

Conversor de Interface G.703/2,048Mbit/s para Interface V.35 do CCITT

Juergen Rochol e André Aita

Instituto de Informática - Departamento de Informática Aplicada
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
91 501 970 Porto Alegre RS
E mail informat @ inf.ufrgs.br.

Resumo

Este trabalho apresenta as principais características do projeto e implementação de um conversor de interface G.703/2,048Mbit/s, para as características funcionais e elétricas da interface digital V.35 do CCITT. Partindo de uma análise das características funcionais e elétricas das recomendações G.703 e V.35 do CCITT, apresentamos as especificações e o projeto de um conversor, que poderá ser utilizado entre a interface V.35 de um MUX fracionário tipo E1 e a interface G.703 do sistema MCP-30 da Telebrás, na estruturação de redes corporativas. Por último, apresentamos os principais aspectos de implementação dos circuitos do conversor e algumas medidas de desempenho, tais como o comprimento máximo das linhas que poderá ser usado na interface G.703.

Abstract

This work presents the main characteristics of the design and implementation of an interface converter, from G.703/2.048Mbps to the functional and electrical characteristics of the CCITT V.35 interface. Starting from an analysis of the main characteristics of the G703/2048Kbps and V.35 recommendations from CCITT, we present the specifications and design of an interface converter that can be used between the V.35 interface of E1 fractional MUX and the G.703 interface of the MCP-30 system from Telebrás, for corporated network implementation. Finally, we present the most important aspects of the circuit implementation of the converter and some performance evaluations, like the maximum line length that can be used at the G.703 interface.

1.Introdução

Observa-se atualmente uma mudança tecnológica radical no Sistema de Comunicação Mundial, qual seja, a passagem lenta, mas definitiva, do atual sistema telefônico, essencialmente analógico, para um novo sistema, totalmente digitalizado e informatizado. Nesse novo sistema serão integrados todos os serviços de comunicação, formando um sistema de comunicação único, que recebeu a denominação genérica de Rede Digital de Serviços Integrados - RDSI [BAP 90]. Os atuais serviços de comunicação de dados, hoje suportados essencialmente pelos canais telefônicos analógicos (canal de voz), estão migrando cada vez mais para os canais digitais de alta velocidade de 64Kbit/s e 2,048Mbit/s [HEL 86], [MUL 90], [TAN 89].

O Brasil já se prepara para esta nova fase das comunicações e existe uma previsão do início de funcionamento da RDSI no Brasil a partir de 1995. Numa fase anterior, o Sistema Telefônico Brasileiro passará por um processo de digitalização, já em andamento, conhecido como RDI, Rede Digital Integrada, cuja base é um canal de voz digital comutado de 64Kbit/s [BAP 90]

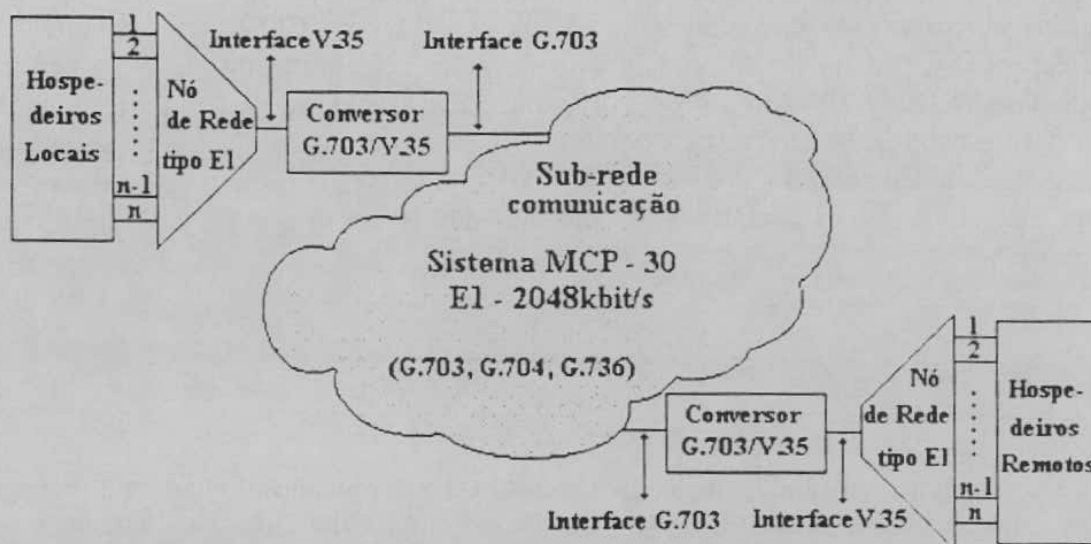


Fig 1.1 Estrutura de uma Rede tipo E1 com Conversores de Interface G.703/V.35

A RDI utiliza, no seu primeiro nível de multiplexação, um MUX do tipo MDT (Multiplexador Determinístico de Tempo) com 30 canais, mais 2 de sinalização, 64Kbit/s cada, formando um agregado de 2,048Mbit/s na saída. Este nível da hierarquia digital, também denominado de sistema E1 (sistema europeu), é implementado no Brasil pelo MCP-30, Multiplexador por Código de Pulso de 30 canais da Telebrás, que possui uma interface de acesso que segue a recomendação G.703 do CCITT [SIS 92], [PIN 83].

Com o término, em 1990, do monopólio das Comunicações de Dados no Brasil por parte da Embratel, abre-se hoje a possibilidade de estruturar redes corporativas privadas no Brasil, utilizando-se nós de rede tipo E1, disponíveis no mercado internacional [GHE 92a], [JUA 92]. A maioria dos fornecedores de nós de rede do tipo E1, no entanto, apresenta uma interface de acesso de acordo com a recomendação V.35 do CCITT, exigindo, portanto, uma conversão para se conectar ao MCP-30, que possui acesso G.703 [SIS 92]. Na figura 1.1 é apresentada a estrutura genérica de uma rede corporativa do tipo E1, suportada por um canal de 2,048Mbit/s do MCP-30, entre dois nós E1 genéricos. Os equipamentos de usuários disponíveis para implementação de nós E1, tais como os da Newbridge, Northern Telecom e Timeplex, possuem todas interfaces de acesso segundo a recomendação V.35 do CCITT [HEY 92a]. Além das funções de comutação, possuem funções de multiplexação em taxas fracionárias de 2,048Mbit/s, por isso também chamados MUXs fracionários. Possibilitam integração de voz, dados e imagem, além de possuírem funções de roteamento, supervisão e gerenciamento da rede [HEY 92a], [GHE 92b].

O conversor que apresentaremos se destina essencialmente a permitir a compatibilização entre nós de rede tipo E1, ou MUX fracionários E1, e a sub-rede de comunicação MCP-30 do Sistema Telebrás de Comunicação.

2. A Interface G.703 de 2,048 Mbit/s do CCITT.

A interface definida através da recomendação G.703/2,048Mbit/s do CCITT é do tipo codirecional, ou seja, dados e sincronismo viajam juntos num único sinal através de uma codificação chamada HDB3 (High Density Bipolar) [INT 88]. O código HDB3 é uma variante do código AMI (Alternate Mark Inversion) no sentido que cada bloco de 4 zeros consecutivos é substituído pela sequência 000V ou B00V, onde B representa um pulso conforme as regras do código AMI, enquanto V representa um pulso de violação desta regra [INT 88]. Fisicamente o acesso à interface se dá através de duas linhas, formadas por pares de fios simétricos (ver fig. 4.1), sendo uma a linha de transmissão (L.XMT) e outra a linha de recepção (L.REC).

A recomendação prevê também, ao invés de par de fios, a possibilidade de acesso através de cabo coaxial com impedância de 75 ohms. O acoplamento das linhas de transmissão e recepção deve ser do tipo indutivo (transformador), para garantir o isolamento galvânico entre a sub-rede de comunicação e hospedeiros. As principais características elétricas da interface são encontradas na Tabela I.

Tabela I
Características da Interface G.703/2048Kbit/s do CCITT

Taxa de bit	2.048Kbit/s +/-50ppm
Formato dos pulsos B e V (nominalmente retangular)	Deve cair dentro da máscara de pulso definida na recom.
Pares trançados em cada direção (saída /entrada)	um par simétrico
Impedância de teste (entrada/saída)	120 ohms resistivo
Tensão de pico nominal dos pulsos B e V	3,0 V
Tensão máxima na condição de espaço	0 V +/- 0,3 V
Largura nominal de um intervalo de bit de 2048 kbit/s	244 ns
Razão entre a amplitude positiva e negativa dos pulsos no centro do intervalo	0,95 a 1,05
Razão entre a largura de pulsos positivos e negativos a metade da amplitude nominal	0,95 a 1,05
Jitter (flutuação de fase) pico a pico máxima na porta de saída	Parag. 2 Rec. G.823

3. A Interface V.35 do CCITT

A interface V.35 é uma das mais antigas definida pelo CCITT e sua primeira versão data de 1968 [INT 81]. Originalmente prevista para especificação de modems de grupo na taxa de 48Kbit/s, hoje em dia tem sua importância restringida praticamente à interface digital definida no Apêndice II da recomendação. Esta interface é hoje largamente adotada pela maioria dos fabricantes de equipamentos de comunicação, tanto europeus como principalmente americanos, em taxas de 48 à 10.000Kbit/s. A sua principal inovação em relação à interface de baixa velocidade, muito popularizada, da recomendação V.24/V.28 ou sua equivalente americana RS 232, é que os sinais de dados e relógio são balanceados, enquanto os sinais de controle continuam sendo bipolares como na recomendação V.24/V.28. Na Tabela II, são apresentados os diversos sinais e suas funções, bem como as principais características elétricas de cada um.

Tabela II
Características dos sinais da Interface V.35 do CCITT

Tipo	Descrição do Sinal	Abrevia- turas	Circuito funcional V.24 CCITT	Pino Conector ISO-2593	Caracter. Elétricas	Origem do Sinal
Terra	Terra de Proteção	P. Gnd.	CT 101	A	n. bal.	-
	Terra de Sinal	S. Gnd.	CT 102	B	n. bal.	-
Dados	Dados de Transmissão	TD	CT 103	P e S	bal.	ETD
	Dados de Recepção	RD	CT 104	R e T	bal.	ECD
Tempo	Relógio Transmissão (ETD)	RETD	CT 113	U e W	bal.	ETD
	Relógio Transmissão (ECD)	RECD	CT 114	Y e AA	bal.	ECD
	Relógio Recepção	RREC	CT 115	V e X	bal.	ECD
Controle	Pedido para Enviar	RTS	CT 105	C	n. bal.	ETD
	Pronto para Enviar	CTS	CT 106	D	n. bal.	ECD
	Portadora Detectada	DCD	CT 109	F	n. bal.	ECD
	ECD Pronto	DSR	CT107	E	n. bal.	ECD
	ETD Pronto	DTR	CT 108.2	H	n. bal.	ETD

ETD : Equipamento Terminal de Dados

ECD : Equipamento Comunicação de Dados

bal. : Sinal do tipo balanceado (dois fios)

n. bal.: Sinal não balanceado

Na figura 4.2 apresentamos os circuitos do gerador e receptor dos sinais balanceados, que foram implementados na interface V.35 do conversor. A recomendação V.35 estabelece os seguintes parâmetros para o circuito do gerador balanceado:

- impedância de saída entre 50 a 150 ohms;
- resistência dos pontos Va ou Vb para o terra de sinal (CT 102),
150 +/- 15 ohms;
- quando terminado com carga de 100 ohms e transmitindo dígitos binários iguais a zero, a tensão sobre a carga deve ser $V_{ab} = 0,55$ volts +/- 20%;
- o tempo de subida do sinal com a terminação de 100 ohms, deverá ser menor que 1% do tempo de bit (T_b);

- c) a média aritmética da tensão do ponto Va ou Vb, em relação ao terra de sinal (CT 102), não deve ser maior que 0,6 volts, com terminação de 100 ohms.

Para o circuito do receptor, a recomendação estabelece:

- a) impedância de entrada em torno de 100 +/- 10 ohms, essencialmente resistiva;
 b) resistência dos pontos Va ou Vb da entrada em relação ao terra de sinal (CT 102), igual a 150 +/- 15 ohms.

Na Tabela III são apresentados os valores nominais recomendados e os valores medidos dos circuitos balanceados da figura 4.2.

Tabela III

Características do gerador e receptor balanceados da Interface V.35

Parâmetros		Valor Nominal	Valor Medido
Gerador	Impedância de saída	50 a 150 ohms	94,4ohms
	Resistência para CT 102	150 +/- 15 ohms	159,6 ohms
	Amplitude do Sinal	0,55V +/- 20%	0,47V
	Tempo de subida (10% a 90% amplitude)	<48,22ns (T _b =488,28ns)	12ns
	Tensão média DC na saída (medida em relação CT102)	<0,6V	0,205V
Receptor	Impedância de entrada	100 +/- 10ohms	97,98ohms
	Resistência para CT 102	150 +/- 15ohms	157,9ohms

4. Características do Conversor G.703/V.35.

As principais características do conversor podem ser observadas através do diagrama em blocos da fig. 4.1. A interface V.35 é do tipo ECD (Interface de Equipamento de Comunicação de Dados), conecta-se, portanto, diretamente com uma interface V.35 do tipo ETD (Equipamento Terminal de Dados). A conexão física é feita através de um conector de 34 pinos padronizado pela ISO n.2593. O fluxo de dados pelas interfaces é síncrono e simultâneo nos dois sentidos, o que caracteriza operação duplex síncrona do conversor

Uma unidade osciladora a cristal fornece um relógio padrão de 32,768MHz, que após uma divisão por 16, gera o relógio interno de 2,048 MHz do conversor. O sincronismo do sinal codificado da interface G.703 pode ser selecionado a partir de três opções: relógio interno do conversor (R.XMT-ECD), relógio externo do nó de rede (R.XMT-ETD) e relógio de recepção (R.REC). A seleção pode ser feita a partir de um "strap" na placa do conversor, no momento da instalação.

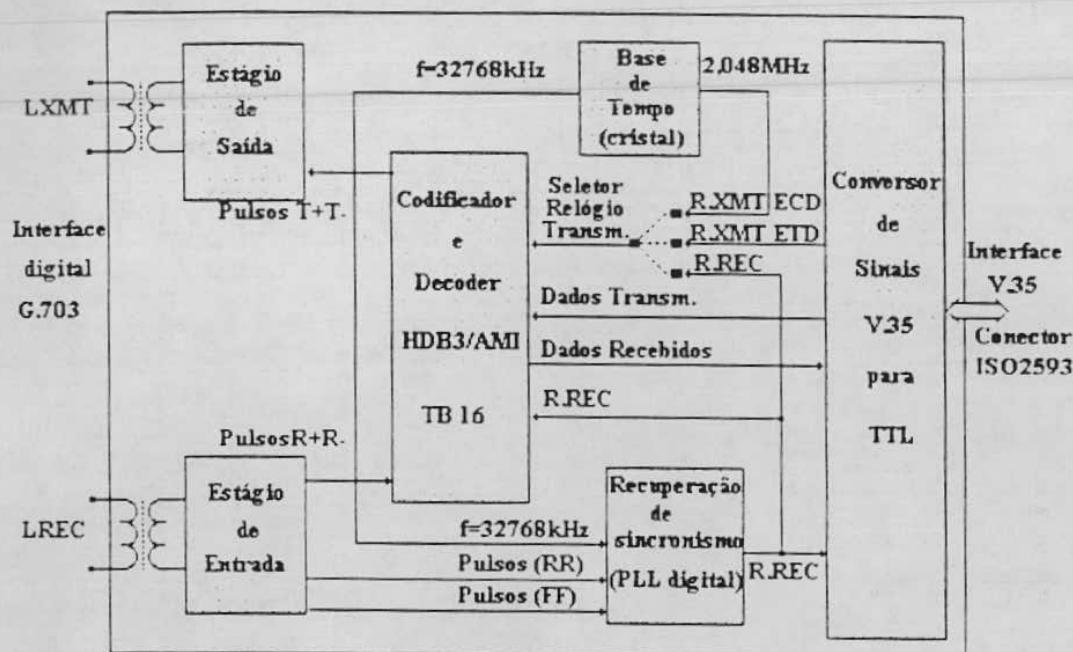


Fig. 4.1 Diagrama em blocos do Conversor G.703/V.35

O acoplamento das linhas de transmissão e recepção é feito através de transformadores para garantir o isolamento galvânico entre a sub-rede de comunicação (MCP-30) e os equipamentos de usuário.

O codificador/decodificador é constituído de um circuito integrado dedicado, fabricado pela Itaucom, modelo TB-16. Os dados de transmissão (D.XMT) são aplicados diretamente sobre o codificador, que fornece na saída os pulsos T+ e T-, os quais após passarem por um estágio de potência transistorizado, são aplicados sobre o transformador de acoplamento da linha de transmissão (L.XMT), como pode ser observado na figura 4.2.

Para determinar o comprimento máximo das linhas da interface G.703, inserimos entre L.XMT e L.REC uma linha artificial ajustável que simulou um fio de 0,4 mm de diâmetro. Aplicando-se a seguir um padrão pseudo-aleatório do tipo 511 (CCITT) na entrada V.35, observamos a conformação dos pulsos na entrada da L.REC com os limites estabelecidos através da máscara sugerida na recomendação G.703. Constatamos assim um comprimento máximo em torno de 100 m para as linhas desta interface.

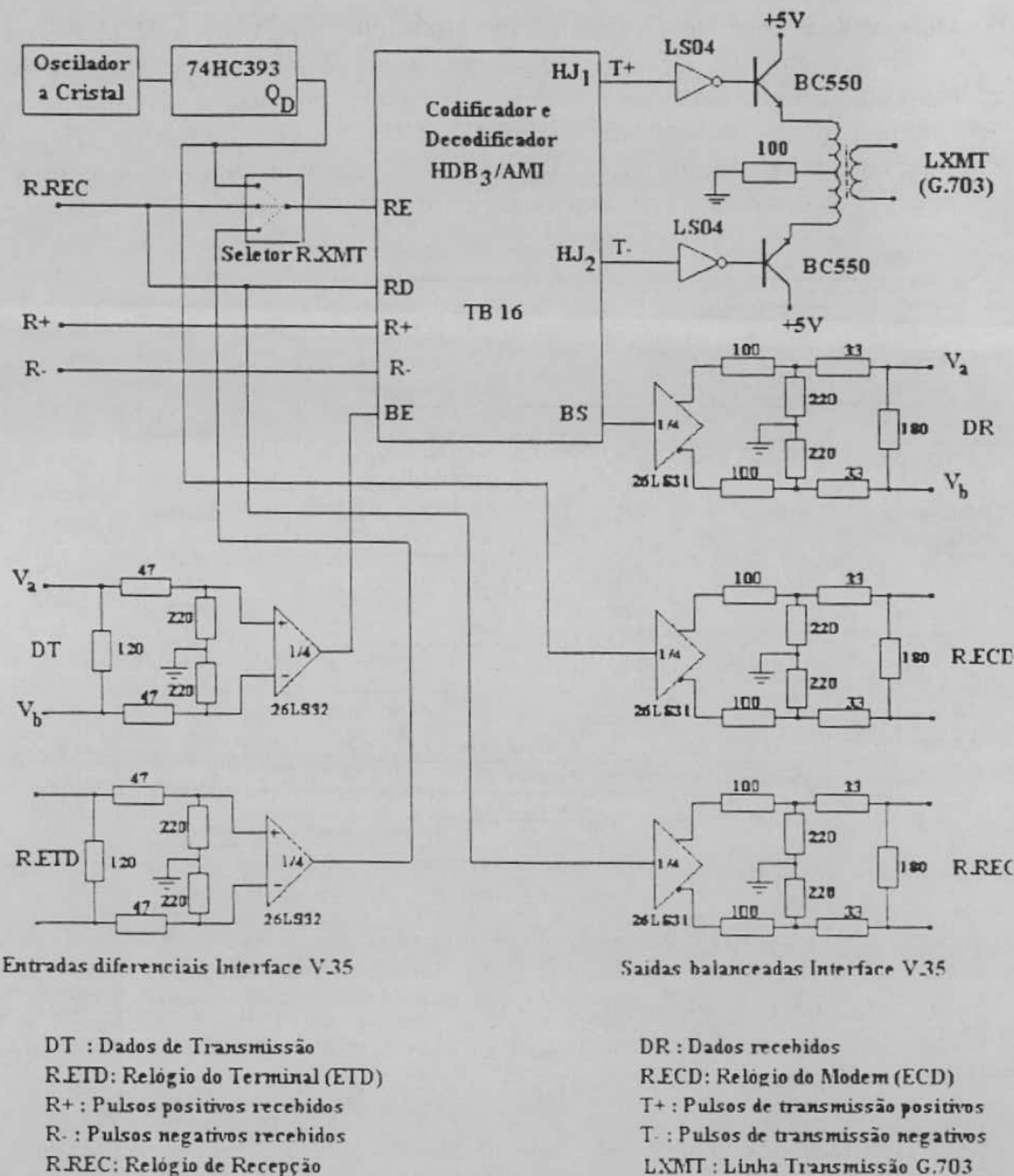


Fig. 4.2 Circuitos da interface V.35 e estágio de saída da interface G.703

Os circuitos de saída, da interface G.703, passam por um estágio de excitação transistorizado convencional e a seguir são acoplados à linha de transmissão através de um transformador com "centertape" no primário, como pode ser observado na fig.4.2.

5. Circuitos do Receptor da Interface G.703

Na figura 5.1 apresentamos o circuito completo do receptor da interface G.703, constituído por dois blocos: o conformador e detector de pulsos e o PLL digital (Phase Locked Loop), responsável pela recuperação do relógio de recepção.

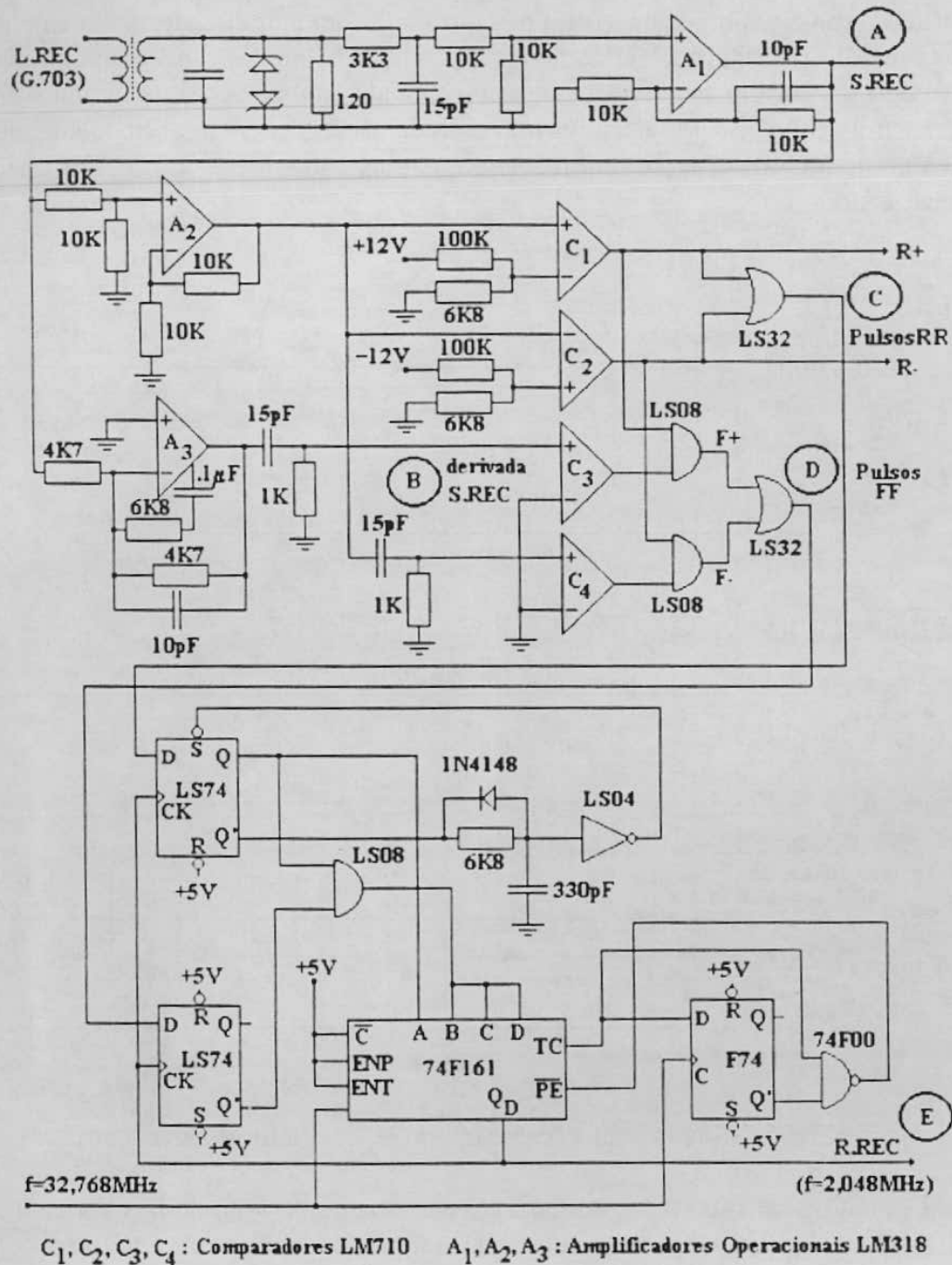


Fig. 5.1 Circuitos do receptor da interface G.703

Tendo em vista a importância destes circuitos no desempenho do conversor, descreveremos o funcionamento dos mesmos. Para facilitar, nos pontos assinalados apresentamos os sinais correspondentes e suas relações de tempo, que podem ser observados na figura 5.2.

O sinal recebido pela linha de recepção, passa inicialmente por um estágio pré-amplificador, constituído por um filtro passa-baixas e um amplificador operacional A1. O sinal de saída deste estágio (S.REC, ponto A) é aplicado em A2 e A3, que correspondem a um estágio não inversor e inversor, respectivamente, ambos de ganho unitário. A partir de A2, os pulsos positivos e negativos da entrada são regenerados separadamente pelos circuitos comparadores C1 e C2, fornecendo os pulsos R+ e R-, bem como a sua soma lógica RR (ponto C).

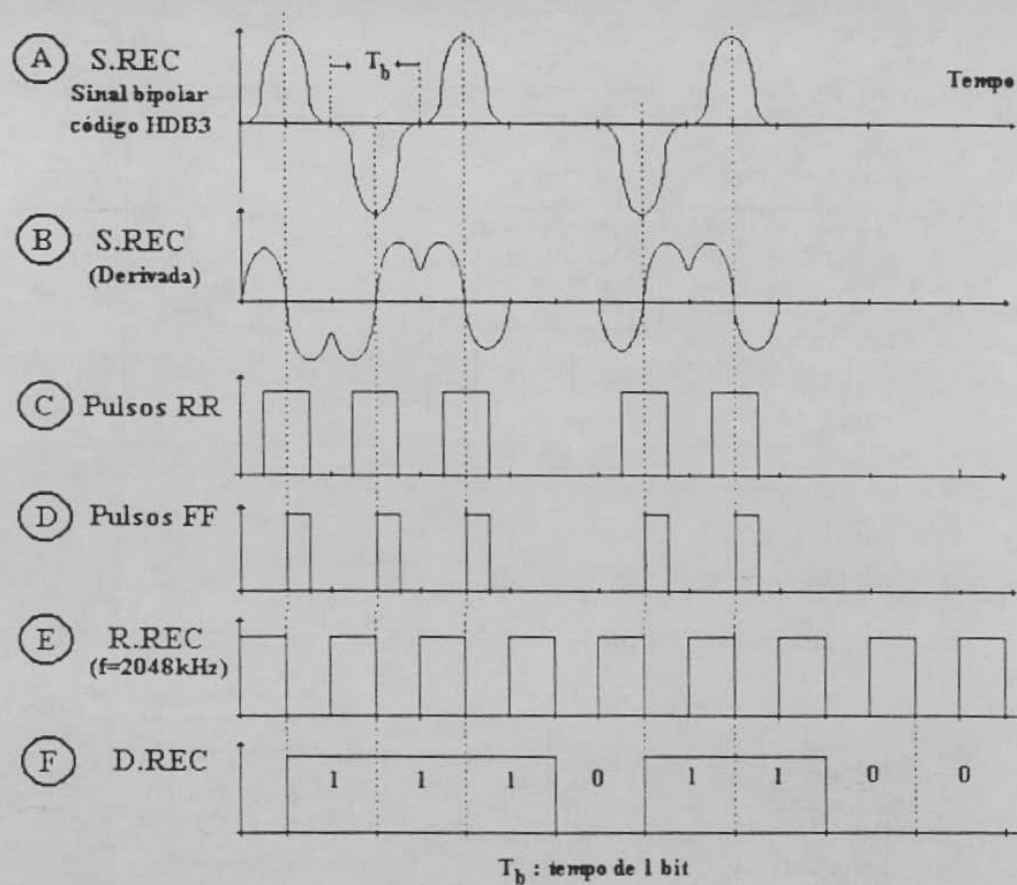


Fig. 5.2 Sinais e relações de tempo dos circuitos de recepção

O sinal de saída de A2, e seu inverso na saída de A3, são ambos derivados (ponto B), e a seguir aplicados nos circuitos detectores de cruzamento de zero C3 e C4 respectivamente, gerando pulsos que, após estreitados logicamente, indicam no seu flanco positivo o instante do valor máximo e mínimo do sinal de entrada, ou seja, a fase correta do relógio de recepção.

O relógio de recepção (R.REC) de 2,048MHz, é recuperado através de um circuito PLL (Phase Locked Loop) digital, constituído por um divisor programável, cuja frequência básica de entrada é de 32,768MHz. As correções da fase atual do relógio de recepção se dão em $T=1/16$ do período de R.REC (32,768MHz, $T= 30,5ns$), adiantando ou atrasando a fase atual do relógio de recepção em relação à informação da fase FF recebida. Os pulsos RR (ponto C) e o sinal de fase atual FF (ponto D), são comparados na saída de dois registradores do tipo D, e o resultado indicará se a fase atual do relógio de recepção na saída do divisor programável deverá ser adiantada, atrasada ou mantida, conforme a Tabela IV abaixo.

Tabela IV
Programação do contador do circuito PLL

RR	FF	Fase do Relógio de Recepção	Programação Divisor				Frequência (MHz)	Número de períodos
			A	B	C	D		
0	0	manter	0	0	0	0	2,048	16
1	0	atrasar	1	1	1	1	1,928	17
1	1	adiantar	1	0	0	0	2,184	15
0	1	não ocorre	—				—	—

Tendo em vista a alta frequência (32,768MHz), em que trabalha o circuito PLL, os tempos de propagação nos circuitos integrados foram o fator preponderante na sua implementação. Os atrasos de propagação (t_{pLH} e t_{pHL}) e os tempos de "setup" (t_s) para os CIs da família Fast utilizados estão relacionados abaixo:

74F00 porta nand de 2 entradas; $t_{pLH}=6,0ns$, $t_{pHL}=5,8ns$

74F74 Flip-flop tipo D; t_{pHL} (relógio-nQ)=9,2ns, $t_s=3ns$

74F161 Contador programável de 4 bit; t_{pLH} (relógio-TC)=15ns, t_s (nPE)=9,5ns.

Na figura 5.3 apresentamos os principais sinais do PLL e suas correlações, para o caso crítico onde o contador é programado de maneira que o relógio de recepção sofra um atraso de fase. Observa-se que os atrasos de propagação mais os tempos de "setup" dos CIs envolvidos são da ordem do período de correção ($T=30,5ns$).

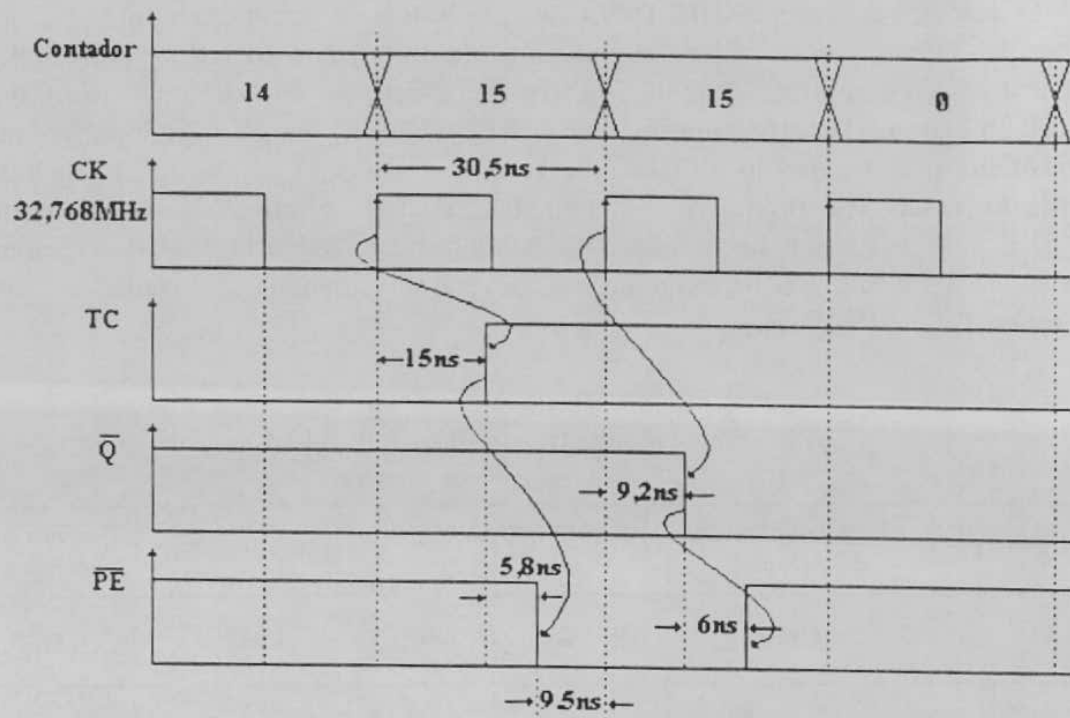


Fig. 5.3 Diagrama de tempos do PLL digital

6. Conclusões.

O objetivo deste trabalho foi apresentar um conversor G.703/V.35 simples, que foi desenvolvido para atender necessidades específicas de implementação de arquiteturas de redes de computadores, que pretendam utilizar canais digitais de 2.048Mbit/s do sistema E1 da Telebrás.

O projeto apresentado possui uma implementação através de circuitos integrados standard e poderá ser utilizado tanto como um equipamento à parte ou como um módulo a ser integrado em um sistema

A partir deste trabalho, verificamos que a maior dificuldade para viabilizar o acesso de um maior número de usuários a canais digitais de 2.048Mbit/s, reside no fato de que as concessionárias regionais do Sistema Telebrás dispõem atualmente somente de pares trançados telefônicos para esta finalidade. Lembrando que, no caso de 64Kbit/s, existem hoje 3 a 4 fabricantes de modems banda base, que permitem cobrir distâncias de acesso até 5km aproximadamente, acreditamos que para a taxa de 2.048Mbit/s, poderá ser encontrada um solução semelhante, que permita estender o alcance da interface G.703 até aproximadamente 1km, nas mesmas condições de potência e ruído. Para isto, torna-se necessário que a interface G.703/2.048Mbit/s seja contemplada o mais rápido possível com uma normalização através de uma Prática Telebrás, que fixe parâmetros que permitam desenvolver modems banda base nesta faixa. No caso deste conversor, os circuitos de recepção não foram previstos para funcionamento em distâncias maiores que

100m, tendo em vista a rigidez das especificações da recomendação G.703/2.048Mbit/s, na qual o problema do alcance é deixado para estudos posteriores. Acreditamos que um modem banda base de 2,048Mbit/s, deverá ter necessariamente uma previsão de englobar 3 tipos de interfaces para o acesso local (V.35, G.703 e V.36/V.11), além de uma interface de acesso remoto (~ 1km), utilizando uma sinalização específica a ser desenvolvida.

O grupo de Comunicação de Dados, junto com o grupo de Microeletrônica do Instituto de Informática da UFRGS, estão trabalhando em um projeto de pesquisa, que visa desenvolver um "chip-set" para transmissão banda base em par telefônico, com taxas até 2,048Mbit/s. Os resultados obtidos até o momento, indicam que, com técnicas de compressão por códigos e equalização adaptativa, deverá ser alcançado este objetivo.

7. Bibliografia

- [BAP 90] BAPTISTELA, L. F. B.; LOBO, M. P. L. **RDSI - Rede digital de Serviços Integrados**. São Paulo: Embratel, McGraw-Hill, 1990. 313p.
- [GHE 92a] GHEDINI, F. et al. Vinte anos da Telebrás. **Jornal de Telecomunicações**, v.5, n.53, nov.1992. (Documento, n.12).
- [GHE 92b] GHEDINI, F.; DIAS, L. R. A Embratel ganha terreno e provoca protestos. **Jornal de Telecomunicações**, v.5, n.53, p.40, nov92.
- [HEL 86] HELD, G. **Data Communications Networking Devices**. 2nd. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1986. 494p.
- [HEY 92a] HEYWOOD, P. The many interfaces of E1. **Data Communication**, v.21, n.2, p.40d-40j, Feb. 1992.
- [HEY 92b] HEYWOOD, P. Fracional E1 services go domestic. **Data Communication**, v.21, n.2, p.40a-40c, Feb. 1992.
- [INT 88] International Telegraph and Telephone Consultative Committee Plenary Assembly, 9., Nov. 14-25, 1988, Melbourne. (CCITT). **General Aspects of Digital Transmission Systems; Terminal Equipments: Recommendations G.700-G.795**. Melbourne: International Telecommunication Union, 1988. 614p. p.45-75 (Blue Book, v. III. 4).
- [INT 81] International Telegraph and Telephone Consultative Committee Plenary Assembly, 7., Nov. 10-21, 1980, Geneva. (CCITT). **Data Communication over the Telephone Network: series V Recommendations (Study Group XVII)**. Geneva: International Telecommunication Union, 1981. 250p. 181-

187p. (Yellow Book, v.VIII.1).

- [JUA 92] JUAREZ, M. As redes corporativas ganham novo perfil. **Jornal de Telecomunicações**, v.5, n.54, p.6, dez. 92.
- [MUL 90] MULLER, N. J.; DAVIDSON, R. P. **LAN's to WAN's: Network management in the 1990s**. Boston: Artech House, 1990, 543p.
- [PIN 83] PINES, J.; BARRADAS, O. **Telecomunicações-Sistemas Multiplex**. Rio de Janeiro: Embratel, Livros Técnicos e Científicos, 1983. 567p.
- [SIS 92] Sistema de Práticas Telebrás. Especificações gerais de Equipamentos Multiplex de 2,048Mbit/s. Brasília: Telebrás, seção de Coordenação e Documentação, 1992, 90p. (Prática n. 225-100-706, série engenharia).
- [TAN 89] TANENBAUM, A. S. **Computer Networks**. New Jersey: Prentice-Hall, 1989. 6658p.