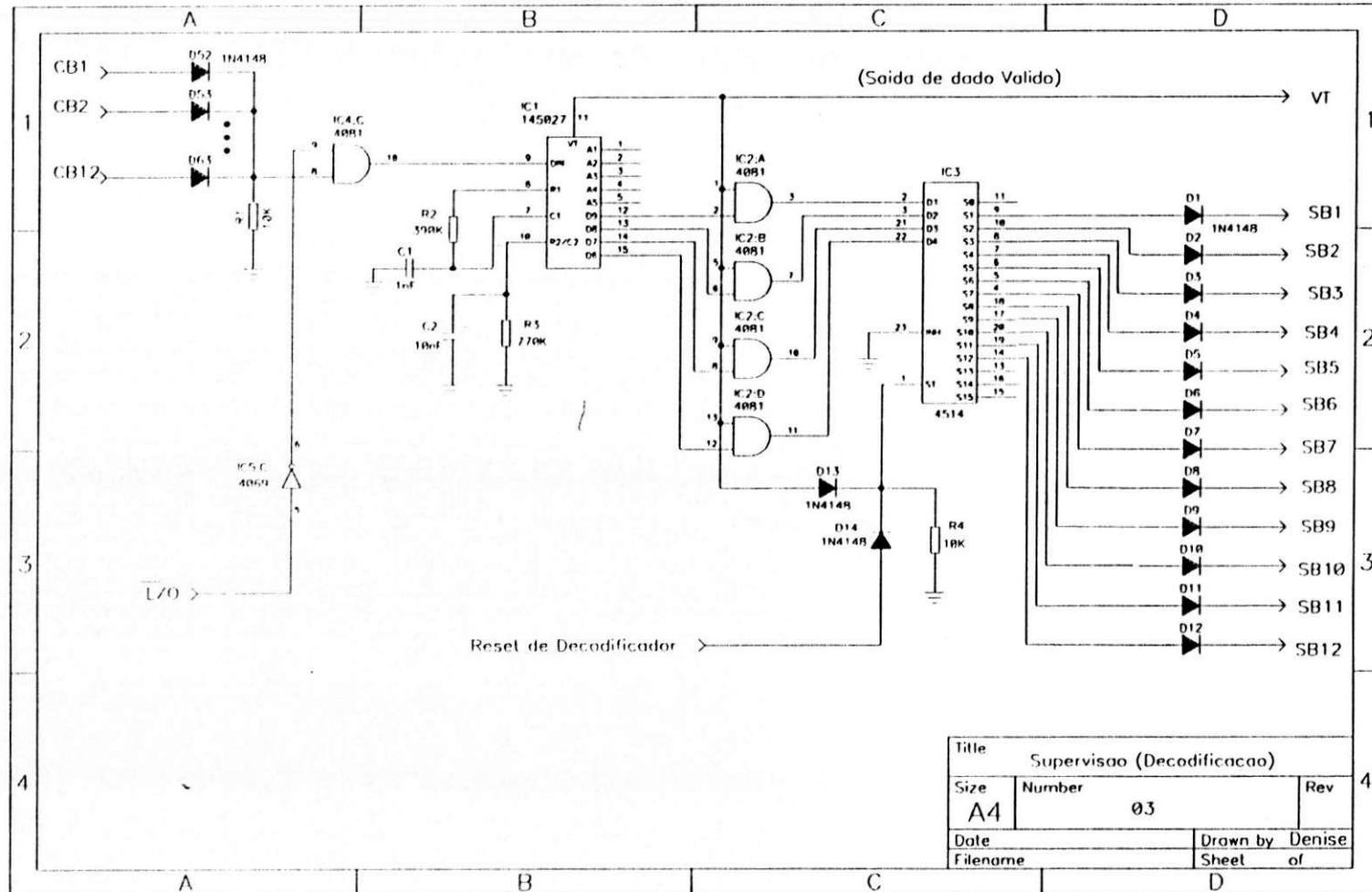
# ANEXO 5



# ANEXO 6

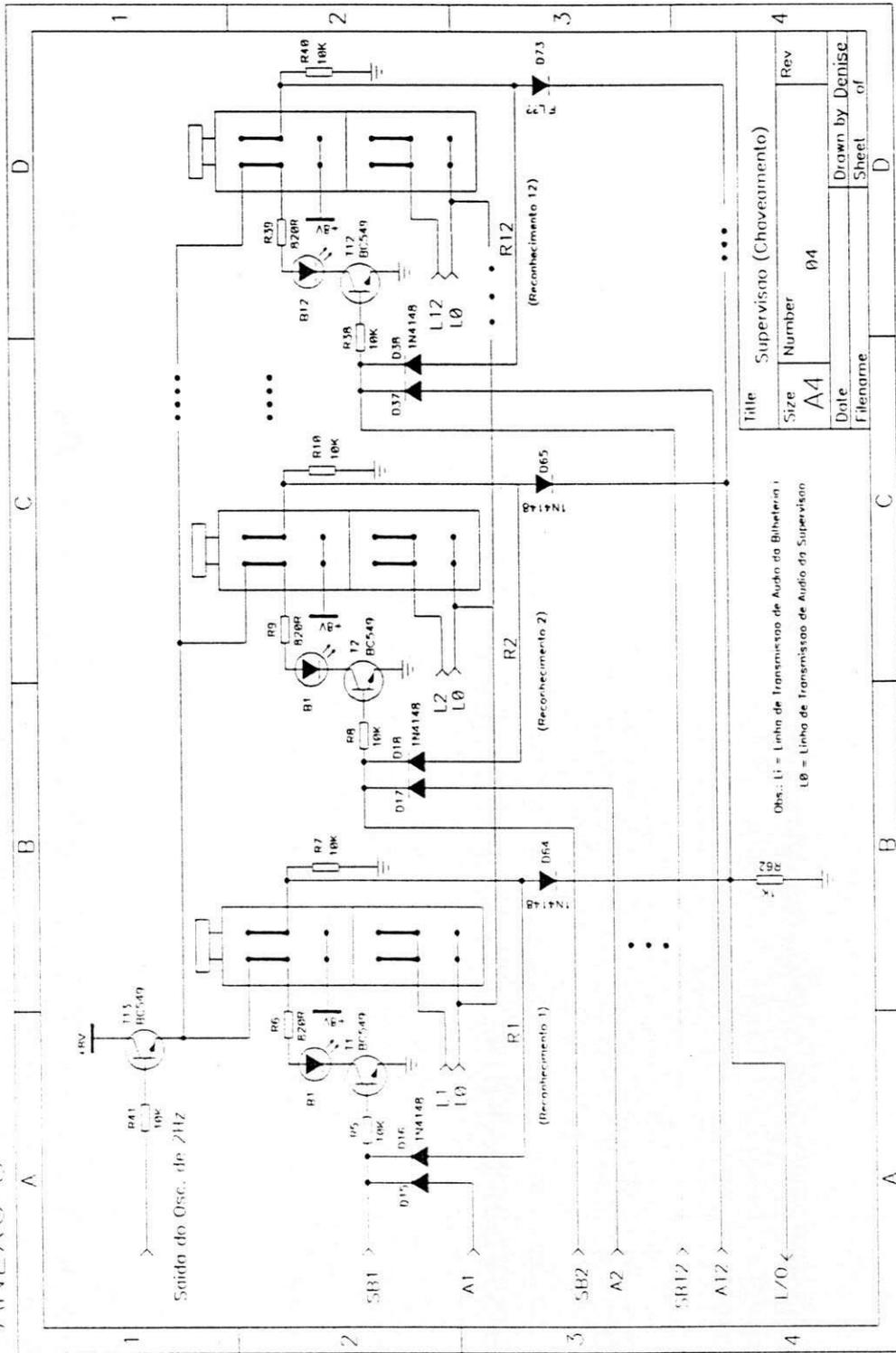


# ANEXO 7



Title		Supervisao (Decodificacao)	
Size	Number	Rev	
A4	03		
Date	Drawn by Denise		
Filename	Sheet		of

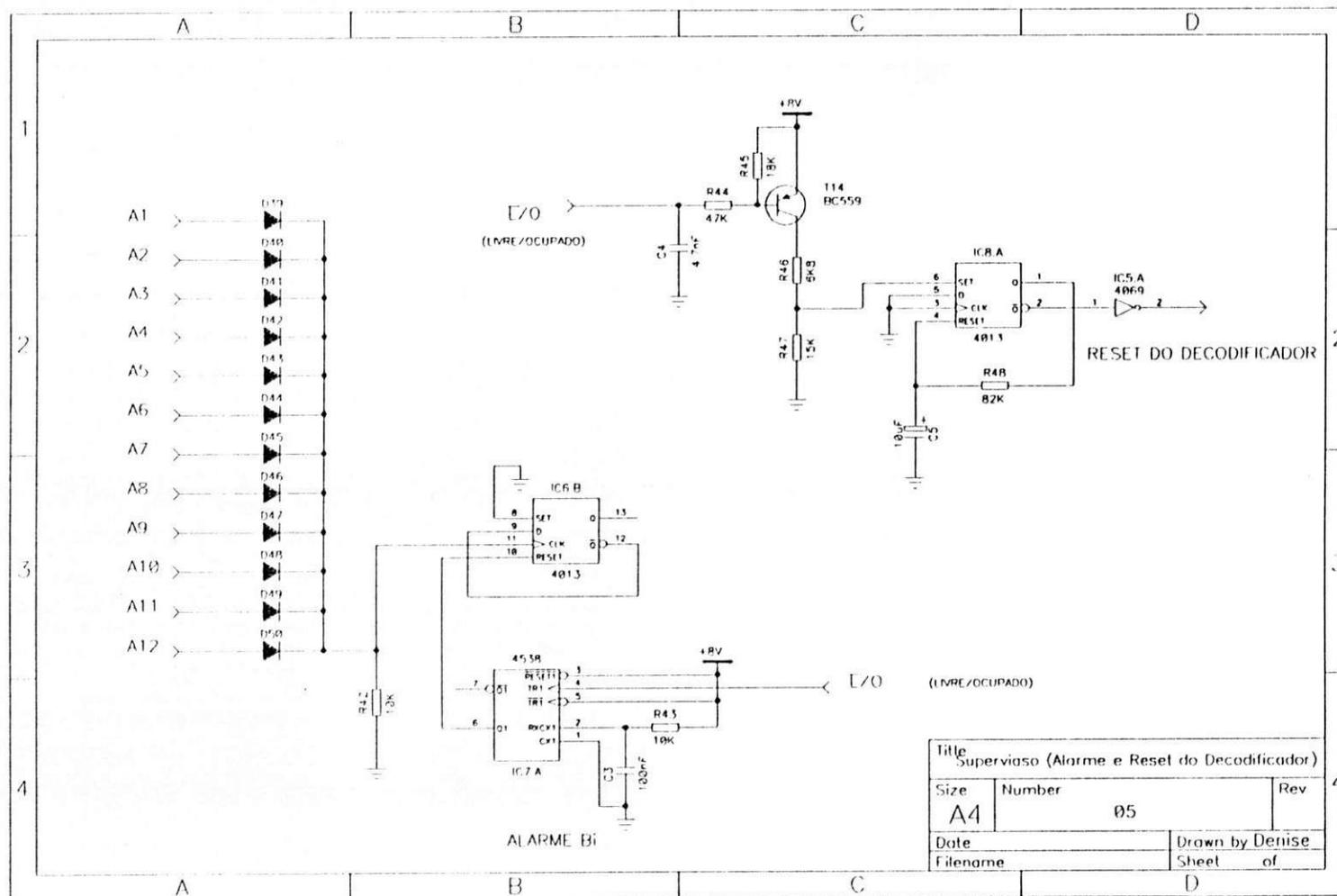
# ANEXO 8



Obs.: L1 = Linha de Transmissão de Audio da Bilhetim 1  
 L2 = Linha de Transmissão de Audio da Supervisão

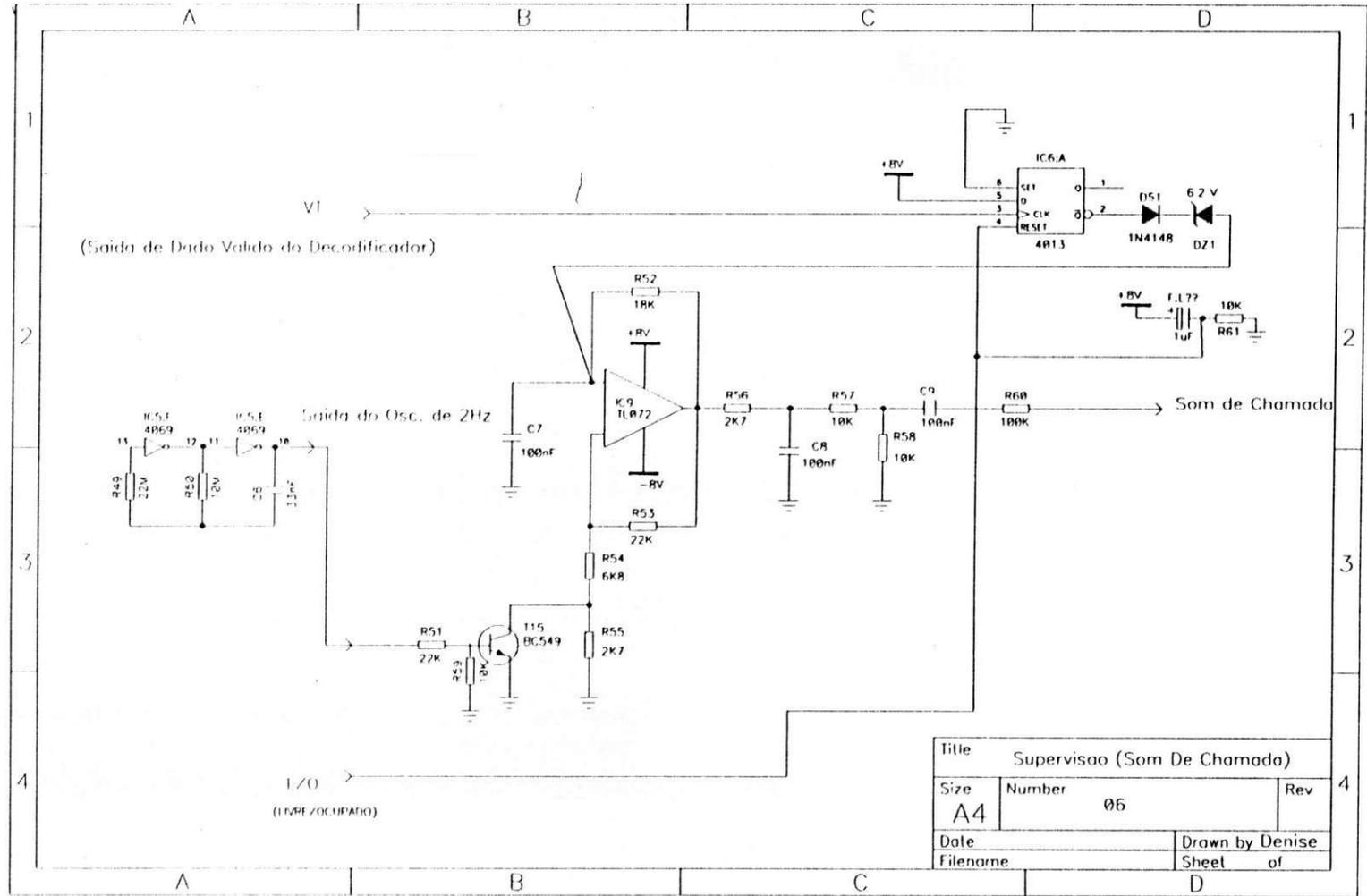
Title		Supervisão (Chaveamento)	
Size	A4	Number	04
Date		Drawn by	Denise
Filename		Sheet	of
		Rev	

# ANEXO 9



Title			
Supervisão (Alarme e Reset do Decodificador)			
Size	Number	Rev	
A4	05		
Date	Drawn by Denise		
Filename	Sheet		of

# ANEXO 10



Title			Supervisão (Som De Chamada)		
Size	Number	Rev			
A4	06				
Date	Drawn by Denise				
Filename	Sheet	of			