

UNIVERSIDADE LUTERANA DO BRASIL

GLAUCIA AQUINO KOHLS

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA CONTINGÊNCIA
DE LINKS E1 (2.048 kbit/s)**

Canoas

2005

GLAUCIA AQUINO KOHLS

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA CONTINGÊNCIA
DE LINKS E1 (2.048 kbit/s)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para a obtenção do grau de
Engenheiro Eletricista pela Universidade Luterana
do Brasil – Campus Canoas - Curso de
Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. ME. Dalton Luiz Rech Vidor

Canoas

2005

GLAUCIA AQUINO KOHLS

Matrícula : 991101137-2

**DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA CONTINGÊNCIA DE
LINKS E1 (2.048 kbit/s)**

BANCA EXAMINADORA :

Profa. ME. Carla Diniz Lopes

Prof. ME. Paulo César Cardoso Godoy

Orientador : Prof. ME. Dalton Luiz Rech Vidor

Trabalho apresentado em: 29 de novembro de 2005.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai e a minha mãe (*“in memoriam”*) por terem dado a oportunidade para eu frequentar os bancos escolares, mesmo em tempos tão difíceis, como foi a minha infância.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao, sempre, companheiro Mairo, pela paciência e atenção que tem me dedicado, além da ajuda em momentos difíceis.

Agradeço à minha irmã Giovana pela ajuda, compreensão e incentivo.

Agradeço aos colegas da Embratel que muitas vezes tiveram que realizar tarefas a mais devido a minha ausência. E a Embratel como empresa por ter ajudado com o custos da graduação.

Agradeço aos Professores da Engenharia Elétrica da ULBRA.

Agradeço aos meus parentes e amigos que tiveram que compreender a minha ausência durante estes anos.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo para contingência automática de “links” à 2.048 kbit/s, padrão europeu E1. O trabalho envolve o projeto do “hardware” e a elaboração de um programa, que utiliza a linguagem de programação C, implementado em microcontrolador PIC. O resultado obtido é um dispositivo capaz de identificar alarmes do tipo LOS – “Loss Of Signal” e AIS – “Alarm Indication Signal”, e ainda, o tráfego normal de informação. O dispositivo escolhe o meio de transmissão isento de alarmes para o tráfego de informação, sendo que um dos meios é escolhido como preferencial. No caso da ocorrência de alarme o dispositivo realiza a contingência automática.

Palavras-chave: *link* E1 - *link* a 2.048 kbit/s – contingência - multiplex.

ABSTRACT

This paper presents the development of an automatic contingency of 2048kbit/s link device, European standard E1. Both, the hardware and software project can be seen. The software is made in C programming language to PIC microcontroller. The achievement is a device able to identify both alarms, LOS – Loss Of Signal and AIS – Alarm Indication Signal; such device is still able to detect the normal traffic of information. The device selects the means of transmission that is free from alarms to transmit the information; one of this means of transmission is selected as preferential. If some alarm is detected, the device makes the automatic contingency.

Key-words: link E1; 2048kbit/s link; automatic contingency; multiplex.

SUMÁRIO

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
1.1 SISTEMAS DE TRANSMISSÃO	18
1.2 MULTIPLEXAÇÃO.....	20
1.2.1 Multiplexação por divisão em frequência (FDM)	23
1.2.2 Multiplexação por Divisão em tempo (TDM)	23
1.2.3 Modulação por Código de Pulsos (PCM)	25
1.2.4 Formação do Quadro de Pulsos.....	26
1.2.4.1 Sincronismo de Quadro e Multiquadro.....	28
1.2.4.2 Sinalização no Quadro E1	29
1.2.4.3 Eficiência	30
1.2.5 Interface à 2.048 kbit/s – Padrão G.703 / G.704	30
1.2.6 Recomendação G.703.....	31
1.2.6.1 Características Físicas Gerais :	31
1.2.6.2 Especificação da Porta de Saída	31
1.2.6.3 Especificação da porta de entrada.....	32
1.2.6.4 Aterramento do condutor externo ou proteção	33
1.2.7 Codificação HDB3 (“ <i>High Density Bipolar of order 3 code</i> ”)	33
1.2.7.1 Código de linha	33
1.2.7.2 Códigos Bipolar Alternado AMI (“ <i>Alternate Mark Inversion</i> ”).....	34
1.2.7.3 Códigos Bipolares de Alta Densidade (HDBn)	34
1.2.7.4 Código HDB3	35
1.2.8 Hierarquia PDH (“ <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> ”)	36

1.2.9 Hierarquia SDH (“ <i>Synchronous Digital Hierarchy</i> ”)	38
1.2.10 Alarmes no sistemas de multiplexação	40
1.2.10.1 Sinal Indicativo de Alarme (SIA)	40
1.2.10.2 Critério para detecção e limpeza de um defeito LOS (“ <i>Loss of Signal</i> ”)	43
1.2.10.3 Critério para detecção e limpeza de uma condição de alarme SIA	44
1.2.10.4 Outros critérios para detecção/limpeza de LOS e SIA	44
2 MATERIAIS E MÉTODOS	46
2.1 DESCRIÇÃO DO DISPOSITIVO (DC-E1)	46
2.2 DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO DO DISPOSITIVO (DC-E1)	48
2.3 DESCRIÇÃO DO CIRCUITO INTERNO	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
3.1 TESTE UTILIZANDO MEIOS DE TRANSMISSÃO COM DIFERENTES DISTÂNCIAS FÍSICAS	62
3.2 TESTE UTILIZANDO CONVERSOR FRACIONAL DM.704	63
3.3 TESTE COM DC-E1 E REDE SDH	65
3.4 SINAIS COLETADOS COM OSCILOSCÓPIO	70
3.3.1 Sinais na interface G.703 do SDH sem carga	70
3.3.2 Sinais na interface G.703 do SDH com carga	72
3.5 ANÁLISE DE TAXA DE ERRO	73
3.6 COMPATIBILIDADE COM OUTROS EQUIPAMENTOS	76
CONCLUSÃO	78
REFERÊNCIAS	79
OBRAS CONSULTADAS	81
ANEXO 1 - ESQUEMA ELÉTRICO	83
ANEXO 2 - FLUXOGRAMA DO SOFTWARE	84
ANEXO 3 - ROTINAS DO SOFTWARE	85
ANEXO 4 - TELA DO “ <i>HYPERTERMINAL</i> ”	88
ANEXO 5 - FOTOS DO PROTÓTIPO	89
ANEXO 6 - LISTA DE COMPONENTES	91

Lista de figuras

FIGURA 1.1 - UTILIZAÇÃO DE SISTEMA MULTIPLEX EM TELEFONIA	22
FIGURA 1.2 - UTILIZAÇÃO DE MULTIPLEX PARA COMUNICAÇÃO DE DADOS.	23
FIGURA 1.3 - SINAL ANALÓGICO NO CANAL TELEFÔNICO	24
FIGURA 1.4 - ESTRUTURA DO QUADRO E1	27
FIGURA 1.5 - QUADRO E1 NA GERÊNCIA DO EQUIPAMENTO MS3600	27
FIGURA 1.6 - MÁSCARA DO PULSO PARA UMA INTERFACE À 2048 KBIT/S (G.703).....	32
FIGURA 1.7 - ILUSTRAÇÃO DAS REGRAS 1 E 2 DO CÓDIGO HDB3.....	35
FIGURA 1.8 - EXEMPLO DE FORMAÇÃO DO CÓDIGO HDB3.....	36
FIGURA 1.9 - HIERARQUIA EUROPÉIA – PDH.....	37
FIGURA 1.10 - HIERARQUIA SDH PARA TRIBUTÁRIOS PADRÃO E1	40
FIGURA 1.11 - SINAL SIA NA INTERFACE G.703	41
FIGURA 1.12 - SIA POR PROBLEMA NO MEIO DE TRANSMISSÃO.....	42
FIGURA 1.13 - SIA POR DESCONEXÃO EM UMA DAS PONTAS.....	43
FIGURA 2.1 - APLICAÇÃO DO DC-E1	48
FIGURA 2.2 - FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO DO DC-E1	49
FIGURA 2.3 – DADOS NA G.703 E DADOS SAÍDA DO SN75176A.....	53
FIGURA 2.4 – SIA NA G703 E SIA NA SAÍDA DO SN75176A	54
FIGURA 2.5 - LOS NA G.703 E NA SAÍDA DO SN75176.....	55
FIGURA 2.6 - TAMANHO DE PULSO DE SAÍDA NO MONOESTÁVEL	56
FIGURA 2.7 - DADOS NA G.703 E NA SAÍDA DO MONOESTÁVEL	57
FIGURA 2.8 - SIA NA G.703 E NA SAÍDA DO MONOESTÁVEL	58
FIGURA 2.9 - SIA NA G.703 E NA SAÍDA DO MONOESTÁVEL	59
FIGURA 3.1 - TOPOLOGIA DO TESTE PRELIMINAR	63
FIGURA 3.2 - TOPOLOGIA DO TESTE UTILIZANDO DC-E1 + OSCILOSCÓPIO + DM704	64
FIGURA 3.3 - TOPOLOGIA DE TESTE.....	66
FIGURA 3.4 – FOTO DA SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO	67
FIGURA 3.5 - CONTINGÊNCIA POR SIA	69

FIGURA 3.6 - CONTINGÊNCIA POR LOS.....	70
FIGURA 3.7 - INTERFACE G.703 SDH – SINAL TRANSMITIDO ("OUT") – DADOS	71
FIGURA 3.8 -INTERFACE G.703 SDH – SINAL TRANSMITIDO ("OUT") – SIA	71
FIGURA 3.9 - SINAL CONTENDO DADOS NA INTERFACE DO DC-E1 + SDH + TEST SET	72
FIGURA 3.10 - SINAL CONTENDO SIA NA INTERFACE DO DC-E1 + SDH + TEST SET	73

Lista de Tabelas

TABELA 1- ALOCAÇÃO DOS 8 BITS DO “TIME SLOT” 0.....	29
TABELA 2- INTERFACE DIGITAL A 2.048 KBIT/S G.703.....	31
TABELA 3 - HIERARQUIAS SDH.....	39
TABELA 4 - NÍVEL DOS SINAIS DE P E Q PARA DETECÇÃO/LIMPEZA DO DEFEITO LOS	44
TABELA 5 - NÚMERO DE BITS PERDIDOS EM CADA CONTINGÊNCIA	75
TABELA 6 - EQUIPAMENTOS TESTADOS COM O DC-E1	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS	<i>“Alarm Indication Signal”</i>
AMI	<i>“Alternate Mark Inversion”</i>
ATM	<i>“Asynchronous Transfer Mode”</i>
B3ZS	<i>“Bipolar with three-Zero Substitution”</i>
B8ZS	<i>“Bipolar with eight-Zero Substitution”</i>
BER	<i>“Bit Error Rate”</i>
BIT	<i>“Binary Digit”</i>
CAS	<i>“Channel Associated Signalling”</i>
CAS	Sinalização Associada ao Canal
CCITT	<i>“Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique”</i>
CCS	Sinalização por Canal Comum
CEPT	<i>“Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications”</i>
CI	Circuito Integrado
CMI	<i>“Coded Mark Inversion”</i>
CODEC	<i>“Coder/Decoder”</i>
CPA	Controle por Programa Armazenado; o mesmo que SPC (ing.)
CPA-T	CPA-Temporal
CRC	<i>“Cyclic Redundancy Check”</i>
DC-E1	Dispositivo de Comutação de Links E1
DCN	<i>“Data Communication Network”</i>
DDR	Discagem Direta ao Ramal
FAS	<i>“Frame Alignment Signal”</i>
FDM	<i>“Frequency Division Multiplex”</i> (Multiplexação por divisão em frequência)

HDB2	<i>“High Density Bipolar of order 2 code”</i>
HDB3	<i>“High Density Bipolar of order 3 code”</i>
ITU	<i>“International Telecommunication Union”</i>
ITU	<i>“International Telecommunication Union”</i>
ITU-T	<i>“Telecommunication Standardization Sector”</i>
LAN	<i>“Local Area Network”</i>
LFA	<i>“Loss of Frame Alignment”</i>
LOS	<i>“Loss of Signal”</i>
MS-SIA	<i>“Multiplexer Section Alarm Indication Signal”</i>
PABX	<i>“Private Automatic Branch Exchange”</i>
PAM	<i>“Pulse Amplitude Modulation”</i>
PDH	<i>“Plesiochronous Digital Hierarchy”</i>
PDH	<i>“Plesiochronous Digital Hierarchy”</i> (Hierarquia Digital Plesiócrona)
RDI	<i>“Remote Defect Indication”</i>
RR	Regulamento de Radiocomunicação da UIT
RX	Recepção
SDH	<i>“Synchronous Digital Hierarchy”</i>
SDH	<i>“Synchronous Digital Hierarchy”</i> (Hierarquia Digital Síncrona)
SGC	<i>“Signalling Grouping Channel”</i>
SMF	<i>“Sub-Multiframe”</i>
SONET	<i>“Synchronous Optical Network”</i>
SPC	<i>“Stored Program Control”</i>
SSU	<i>“Synchronization Supply Unit”</i>
STM	<i>“Synchronous Transport Module”</i> (Módulo de Transporte Síncrono)
STM-1	<i>“Synchronounous Transport Module – level 1”</i>
T1	<i>“Transmission Signal Level 1”</i>

TDM	<i>"Time Division Multiplex"</i> (Multiplexação por Divisão em tempo)
TMN	<i>"Telecommunications Management Network"</i>
TX	Transmissão
UIT	<i>"Union Internationale des Télécommunications"</i>
WAN	<i>"Wide Area Network"</i>
ZBTSI	<i>"Zero Byte Time Slot Interchange"</i>

INTRODUÇÃO

A comunicação é uma das condições para sobrevivência dos seres que vivem no planeta Terra e talvez em outros planetas. O ser humano, por ser provido de inteligência, ao longo dos tempos, tem aperfeiçoado as formas de comunicação. Hoje não utilizamos apenas os meios naturais de comunicação, estamos diante de inúmeros aparatos tecnológicos que nos aproximam cada vez mais dos seres que vivem no nosso planeta. Para que chegassemos a este ponto foi necessário muito estudo e desenvolvimento de vários equipamentos e tecnologias que permitissem, por exemplo, a assistirmos lances esportivos ou guerras que acontecem do outro lado do planeta em tempo, praticamente, real. A engenharia, certamente, tem um papel importante neste processo, pois é necessária uma constante preocupação com a qualidade dos sistemas de comunicação, assim como aperfeiçoamento das tecnologias, afim de permitir expansões das possibilidades de comunicação.

Os sistemas de comunicações, devem possuir vários requisitos que representam sua confiabilidade, tais como , imunidade a erros nas transmissões, largura de banda de transmissão, baixo atraso na transmissão, disponibilidade dos meios de transmissão e serviços. As empresas da área de comunicações, normalmente, utilizam indicadores para controlar a qualidade dos serviços

prestados. Um dos mais importantes é o de disponibilidade dos meios de transmissão, que é desejado em 100%, por parte dos clientes. Então todos os esforços devem ser feitos para manter os sistemas de transmissão em operação sem interrupções.

O desenvolvimento do equipamento DC-E1 (Dispositivo de Comutação de Links E1), visa diminuir o tempo das interrupções nos sistemas de transmissão e prestação de serviços, através da contingência automática de links, com a implementação de hardware e software, e está baseado na troca de sinalização entre equipamentos, dentro dos padrões ITU-T (*“Telecommunication Standardization Sector of ITU”*). A comutação para outro meio de transmissão acontece por ocasião de alarme de AIS (*“Alarm Indication Signal”*) ou por ausência de sinal elétrico, alarme LOS (*“Loss Of Signal”*), na interface analisada.

O equipamento projetado faz a análise dos sinais de interface provenientes de dois meios de transmissão distintos, ambos com interfaces à 2.048 kbit/s, e em caso de alarmes SIA ou LOS, faz a contingência para o outro meio. Entre o tempo em que acontece o alarme e a contingência do meio de transmissão há perda de bits transmitidos. Os bits perdidos devem ser corrigidos nas camadas superiores da hierarquia OSI (*“Open Systems Interconnection”*) dos aplicativos, pois a atuação do DC-E1 está na camada física, onde não há correção de erro.

A aplicação do DC-E1 atende principalmente empresas operadoras de telecomunicações que possuem meios de transmissão próprios, portanto não haverá custos adicionais na contratação de novos meios de transmissão. O dispositivo

também se aplica para o caso de clientes de operadoras de telecomunicações, que necessitem de dupla abordagem, por exemplo um meio de transmissão via fibra óptica e outro via rádio. A premissa é de que se tenha dois meios de transmissão distintos, onde um possa ser redundância do outro, e apenas uma porta no equipamentos terminais, tais como: multiplex de dados, roteador, switch ATM (*“Asynchronous Transfer Mode”*), etc.

Geralmente o custo de uma segunda porta em um equipamento de telecomunicações tem um custo bastante elevado, devido a utilização de recursos duplos dentro das redes ou pela aquisição de placas com função *“spare”*. Quando trata-se de equipamento instalado em empresas clientes de serviços de telecomunicações pode significar a aquisição de um novo equipamento, pois os equipamentos de menor porte possuem número reduzido de portas de comunicação.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Sistemas de Transmissão

A comunicação é inata ao homem e é graças a essa virtude, ao seu raciocínio e ao seu dinamismo que ele atinge o progresso. A história das telecomunicações nasce quando o homem sente a necessidade de expressar o seu pensamento a um semelhante, e isto ele faz através da mímica, da palavra e da grafia. **Porém a distância é um obstáculo a uma perfeita comunicação [...]** (PINES, 1978, p.1) [grifo nosso].

Na engenharia de comunicação estuda-se a transmissão de sinais de um ponto a outro, envolvendo o estudo dos meios físicos de transmissão, métodos de modulação e demodulação de sinais, implementação de equipamentos.

Os sinais são transmitidos de um ponto a outro através de um canal¹ que pode ter a forma de uma linha de transmissão (como um canal telefônico) ou simplesmente ser um espaço aberto no qual são irradiados os sinais que carregam a informação desejada (LATHI, 1987, p.146).

Conforme Wirth (2003), os sistemas de transmissão tratam dos sinais que trafegam nos enlaces interurbanos, ou seja, enlaces de longa distância, entretanto com o aumento da utilização das telecomunicações², atualmente os sistemas de transmissão são usados, também, em enlaces urbanos. Estes sistemas utilizam sistemas de rádio na faixa de alguns GHz, satélites, fibras ópticas ou fios em pares metálicos. Estas transmissões seguem padrões internacionais, no Brasil é utilizada a hierarquia européia. Os atuais sistemas SDH (*"Synchronous Digital Hierarchy"*) e os antigos sistemas PDH (*"Plesiochronous Digital Hierarchy"*), utilizam a transmissão de

¹ canal - conjunto de meios necessários a estabelecer um enlace físico, óptico, ou radioelétrico para a transmissão unilateral de sinais de comunicação entre dois pontos [...] (ANATEL, 2005).

² Telecomunicação - **1.** comunicação realizada por processo eletromagnético. **2.** qualquer transmissão, emissão ou recepção de símbolos, sinais, texto, imagens e sons ou inteligência de qualquer natureza através de fio, de rádio, de meios ópticos ou de qualquer sistema eletromagnético (ANATEL, 2005).

quadros³ no padrão E1⁴.

Os sistemas de transmissão, assim como outros tantos equipamentos, necessitam ser padronizados e para tanto são necessários órgãos responsáveis pelas padronizações, organizações nacionais e internacionais. No Brasil há a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) que tem como função regulamentação e fiscalização.

No mundo, segundo TANENBAUM (2003), em 1865, representantes de diversos governos europeus se reuniram para formar o predecessor do atual ITU(*“International Telecommunication Union”*), o CCITT (Comitê Consultivo Internacional de Telefonia e Telegrafia). A missão do CCITT era padronizar as telecomunicações internacionais, até então dominadas pelo telégrafo. Já naquela época estava claro que, se metade dos países utilizasse o código morse e a outra metade usasse algum outro código, haveria problemas de comunicação. Quando o telefone passou a ser um serviço internacional, o ITU também se encarregou de padronizar a telefonia. Em 1947, o ITU tornou-se um órgão das Nações Unidas.

³ quadro - 1. ciclo, ou unidade de sinal de dados, constituído por um bloco de posições de dígito, ou intervalos de tempo de transmissão consecutivos, em que cada posição de dígito, ou intervalo de tempo, pode ser identificada inequivocamente. 2. seqüência de bits formada por um pacote precedido por um cabeçalho e seguido por uma seqüência de controle de erro. 3. conjunto de intervalos de tempo de dígitos consecutivos no qual a posição de cada intervalo de tempo digital pode ser identificado com referência ao sinal de alinhamento de quadro. O sinal de alinhamento de quadro não ocorre, necessariamente, todo, ou em parte, em cada quadro. 4. o mesmo que frame (ANATEL, 2005).

⁴ E1 - circuito operando à 2,048 Mbit/s utilizado para transmissão de trinta canais de voz ou dados à 64 kbit/s, de um canal de 64 kbit/s de sinalização e de um canal de 64 kbit/s de alinhamento de quadro e supervisão. Padrão europeu e utilizado no Brasil. [...]

E1 “CEPT1” - padrão europeu de taxa de 2,048 Mbit/s utilizado para transmitir trinta canais digitais de 64 kbit/s para chamadas de voz ou dados, mais um canal de sinalização de 64 kbit/s (ANATEL, 2005).

O ITU-T (“*Telecommunication Standardization Sector*”) é um órgão permanente do ITU, responsável por estudar questões técnicas , de operações e tarifas⁵ em telecomunicações, bem como publicar as recomendações internacionais. É responsável pela padronização das telecomunicações.

1.2 Multiplexação

Conforme definição da ANATEL (2005), multiplex é :

[...] processo ou equipamento em que se emprega um canal comum para formar diversos canais de comunicação, seja através da divisão da faixa de frequências transmitidas por este canal comum em faixas menores (as quais se constituem, cada uma, em um canal de transmissão distinto - multiplex por divisão em frequência), seja através da utilização deste canal comum para constituir, por distribuição no tempo, diferentes canais de transmissão intermitentes (multiplex por divisão em tempo).

Wirth (2003) afirma que banda básica é uma determinada faixa de frequências destinada a conter informações provenientes do equipamento multiplex, e que multiplex faz a composição dos sinais presentes nos vários canais de voz existentes na entrada deste equipamento.

Ainda podemos definir multiplex da seguinte forma :

[...] quando são transmitidos vários circuitos telefônicos entre dois pontos A e B, utilizando um meio de transmissão comum (par de condutores, rdoenlace, etc.), há necessidade da utilização de um técnica que possibilite a comunicação sem interferências entre os circuitos, e que permita a identificação entre eles; essa técnica é conhecida como *multiplexação* (PINES, 1978, p.18) [grifo do autor].

⁵ tarifação - é o processamento dos dados fornecidos pela bilhetagem, quando houver o valor monetário de chamada (ANATEL, 2005).

As definições citadas, referem-se, principalmente à utilização do multiplex para transmissão de voz, entretanto, será visto adiante, que também pode ser utilizado, na transmissão de dados, sendo que transmissão de dados é definida como : “[...] forma de telecomunicação caracterizada pela especialização na transferência de dados de um ponto a outro” (ANATEL, 2005).

Um exemplo de utilização do sistema multiplex, para transmissão de voz, pode ser visto na figura 1.1, onde está sendo utilizado para interligação de centrais telefônicas do tipo CPA-T (CPA-Temporal)⁶ e PABX (“*Private Automatic Branch Exchange*”)⁷

Como já foi citado, os sistemas de multiplex são muito utilizados para comunicações de dados, sendo que os dados, muitas vezes, podem ser compostos por sinais de voz e imagem digitalizados. No caso da utilização para transmissão de dados, segundo EMBRATEL (1996, p.2.1), os sistemas de multiplexação utilizam-se dos recursos de multiplexação para que os circuitos dos usuários, de diversas velocidades, possam ser dispostos ordenadamente em um quadro e transmitidos através dos meios de transmissão disponíveis.

⁶ Central CPA-T - central de comutação com controle por programa armazenado, sendo a matriz de comutação composta por estágio(s) de comutação temporal combinado(s) ou não com estágio(s) de comutação espacial e sendo o sinal tratado pela matriz de comutação um sinal digital com a velocidade básica, por canal, de 64 kbit/s. Havendo conversão analógico-digital esta se realiza em nível de voz (ANATEL, 2005).

⁷ PABX “Private Automatic Branch Exchange” - ver CPCT tipo PABX.

CPCT tipo PABX - central privada de comutação telefônica que tem como características principais estar ligada à estação telefônica pública através de linhas-tronco, processar automaticamente as chamadas internas e as chamadas originadas por ramais privilegiados para a rede externa pública, exigir a intervenção da operadora do PABX para completar as chamadas originadas da rede externa pública para os ramais (exceto quando existir sistema DDR – Discagem Direta ao Ramal) e as chamadas originadas por ramais semi-restritos para a rede externa pública (ANATEL, 2005).

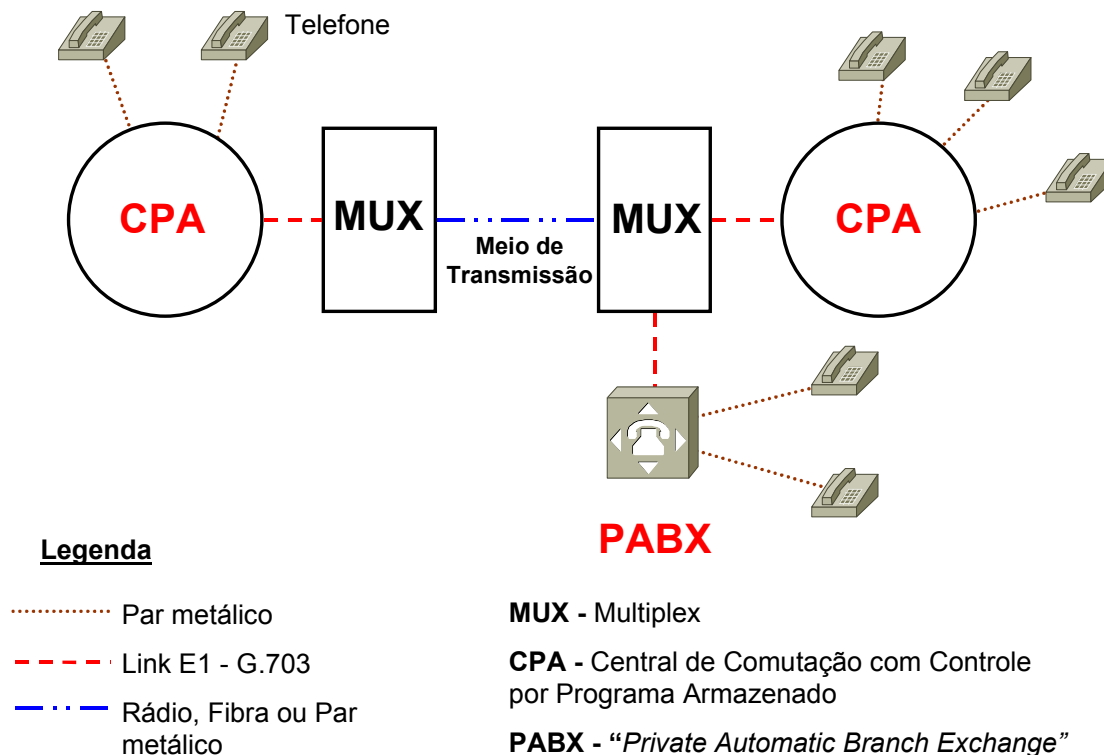


Figura 1.1 - Utilização de Sistema Multiplex em Telefonia
Fonte: Elaborado pela autora.

O multiplex permite um melhor aproveitamento do meio de transmissão, pois transmite circuitos de diversas velocidades, desde que múltiplas de 64 kbit/s, alocados em "time slot"⁸ de 64 kbit/s. O "time slot" de 64 kbit/s pode ser multiplexado, resultando em um quadro de até 2.048 kbit/s (Quadro E1), que será explicado mais adiante.

Na figura 1.2 pode ser visto um exemplo de topologia⁹ utilizando multiplex para transmissão de dados :

⁸ "time slot" é definido como fatia de tempo. "Cada canal é amostrado 8000 vezes/s, gerando cada vez uma fatia de tempo constituída de 8 bits. (8000/s x 8 bit = 64 kbit/s)" (ROCHOL, 1999, p.99).

⁹ topologia - 1. forma com que são conectados os integrantes de uma rede de computadores ou outro sistema de comunicações [...]. 2. em uma rede de computadores, consiste na exata configuração de computadores e enlaces interconectando-os [...] (ANATEL, 2005).

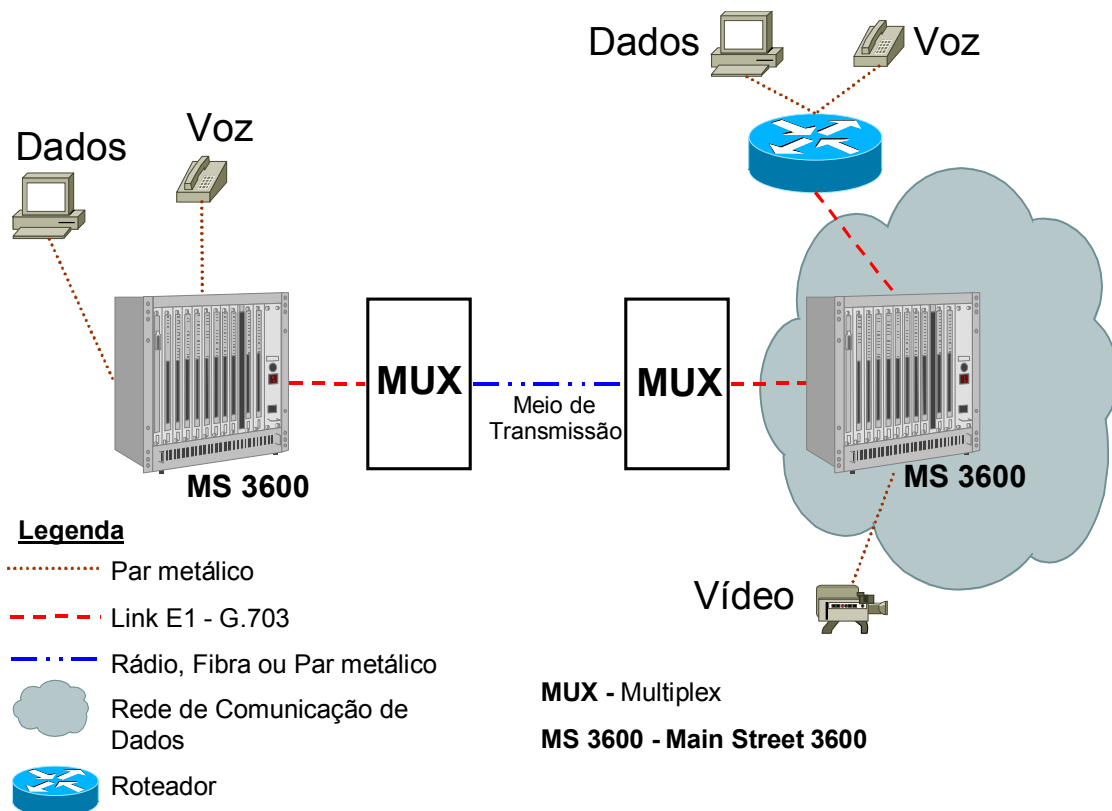


Figura 1.2 - Utilização de Multiplex para comunicação de dados.

Fonte: Elaborado pela autora.

1.2.1 Multiplexação por divisão em frequência (FDM)

Segundo Lathi (1987), é o método onde sinais diferentes partilham dos diferentes intervalos de frequência. Porém, a técnica de multiplexação por divisão de frequência, FDM (*Frequency Division Multiplex*), não é mais utilizada nos equipamentos atuais.

1.2.2 Multiplexação por Divisão em tempo (TDM)

Para entender TDM é necessário conhecimento prévio sobre amostragem.

[...] utiliza-se a **amostragem** que consiste num processo pelo qual se observa a variação de uma característica do sinal de informação (nível, frequência, fase, etc.), de tempos em tempos, gerando um outro sinal representativo do primeiro, durante cada período da observação [...] demonstra-se que a amostragem periódica, dentro de uma frequência apropriada de exploração, preserva o mesmo conteúdo de informação do

sinal original (PINES, 1978, p.436) [grifo nosso].

Segundo Lathi (1987), neste método são recuperados vários sinais no domínio do tempo, neste caso, os espectros de frequência de todos os sinais amostrados ocupam o mesmo intervalo de frequência e estão misturados. A multiplexação que utiliza esta tecnologia é chamada multiplexação por divisão de tempo, TDM (*Time Division Multiplex*).

O teorema da amostragem mostra a possibilidade de se transmitir toda a informação em um sinal contínuo limitado em faixa, transmitindo apenas amostras simples de $f(t)$ a intervalos regulares. A transmissão dessas amostras ocupa o canal só durante algum tempo. Isso é feito amostrando todos os sinais a serem transmitidos e intercalando essas amostras[...] No receptor, as amostras de cada sinal são separadas por técnicas adequadas [...] A saída do circuito de amostragem é, então, um sinal que consiste das amostras de todos os sinais entrelaçados [...], as amostras dos vários sinais são separadas adequadamente. O sinal desejado é recuperado de cada canal por meio de um filtro passa-baixas (LATHI, 1987, p.240-1).

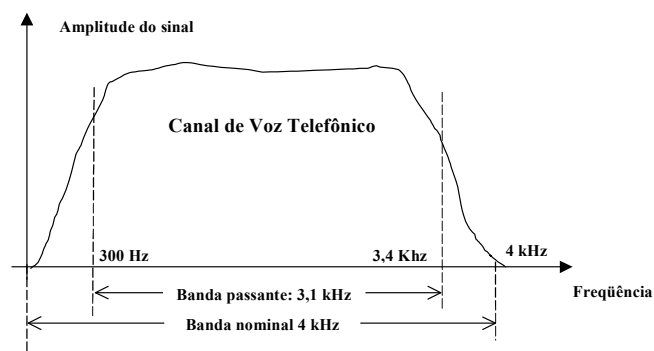


Figura 1.3 - Sinal analógico no canal telefônico
Fonte: (ROCHOL, 1999, p.96)

Como pode ser observado na figura acima a frequência de um canal de voz é de 4 kHz, sendo que a faixa realmente utilizada é até 3,4 kHz, portanto atendendo a Taxa de Nyquist¹⁰. A frequência de amostragem mínima para que seja possível

¹⁰ “Se as amostras de um sinal limitado em faixa tiverem que transportar toda a informação do sinal, então a taxa de amostragem nunca deverá ser menor do que $2f_m$ amostras por segundo. A menor taxa de amostragem ($2f_m$ amostras por segundo) é a taxa de Nyquist” (LATHI, 1987, p.242).

reconstituir o sinal original é de:

$$\omega_0 = 2 \times 3400 = 6800 \text{ Hz (frequência de Nyquist)}$$

Entretanto, segundo Wirth (2003, p.31), “tendo em vista uma maior adequação, sob ponto de vista tecnológico, adotou-se a frequência de amostragem em 8000 Hz”.

1.2.3 Modulação por Código de Pulsos (PCM)

Modulação por código de Pulsos é um importante método de modulação, que é utilizado para a digitalização dos sinais analógicos de voz para serem transmitidos nos sistemas digitais.

[...] cada valor de amostra de $f(t)$ é transmitido através de um código formado por um padrão de pulsos. Para ser transmitido é amostrado, e cada amostra é aproximada pelo nível mais próximo existente [...] Cada nível de voltagem é representado por um certo padrão de pulsos [...] Assim, ao invés de transmitir amostras individuais, é transmitido o padrão de pulso correspondente (LATHI, 1987, p.240).

Segundo LATHI (1998, p.263), a banda de sinal audível é aproximadamente 15 kHz, mas para ser inteligível, pode ser até 3400 Hz, e como o objetivo da comunicação via telefone é inteligibilidade, os componentes de áudio acima de 3400 Hz podem ser eliminados através de um filtro passa-baixa. O sinal resultante é amostrado numa taxa de 8000 amostras por segundo (8 kHz). Esta taxa é intencionalmente mais alta do que seria necessário pela taxa de Nyquist. A taxa de amostragem poderia ser 6,8 kHz, entretanto seriam necessários filtros não realizáveis. Então, cada amostra é quantizada em 256 níveis, portanto são

necessários 8 pulsos binários ($2^8 = 256$). Assim, para a digitalização do sinal telefônico são necessárias $8 \times 8000 = 64000$ pulsos binários por segundo.

1.2.4 Formação do Quadro de Pulsos

No item anterior, foi demonstrado como o sinal analógico de voz é transformado em sinal digital, para ser transmitido através de equipamentos digitais de telecomunicações. A faixa de frequência de 0 a 3400 Hz foi transformada em um sinal digital de 64000 bit por segundo. As centrais telefônicas digitais fazem esta conversão e encaminham o sinal digital através dos meios de transmissão. Para que ocorra a transmissão através de sistemas de transmissão é necessário seguir padrões internacionais de interconexão entre equipamentos. Segue abaixo uma breve explicação da formação do quadro E1 (padrão europeu que é utilizado, também, no Brasil):

Para cada um dos 30 circuitos de conversação, para o caso de telefonia, são enviados, nos dois sentidos, 8.000 amostras por segundo em forma de palavras de código de 8 bits. Portanto, em cada sentido deve haver a transmissão sucessiva de 30 palavras de código de 8 bits dentro de $125 \mu\text{s}$ (= valor inverso de 8 kHz). A essas 30 palavras de código somam-se 2×8 bits: 8 bits para sinalização e 8 bits para alinhamento que contém, alternadamente, uma palavra de serviço. As 30 palavras de código formam, com os 2×8 bits, um quadro de pulsos. Os quadros de pulsos são transmitidos, obrigatoriamente, em ordem sucessiva.

O quadro tem comprimento de 256 bits. A taxa de repetição de quadros é de 8.000 Hz.

Assim temos a velocidade :

$8.000 \text{ quadros} / 1 \text{ segundo} = 8.000 \times 256 \text{ bits} / 1\text{s} = 2.048.000 \text{ bits} / 1\text{s} = 2.048 \text{ bit/s}$

A duração de um quadro é de $125 \mu\text{s}$, pois :

$1 \text{ segundo} / 8.000 \text{ quadros} = 125 \times 10^{-6} \text{ s} / 1 \text{ quadro}$

Cada "time slot" acomoda um canal cuja velocidade é : $(2.048 \text{ bit/s}) / 32 = 64 \text{ bit/s}$ (EMBRATEL, 1996, p. 2.2).

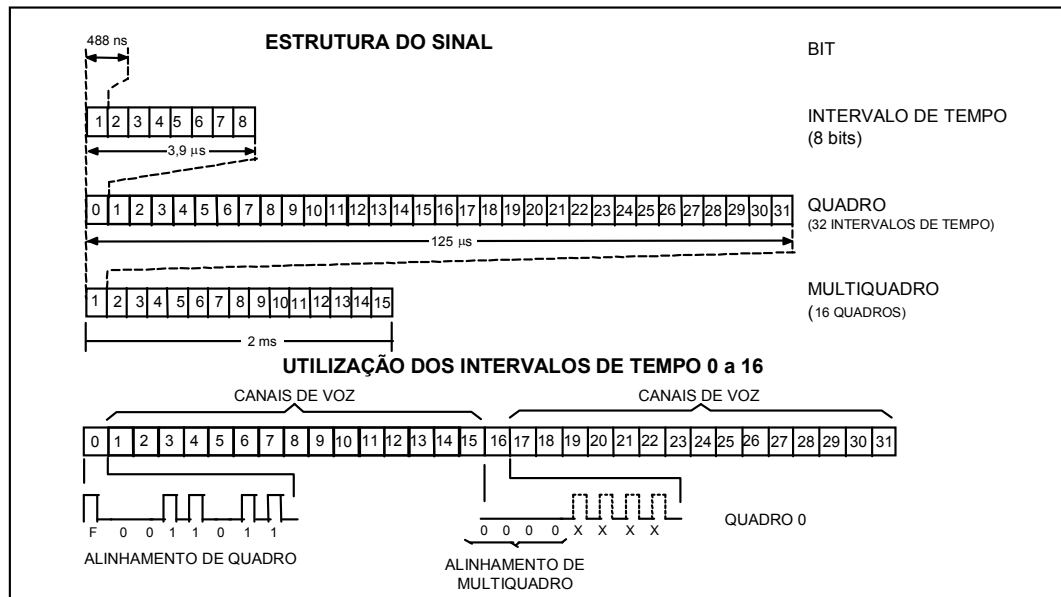


Figura 1.4 - Estrutura do Quadro E1

Fonte: EMBRATEL (1996)

Na figura 1.4 há uma ilustração da formação do quadro E1, observa-se que cada bit tem a duração de 488 ns, esta informação é importante para o projeto do DC-E1.

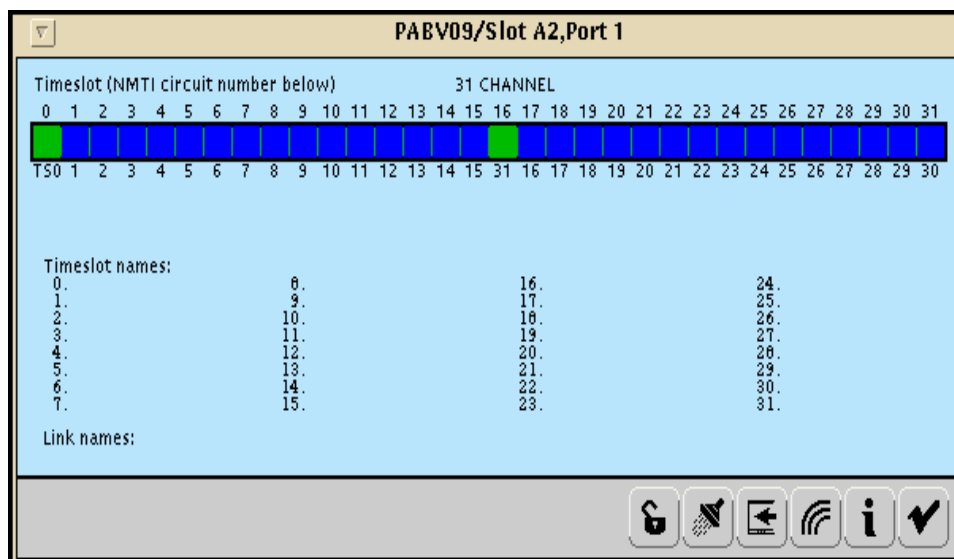


Figura 1.5 - Quadro E1 na gerência do equipamento MS3600

Fonte: EMBRATEL (1996)

Na figura 1.5, há um exemplo de um quadro E1, mostrado na gerência¹¹ de um equipamento de transmissão de dados, é apenas ilustrativa, pois esclarece a utilização do quadro E1 para transmissão de dados. É importante ressaltar que, nos meios de transmissão não há diferença nos quadros para transmissão de voz ou dados ou vídeo, pois todos, neste ponto, são sinais digitais. Para a comunicação entre centrais telefônicas ou em sistemas que envolvam a transmissão de voz é necessário observar que o “*time slot*” 16 requer configuração específica, nos equipamentos terminais, assunto que será abordado em item específico sobre sinalização.

1.2.4.1 Sincronismo de Quadro e Multiquadro

O quadro E1 é uma seqüência de bits que será transmitida por uma interface elétrica padronizada (será abordada mais adiante), portanto é preciso que existam regras para transmissão e recepção destes bits, de forma que o quadro seja corretamente identificado.

O “*time slot*” 0 (TS0) não é usado para conter dados ou voz, ao invés disso, é usado para alinhamento de quadro. Por meio do alinhamento sabemos onde começa e termina cada quadro. Deste modo o “*time slot*” 0 conterá uma seqüência especial de bits chamada Sinal de Alinhamento de Quadro. As palavras de alinhamento do quadro sincronizam o emissor e o receptor do sistema.

¹¹ gerência de falha – conjunto de funções de gerência TMN (“*Telecommunications Management Network*”) que possibilita a monitoração, a isolamento e a correção de uma operação anormal da rede de telecomunicações. Inclui registro de ocorrências, diagnóstico de falhas e testes (ANATEL, 2005).

Tabela 1

Alocação dos 8 Bits do “Time Slot” 0

bit	1	2	3	4	5	6	7	8
quadro com sinal de alinhamento	Si	0	0	1	1	0	1	1
quadro sem sinal de alinhamento	Si	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8

Fonte: EMBRATEL (1996, p.2.3)

Numa série de quadros, temos quadros alternados com sinal de alinhamento de quadro e sem sinal de alinhamento de quadro.

Assim temos que :

0 0 1 1 0 1 1 = Sinal de Alinhamento de Quadro.

O receptor determina a posição do quadro de pulsos baseado nas palavras de alinhamento dos quadros entrantes, para que os bits entrantes possam ser distribuídos aos circuitos na seqüência correta. Se houver perda do alinhamento do quadro de pulsos, o receptor não será capaz de identificar os “time slots” para decodificação. Logo, o sistema é considerado interrompido.

No quadro em que não é transmitido o sinal de alinhamento de quadro temos os bits Si, Sa4, Sa5, Sa6, Sa7 e Sa8 que são chamados de “Spare Bits”, ou seja, “Bits Vagos”, que podem ser usados ou não. Caso não sejam usados, deverão ser fixos em 1.

O bit A é usado para Indicação de Alarme Remoto :

A = 0 Normal

A = 1 Alarme

O alarme remoto informa um dos seguintes alarmes:

- Falha da fonte de alimentação (se a sinalização ainda for possível).
 - Falha no Codec (codificador/decodificador).
 - Falha do sinal entrante de 2.048 kbit/s.
 - Perda de alinhamento do quadro de pulsos.
 - Taxa de erro da palavra de alinhamento do quadro > 10E-3.
- (EMBRATEL, 1996, p.2.3)

1.2.4.2 Sinalização no Quadro E1

Como foi dito anteriormente para o caso da utilização do quadro E1 para transmissão de voz o “time slot” 16 será utilizado para a troca de sinalização, e poderá ser configurado nas seguintes tipos :

- Sinalização Associada ao Canal (CAS).
- Sinalização por Canal Comum (CCS).
- 31 canais

Quando há necessidade de utilizar a sinalização, escolhe-se entre o tipo

CAS e CCS.

No quadro E1 de 31 canais não é prevista sinalização de circuitos de voz, neste caso todos os “*time slots*” transportam sinais digitais de dados (EMBRATEL, 1996).

1.2.4.3 Eficiência

A eficiência máxima para um quadro de dados, portanto sem sinalização de circuito de voz, é:

$$S = 31 \text{ time slots de dados por quadro} \times 100 \% / 32 \text{ time slots por quadro} = 96,9 \%$$

1.2.5 Interface à 2.048 kbit/s – Padrão G.703 / G.704

É o quadro padronizado internacionalmente pelo ITU-T para transmissões síncronas à 2048 kbit/s através das recomendações G.703 e G.704. Segundo ITU-T (2005a), a norma G.703 trata de características Físicas/Elétricas de Interfaces Digitais Hierárquicas. Segundo ITU-T (2005b), a norma G.704 trata de Estruturas Síncronas de Quadros usadas em Níveis Hierárquicos Primário e Secundário e define as estruturas de quadro para os níveis hierárquicos 1 e 2 de multiplexação, tanto para o padrão americano quanto para o padrão europeu (ver figuras 1.9 e 1.10).

Neste trabalho será abordado somente a parte relativa à velocidade de 2.048 kbit/s, ou seja, nível 1 do padrão europeu.

1.2.6 Recomendação G.703

Conforme ITU-T (2005a), a recomendação G.703 trata das características físicas e elétricas de várias interfaces nas velocidades entre 64 kbit/s a 155.520 kbit/s, neste trabalho serão abordadas as características para interfaces à 2.048 kbit/s.

1.2.6.1 Características Físicas Gerais :

- Taxa de bit : 2048 kbit/s \pm 50 ppm
- Codificação : HDB3 (*“High Density Bipolar of order 3”*)

1.2.6.2 Especificação da Porta de Saída

As especificações físicas da interface G.703, segundo a recomendação do ITU-T estão dispostas na seguinte tabela:

Tabela 2

Interface Digital a 2.048 kbit/s G.703

Forma do Pulso (retangular)	Todas as marcas de um sinal válido deve ser conforme a máscara da figura 1.6, independente do sinal. O valor V corresponde ao valor nominal da tensão de pico.	
Par(es) em cada direção	Um par coaxial	Um par simétrico
Impedância de teste de carga (<i>“Test load impedance”</i>)	75 ohms resistivo	120 ohms resistivo
Tensão Nominal de Pico para uma marca (<i>“pulse”</i>)	2,37 V	3 V
Tensão Nominal de Pico para um espaço (<i>“no pulse”</i>)	$0 \pm 0,237$ V	$0 \pm 0,3$ V
Largura Nominal do Pulso	244 ns	

Fonte: ITU-T (2005a)

O pulso transmitido em uma interface segundo a recomendação G.703 deve se enquadrar na máscara mostrada na figura 1.6, onde são apresentadas as tolerância máxima da variação na tensão e na largura do pulso (ITU-T, 2005a).

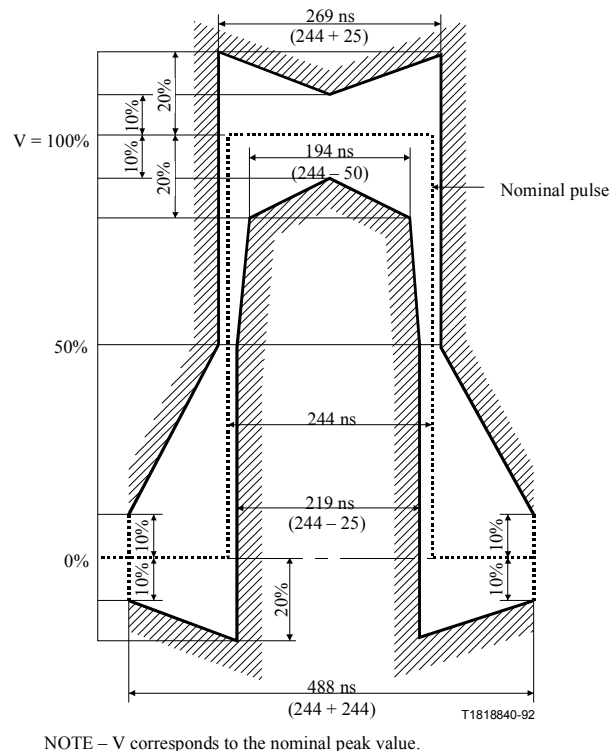


Figura 1.6 - Máscara do pulso para uma interface à 2048 kbit/s (G.703)

Fonte: ITU-T (2005a)

1.2.6.3 Especificação da porta de entrada

O sinal digital presente na porta de entrada é o mesmo definido no item 1.2.6.2 (sinal na porta de saída), porém modificado pela característica do par de interconexão. Segundo a recomendação G.703 a perda na frequência de 1024 kHz deverá ser entre 0 e 6 dB. Esta atenuação deve levar em conta todas as perdas decorrentes da presença da distribuição do “*frame*” digital entre os equipamentos.

1.2.6.4 Aterramento do condutor externo ou proteção

Segundo a recomendação G.703, o condutor externo do coaxial ou a proteção do par simétrico deverá ser conectado à referência , tanto na porta de saída quanto a porta de entrada.

1.2.7 Codificação HDB3 (“High Density Bipolar of order 3 code”)

O ITU-T recomenda que seja utilizado na interface física o código de linha HDB3, que será abordado detalhadamente neste item.

1.2.7.1 Código de linha

Para a transmissão do sinal digital entre equipamentos, ou seja, nas interfaces, é necessário que se estabeleça padrões de como a informação, será transmitida e recebida, visto que esta informação, nada mais é do que uma seqüência de bits. É necessário muito cuidado para que os sinais transmitidos, sejam recebidos corretamente, portanto foram elaboradas vários métodos com o objetivo de garantir a fidelidade da informação transmitida com a informação recebida.

De modo a se adequar às diversas características do sistema, a representação elétrica dos sinais pode assumir uma grande variedade de formas, e, concomitantemente, podem ser introduzidos bits de redundância na seqüência digital. Estas formas de representação e codificação são conhecidas como **códigos de linha** e referem-se a comunicação através de linhas físicas. Estes códigos devem apresentar características que garantam eficiência na transmissão, tais como : distribuição espectral, pouca complexidade de CODEC (CODificador DECodificador), conteúdo de informação de relógio, detecção de erros, evitar a propagação de erros[...] (EMBRATEL, 1992, p. 8.8) [grifo nosso].

1.2.7.2 Códigos Bipolar Alternado AMI (“*Alternate Mark Inversion*”)

O código de linha AMI será abordado rapidamente , para um entendimento prévio, visto que o código HDB3 é baseado neste código.

Este código consiste numa transmissão binária da seguinte forma: são transmitidos pulsos positivos e negativos alternados, com duração igual à metade do intervalo do símbolo, para representar o bit “1”, e a ausência de pulsos para representar o bit “0”.

O sinal quando codificado em AMI, terá o valor DC nulo, visto que a frequência de pulsos negativos e positivos, que representam os bits “1”, será a mesma. Apresenta, também, a vantagem da possibilidade de correção de erro, devido ao fato da transmissão dos bits “1” ser com pulsos alternados, se chegarem dois pulsos de mesma polaridade no receptor, indica que houve algum erro (LATHI, 1998, p.307-8).

1.2.7.3 Códigos Bipolares de Alta Densidade (HDB n)

Segundo EMBRATEL (1992), no início dos anos 70 foi criada uma família de códigos, conhecidos como HDB1, HDB2, HDB3, ..., HDB n . Estes códigos seriam baseados no código de linha AMI, e tinham como objetivo eliminar a principal desvantagem do AMI, a ausência de informação de relógio para sinais de baixa densidade de marcas (bit “1”).

Neste método, o problema do sinal bipolar não transparente é eliminado pela adição de pulsos quando um numero consecutivo de “0” excede n . O código

modificado é chamado de HDB e é indicado por $HDBn$, onde n pode ser 1, 2, 3, O mais importante destes códigos é o HDB3, que foi adotado como padrão internacional (LATHI, 1998, p.308).

1.2.7.4 Código HDB3

Como foi dito anteriormente, este código é o padrão internacional, portanto é freqüentemente utilizado nas interfaces de entrada/saída dos equipamentos de comunicações digitais. Segundo EMBRATEL (1992, p.8.14)

O código HDB3 utiliza a codificação por inversão de marcas alternadas sempre quando possível, introduzindo modificações para evitar perda de informação de relógio pela ocorrência de uma seqüência longa de zeros.

O código é caracterizado pelas três regras listadas abaixo:

REGRA 1: Na ocorrência de uma entrada 0000, o quarto zero é mudado para uma marca de substituição.

Esta regra garante a informação para a sincronização dos bits pelo menos uma vez para cada quatro bits de entrada. Entretanto, é necessário se distinguir a marca de substituição daquela correspondente à seqüência de entrada 0001. Isto é garantido pela regra 2.

REGRA 2: As marcas de substituição têm a mesma polaridade que a marca anterior, isto é, elas violam a regra de alternância de marcas, que é a mesma regra presente nos códigos AMI.

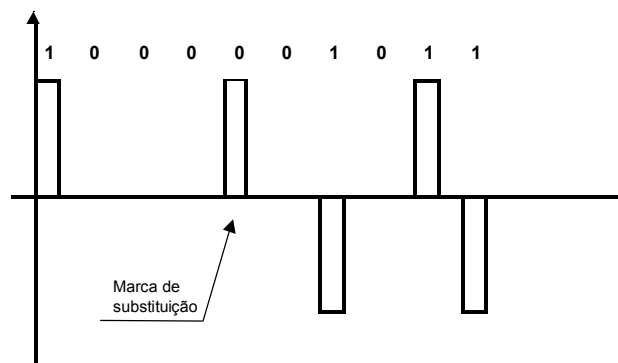


Figura 1.7 - Ilustração das Regras 1 e 2 do Código HDB3

Fonte: EMBRATEL (1992)

A próxima entrada “1” é representada por um pulso negativo. Ainda permanece, porém, um problema. Caso se tenha, na entrada, uma seqüência longa de zeros, obter-se-ia uma seqüência de saída da forma ...000V000V000V..., onde V representa as marcas de substituição (violação). Estas marcas terão a mesma polaridade para satisfazer a regra 2, como consequência, a seqüência assim codificada apresentaria energia nas freqüências baixas incluindo a freqüência nula (DC). Para evitar isso, tenta-se alternar as marcas de substituição sucessivas (violação do AMI), como especifica a regra 3.

REGRA 3: Na ocorrência do grupo de bits 0000, uma das duas seqüências especiais denotadas por 000V ou B00V é enviada, onde B é uma marca de substituição obedecendo à regra AMI, e V é uma marca violando a mesma regra. A escolha da seqüência B00V se dá quando houver um número par de “1” desde a última seqüência especial (após a violação). Caso contrário, escolhe-se a seqüência 000V.

A regra 3 está ilustrada na figura 1.10, onde a escolha da primeira seqüência especial é arbitrária. Oito zeros sucessivos são representados por seqüências B00V. Pode-se observar que, em consequência da regra 3, longas seqüências de zeros são codificadas em seqüências especiais alternadas 1001 e -100-1. Assim, as componentes de baixa freqüência (incluindo DC) são bastante atenuadas.

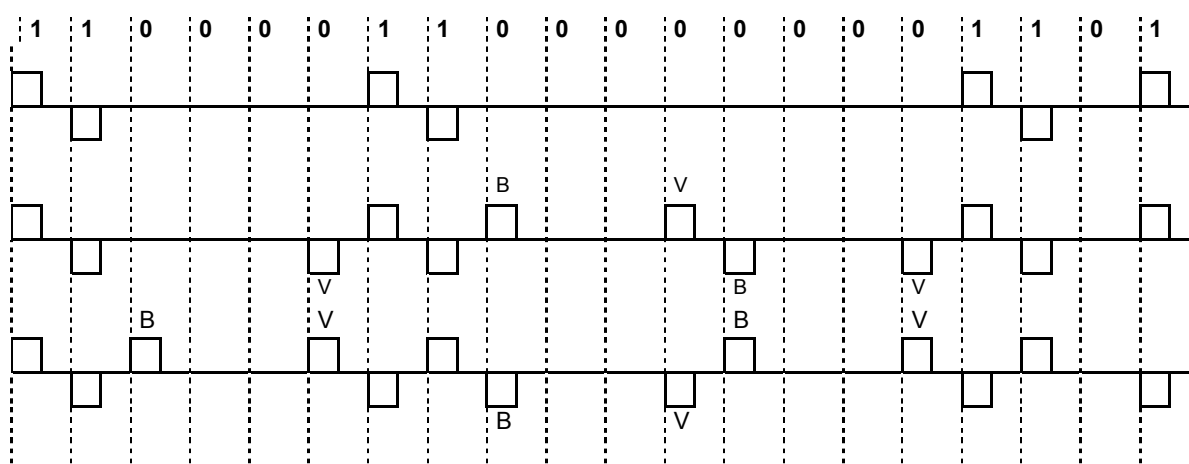


Figura 1.8 - Exemplo de Formação do Código HDB3

Fonte: EMBRATEL (1992)

1.2.8 Hierarquia PDH (“*Plesiochronous Digital Hierarchy*”)

Segundo MIYOSHI (2002), a hierarquia PDH foi idealizada para viabilizar a interconexão de centrais de comutação digitais, porém, devido às limitações tecnológicas e de capacidade de transporte de informação, tornou-se cara e limitada. Sua utilização é restrita porque possui poucos recursos para gerência, rede extremamente hierárquica e padronização parcial” (MIYOSHI, 2002, p.61).

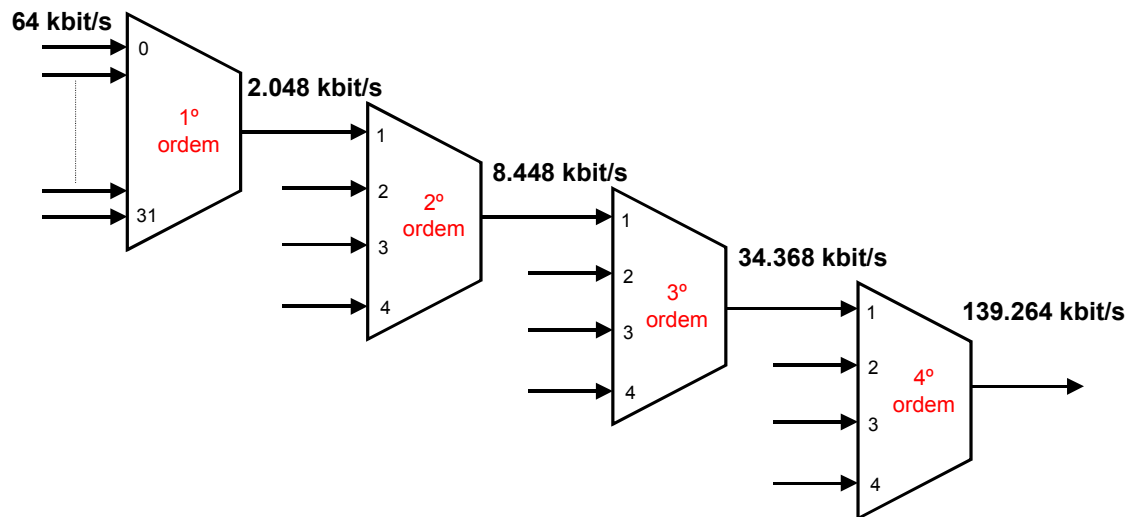


Figura 1.9 - Hierarquia Européia – PDH

Fonte: PINES, 1978, p.460

Sobre a hierarquia PDH, MIYOSHI (2002) afirma :

No sistema PDH temos sua divisão em nível de hierarquias e como dito anteriormente, não existe um padrão mundial, por isto temos três hierarquias diferentes no mundo. A existência dessas três hierarquias dificulta as interconexões de sistemas, pois só é possível a interconexão ao nível de voz na taxa de 64 kbit/s.

[...] Um tributário de 2048 kbit/s pode percorrer grande quantidade de rotas dentro da rede, até chegar a seu destino. A única maneira de acompanhar essa rota é manter registro de todos os pontos de conexão. À medida que a rede cresce, manter esses registros atualizados se torna complicado e caro.

Para fazermos funcionar um sistema de gerência dentro de uma rede PDH, seria necessário espaço dentro de cada quadro, mas os quadros do PDH não tem bits suficientes para assegurar uma gerência abrangente. Com isso as duas maiores desvantagens de um sistema PDH são : dificuldade de identificar um tributário de ordem inferior dentro de um quadro maior e uma estrutura em que não há espaço suficiente para incluir informações para o gerenciamento de rede (p.61-2).

As três hierarquias referidas são : Japonesa, Americana e Européia (mesma utilizada no Brasil).

Devido aos problemas citados anteriormente, e a necessidade de sistemas com maior capacidade, com versatilidade para inserir ou retirar canais de 2048 kbit/s, os fabricantes de infra-estrutura de telecomunicações procuraram uma nova solução para ser utilizada em todo o mundo (MIYOSHI, 2002).

1.2.9 Hierarquia SDH (“*Synchronous Digital Hierarchy*”)

Segundo MIYOSHI (2002), a hierarquia SDH surgiu no final da década de 80, devido à necessidade de um padrão mundial para os sistemas de transmissão síncrona que proporcionasse uma rede mais flexível e econômica. “Desenvolveu-se, então, uma rede síncrona de transporte de sinais digitais, formada por um conjunto hierárquico de estruturas de transporte padronizadas” (p.63).

Um dos principais objetivos da criação da Rede SDH, foi criar interfaces padronizadas, visando a compatibilidade entre vários fabricantes. Então surgiu, nos Estados Unidos, uma rede óptica síncrona que evoluiu para um padrão internacional, sendo compatível com as hierarquias existentes : americana, japonesa e europeia (utilizada no Brasil). Esta rede denominada SONET (“*Synchronous Optical Network*”), trabalha com uma taxa bruta de 155.520 mbit/s, STM-1 (“*Synchronous Transport Module – level 1*”), que pode ser traduzido como módulo de transporte síncrono nível 1 (MIYOSHI, 2002, p.63).

Segundo MIYOSHI, “[...] A estrutura de quadro do STM-1 tem 2.430 bytes, que duram 125 micro segundos (exatamente o tempo que dura um canal PCM de 64 kbit/s) [...]” (2002, p.63).

A tabela 3 apresenta as taxas de transmissão das hierarquias de SDH:

Tabela 3
Hierarquias SDH

STM-N	Taxa de Transmissão	Observação
STM-1	155,52 Mbit/s	
STM-4	622,08 Mbit/s	4 x STM-1
STM-16	2.488,32 Mbit/s	16 x STM-1
STM-64	9.953,28 Mbit/s	16 x STM-1

Fonte: MIYOSHI (2002, p.63)

A hierarquia SDH resolve os principais problemas apresentados pela hierarquia PDH, tais como: gerenciamento, capacidade de transmissão, versatilidade para inserção e retirada de canais de 2.048kb/s.

O mesmo feixe STM-N pode carregar, multiplexados, vários tipos de enlace de entrada: o enlace PCM americano (chamado de T1), de 1,544 Mbps; o enlace E1, de 2,048 Mbps; a hierarquia de 2º ordem americana, de 6,312 Mbps; a hierarquia de 3º ordem européia, de 34,368 Mbps. Dentro do quadro STM-N são intercalados enlaces síncronos, assíncronos e plesiócronsos¹².

Esses diferentes sinais de entrada são chamados de tributários, na terminologia da SDH. Um enlace E1, por exemplo, é um tributário de 2Mbps.[...] . Foi sugerido criar um padrão mundial para os sistemas de transmissão síncrona que proporcionasse uma rede mais flexível e econômica. Desenvolveu-se, então, uma rede síncrona de transporte de sinais digitais, formada por um conjunto hierárquico de estruturas de transporte padronizadas. Características: padronização total, fácil acesso aos tributários de ordem inferior e grande capacidade alocada para gerência de rede (MIYOSHI, 2002, p.64).

Na figura 1.8 pode-se observar o exemplo de uma possível implementação da hierarquia SDH, muito utilizada no Brasil.

¹² Plesiócrono – “A palavra *PLESIOCHRONOUS* vem do grego Plesíós, próximo, quase, e Kronos, tempo. Numa tradução livre, *plesiochronous* seria **quase síncrono** (MIYOSHI, 2002, p.61) [grifo do autor].

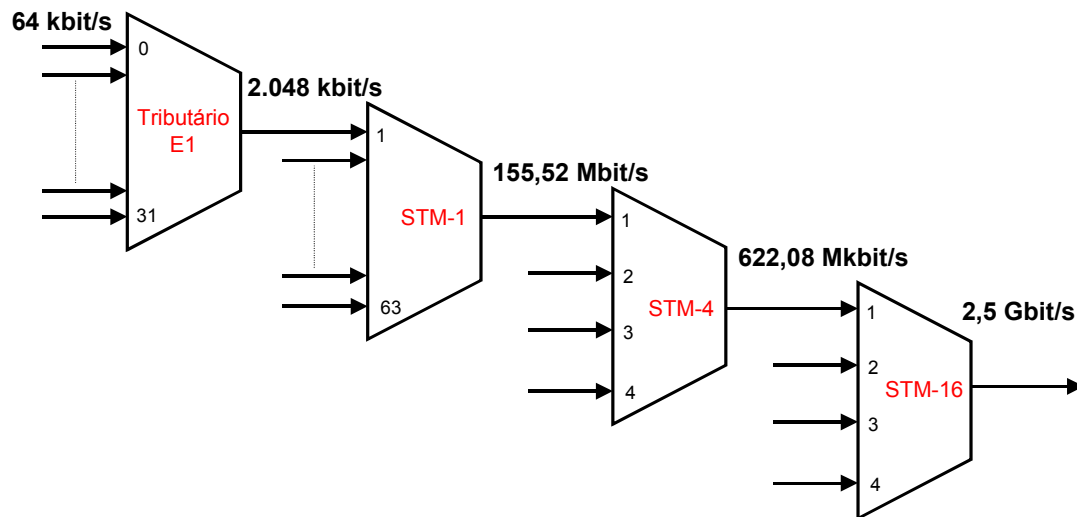


Figura 1.10 - Hierarquia SDH para tributários padrão E1

Fonte: Elaborado pela autora.

1.2.10 Alarmes no sistemas de multiplexacao

Para o desenvolvimento do projeto do DC-E1 foi necessário conhecer, além dos padrões de interfaces e equipamentos para multiplex em telecomunicações, as principais indicações de alarmes, já que estas indicações de alarmes são alguns dos parâmetros básicos para a operação do DC-E1.

Nos meios de transmissão digital existem inúmeros alarmes para indicar o “*status*” dos sinais que estão sendo transmitidos e recebidos. Dentre estes destacam-se o AIS (“*Alarm Indication Signal*”) e o LOS (“*Loss of Signal*”).

1.2.10.1 Sinal Indicativo de Alarme (SIA)

O alarme AIS (“*Alarm Indication Signal*”) ou SIA (Sinal Indicativo de Alarme), segundo MULTITEL (1987):

Numa rede PCM envolvendo equipamentos de diversas hierarquias pode ocorrer que a detecção de uma falha seja feita muitas vezes num

equipamento de ordem superior. Seria inconveniente do ponto de vista de operação que os equipamentos de ordem inferior continuassem sinalizando falhas em consequência de alteração num sinal cuja falha já foi identificada.

Convencionou-se então que toda vez que numa falha for detectada, o circuito substituirá o sinal que seria enviado aos equipamentos de hierarquia inferior por trem de bits “tudo1”, que caracteriza o SIA (p.80).

Esta interrupção pode estar relacionada com problemas no meio de transmissão, seja ele via rádio, fibra óptica ou par metálico.

Para ANATEL (2005) a definição de SIA é:

“sinal que indica que uma avaria foi identificada à retaguarda e que alarmes locais e de outra natureza devem ser desativados. O SIA gerado numa interface da central digital aplica-se aos canais de 64 kbit/s comutados da interface para a matriz de comutação. O SIA recebido de fora diz respeito a um sinal composto de 2 Mbit/s, em princípio gerado por um equipamento multiplex de hierarquia superior. Constitui-se de uma seqüência ininterrupta de binário 1 (11111.....)

Conclui-se que o SIA tem a particularidade de conter na linha HDB3 somente pulsos “1”, como pode ser observado na figura 1.11:

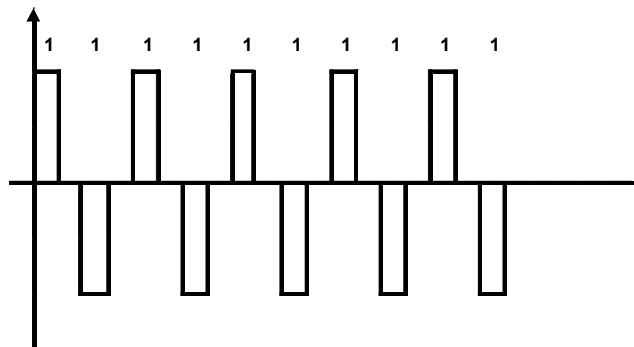


Figura 1.11 - Sinal SIA na interface G.703

Fonte: Elaborado pela autora

Através da literatura consultada e de experiências realizadas podemos concluir que o SIA acontece em duas situações importantes. E são, justamente, estas situações que o DC-E1 irá analisar para atuar , evitando a interrupção

prolongada dos sistemas que se utilizam dos multiplex para transportar informações.

Nas figuras 1.12 e 1.13 são apresentadas duas situações de ocorrência do alarme SIA.

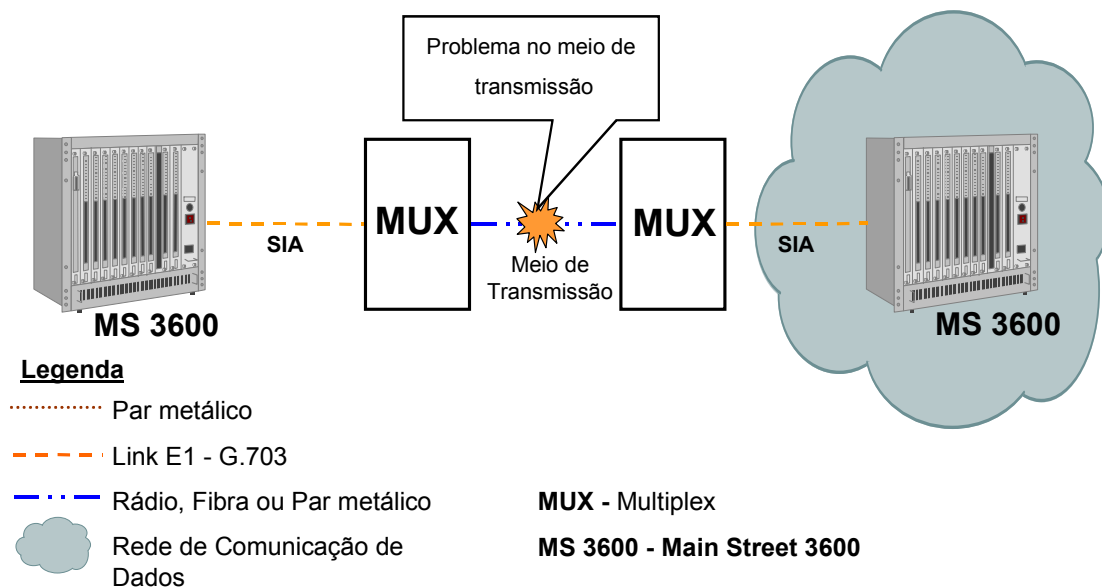


Figura 1.12 - SIA por problema no meio de transmissão

Fonte: Elaborado pela autora

Na figura 1.12, observa-se que devido a um problema no meio de transmissão que afetou as interfaces de hierarquia superior do equipamento de multiplex, foi gerado alarme SIA para ambas as interfaces à 2.048 kbit/s.

Na figura 1.13, há um exemplo de alarme de SIA provocado pela desconexão do equipamento terminal em uma das pontas do link, então o equipamento multiplex que não está recebendo sinal HDB3 na em uma das portas, automaticamente gera padrão “tudo 1” na interface remota, e já sabe-se que padrão “tudo 1” é SIA.

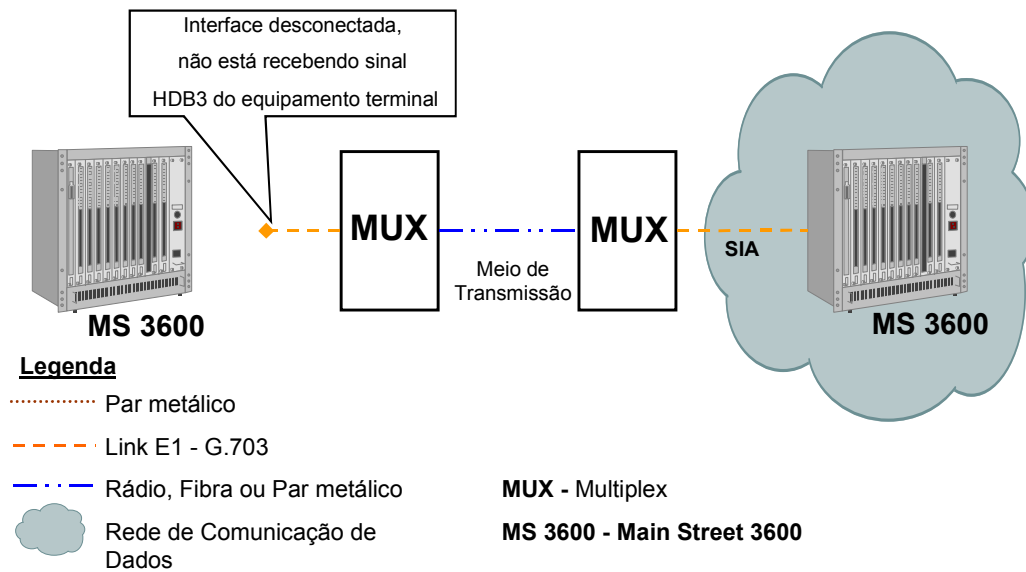


Figura 1.13 - SIA por desconexão em uma das pontas

Fonte: Elaborado pela autora

1.2.10.2 Critério para detecção e limpeza de um defeito LOS (“*Loss of Signal*”)

Segundo o ITU-T (2005c), através da recomendação G.775, o alarme LOS (“*Loss of Signal*”), ou seja, a Perda de Sinal, em uma interface 2048 kbit/s é detectado quando o sinal não apresenta transições, ou seja quando o nível do sinal é menor ou igual ao nível de sinal de Q dB abaixo do nominal, por N intervalos consecutivos de pulso, onde $10 \leq N \leq 255$.

O alarme LOS em um interface 2048 kbit/s é limpo quando tem transições, quando o nível do sinal é maior ou igual ao nível do sinal de P dB abaixo do nominal, para N intervalos consecutivos de pulso, onde $10 \leq N \leq 255$

O sinal com transições corresponde a um sinal em conformidade com a recomendação G.703 (ITU-T, 2005c).

Os valores para P e Q estão na seguinte tabela:

Tabela 4
Nível dos sinais de P e Q para detecção/limpeza do defeito LOS

<i>"Bit rate"</i> (kbit/s)	P (dB)	Q (dB)
2 048	9	35
6 312	9	35
8 448	9	35
34 368	15	35
139 264	15	35

Fonte: ITU-T (2005c)

1.2.10.3 Critério para detecção e limpeza de uma condição de alarme SIA

Segundo o ITU-T(2005c), através da recomendação G.775, um alarme SIA numa interface a 2048 kbit/s é detectado quando o sinal de entrada tem dois (2) ou menos "0" (zero) em cada dois períodos consecutivos de quadro (512 bits). O defeito é limpo quando em cada dois períodos consecutivos de duplo quadro contiver três (3) ou mais "0" (zero) ou quando o FAS (*"Frame Alignment Sinal"*) for encontrado.

1.2.10.4 Outros critérios para detecção/limpeza de LOS e SIA

Segundo a recomendação do ITU-T G.775, ainda existem outros critérios para detecção de LOS e SIA:

Um alarme de LOS é detectado numa interface à 2048 k bit/s pela ausência de transições no sinal de entrada por um período de 5 μ s a 1 ms.

Os três diferentes critérios para detecção de um defeito SIA numa interface a 2048 k bit/s tem sido usados:

- 1) O sinal de entrada de 2048 kbit/s tem dois(2) ou menos zeros numa

seqüência de 512 bits (250 μ s).

2) O sinal de entrada é composto de “1” (um) não segmentados durando 0,5 ms e contendo não mais que 0,2 a 0,1 % de zeros

O defeito SIA para ambas as condições é limpo na recepção de um sinal diferente do critério de detecção de SIA.

3) O sinal de entrada (chegada) tem uns (1) ou menos zeros em cada um dos frames duplos consecutivos e (512 bits por frame duplo) e a FAS não é detectada.

O defeito é limpo em cada um dos frames duplos consecutivos que contém três ou mais zeros ou a FAS não foi encontrada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição do Dispositivo (DC-E1)

O Dispositivo para Contingência de Links E1 (DC-E1), foi desenvolvido devido á necessidade de automatizar a atividade de contingenciamento de links, para os casos em que é possível a operação de sistemas com meios de transmissão redundantes, e houver falha em algum dos links utilizados.

Neste trabalho será utilizado um exemplo real, de compartilhamento de meio de transmissão entre duas empresas operadoras de telecomunicações, porém o DC-E1 poderá ter outras aplicações, desde que respeitadas as suas características de operação.

Uma determinada operadora de telecomunicações, de agora em diante chamada de Operadora X, por conta de um convênio de construção de acessos (rádio e fibra óptica) com outra operadora de telecomunicações, de agora em diante chamada de Operadora Y, da época em que ambas, as empresas, eram estatais, realizou um acordo de utilização dos meios de transmissão. Através deste acordo a Operadora X, poderá utilizar meios de transmissão com interfaces à 2.048 kbit/s, de propriedade da Operadora Y, para diversas cidades dentro do Estado do Rio Grande do Sul, onde ambas operadoras possuem sistemas de transmissão e clientes.

Os meios de transmissão da Operadora X são através de fibra óptica, porém a configuração da fibra não está em anel em toda a região, portanto em alguns locais a fibra está na configuração linear, que em caso de rompimento algumas localidades podem ficar isoladas.

Já os meios de transmissão da Operadora Y estão na configuração anel na maior parte da região, característica que diminui bastante a possibilidade de alguma localidade ficar isolada, em caso de rompimento de fibra óptica.

A vantagem da Operadora X, em utilizar os seus próprios meios de transmissão está por conta de possuir gerência total da sua rede, ou seja todos os elementos da rede são monitorados e acompanhados por um centro de operações com funcionamento 24 horas por dia , 7 dias por semana. Enquanto que os meios de transmissão da Operadora Y são monitorados por ela própria, e em caso de um duplo rompimento de fibra, que levaria ao isolamento de alguma localidade, a Operadora X levaria mais tempo para ficar sabendo e tomar alguma providência para solucionar a interrupção de seus clientes.

A solução atualmente adotada pela Operadora X é de utilizar 50 % dos seus serviços em cada meio de transmissão, e em caso de interrupção de algum dos meios de transmissão (Operadora X ou Operadora Y) é realizada a contingência manual dos links. Desta forma é necessária a presença de técnicos-operadores em ambas as localidades, para realizar o desligamento dos equipamentos terminais do meio de transmissão interrompido e a ligação destes equipamentos ao meio de transmissão que não apresenta defeito.

Esta tarefa necessita de mão-de-obra especializada, deslocamento, controles paralelos, apresenta custos adicionais (horas extras de funcionários) e ainda pode levar muito tempo, gerando reclamações por parte dos clientes dos serviços

oferecidos pela Operadora X, visto que a contingência manual pode levar até horas, dependendo da disponibilidade dos técnicos.

Devido ao problema exposto, o DC-E1 foi projetado para fazer a contingência de forma automática de links à 2.048 kbit/s, quando for detectado alarme de LOS ou SIA em qualquer das localidades.

2.2 Descrição da Operação do Dispositivo (DC-E1)

O DC-E1 é um equipamento para ser inserido, na topologia de equipamentos de telecomunicações, entre um equipamento terminal e dois meios de transmissão, em cada uma das localidades. É necessário um par de equipamentos DC-E1 para o seu correto funcionamento.

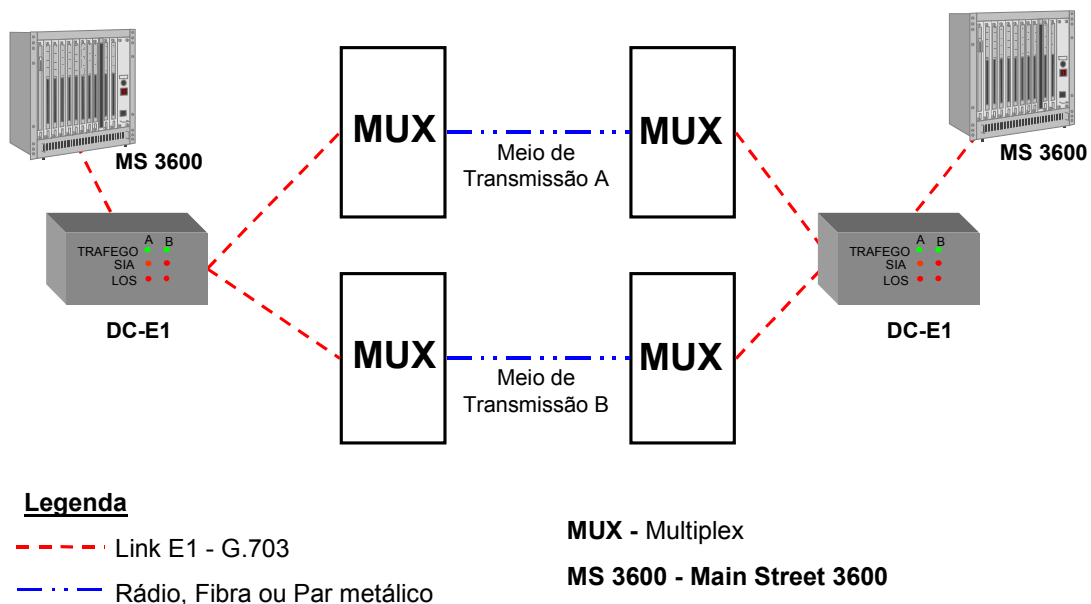


Figura 2.1 - Aplicação do DC-E1

Fonte: Elaborado pela autora

Conforme pode ser visto na figura 2.1, neste exemplo, o DC-E1 é instalado em série entre o equipamento multiplex e os equipamentos para transmissão de

dados. Entretanto, o DC-E1 pode ser utilizado para interligação de outros equipamentos, como, por exemplo, centrais telefônicas, desde que tenham interfaces no padrão G.703 e exista a possibilidade de utilizar dois meios de transmissão.

A conexão das interfaces G.703 dos equipamentos é feita nos conectores traseiros do DC-E1. Devem ser utilizados cabos coaxiais e conectores do tipo IEC. Os conectores do DC-E1 são “fêmea”, portanto os cabos a serem conectados devem ser com conectores “macho”.

O software do DC-E1 foi elaborado para que o meio de transmissão preferencial seja o meio de transmissão A, ou seja, o que estiver conectado à porta A do DC-E1. A figura 2.2 apresenta o fluxograma de operação do DC-E1:

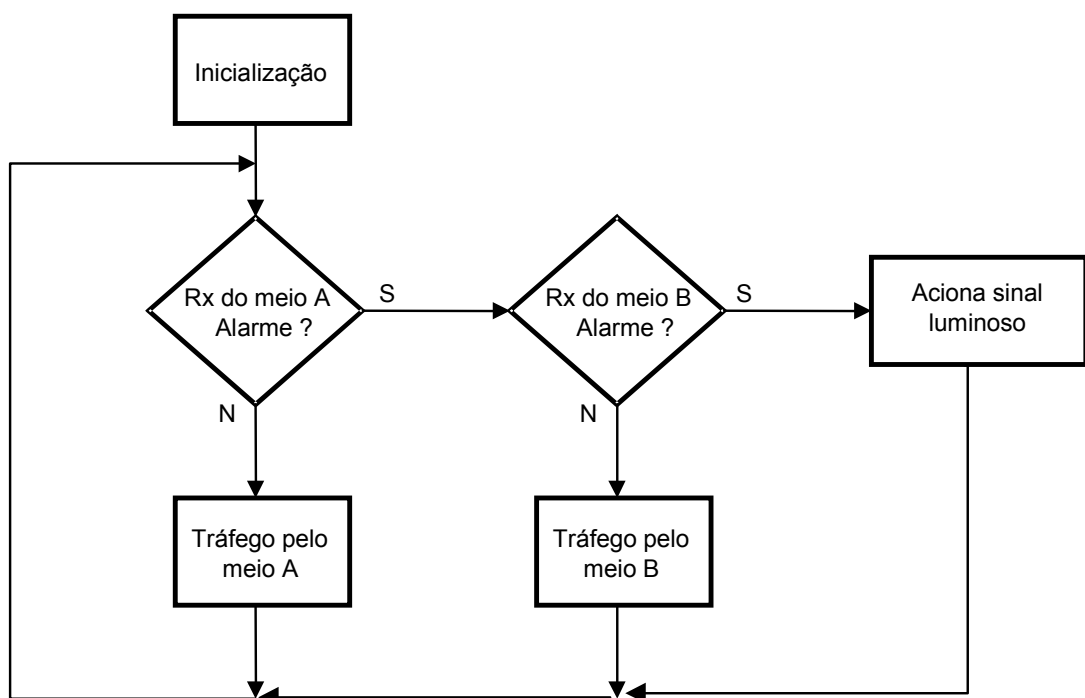


Figura 2.2 - Fluxograma de Operação do DC-E1

Fonte: Elaborado pela autora

Após a inicialização são executados três grupos de atividades: detecção de alarmes, processamento/indicação de alarmes e a contingência, se necessário.

A detecção de alarmes é realizada primeiramente através da seleção da interface G.703 do Meio_A. Após selecionada, a interface o DC-E1 identifica se existe sinal presente, caso contrário indica alarme de LOS, e se o sinal presente na interface for uma sequência longa de “1”, indica o alarme de SIA. Se não houver nenhum dos dois alarmes significa que o sinal presente é formado por dados válidos transmitidos pelo Meio_A e o mesmo é enviado para a saída do DC-E1 através do relé de tráfego, do circuito interno do DC-E1. Em contrapartida, se o DC-E1 detectar qualquer alarme no sinal do Meio_A é feita a análise do sinal proveniente do Meio_B. Na ausência de alarmes no Meio_B, através do relé de tráfego, é disponibilizado na saída do DC-E1 o sinal do Meio_B. Independente da situação em que ficar o tráfego, o software do DC-E1 continua analisando as interfaces constantemente.

Caso o tráfego esteja pelo Meio_B, é necessário que por, no mínimo, 10 segundos o Meio_A estabilize, sem alarmes para que o DC-E1 volte a transmissão de informação para o Meio_^a

Na ocorrência de alarmes em ambos os meios de transmissão (Meio_A e Meio_B), o DC-E1 continua analisando suas interfaces e a primeira a estabilizar sem alarmes será utilizada em sua interface de saída. Durante este período o DC-E1 mantém o relé de tráfego “atracado” no meio de transmissão A, que foi escolhido como preferencial.

2.3 Descrição do Circuito Interno

O fluxograma de operação do circuito interno do DC-E1 está apresentado no diagrama em blocos da figura 2.3 e no esquema elétrico do Anexo I. Para facilitar o entendimento do funcionamento do dispositivo é necessário acompanhar o fluxograma de operação e o esquema elétrico.

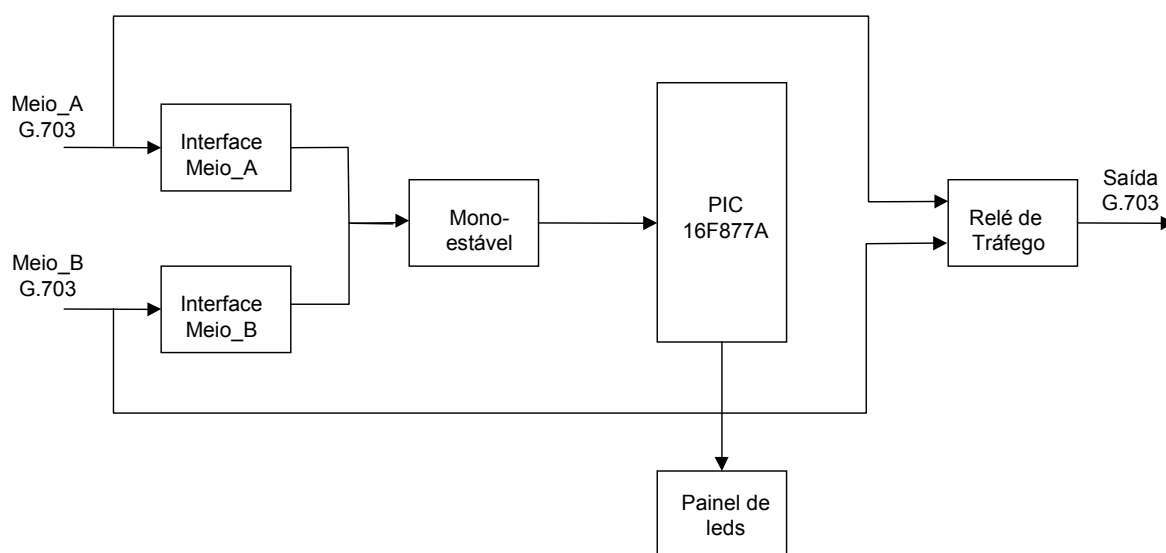


Figura 2.3 – Diagrama em blocos do circuito

Fonte: Elaborada pela autora

Os sinais de entrada do DC-E1 (portas Meio_A e Meio_B), são provenientes dos meios de transmissão, seguem o padrão G.703 (figura 1.6). O sinal G.703 (2,37V) é convertido para nível de tensão TTL (5V), através do circuito integrado SN75176 (*"Differential Bus Transceiver"*). Há um SN75176 para cada interface de entrada, um para o Meio_A e outro para o Meio_B, U1 e U2 no diagrama elétrico, respectivamente. Nesta função está sendo utilizada somente a etapa de recepção do componente.

Os sinais de entrada (Meio_A e Meio_B) também são ligados ao relé de tráfego, que faz a contingência, conforme condições analisadas pelo software do equipamento. Sendo que o Meio_A está conectado na posição de repouso do relé, portanto em caso de falta de energia o tráfego será somente pelo Meio_A, pois este é o meio prioritário.

O sinal obtido na saída do SN75176 (U1 e U2), tem a característica de fornecer somente pulsos positivos correspondentes aos pulsos positivos provenientes da linha (interface G.703), porém com amplitude e largura de pulso diferentes do sinal original.

Nos parágrafos seguintes serão analisadas as três condições principais de ocorrência no meio de transmissão e que são objeto deste projeto.

Quando houver comunicação normal de informação, trafegam pela interface G.703 seqüências de bits “0” e “1”, representando a informação transmitida. Nesta situação, o sinal de entrada na interface G.703 será de pulsos positivos e negativos, conforme o código de linha HDB3. Este sinal, após tratado pelo “*Differential Bus Transceiver*” (SN75176A), é transformado em, somente, pulsos positivos com amplitude de 5V e largura de pulso variável.

Na figura 2.3 estão apresentados os sinais de entrada na interface G.703 (curva superior - CH1) e o sinal de saída do SN75176A (curva inferior - CH2). Observa-se que os pulsos de saída do SN75176A tem borda de subida em fase com a borda de subida dos pulsos positivos do sinal na interface G.703. Porém, devido a

característica de histerese (50 mV) deste componente os pulsos de saída tem duração em nível lógico “1” até que aconteça um pulso de polaridade negativa, na interface G.703. Para este projeto esta variação de largura de pulso não implica em problema, na situação de tráfego normal de informação na interface.

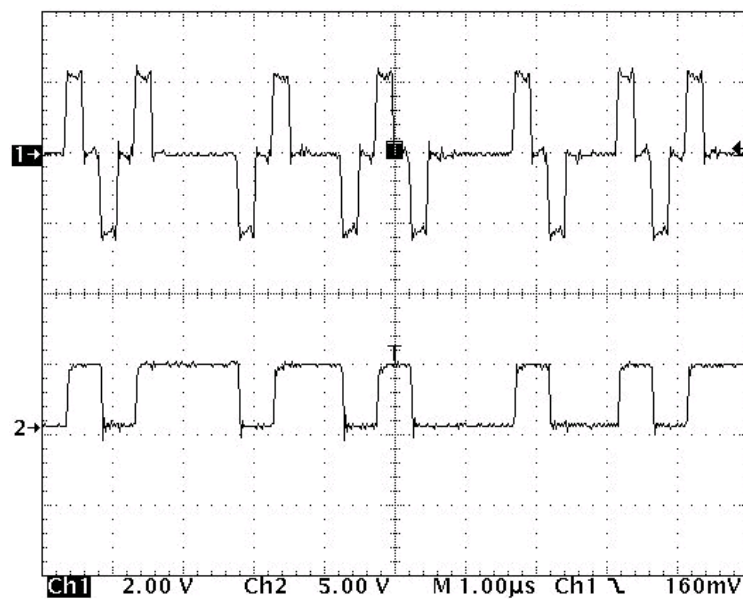


Figura 2.3 – Dados na G.703 e dados na saída do SN75176A

Fonte: Elaborada pela autora

A Segunda condição a ser analisada é quando está presente na interface G.703 (Meio_A e Meio_B) o alarme SIA, que é composto por, somente, bits “1”. Estes bits são representados, na interface G.703, por uma seqüência de pulsos positivos e negativos, alternadamente.

Esta seqüência de pulsos positivos e negativos é transformada, na saída do SN75176A, em uma seqüência de pulsos positivos. Na figura 2.4 estão apresentados os sinais de entrada na interface G.703 (curva superior - CH1) e o sinal de saída do SN75176A (curva inferior - CH2). Observa-se que os pulsos de saída do SN75176A tem borda de subida em fase com a borda de subida dos pulsos

positivos do sinal na interface G.703, assim como na situação em que há tráfego de informação na linha.

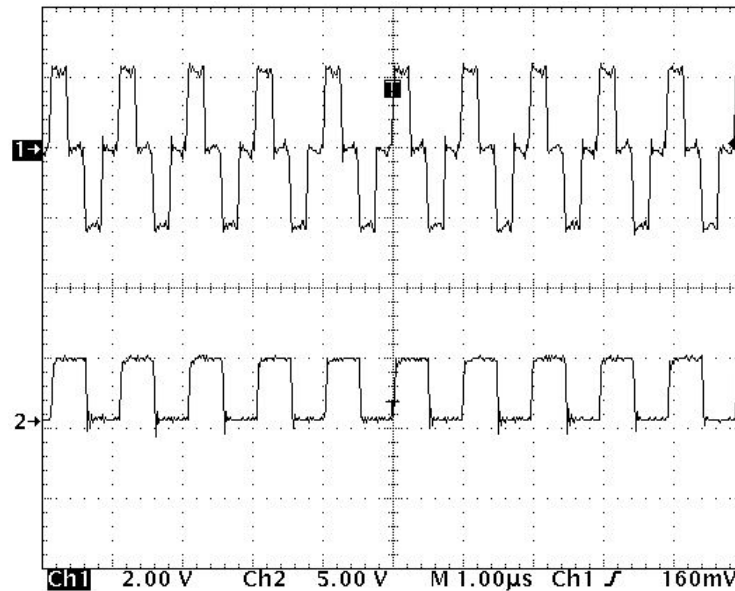


Figura 2.4 – SIA na G703 e SIA na saída do SN75176A

Fonte: Elaborada pela autora

Entretanto, para a situação em que há SIA na linha, os pulsos de saída do SN75176A, apresentam um período constante.

Como pode ser visto na figura 2.4, o sinal presente na entrada do SN75176A é composto por pulsos positivos e negativos de amplitude $\pm 2,2$ volts e duração em torno de 250ns e o mesmo sinal, após ser convertido para os níveis TTL, passa a corresponder somente aos pulsos positivos, agora com largura de pulso igual à, aproximadamente, 500ns.

Ainda existe a situação em que não há sinal na interface G.703, normalmente provocada por interrupção física na interconexão ou defeito em placa do equipamento do meio de transmissão. Neste caso o alarme correspondente é o

LOS. Como nesta situação não sinal presente na linha, não há pulsos na interface G.703, portanto não haverá pulsos na saída SN75176A. Esta situação está apresentada na figura 2.5.

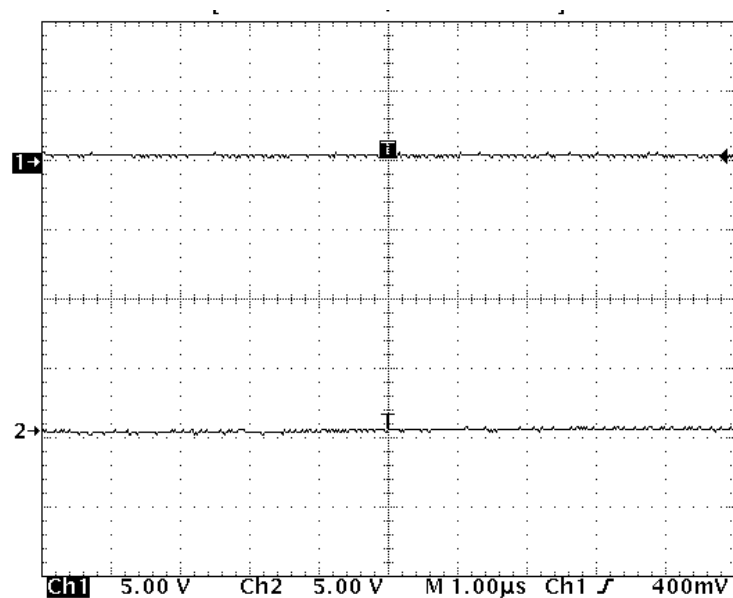


Figura 2.5 - LOS na G.703 e na saída do SN75176

Fonte: Elaborada pela autora

Os pinos de saída dos componentes U1 e U2 (SN75176A) estão ligados na entrada B do monoestável (SN74LS123), componente U4 do diagrama. Apesar de estarem ligados juntos num mesmo pino de entrada do outro componente, não há problema, pois o SN75176A tem saída em alta impedância quando não está habilitado pelo pino 2 (/enable). Neste projeto, a habilitação é controlada pelo software residente no microcontrolador e está previsto que os componentes U1 e U2 nunca estão habilitadas ao mesmo tempo.

Conforme foi visto até agora, na saída do “*Differential Bus Transceiver*” (SN75176A), há três possibilidades de sinal : pulsos de com largura variável, pulsos com largura de 500 ns e ausência de sinal (nível lógico “0”). Estes sinais serão

aplicados à entrada de um circuito monoestável e serão transformados em pulsos com largura pré definida, de acordo com os componentes calculados.

O tempo de duração da largura do pulso de saída do monoestável foi ajustado para, aproximadamente, 1100ns. Este ajuste se dá através da escolha de capacitor e resistor, para ligação entre os pinos 14 e 15. A relação capacitor/resistor é dada conforme o gráfico na figura 2.6, extraído do “*datasheet*” do componente.

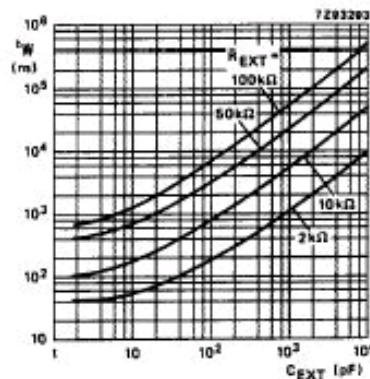


Figura 2.6 - Tamanho de pulso de saída no monoestável

Fonte: “*Datasheet*” do componente SN74LS123

O monoestável utilizado (SN74LS123) possui a característica de ser “retrigável”, isto permite que seja disparado novamente antes mesmo de terminar a temporização do disparo anterior.

Para a situação em que há tráfego de informação na linha G.703, sabe-se que o sinal que sai do estágio anterior é composto por pulsos positivos com largura variável. Estes pulsos que entram no monoestável geram o disparo deste componente, gerando pulsos na saída do monoestável de, no mínimo, 1100 ns. Neste caso, o sinal de entrada (G.703) é composto por bits “0” e “1”, em seqüências

variadas, ou seja, é imprevisível para o DC-E1 quantos são os bits “0” e “1” presentes na linha. É importante lembrar que a codificação de linha HDB3 não permite variações longas de bits “0” e também prevê a alternância de polaridade dos bits “1” (marcas). Então na saída do monoestável, há seqüência de pulsos positivos, também com largura de pulso variável. Esta condição é importante para tratamento e decisão do software, será abordada mais adiante.

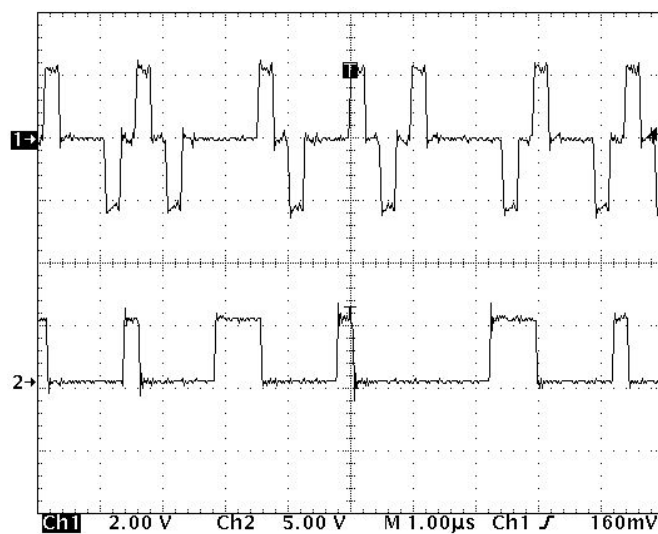


Figura 2.7 - Dados na G.703 e na saída do monoestável

Fonte: Elaborado pela autora

Como já foi dito anteriormente, o monoestável possui a característica de ser retriggerável. Esta característica é fundamental para a detecção do alarme de SIA. Sabe-se que o pulso de saída do monoestável é calculado para ter uma duração de 1100 ns. Como na situação de alarme de SIA, os bits presentes na interface G.703 são todos “1” e que a duração de um pulso na interface G.703 é de 244ns, pode-se concluir que a cada 488 ns haverá uma borda de subida na interface G.703. Consequentemente, são gerados pulsos de largura de aproximadamente 500 ns na saída do “*Differential Bus Transceiver*”, como já foi visto anteriormente na figura 2.4.

Então, um pulso de duração aproximada de 500ns dispara o monoestável, este gera um pulso de 1100ns na sua saída, como o sinal na linha é uma seqüência de bits “1”, antes que este tempo expire, passados 500ns após o primeiro, surge um novo pulso disparando novamente o monoestável. Fazendo com que o sinal na saída do monoestável permaneça com nível constante, enquanto durar o alarme de SIA.

O monoestável possui duas saídas, Q e /Q. Para a situação de alarme de SIA está sendo utilizada a saída /Q, então o pulso a ser analisado é em nível lógico “0”.

Na figura 2.8, pode ser visto um exemplo da situação em que há sinal de SIA na linha. Na curva superior (CH1) está o sinal de entrada na interface G.703 e na curva inferior (CH2) está o sinal na saída do monoestável.

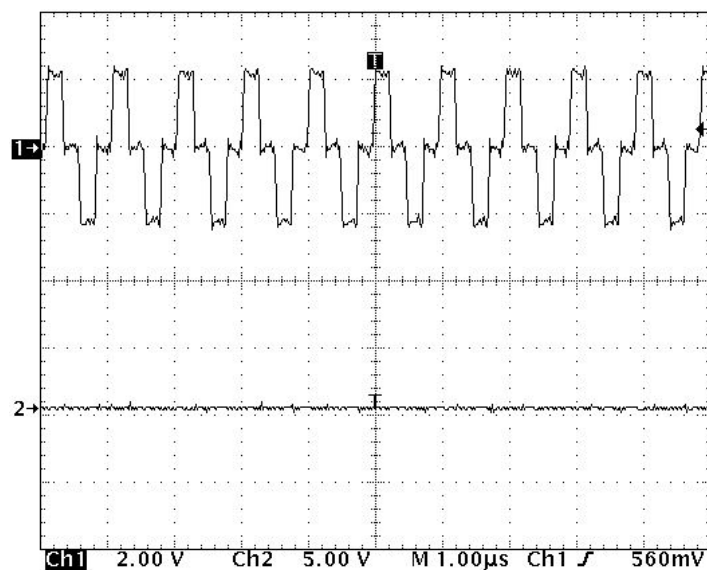


Figura 2.8 - SIA na G.703 e na saída do monoestável

Fonte: Elaborada pela autora

Para a situação em que não há sinal na interface G.703, não há transições, portanto o monoestável não recebe pulsos na sua entrada, então não gera pulsos na sua saída /Q, ficando sempre em nível alto. Esta situação está ilustrada na figura 2.9, sendo a curva superior (CH1) a representação do sinal na interface G.703 e a curva inferior (CH2) a representação da saída /Q do monoestável.

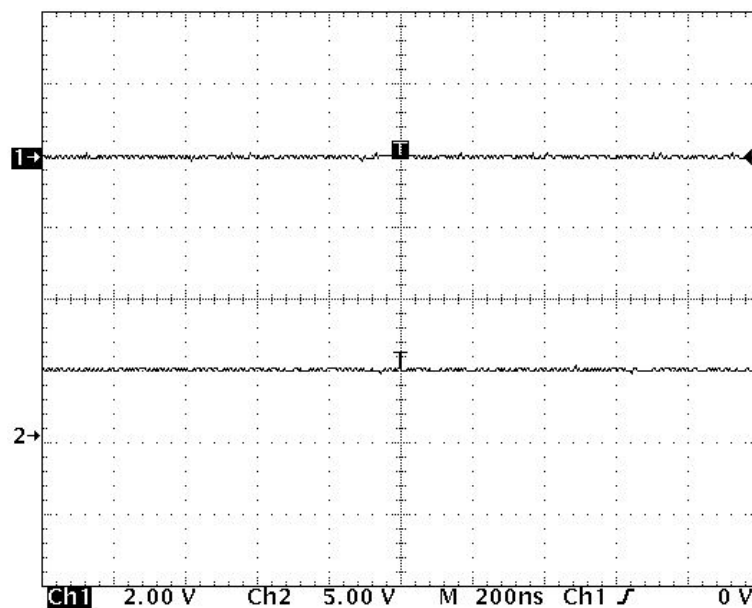


Figura 2.9 - SIA na G.703 e na saída do monoestável

Fonte: Elaborado pela autora

Até este ponto os diferentes tipos de sinais, de acordo com a incidência, são condicionados para serem analisados pelo software implementado no microcontrolador.

O fluxograma de operação do software implementado está no anexo 2 deste trabalho e as rotinas utilizadas estão no anexo 3.

Foi utilizado o Timer 1 do PIC16F877A como contador de pulsos, para realizar a detecção por parte do software das três condições possíveis de sinal na

interface G.703.

A seleção de qual interface de entrada será analisada (Meio_A ou Meio_B) é feita pelo microcontrolador PIC 16F877A através dos pinos 18 e 19, habilitando o pino 7 (/enable), em um CI (U1 ou U2) de cada vez, de acordo com o software.

Como visto anteriormente, a ausência de sinal na linha resulta num nível lógico “1” na saída /Q do mono estável, presença de sinal com informação válida significa presença de pulsos na saída do monoestável e seqüência de pulsos “1” na linha resulta em um nível lógico “0” na saída do monoestável.

O software gravado no PIC16F877A trata estas três condições de maneira independente nas interfaces de entrada G.703, Meio_A e Meio_B, através da seleção do sinal entrada pelos pinos 18 e 19. Habilitando o SN75276A, conforme já foi explicado anteriormente.

O software faz a leitura no Timer 1 do microcontrolador a cada 10 ms. Quando há sinal de informação na interface G.703, o contador do Timer 1 será incrementado, pois na saída do monoestável haverá pulsos. Então o software faz um teste, se a contagem exceder à 5 pulsos indica tráfego de dados, se a contagem for menor do que 5 pulsos é feita uma leitura no sinal que está presente no pino c0 (entrada Timer1) do microcontrolador.

Caso o sinal no pino c0 for nível lógico “0”, indica que há SIA na interface G.703. Conforme foi visto anteriormente, a presença de bits “1” na interface G.703

gera nível lógico “0” na saída /Q do monoestável.

Se o sinal no pino c0 for nível lógico “1”, indica que não há sinal na interface G.703. Conforme visto anteriormente, a ausência de sinal elétrico na interface G.703 gera nível lógico “1” na saída /Q do monoestável.

O software faz a detecção e tomada de decisão. Se há sinal normal na linha, o relé de tráfego é mantido na posição que está funcionando. Caso exista algum alarme (SIA ou LOS) o relé é operado e o sistema passa a utilizar o outro meio de transmissão que não esteja alarmado.

O software está desenvolvido de forma que o meio de transmissão prioritário é o Meio_A. Em caso de alarme neste meio, é realizada a contingência da transmissão para o Meio_B e quando o Meio_A normalizar o tráfego deve retornar para o Meio_A. Afim de evitar que o sistema fique instável, pois em cada contingência há perda de bits. O software está implementado com um contador de 10 segundos, neste período o sinal do Meio_A não pode ter nenhuma variação, ou alarme, para que seja considerado normal, este cuidado é para evitar que aconteçam muitas transições na tentativa de retorno do Meio_A. Então, só retorna para o Meio_A quando este estiver normal por mais de 10 segundos.

Caso exista alarmes detectados nos meios de transmissão A e/ou B o microcontrolador se encarrega de indicá-los no painel de leds, assim como indica qual o meio de transmissão que está em utilização no momento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teste utilizando meios de transmissão com diferentes distâncias físicas

Neste teste foram utilizados os seguintes recursos :

- a) dois “*test set*” – Modelo 377732A – Fabricante Hewlett Packard
- b) um meio de transmissão à 2.048 kbit/s entre Porto Alegre - Bela Vista e Porto Alegre - Centro (aproximadamente 5 km)
- c) um meio de transmissão à 2.048 kbit/s entre Porto Alegre - Bela Vista e a cidade de Uruguaiana (aproximadamente 700 km)

As canalizações utilizadas foram configuradas no sistema SDH.

Para realização do teste foi feito um “*loop*” (Tx com Rx) em cada uma das canalizações, na localidade Uruguaiana (UGN) e na localidade Porto Alegre Centro, situado na Rua Marechal Floriano (PAE MF), respectivamente, desta forma tem-se dois ramos distintos de transmissão. Cada uma das canalizações possui uma interface de transmissão (TX) e uma interface de recepção (RX). Assim foi possível simular a transmissão entre dois pontos com um caminho do sistema com uma distância curta e outro caminho com uma distância relativamente longa, conforme figura 3.1:

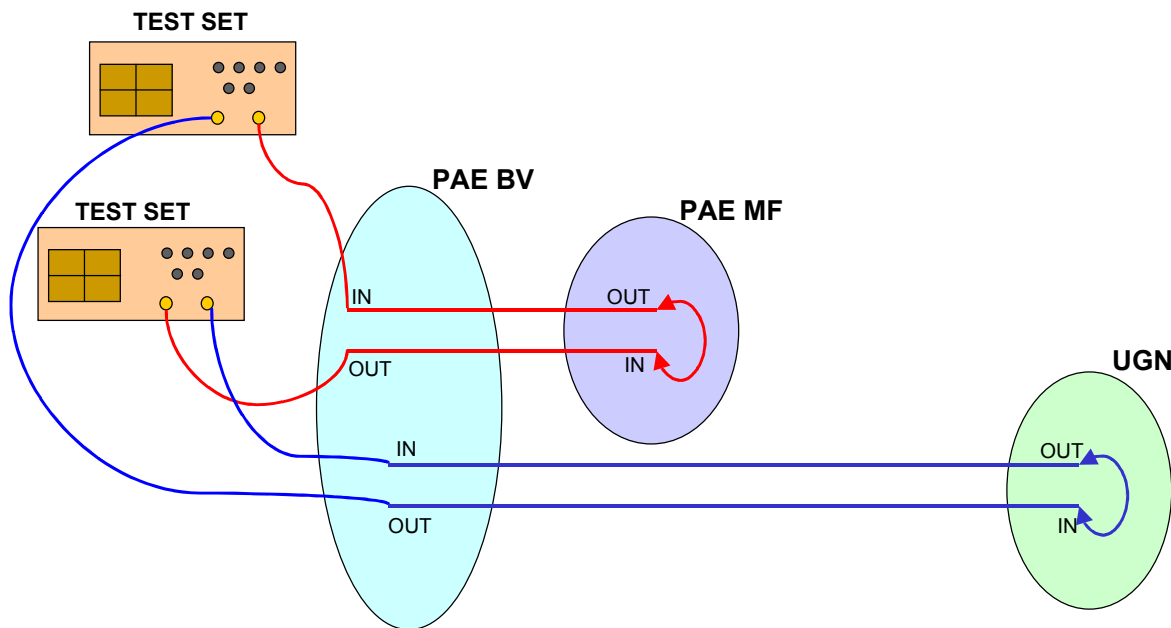


Figura 3.1 - Topologia do Teste Preliminar

Fonte: Elaborado pela autora

Foi verificado que não há problemas neste desbalanceamento de distâncias (atrasos gerados por diferentes equipamentos e percursos), portanto, ficou comprovado que não haverá problema se o dispositivo de comutação E1, transmitir por um meio de transmissão e receber por outro meio de transmissão que por ventura venha a utilizar um percurso maior.

3.2 Teste utilizando conversor fracional DM.704

Neste teste foram utilizados os seguintes recursos :

- a) um conversor fracional DM.704 série III (fabricante Datacom)
- b) Protótipo do DC-E1

Visando facilitar os testes preliminares e ajustes do DC-E1 adotou-se como ferramenta de teste o conversor fracional DM.704, do fabricante Datacom. Devido ao

fato deste equipamento ter a capacidade de gerar o alarme de SIA em sua interface G.703/G.704, gerar um padrão de teste que simula tráfego real de dados (padrão 2⁹-1) e o alarme de LOS, que está intrínseco quando o equipamento está desligado. Além de que o DM.704 é portátil, portanto não é necessário utilizar equipamentos de grande porte. O equipamento também foi escolhido por que é amplamente utilizado nas operadoras de telecomunicações no Rio Grande do Sul, sendo que é homologado pela Anatel.

Para realização deste teste a interface G.703/G.704 do DM.704 foi colocada em loop (TX ligada à RX), e deste loop retira-se um par de fios para ser conectado ao protótipo do DC-E1. Neste ponto realiza-se as medidas com o osciloscópio para confirmar a existência de SIA, dados ou LOS na interface.

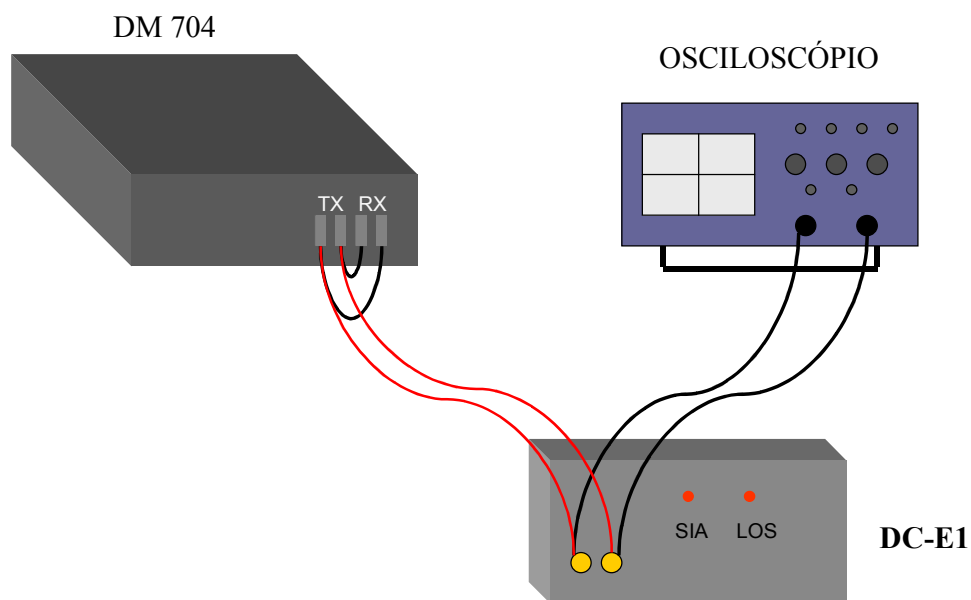


Figura 3.2 - Topologia do Teste Utilizando DC-E1 + Osciloscópio + DM704

Na realização deste teste detectou-se um problema no circuito do DC-E1, referente a utilização de um transformador na interface de entrada do DC-E1. O uso de transformador atenua o sinal da interface G.703 dos equipamento conectados ao DC-E1, fazendo com que o sinal fique fora da máscara padrão da recomendação G.703, portanto necessitou-se utilizar outra maneira de fazer o correto acoplamento do DC-E1 às demais interfaces G.703.

3.3 Teste com DC-E1 e Rede SDH

Neste teste foram utilizados os seguintes recursos :

- a) Quatro meios de transmissão à 2.048 kbit/s em sistema SDH
- b) dois “*test set*” – Modelo 377732A – Fabricante Hewlett Packard
- c) Dois protótipos do DC-E1
- d) Vários cabos para interconexão

Este teste foi realizado simulando uma situação real de utilização do DC-E1. Foram utilizados dois protótipos e dois meios de transmissão independentes, conforme está representado na figura 3.3.

Para efeito de teste, ambos os DC-E1 estavam na mesma localidade, os meios de transmissão foram simulados através de equipamentos de multiplex. Sendo este equipamentos interligados apenas por cordões ópticos ao invés de fibras ópticas reais, como pode ser visto na foto da figura 3.4. Nesta caso é como se houvesse dois caminhos distintos, porém ambos estão começando e terminando numa mesma localidade. Esta situação faz sentido, somente, para a realização de testes, não tendo nenhuma aplicação prática. Porém na prática, esta topologia é

idêntica a realizada pelas empresas operadoras diferindo apenas na distância entre os equipamentos multiplex. Distância esta que não influencia em nada o sinal nas entradas e saídas do DC-E1.

Na porta de entrada do DC-E1, que está no site local (simulado) conecta-se um “*test set*”, que faz a simulação da transmissão de informação, ou seja, tráfego de dados. Assim como, verifica se os dados recebidos estão livres de erro ou alarmes.

Às portas de saída, do DC-E1 da ponta local, são conectadas os dois meios de transmissão (Meio_A e Meio_B). Na ponta remota (simulado) o DC-E1 é conectado da mesma forma, conforme pode ser visto na figura 3.3, que apresenta a topologia de teste.

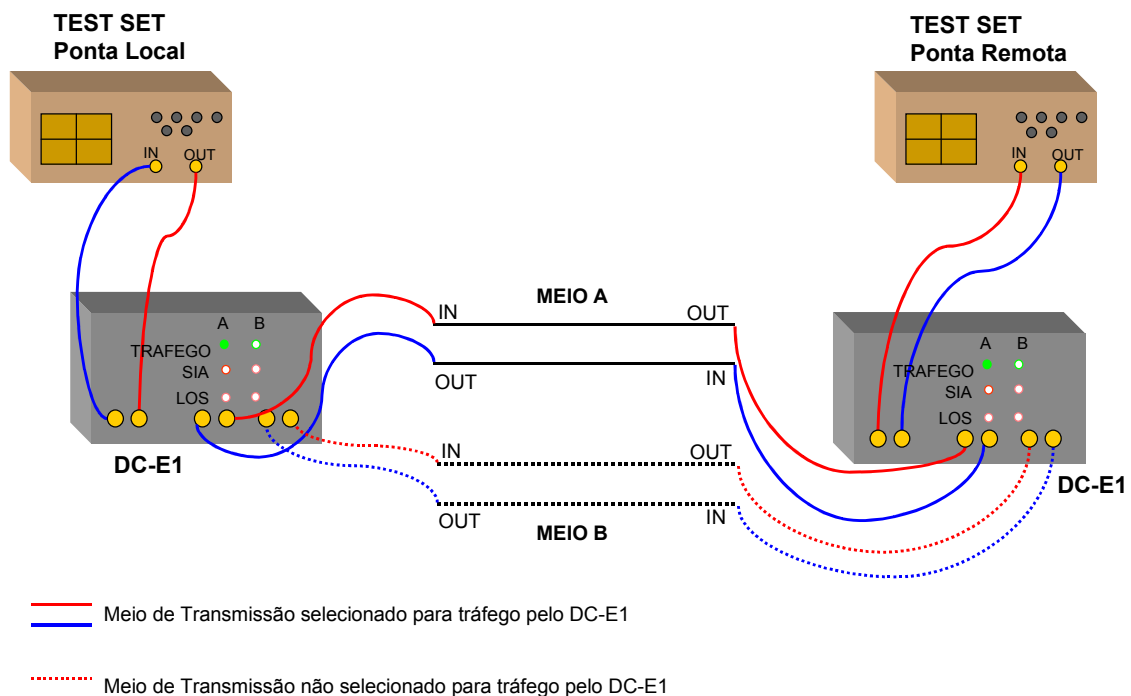


Figura 3.3 - Topologia de Teste

Fonte: Elaborado pela autora

Os meios de transmissão utilizados no teste são canais a 2.048 kbit/s (G.703), em sistema SDH.

Nesta condição de teste, o sinal transmitido contendo informação está trafegando pelo meio de transmissão A (Meio_A), representado na figura 3.3 por linha cheia. O Meio_B continua sendo monitorado pelo DC-E1, que fica monitorando alternadamente os dois meios de transmissão.

A situação dos meios de transmissão pode ser verificada através dos leds no painel frontal e através de um micro computador, se estiver operando com um software do tipo hyperterminal conectado à interface serial. No exemplo mostrado nas figuras 3.3 e 3.4, observa-se que o led verde aceso em A, indica que o trafego está pelo Meio_A. Enquanto que os demais leds vermelhos apagados indicam que não há alarmes nos dois meios de transmissão.



Figura 3.4 – Foto da simulação de tráfego

Fonte: Elaborado pela autora

Caso ocorra um alarme de SIA ou LOS no meio de transmissão A (Meio_A),

é realizada a contingência automaticamente para o meio de transmissão B (Meio_B), se este estiver sem alarmes de SIA ou LOS.

O funcionamento do DC-E1 está baseado nas trocas de alarmes padronizadas nos sistemas de transmissão e hierarquias multiplex, neste caso a tecnologia SDH.

Conforme já foi visto anteriormente, o alarme SIA é identificado quando há apenas bits “1” na interface G.703 do equipamento, o circuito interno do DC-E1 identifica esta sequência de bits “1” e faz a contingência automaticamente para o outro meio, desde que não esteja com alarme.

O alarme LOS é identificado nos equipamentos de telecomunicações quando não existe sinal elétrico na interface G.703. Neste caso, também o DC-E1 identifica esta condição e faz a contingência automaticamente para outro meio, desde que este esteja sem alarmes.

Caso exista algum alarme, seja SIA ou LOS, em ambos os meios de transmissão, o DC-E1 identifica os alarmes no painel frontal e continua monitorando ambos os meios de transmissão com o objetivo de restabelecer o tráfego assim que qualquer um dos meios normalizar.

A figura 3.5 representa a topologia de teste após a realização de uma contingência por alarme de SIA no meio de transmissão A.

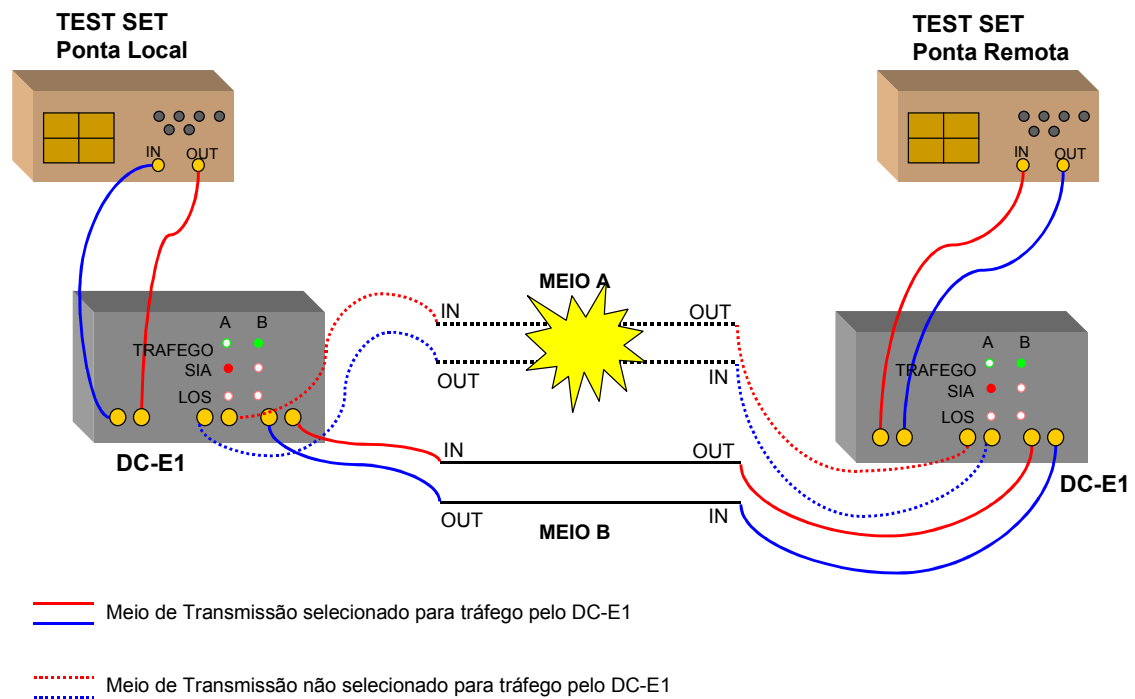


Figura 3.5 - Contingência por SIA

Fonte: Elaborado pela autora

Agora pode ser verificado que o led verde está aceso em B, indicando que o trafego de informação está pelo meio de transmissão B. Como o alarme que ocorreu foi um alarme de SIA os leds vermelhos nos dois DC-E1, correspondentes ao meio de transmissão A, estão acesos, indicando que há uma falha e esta falha é um SIA no meio de transmissão A.

Na figura 3.6 está representada uma situação após uma contingência por alarme LOS.

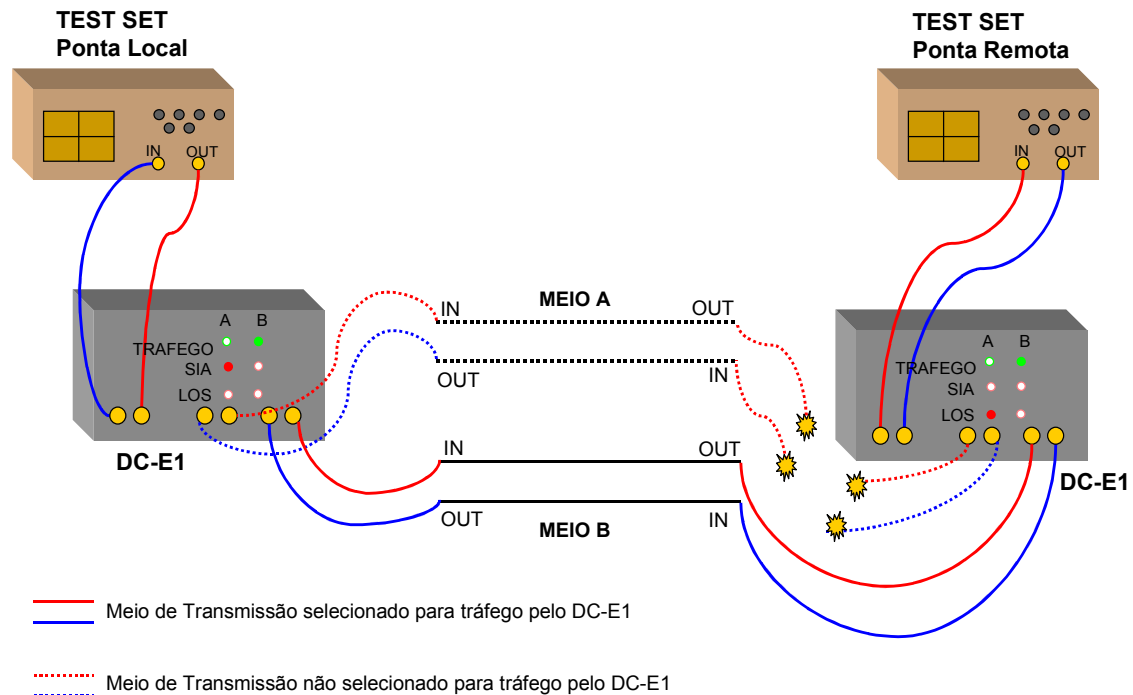


Figura 3.6 - Contingência por LOS

Fonte:

Pode ser observado que neste caso houve uma interrupção física entre o meio de transmissão e o DC-E1 na ponta remota. Esta situação gera dois tipos de alarmes no meio de transmissão A: um alarme de LOS para na ponta remota e um alarme de SIA para a ponta local. Como o DC-E1 identifica os alarmes no meio A, faz o contingência automaticamente para o meio de transmissão B.

3.4 Sinais coletados com osciloscópio

3.3.1 Sinais na interface G.703 do SDH sem carga

Na figura 3.7 observa-se que este sinal está com a tensão de pico mais alta do que está na recomendação G.703, devido ao fato da interface estar sem o “casamento” de impedâncias correto, ou seja, não está acoplada a outra interface com 75 *ohms*. O sinal amostrado é de um padrão de dados pseudo-aleatório,

denominado padrão $2^{15}-1$.

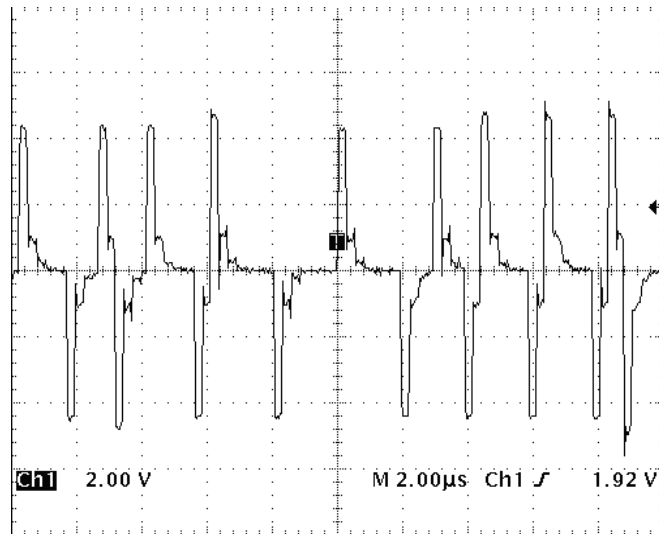


Figura 3.7 - Interface G.703 SDH – Sinal transmitido (*out*) – Dados

Fonte: Elaborado pela autora

Na figura 3.8 o sinal amostrado é o sinal recebido na interface G.703, quando foi retirado o cabo na entrada da interface remota do equipamento SDH, o que gera um alarme de SIA, ou seja todos os bits que saem da interface G.703, local, são bits “1”, também sem carga

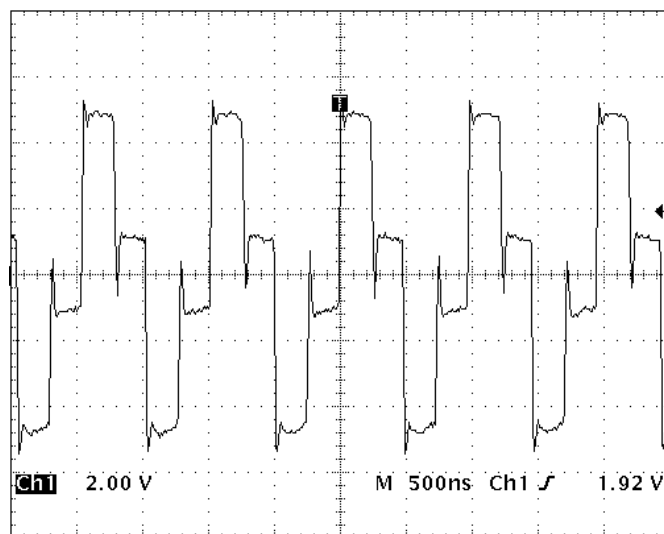


Figura 3.8 -Interface G.703 SDH – Sinal transmitido (*out*) – SIA

Fonte: Elaborado pela autora

3.3.2 Sinais na interface G.703 do SDH com carga

Neste teste a interface G.703 do SDH é acoplada a um equipamento de teste, que gera padrões pseudo-aleatórios de seqüências de bits, que simulam o tráfego real de equipamentos para comunicação de dados, denominado “*Test Set*”. Neste teste houve o casamento de impedâncias entre o equipamento SDH e o “*Test Set*”, fazendo com que o sinal recebido tivesse suas características de acordo com recomendação G.703. O sinal obtido na interface esta apresentado na figura 3.9:

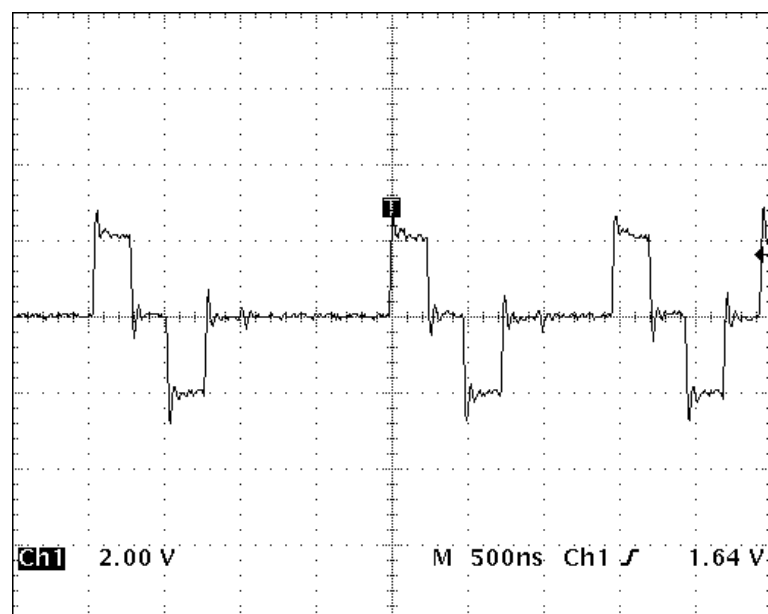


Figura 3.9 - Sinal contendo DADOS na interface do DC-E1 + SDH + Test Set

Fonte: Fonte: Elaborado pela autora

Na figura 3.10 o sinal amostrado é o sinal recebido na interface G.703, quando foi retirado o cabo na entrada da interface remota do equipamento SDH, o que gera um alarme de SIA, ou seja todos os bits que saem da interface G.703, local, são bits “1”. Porém agora com o correto casamento de impedâncias.

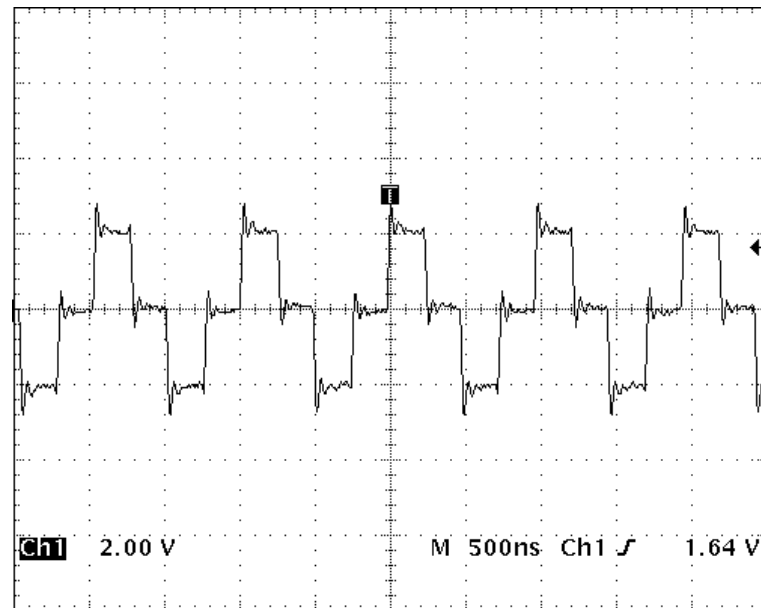


Figura 3.10 - Sinal contendo SIA na interface do DC-E1 + SDH + Test Set

Fonte: Elaborado pela autora

Os sinais amostrados nas figuras 3.9 e 3.10, mostram a condição normal de funcionamento do DC-E1, ou seja quando o DC-E1 está inserido em conjunto com o sistema multiplex e o equipamento terminal. Nota-se que não houve nenhuma modificação significativa das características do sinal, sejam elas de amplitude, fase ou espúrios. Portanto, conclui-se que o DC-E1 não causa distorções no sinal, mantendo-o conforme a máscara da recomendação G.703.

3.5 Análise de Taxa de Erro

Para análise de desempenho do DC-E1 foram realizados testes de “taxa de erro”. Este teste é muito utilizado nas operadoras de telecomunicações e tem a finalidade de validar a utilização dos equipamentos, assim como as possíveis topologias destes equipamentos.

No caso da validação do DC-E1, a topologia utilizada foi a mesma da figura

3.3. Sendo que a topologia ficou montada durante vários dias e neste períodos, os equipamentos “*Test Set*” ficaram operando, ou seja enviando e recebendo dados. O próprio “*Test Set*” faz a comparação dos dados recebidos e indica se houve erros ou alarmes. Neste testes, não houve incidência de erros e nem alarmes.

Então, foram realizados testes de contingência, para verificar a incidência de erros. Em cada contingência houve perda de “*bit*”. A tabela 5 apresenta os resultados de uma sequência de vinte contingências. O teste consiste em provocar uma contingência por queda no meio de transmissão A, então o tráfego passa para o meio de transmissão B. Depois de alguns minutos o meio de transmissão A é normalizado e tráfego retorna para este.

As medidas foram obtidas para as duas condições de contingência, do Meio_A para o Meio_B, e vice-versa.

É importante notar que quando se dá a transição de A para B a quantidade de bits errados pode variar muito de uma amostra para outra, por que há a influência da interrupção física do meio de transmissão A. Ou seja, em cada interrupção há uma intervenção humana, que pode ser diferente a cada vez, pois trata-se da desconexão de um conector.

Já para o retorno do tráfego para o Meio_A, na maioria das vezes não houve bits errados, e quando houve, nunca ultrapassou a 7000 bits. Este é um valor baixo de bits errados, se comparado a possibilidade de uma interrupção que poderia levar vários minutos ou até horas.

Tabela 5
Número de bits perdidos em cada contingência

Sequência	Sentido	Ponta Local	Ponta Remota
1	A > B	76593	6437
	B > A	6407	0
2	A > B	0	17055
	B > A	0	0
3	A > B	0	37835
	B > A	0	0
4	A > B	6894	59995
	B > A	0	0
5	A > B	90649	136618
	B > A	0	0
6	A > B	0	158928
	B > A	6471	6435
7	A > B	1467	50116
	B > A	0	0
8	A > B	82860	12829
	B > A	5026	0
9	A > B	67771	6469
	B > A	0	0
10	A > B	64948	6696
	B > A	0	6781
11	A > B	44689	9189
	B > A	0	0
12	A > B	7875	64393
	B > A	0	0
13	A > B	2316	6416
	B > A	0	0
14	A > B	768	6360
	B > A	6420	6442
15	A > B	0	136586
	B > A	0	0
16	A > B	34829	6438
	B > A	6696	6410
17	A > B	79332	111354
	B > A	0	3758
18	A > B	64456	16265
	B > A	0	0
19	A > B	46661	7351
	B > A	0	0
20	A > B	13591	6344
	B > A	0	0

Fonte: Elaborado pela autora

Em vinte amostras, a média de bits perdidos ou bits errados foi a seguinte :

Na ponta local :

$$Média = \frac{\sum bits}{amostras} = \frac{31020}{20} = 1551bits$$

Na ponta remota :

$$Média = \frac{\sum bits}{amostras} = \frac{29826}{20} = 1491bits$$

De acordo com o resultados apresentados na tabela 5, a quantidade de erro máximo foi de :

$$Erro_{máximo} = 6781bits$$

3.6 Tempo de Contingência

A comutação de um meio para outro, depende basicamente do tempo de operação do relé de tráfego. O fabricante informa que o tempo é de, no máximo, 6 ms . Considerando que na interface trafegam 2.048 kbit/s, então o número de bits perdidos é :

$$Bit_{perdidos} = 2.048.000 \times 6 \cdot 10^{-3} = 12.288bits$$

Conforme foi observado nos testes, o equipamento de teste identificou um valor bem menor como bits errados.

3.7 Compatibilidade com outros equipamentos

Foram realizados testes de compatibilidade com diversos equipamentos de multiplex. Na tabela 6 estão apresentados os diversos modelos e fabricantes de equipamentos que foram submetidos a teste de compatibilidade com o DC-E1, assim como o resultado do teste:

Tabela 6

Equipamentos testados com o DC-E1

Modelo	Fabricante	Resultado
DM 4E1	Datacom	OK
DM 16E1	Datacom	OK
DM705	Datacom	OK
STM 1	Datacom	OK
MSH11C	Marconi	OK

Fonte: Elaborado pela autora

CONCLUSÃO

Foram realizados vários testes de compatibilidade entre o dispositivo DC-E1 e outros equipamentos de telecomunicações, sendo que o DC-E1 mostrou-se compatível com todos, no que diz respeito à interfaces elétricas. Através de testes, também demonstrou que não insere nenhum tipo de erro de bit ou outro alarme qualquer nos meios onde foi instalado.

A sua construção não implica em investimentos altos, se analisada a relação custo/benefício, visto que a sua utilização significará importante redução com outros custos, já citados no início deste trabalho.

É um equipamento de fácil utilização, não exigindo mão-de-obra especializada para a sua instalação. O protótipo tem dimensões que podem ser bastante reduzidas ou até mesmo modificado para instalação em placas num bastidor para vários dispositivos, para os casos de concentração de equipamentos.

Como já foi dito, os sistemas de comunicação a cada dia necessitam de mais confiabilidade, e este trabalho visa desenvolver e implementar mais uma ferramenta para garantir a desejada confiabilidade dos sistemas.

REFERÊNCIAS

ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). **Glossário**. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/AJUDA/GLOSSARIO/resultadoglossario.asp>> Acesso em: 23 out. 2005.

EMBRATEL. **Básico de Comunicações Digitais 1**. 3.ed. Rio de Janeiro: Departamento de Desenvolvimento de Recursos Humanos, 1992.

EMBRATEL. **Rede E1(OPR/MNT)**. Rio de Janeiro: Departamento de Desenvolvimento de Recursos Humanos, 1996.

ITU-T (“Telecommunication Standardization Sector of ITU”). “**G.703 - Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces**”. Genebra, 1998. Disponível em: < <http://www.itu.int/ITU-T/publications/recs.html>> Acesso em: 23 out. 2005a.

ITU-T (“Telecommunication Standardization Sector of ITU”). “**G.704 - Synchronous frame structures used at 1544, 6312, 2048, 8448 and 44 736 kbit/s hierarchical levels**”. Genebra, 1998. Disponível em: < <http://www.itu.int/ITU-T/publications/recs.html>> Acesso em: 23 out. 2005b.

ITU-T (“Telecommunication Standardization Sector of ITU”). “**G.775 - Loss of Signal (LOS), Alarm Indication Signal (AIS) and Remote Defect Indication (RDI) defect detection and clearance criteria for PDH signals**”. Genebra, 1998. Disponível em: < <http://www.itu.int/ITU-T/publications/recs.html>> Acesso em: 23 out. 2005c.

LATHI,P.B.. **Modern Digital and Analog Communication Systems**. 3.ed. New York: Oxford University Press, 1998.

LATHI,P.B.. **Sistemas de Comunicação**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1987.

MIYOSHI, Edson M.; SANCHES, Carlos A.. **Projetos de Sistemas Rádio**. São Paulo:

Editora Érica, 2002.

MULTITEL. **Manual de Treinamento – PCM – Teoria Geral**. 2.ed. São Paulo: Engenharia de Sistemas - Transmissão, 1987.

PINES, José; BARRADAS, Ovidio César Machado. **Sistemas Multiplex**. 2.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1978.

RIBEIRO, Marcello Peixoto; BARRADAS, Ovidio César Machado. **Sistemas Analógicos-Digitais**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1980.

ROCHOL, Jürgen. **Redes de Computadores**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Informática, 1999.

TANENBAUM, Andrew S.. **Redes de Computadores**. 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

WIRTH, Almir. **Telecomunicações & Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2003.

OBRAS CONSULTADAS

BERLIN, Howard M.. **Projetos com Amplificadores Operacionais com Experiências**. Traduzido por Julio Amâncio de Souza. São Paulo: Editele Editora Técnica Eletrônica, 1983. Tradução de: Design of Op-Amp, With Experiments.

“Datasheets”. Disponível em: <<http://www.alldatasheet.com/>> Acesso em: 23 out. 2005.

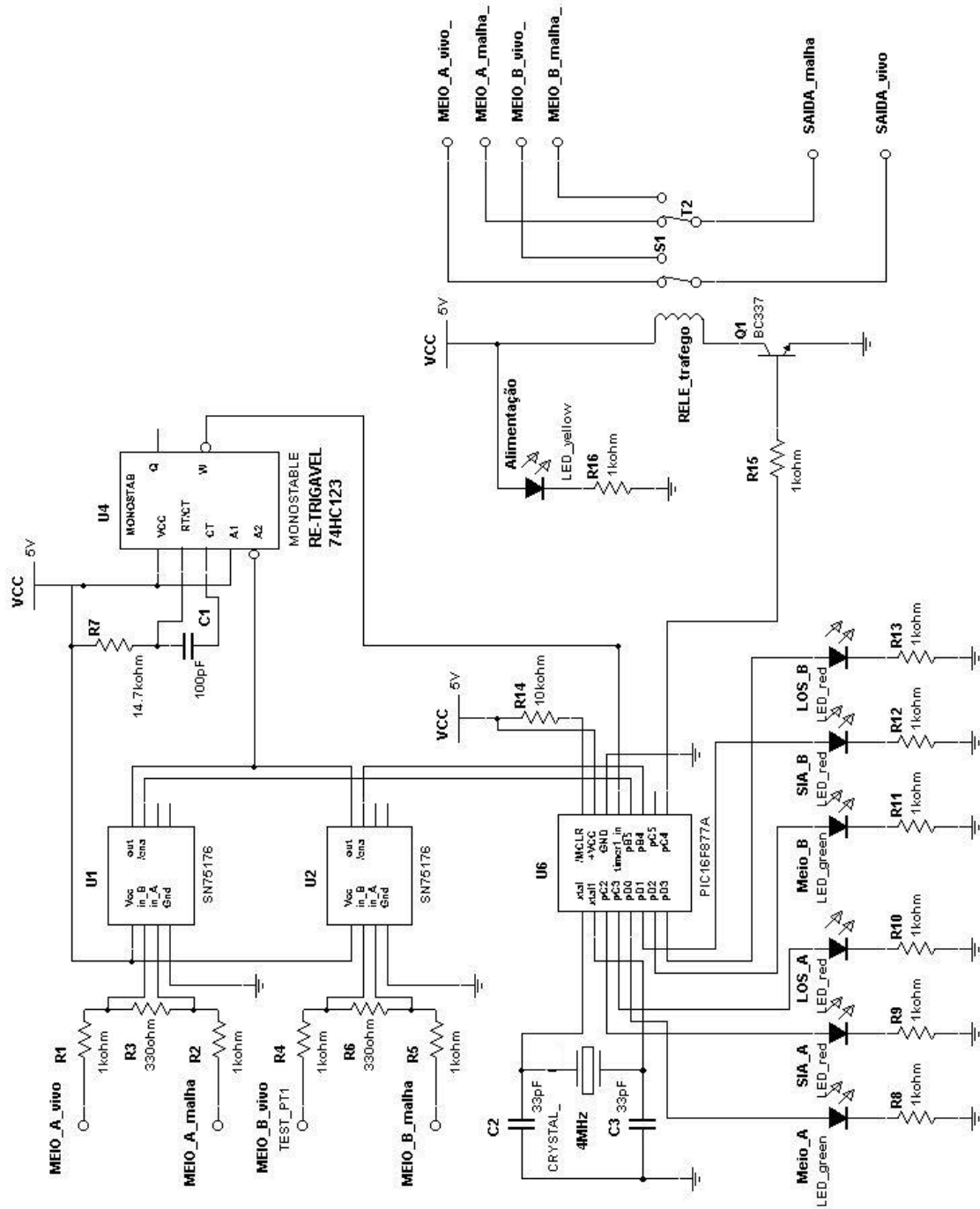
MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. 4.ed. Traduzido por Romeu Abdo. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1995. Tradução de: Electronic principles.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC Programação em C**. 3.ed. São Paulo: Érica, 2003

Tutoriais. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais.asp>> Acesso em: 23 out. 2005.

ANEXOS

ANEXO 1 – ESQUEMA ELÉTRICO



ANEXO 2 - FLUXOGRAMA DO SOFTWARE

ANEXO 3 – ROTINAS DO SOFTWARE

```

#include <16f877A.h>
#include <delay>(clock=4000000)
#include <XT,NOWDT,PUT,NOLVP>
#include <rs232>(baud=9600, xmit=PIN_A1, rcv=PIN_A0)
#include <input.c>

//DECLARAÇÃO DE ALARMES
boolean SIA_RXA,SIA_RXB,SIA_TX,LOS_RXA,LOS_RXB,LOS_TX;
boolean RXA_ALARM,RXB_ALARM,TX_ALARM;
boolean TRAFEGO_RXA,TRAFEGO_RXB;
boolean BUZZER,AUDIO_ALARM;

//DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS E PINOS
#define LED_SIA_RXA          pin_C7          //pino 17
#define LED_LOS_RXA          pin_D4          //pino 18
#define LED_SIA_RXB          pin_D6          //pino 20
#define LED_LOS_RXB          pin_D7          //pino 22
#define LED_TRAFEGO_RXA      pin_C6          //pino 19
#define LED_TRAFEGO_RXB      pin_D5          //pino 21
#define RELE_TRAFEGO         pin_D1          //pino 23
#define SELEC_CHAN_A          pin_C3          //pino 38
#define SELEC_CHAN_B          pin_D0          //pino 37
#define RELE_AUDIO            pin_D2          //pino 24

//IDENTIFICAÇÃO DE ALARMES
int SIA_det(void)
{
    int a;
    long int conta_PP;
    PULSOS POSITIVOS(PP)
    set_timer1(0);
    setup_timer_1( T1_EXTERNAL);
    delay_ms(10);
    conta_PP=get_timer1();
    setup_timer_1( T1_DISABLED );
    if (conta_PP>=5) return (0);
    DADOS OK
    a=input (pin_c0);
    TIMER1
    if (a==1) return (2);
    TIMER1=1 , É ALARME LOSS
    return (1);
    TIMER1=0 , É ALARME SIA
}

main()
{
    //ESTRUTURA PRINCIPAL

    int CONT=0;
    long int COUNT_RET_RXA=0;
    while(true)
    {
        //TRATAMENTO DE ALARMES

        int t;
        output_bit(SELEC_CHAN_A,0);
        output_bit(SELEC_CHAN_B,1);
        delay_ms(2);
        t=SIA_det();

        //SELECIONA ENTRADA PELA INTERFACE RXA

        //ESPERA ESTABILIZAR SELEÇÃO
        //EXECUTA FUNÇÃO QUE DETECTA ALARMES

        switch (t)
        {
            //CLASSIFICA ALARMES

            case 0:
                //SE RETORNAR 0, INDICA TRÁFEGO DE DADOS OK
                SIA_RXA=0;
                LOS_RXA=0;

```

```

        RXA_ALARM=0;
        break;
case 1:                                     //SE RETORNAR 1, INDICA ALARME DE SIA
        SIA_RXA=1;
        LOS_RXA=0;
        RXA_ALARM=1;
        break;
case 2:                                     //SE RETORNAR 2, INDICA ALARME DE LOS
        SIA_RXA=0;
        LOS_RXA=1;
        RXA_ALARM=1;
        break;
    }

    output_bit(SELEC_CHAN_A,1); //SELECIONA ENTRADA PELA INTERFACE RXB
    output_bit(SELEC_CHAN_B,0);
    delay_ms(2); //ESPERA ESTABILIZAR SELEÇÃO
    t=SIA_det(); //EXECUTA FUNÇÃO QUE DETECTA ALARMES

    switch (t) //CLASSIFICA ALARMES
    {
case 0:                                     //SE RETORNAR 0, INDICA TRÁFEGO DE DADOS OK
        SIA_RXB=0;
        LOS_RXB=0;
        RXB_ALARM=0;
        break;
case 1:                                     //SE RETORNAR 1, INDICA ALARME DE SIA
        SIA_RXB=1;
        LOS_RXB=0;
        RXB_ALARM=1;
        break;
case 2:                                     //SE RETORNAR 2, INDICA ALARME DE LOS
        SIA_RXB=0;
        LOS_RXB=1;
        RXB_ALARM=1;
        break;
    }

    //GERÊNCIA DE ALARMES

    if(!RXA_ALARM) //TESTA SE HA ALARME NA RXA
    {
        if (TRAFEGO_RXB)
        {
            CONT=CONT+1;
        }

        COUNT_RET_RXA=COUNT_RET_RXA+1;
        if(COUNT_RET_RXA>160) // 10 segundos

        {
            CONT=0;
            COUNT_RET_RXA=0;
            TRAFEGO_RXA=1;
            TRAFEGO_RXB=0;
        }else
        {
            TRAFEGO_RXA=0;
            TRAFEGO_RXB=1;
        }
    }else
    {
        TRAFEGO_RXA=1;
        TRAFEGO_RXB=0;
    }
}

}else
    if(!RXB_ALARM) //TESTA SE HA ALARME NA RXB
    {
        TRAFEGO_RXA=0;
        TRAFEGO_RXB=1; //NÃO, TRAFEGO PELA RXB
    }else

```

```

        {
        TRAFEGO_RXA=1;
        TRAFEGO_RXB=0;    //SE HÁ ALARME EM RXA e RXB, TRAFEGO
        }
PELO MEIO_A

```

//INDICAÇÃO DE ALARMES

```

        if (SIA_RXA)                                //SE HÁ ALARME DE SIA_RXA, ACENDE LED
CORRESPONDENTE
        {
            output_high(LED_SIA_RXA);
            printf ("SIA RXA \r\n");
        }else
CORRESPONDENTE                                //SE NÃO HÁ ALARME DE SIA_RXA, APAGA LED
        {output_low(LED_SIA_RXA);
        }

        if (SIA_RXB)                                //SE HÁ ALARME DE SIA_RXB, ACENDE LED
CORRESPONDENTE
        {
            output_high(LED_SIA_RXB);
            printf ("SIA RXB \r\n");
        }else
CORRESPONDENTE                                //SE NÃO HÁ ALARME DE SIA_RXB, APAGA LED
        {output_low(LED_SIA_RXB);
        }

        if (LOS_RXA)                                //SE HÁ ALARME DE LOS_RXA, ACENDE LED
CORRESPONDENTE
        {
            output_high(LED_LOS_RXA);
            printf ("LOS RXA \r\n");
        }else
CORRESPONDENTE                                //SE NÃO HÁ ALARME DE LOS_RXA, APAGA LED
        {output_low(LED_LOS_RXA);
        }

        if (LOS_RXB)                                //SE HÁ ALARME DE LOS_RXB, ACENDE LED
CORRESPONDENTE
        {output_high(LED_LOS_RXB);
            printf ("LOS RXB \r\n");
        }else
CORRESPONDENTE                                //SE NÃO HÁ ALARME DE LOS_RXB, APAGA LED
        {output_low(LED_LOS_RXB);
        }

        if (TRAFEGO_RXA)                            //SE NÃO HÁ ALARME NA RXA, ACENDA O LED
CORRESPONDENTE
        {output_high(LED_TRAFEGO_RXA);
            printf ("TRAFEGO PELA RXA \r\n");
        }else
CORRESPONDENTE                                //SE HÁ ALARME NA RXA, APAGA O LED
        {output_low(LED_TRAFEGO_RXA);
        }

        if (TRAFEGO_RXB)                            //SE NÃO HÁ ALARME NA RXB, ACENDE O LED
CORRESPONDENTE
        {output_high(LED_TRAFEGO_RXB);
            printf ("TRAFEGO PELA RXB \r\n");
        }else
CORRESPONDENTE                                //SE HÁ ALARME NA RXB, APAGA O LED
        {output_low(LED_TRAFEGO_RXB);
        }

```

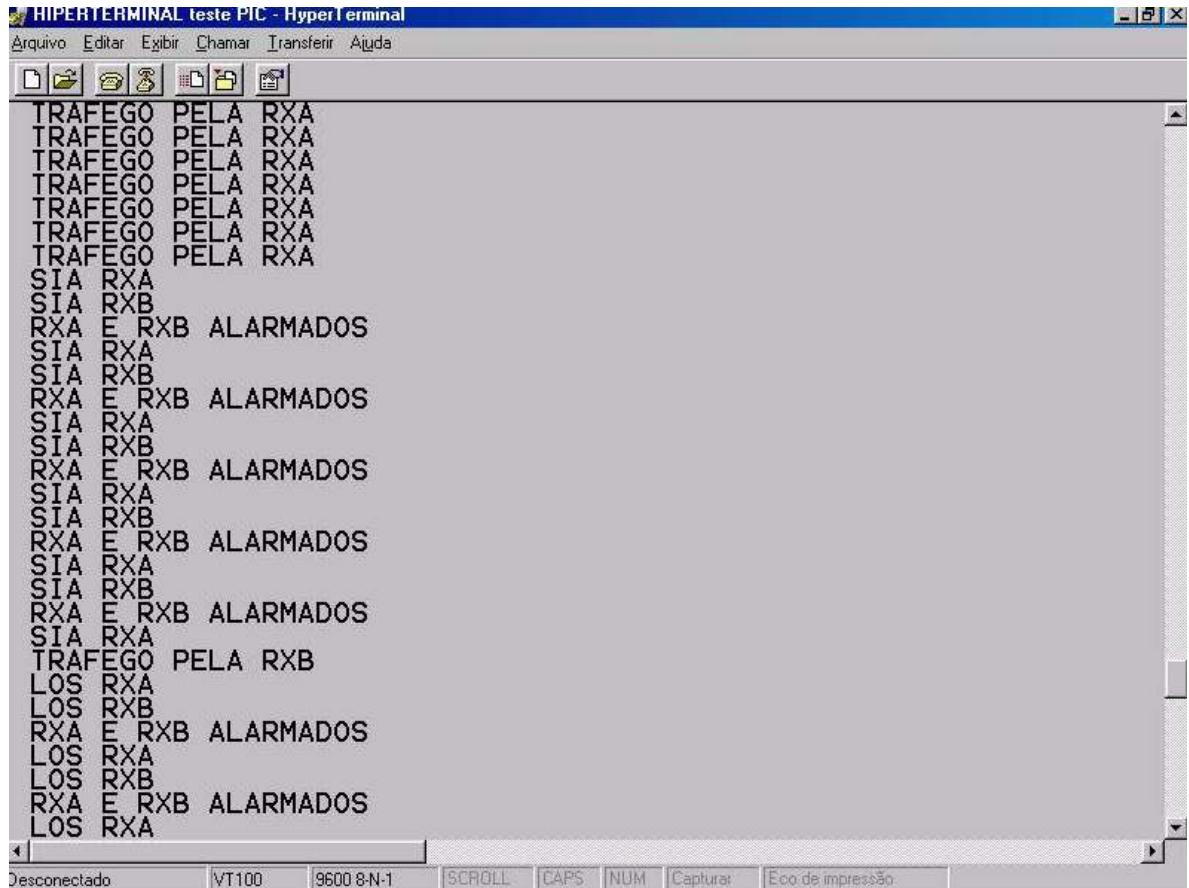
//EXECUÇÃO DE COMUTAÇÃO

```

        if (TRAFEGO_RXA)                            //OPERA RELÉ PARA TRÁFEGO PELA RXA
        {output_low(RELE_TRAFEGO);
        }else
        {output_high(RELE_TRAFEGO);
        }
    }
}

```


ANEXO 4 – TELA DO “HYPERTERMINAL”



Tela do “Hyperterminal” mostrando alarmes do DC-E1

ANEXO 5 – FOTOS DO PROTÓTIPO

ANEXO 6 – LISTA DOS COMPONENTES

Descrição	Quantidade
PIC 16F877A	01
MAX232	01
74HC123	01
SN75176	02
Cristal 4MHz	01
Capacitor 100 pF	01
Capacitor 4,7 uF	04
Capacitor 33 pF	02
Resistor de 1kOhm	12
Resistor de 330 Ohm	02
Resistor de 10 kOhm	02
Resistor de 4,7 kOhm	01
BC337	01
Relé Metaltex ML2RC -5V	01
Placa Universal 10x10 cm	01
Caixa Patola - PB209	01
Conector DB9	01
Conector Spinner Fêmea	06
Led Vermelho	04
Led Verde	02
Led Amarelo	01