



Um passeio sobre a Multiplexação digital:

da TDM às Redes SDH

Professor *Hélio Magalhães de Oliveira*, DES-UFPE

22/03/2010

ROTEIRO (30 h = 3 h)

Teorema da amostragem, PCM

TDM: história e etimologia

Multiplexação TDM e sincronismo, TDM/PCM 24/30 canais

Operação síncrona e plesiócrons, sinalização CAS e CCS

Memórias elásticas e justificação, Hierarquia PDH

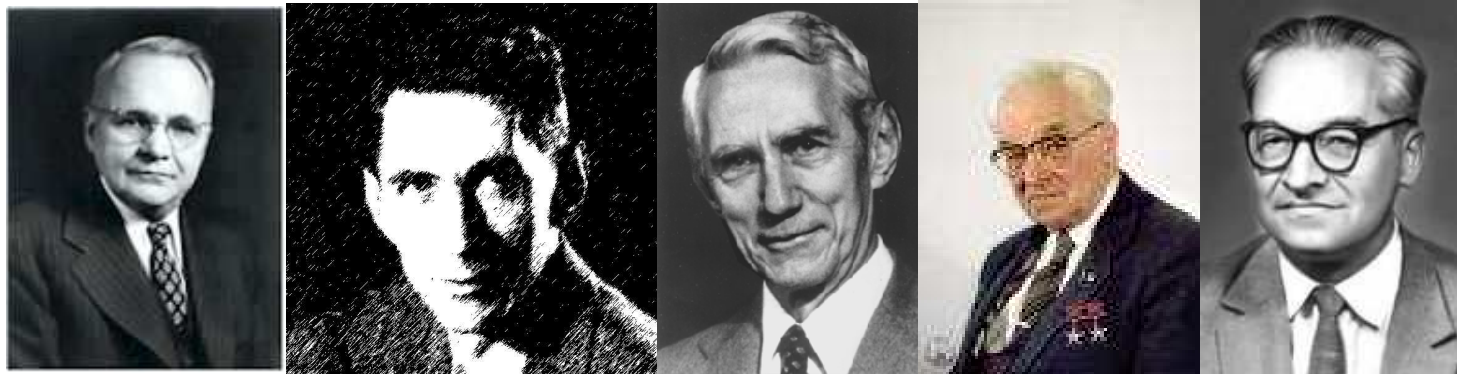
SONET, módulo STS-1

Hierarquia SDH, princípio, mapeamento amarrado e flutuante

Estrutura básica STM, famílias de mux, MUX: DCC e ADM. FIM

TEORIA DA AMOSTRAGEM

(NYQUIST-SHANNON-KOTEL'NIKOV)



Na conversão analógico-digital (conversão A-D) é necessário colher-se um número discreto de amostras de um sinal contínuo.

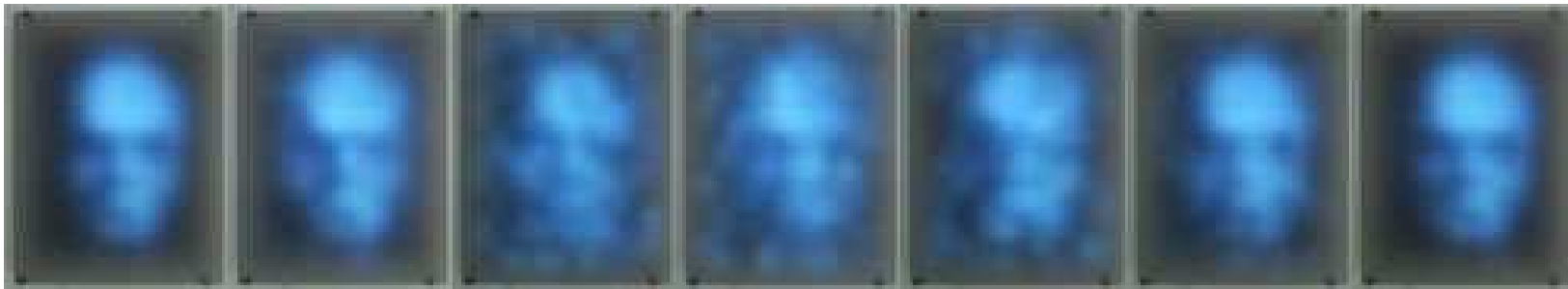
O problema crucial: número de amostras/seg que devem ser colhidas.

TEOREMA DA AMOSTRAGEM

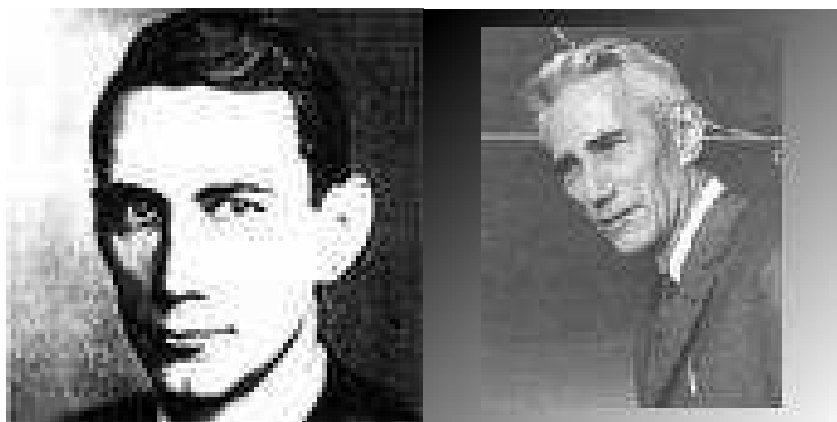


Harry Nyquist 1924

Estudo de sinais telegráficos (medições): a taxa de amostragem (hoje, a Taxa de Nyquist).



Jim Campbell, *Portrait of a Portrait of Harry Nyquist*, 2000



Claude Elwood Shannon



- The National Medal of Science
- The Medal of honor of the IEEE
- The Harvey prize
- The Mervin J. Kelly Award
- The Morris Liebmann Memorial Award
- The Stuart Balantine Medal (of the Franklin Institute)
- The Jacquard Award
- The Harold Pender Award
- The Research Cooperation Award
- The Medal of Honor of Rice University
- John Fritz Medal
- Golden plate Award
- Kyoto prize, entre vários outros

Nyquist 1924, 1928

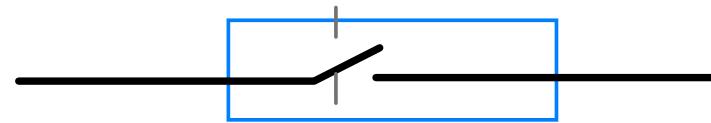
Kotel'nikov 1933

Shannon 1948

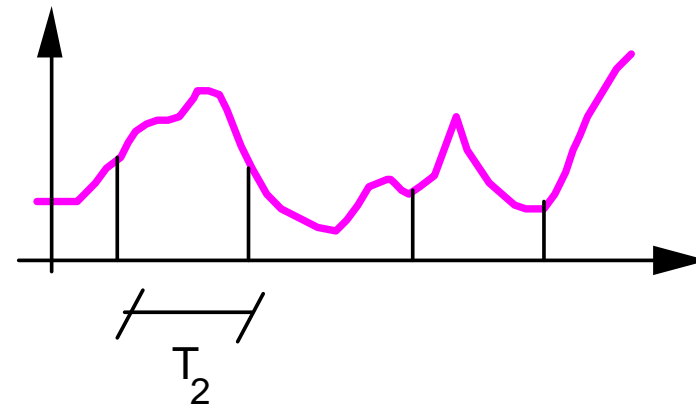
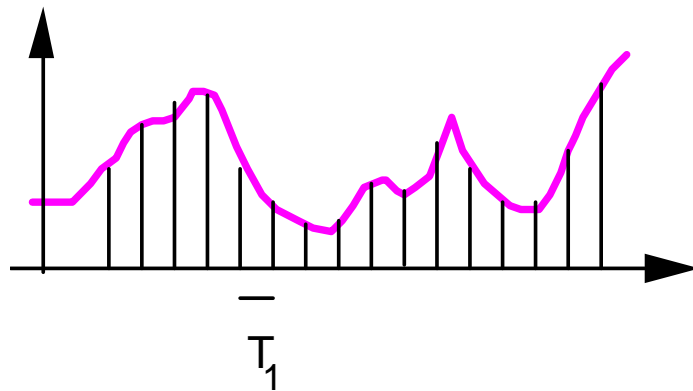
É óbvio que um número muito pequeno de amostras pode resultar em uma representação demasiadamente pobre para o sinal.

Teorema de Shannon-Nyquist, um dos resultados fundamentais da Teoria das Comunicações.

Símbolo do Amostrador



controle da amostragem



O conhecimento de pequenos trechos eqüiespaçados do sinal é suficiente para realizar uma interpolação "perfeita" de vazios entre os trechos!

TEOREMA DA AMOSTRAGEM I. (uniforme)

O estudo é aplicável apenas para sinais "banda limitada", i.e., aqueles que não possuem componentes espectrais para frequências acima de uma dada frequência f_m Hz.

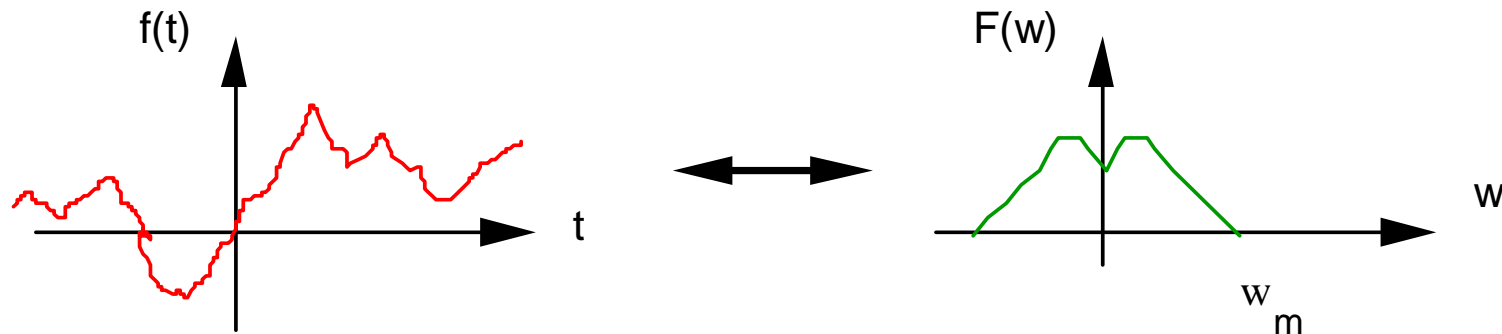
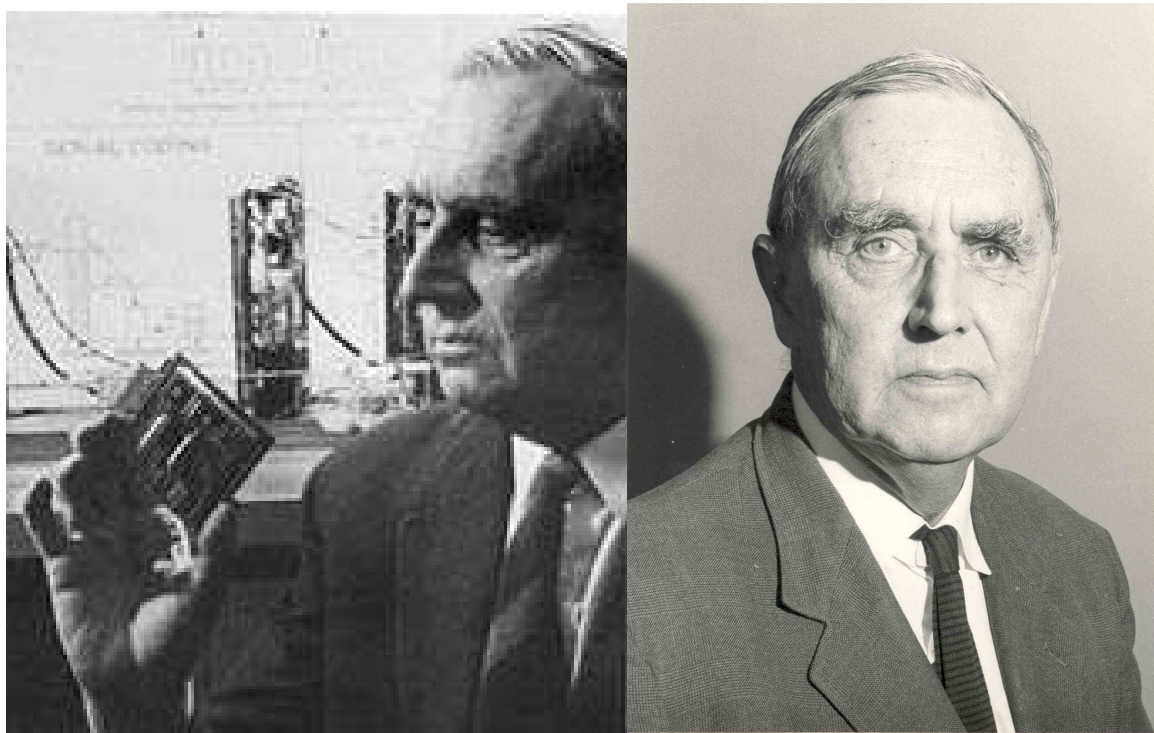


Figura- Representação de um sinal de banda limitada.

Teorema (Shannon 1948): *Um sinal banda limitada em f_m Hz está univocamente determinado pelas suas amostras discretas, se estas são colhidas em uma taxa de pelo menos $2f_m$ amostras eqüiespaçadas por segundo.*

SISTEMAS PCM

O sistema digital mais difundido e adotado em Telecomunicações é o Sistema de Modulação por Codificação dos Pulsos, PCM.



Sir **Alec Reeves**, patente 1937 PCM

Início da possibilidade de gravação digital: o primeiro conversor A/D. Marco na História das Telecomunicações e uma revolução no seu estado da arte.

As operações envolvidas na obtenção do PCM a partir de um sinal analógico são:

- a) Amostragem do sinal analógico*
- b) Quantização do sinal amostrado*
- c) Codificação do sinal quantizado.*

As operações envolvidas na recuperação do sinal envolvem as etapas seguintes:

- a) Decodificação do sinal digital*
- b) Retenção do sinal e filtragem.*

A digitalização do sinal de qualquer sinal analógico, em particular sinais de voz, envolve duas etapas: a *Discretização no tempo* (amostragem) e a *Discretização nas amplitudes* (quantização).

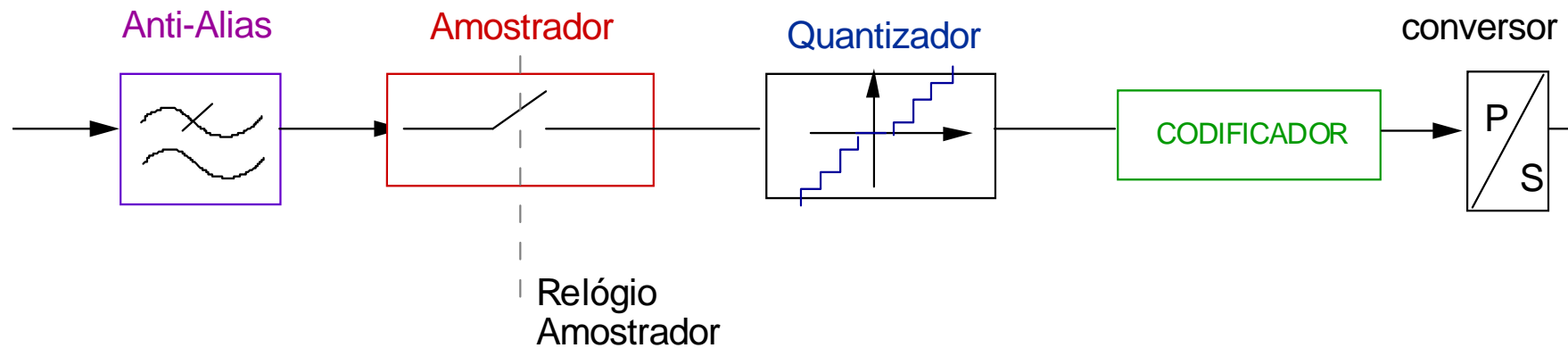


Figura- SISTEMA PCM - 8.000 amostras/s x 8 bits/amostra
DS0 64 kb/s

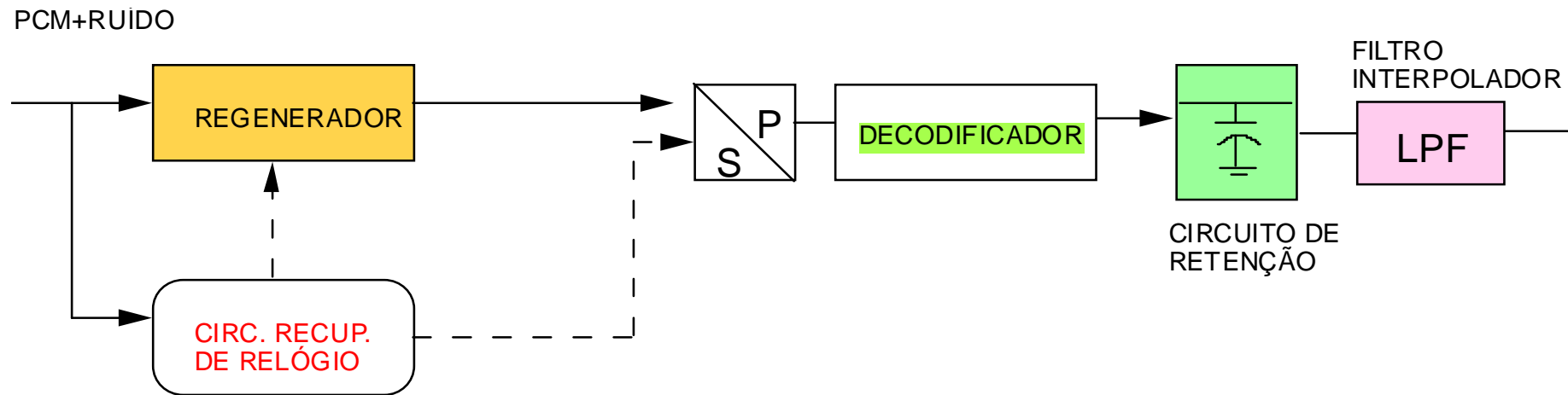
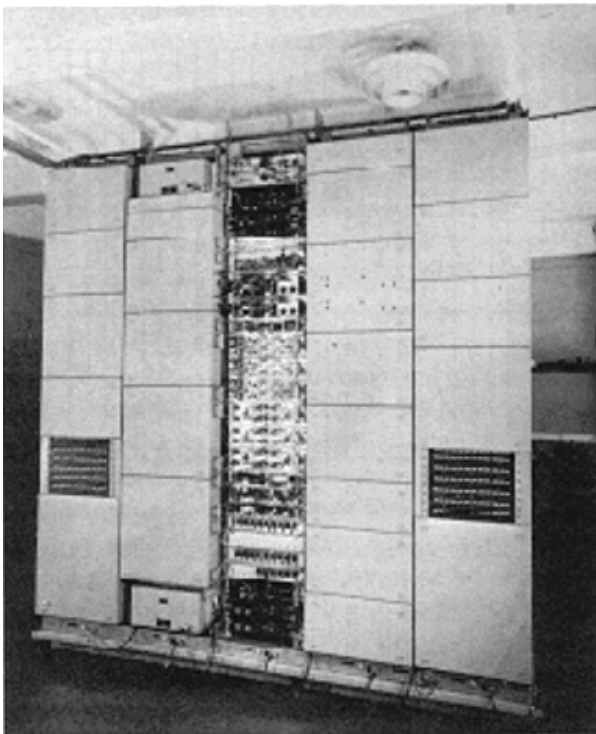


Figura- Diagrama de um Sistema PCM típico.

Sistema PCM para transmissão de sinais de voz, fornecendo uma idéia dos valores tipicamente empregados. A taxa de saída é de 64 kbps, que passou a ser adotada como padrão internacional em quase todos os tipos de comunicações binárias (ISDN, Internet, dados, etc.).

No caso da transmissão de sinais de voz, o LPF em 4 kHz garante a limitação em banda passante. A taxa de amostragem corresponde a 8 kHz, gerando um sinal PAM. Este é aplicado em um quantizador de 256 níveis, cada um dos quais é codificado em uma palavra binária de 8 bits (1 byte / amostra).

A velocidade na saída é de: $8.000 \frac{\text{amostras}}{\text{seg}} \cdot 8 \frac{\text{bits}}{\text{amostra}} = 64 \text{ kbits / s}$.



Experimental 96-channel PCM system, demonstrated by Bell Laboratories in 1947. Photo shows a front view of the terminal equipment with covers removed from a 12-channel group bay.

MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO NO TEMPO (MUX DIGITAL)

Devido ao **Teorema da amostragem (Shannon-Nyquist)**, sabe-se que não é necessária a transmissão completa de um sinal banda limitada. Apenas amostras colhidas de acordo com a frequência de Nyquist f_s são suficientes para transmitir toda a informação.

Desta forma, uma amostra é transmitida e somente apenas $T_s=1/f_s$ seg é necessário colher uma nova amostra. Se as amostras são estreitas (tempo de retenção pequeno), nenhuma informação é transmitida na maior parte do tempo.

O que fazer com estes intervalos vagos entre duas amostras consecutivas de um mesmo sinal?

No caso de sinais de voz, $T_s=125 \mu s$ e para o senso de humanos poderia ser algo muito pequeno, porém constitui um tempo que corresponde mais ou menos a uma eternidade *e meia*, em Comunicações e Eletrônica!

MUX DIGITAL (TDM)

Contribuições:

Em 1874, o francês J.M. Émile Baudot inventou o sistema **MULTIPLEXOR**[®].

Em 1920, G. Valensi desenvolvia a primeira sugestão de mux digital para canais telefônicos

Em 1945, E.M. Deloraine, ITT-Paris, reinventava definitivamente a multiplexação digital. Vide também W.R. Bennett (Bell Labs)

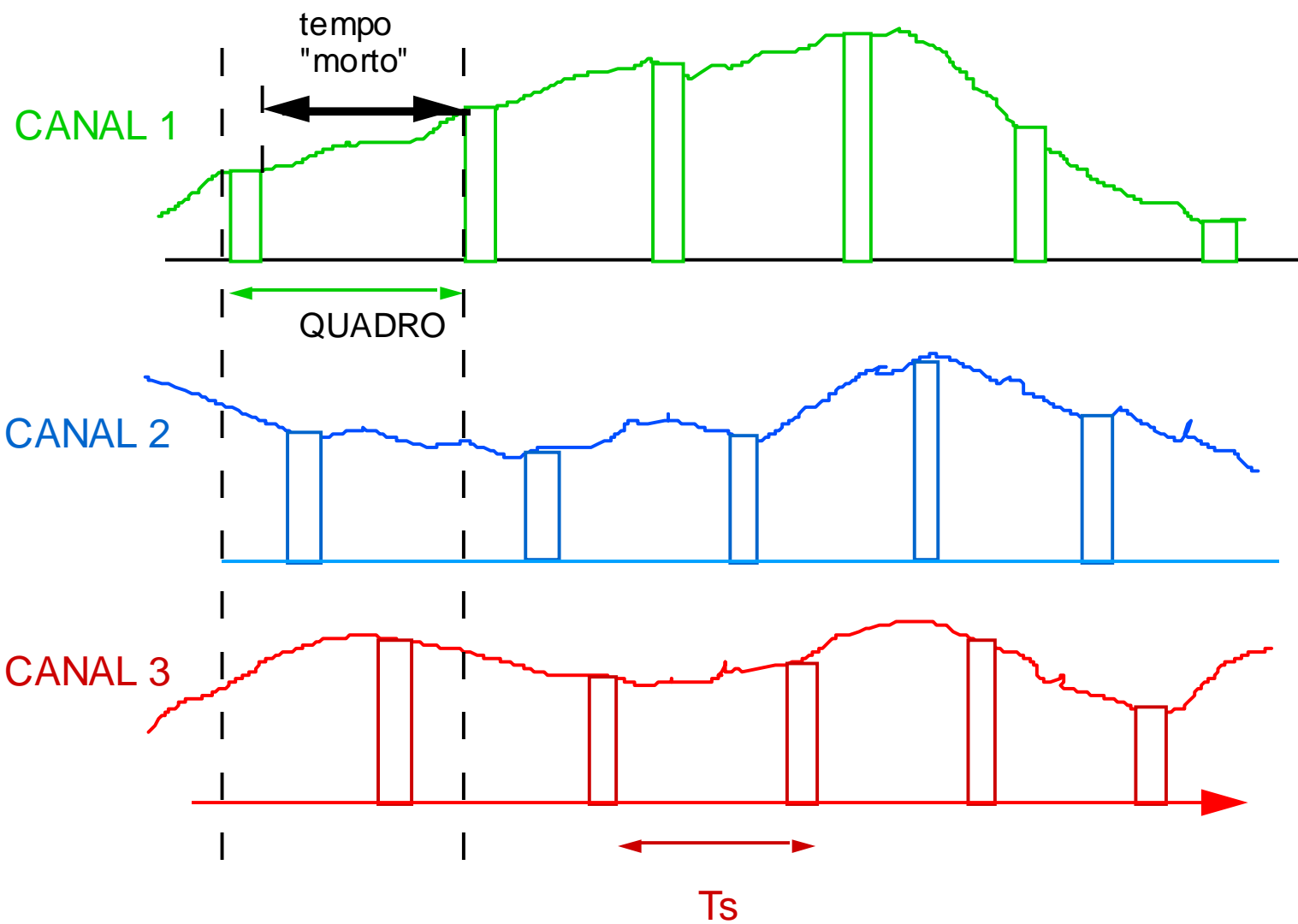
MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO NO TEMPO

(MUX DIGITAL)



Jean Baudot





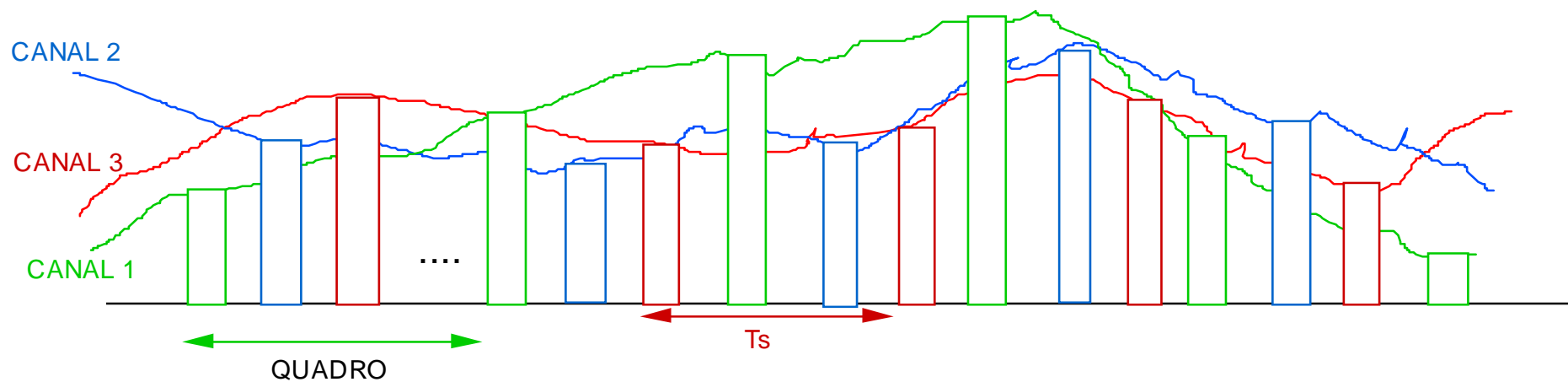


Figura- Multiplexação por divisão no tempo: TDM (mux digital).

Os sinais de entrada são seqüencialmente amostrados por uma chave eletrônica rotatória (dita *Comutador*). A chave completa uma revolução a cada $T_s \leq 1/2f_m$ seg, extraindo a amostra de cada canal.

Se N canais são MUX, o espaçamento entre pulsos de canais adjacentes (intervalo de tempo-- *time slot*) é de T_s/N .

Um conjunto de pulsos contendo uma amostra de cada canal é denominado de um **Quadro**.

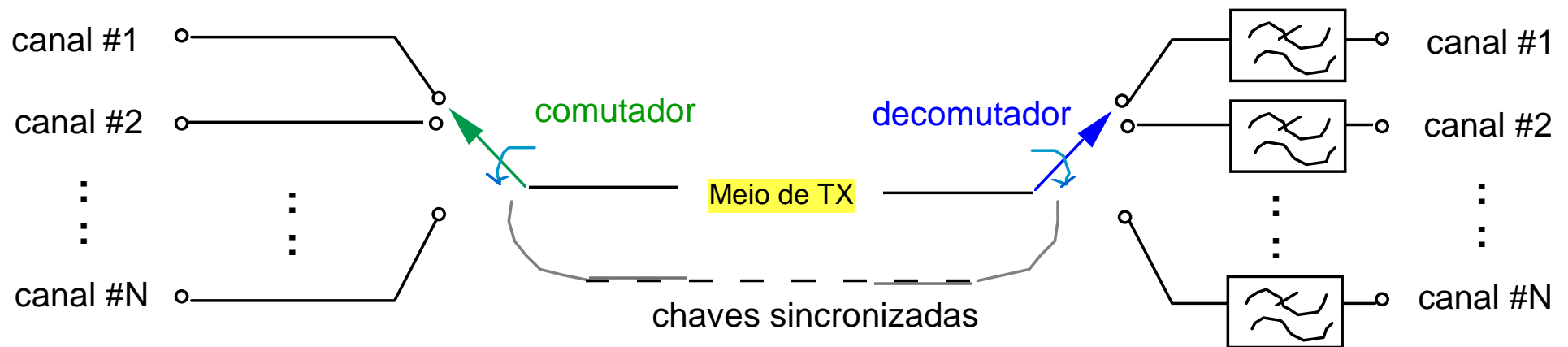


Figura- Sistema TDM/PAM com N canais multiplexados.

No receptor, a distribuição das amostras pelo "decomutador" deve ser feita de forma que os pulsos relativos as amostras sejam remetidos aos destinatários apropriados.

O problema de sincronismo é crítico em TDM !

Quando o # de sinais multiplexados é muito grande, $\tau \ll T_s$,

As amostras estreitas não fornecem muita potência para o sinal recuperado.

Este problema é contornado com o uso de **circuitos de retenção**.

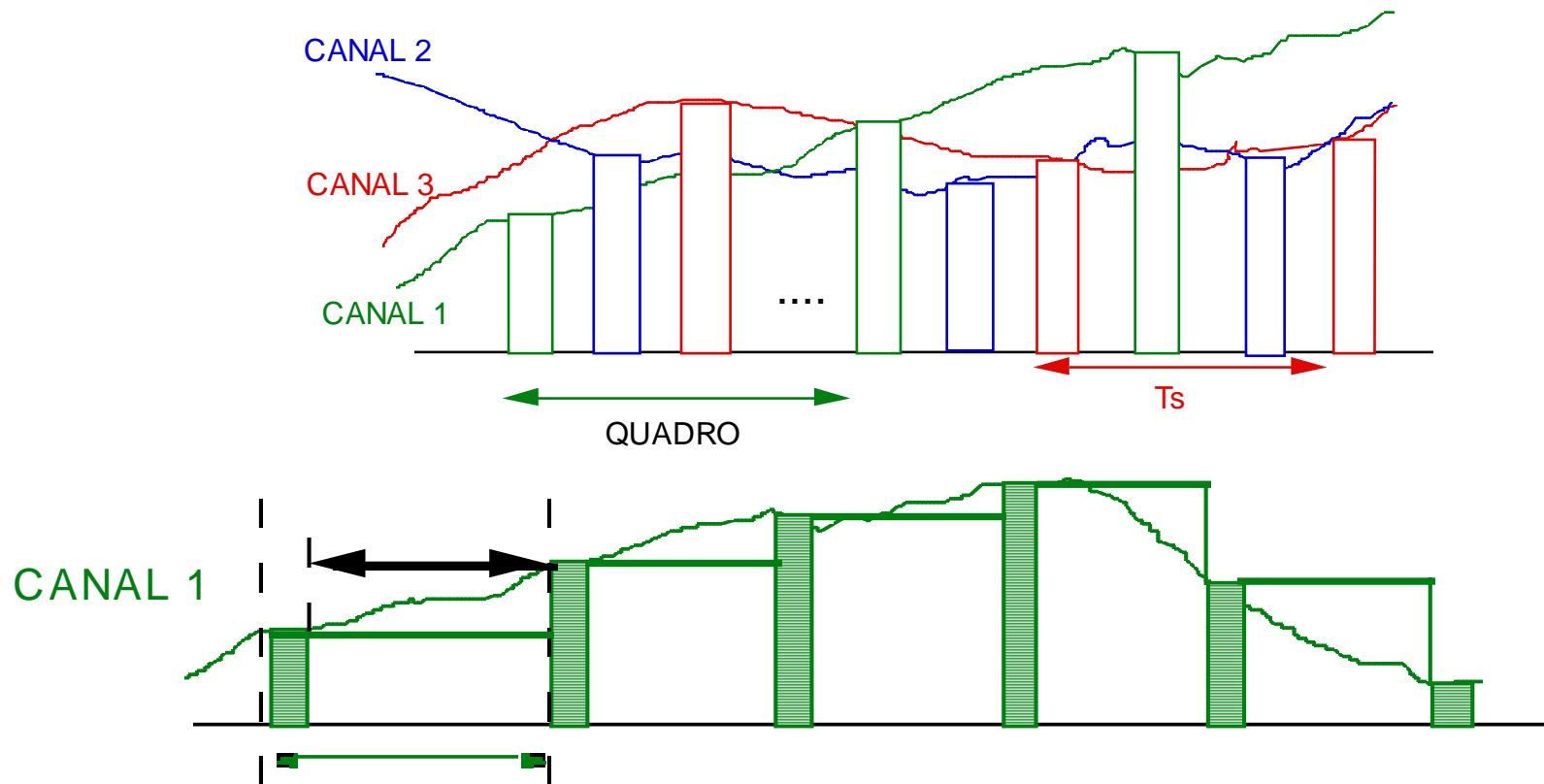
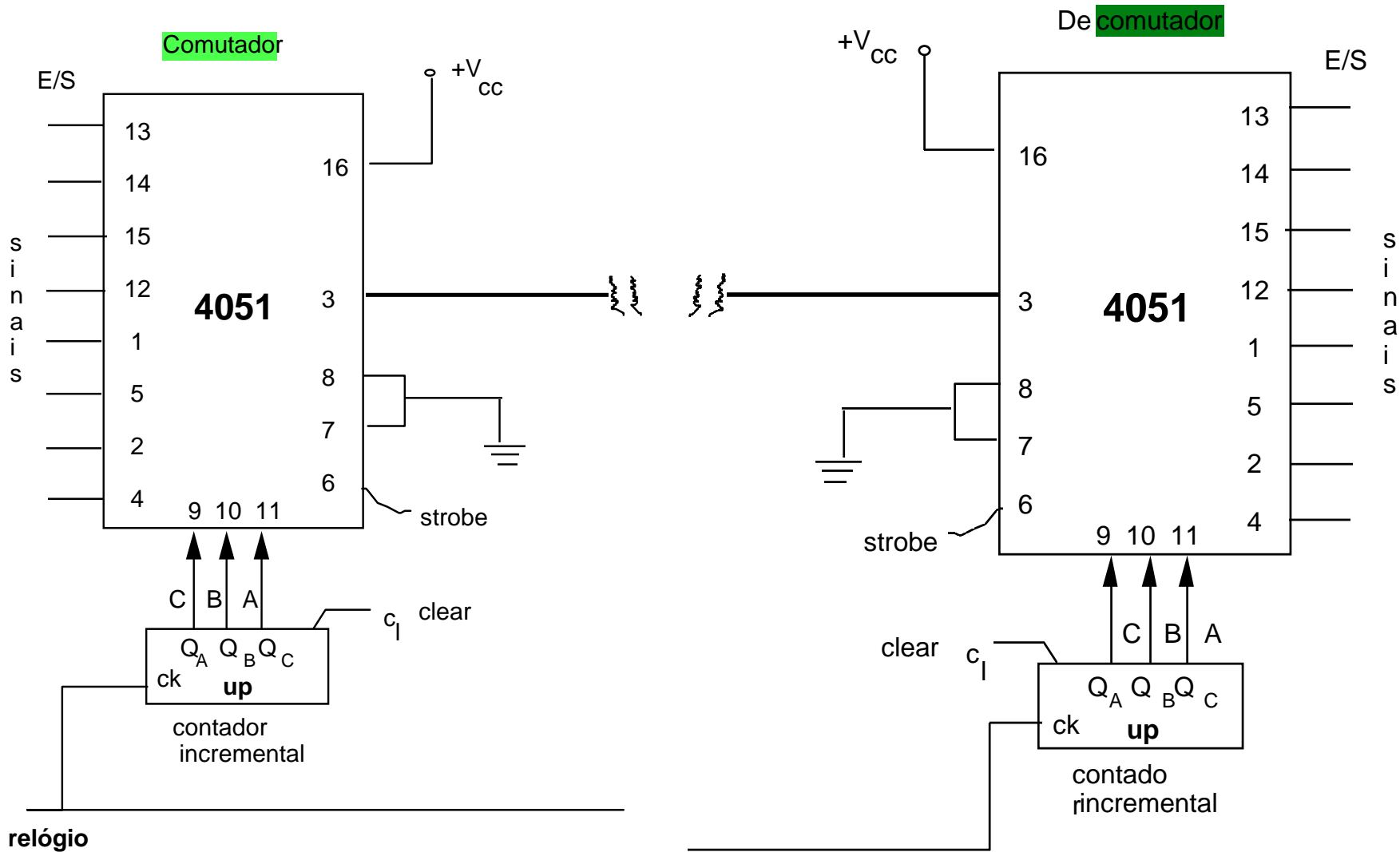


Figura- Composição do sinal mux TDM e retenção das amostras no demux.

O capacitor retém o valor da amostra até ser colhida uma nova amostra, aumentando a largura dos pulsos de τ para T_s .



MUX com CIs: TDM de 8 canais com *Analog Multiplexer* 4051 (ou 4666).

COMPARAÇÃO ENTRE MULTIPLEX TDM × FDM.

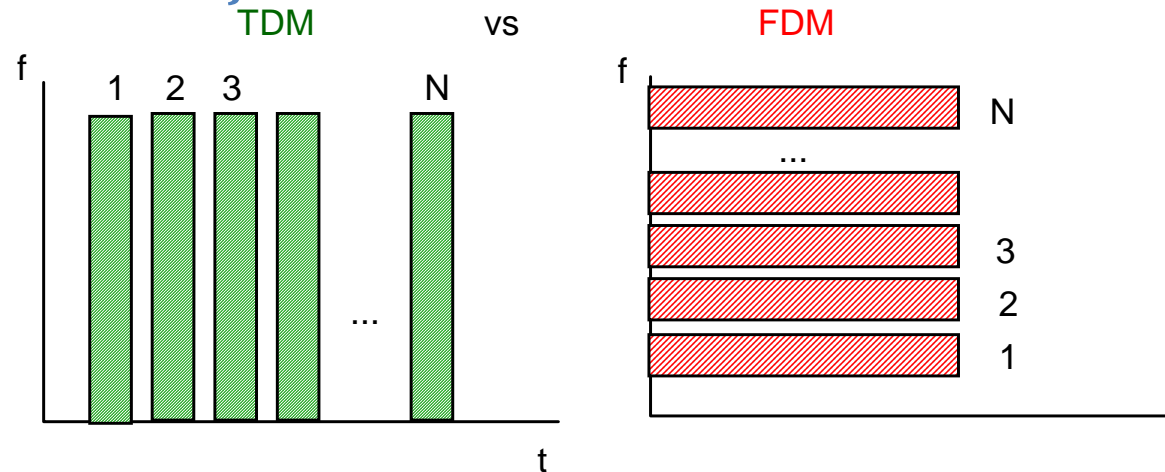


Figura- Multiplex TDM e FDM no plano tempo freqüência.

Se N sinais são multiplexados (TDM ou FDM), a banda passante necessária à transmissão é N vezes maior que aquela para um único sinal.

Tanto na FDM quanto na TDM, o número N de canais passíveis de serem mux é dado

por $N = \left\lfloor \frac{B}{f_m} \right\rfloor$. Capacidade teórica FDM=TDM=CDM=GDM

HIERARQUIA MUX DIGITAL (PDH & SDH)

A configuração básica envolve 24/30 canais de voz mux em TDM/PCM, tipicamente usado nos troncos entre centrais locais. Dados digitais podem também ser usados.

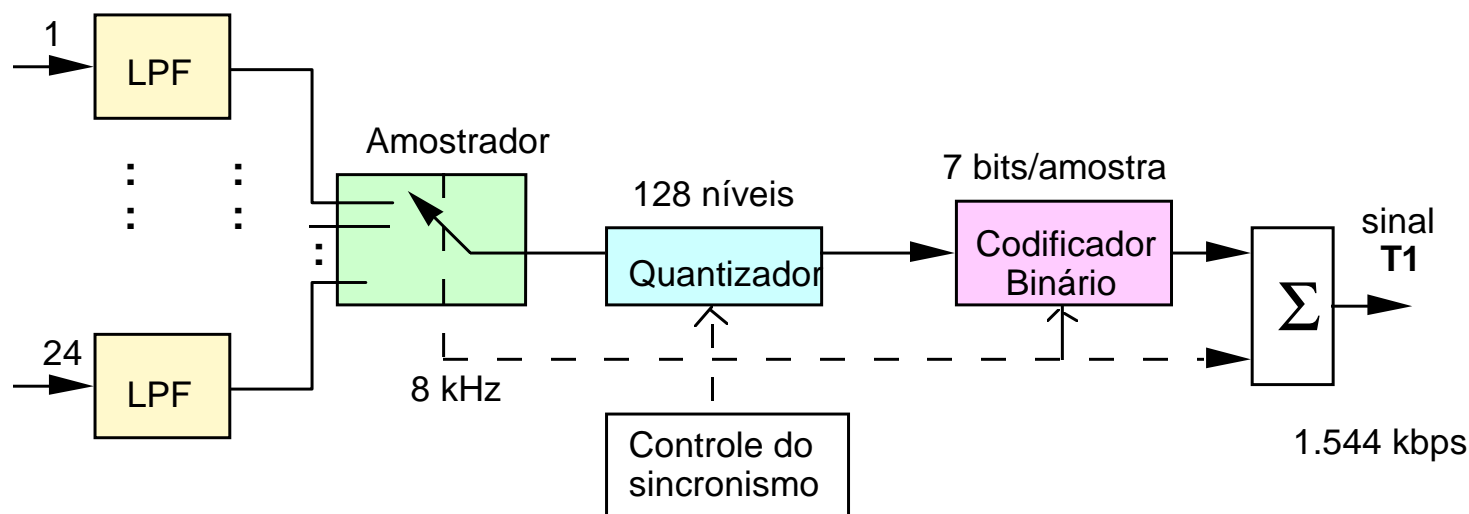
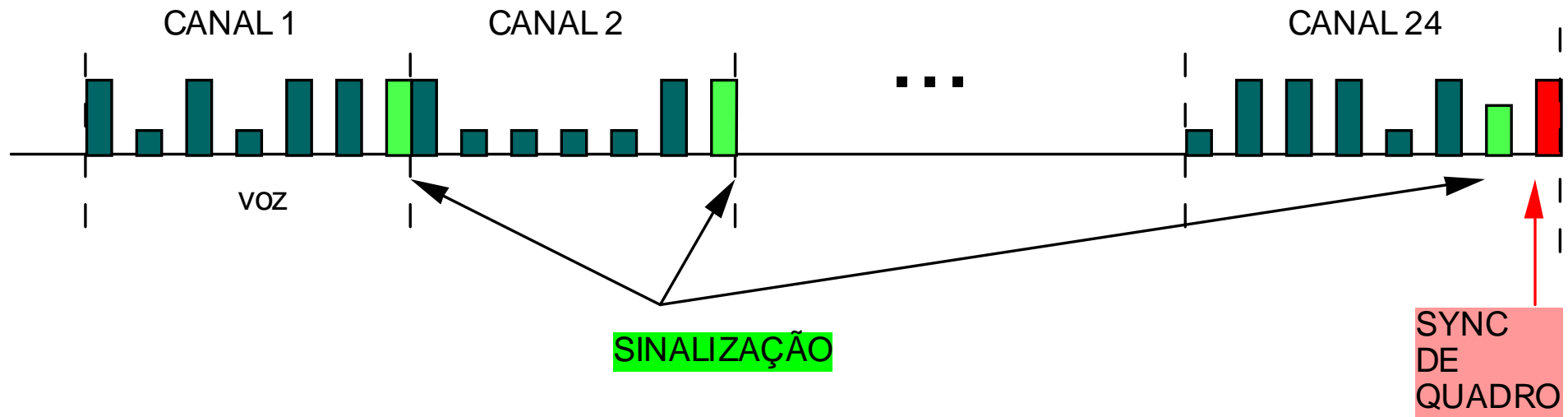


Figura- Diagrama básico do Mux TDM (antigo sistema americano, Bell Labs).

Se o número de níveis empregado é de $Q=2^n$, a largura dos pulsos PCM (bits) é reduzida por um fator n com relação à largura dos pulsos PAM correspondentes.



SISTEMA PCM 24 Americano

$$\text{Taxa} = 24 \times 64 \text{ kbps} + 1 \times 8 \text{ kbps} = 1.544 \text{ kb/s}$$

$$\text{Precisão do Relógio: } \pm 50 \text{ ppm} = \pm 50 \cdot 10^{-6} \cdot 1,544 \cdot 10^6 = 77,2 \text{ Hz}$$

PLANO DE SINCRONIZAÇÃO

Manutenção de uma Referência de Tempo (Dentro de uma precisão referida)

OPERAÇÃO SÍNCRONA

OPERAÇÃO PLESIÓCRONA

SÍNCRONA--

coordenação entre as referências de tempo.

PLESIÓCRONA--

não há comparação entre relógios,
uso de base de tempo de alta precisão.

Circuitos Eletrônicos que "abrem" as janelas no MUX/DEMUX são comandados por relógio.

ESCORREGAMENTO (*SLIP*)- Repetições/cancelamento de um byte
escorregamento não controlado → perda de alinhamento de quadro (recuperação mseg)

CAUSAS DE PERTURBAÇÃO NO SINCRONISMO:

- Variações nos Osciladores Locais
- Variações da Resposta de Fase do Canal

EFEITOS DE ATRASO (OU ADIANTAMENTO) NO FLUXO DE BITS

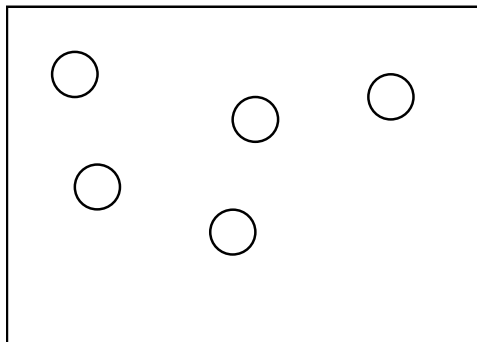
1. Enlaces de Maior Comprimento
2. Maiores Taxas de Transmissão

OPERAÇÃO PLESIÓCRONA-- base de tempo independentes c/ relógio de alta precisão (1 μ s em 24 hs). Requer relógio atômico (Césio) em enlaces internacionais digitais.

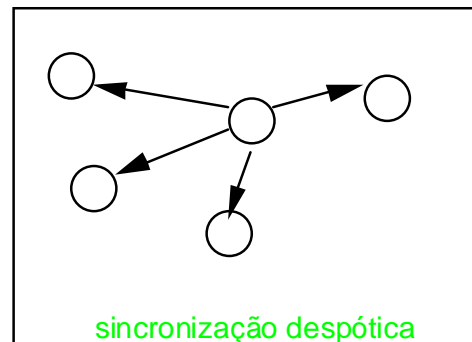
e.g. ≤ 300 esgorregamentos/h para telefonia

$\leq 0,2$ escorregamentos/hora para tx de dados.

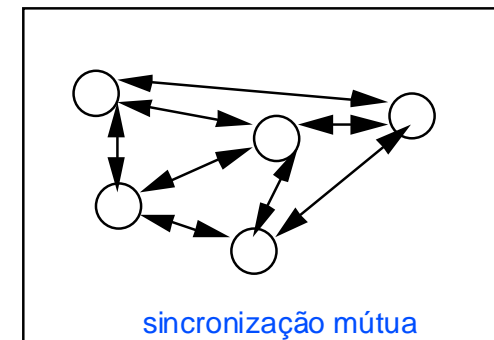
operação plesiócrons



Operação síncrona



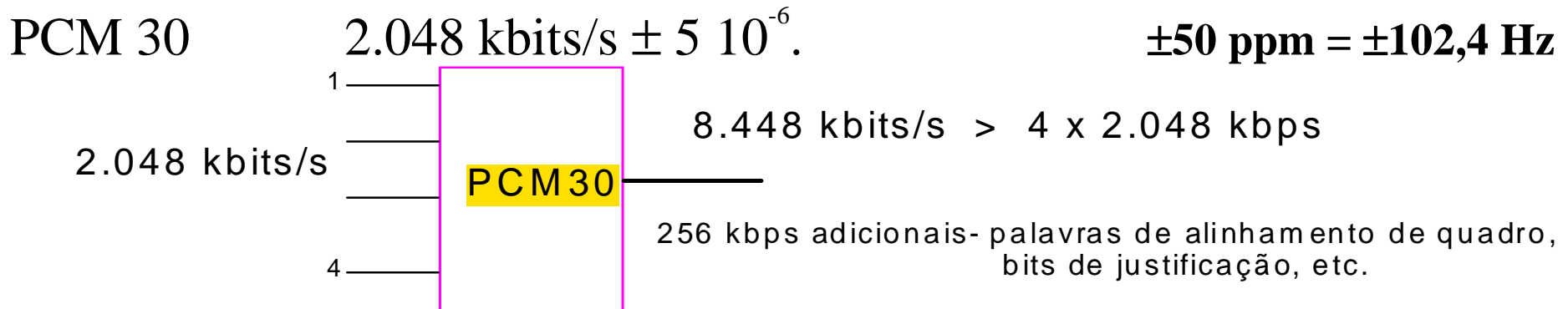
MESTRE-ESCRAVO



HIERARQUIA MUX DIGITAL (PDH)

Na hierarquia digital é possível a multiplexação TDM na qual os sinais de entrada são sinais digitais previamente multiplexados. Neste caso, os sinais entrantes são referidos como tributários, contendo cada um deles um certo número de canais previamente TDMed.

SÍNCRONOS- Dois sinais são mesócronos quando possuem taxas idênticas e as variações de fase permanecem dentro de determinados limites



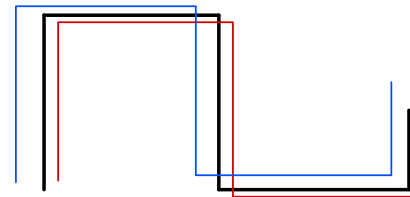
SISTEMA PLESIÓCRONO

Dois sinais são Plesiócronicos quando suas **taxas nominais** são iguais, porém a taxa pode variar em relação ao valor nominal dentro de uma dada tolerância. Não operam sincronamente-- os osciladores para gerar sincronismo nas centrais de comutação operam independentes.

Alta precisão na frequência dos **osciladores INDEPENDENTES** Padrões atômicos
Relógios atômicos-- *Nikolay Basov & Aleksandr Prokhorov*, Nobel de Física 1964.

JITTER e WANDER (flutuações- Tremor de fase)

CANAIS DE 2 Mbps e 8 Mbps



$\Delta f \geq 20$ Hz *Jitter* $\Delta f \leq 20$ Hz *Wander*.

PADRÃO CCITT MUX DIGITAL (TDM/PCM) 32 CANAIS (30 CANAIS)

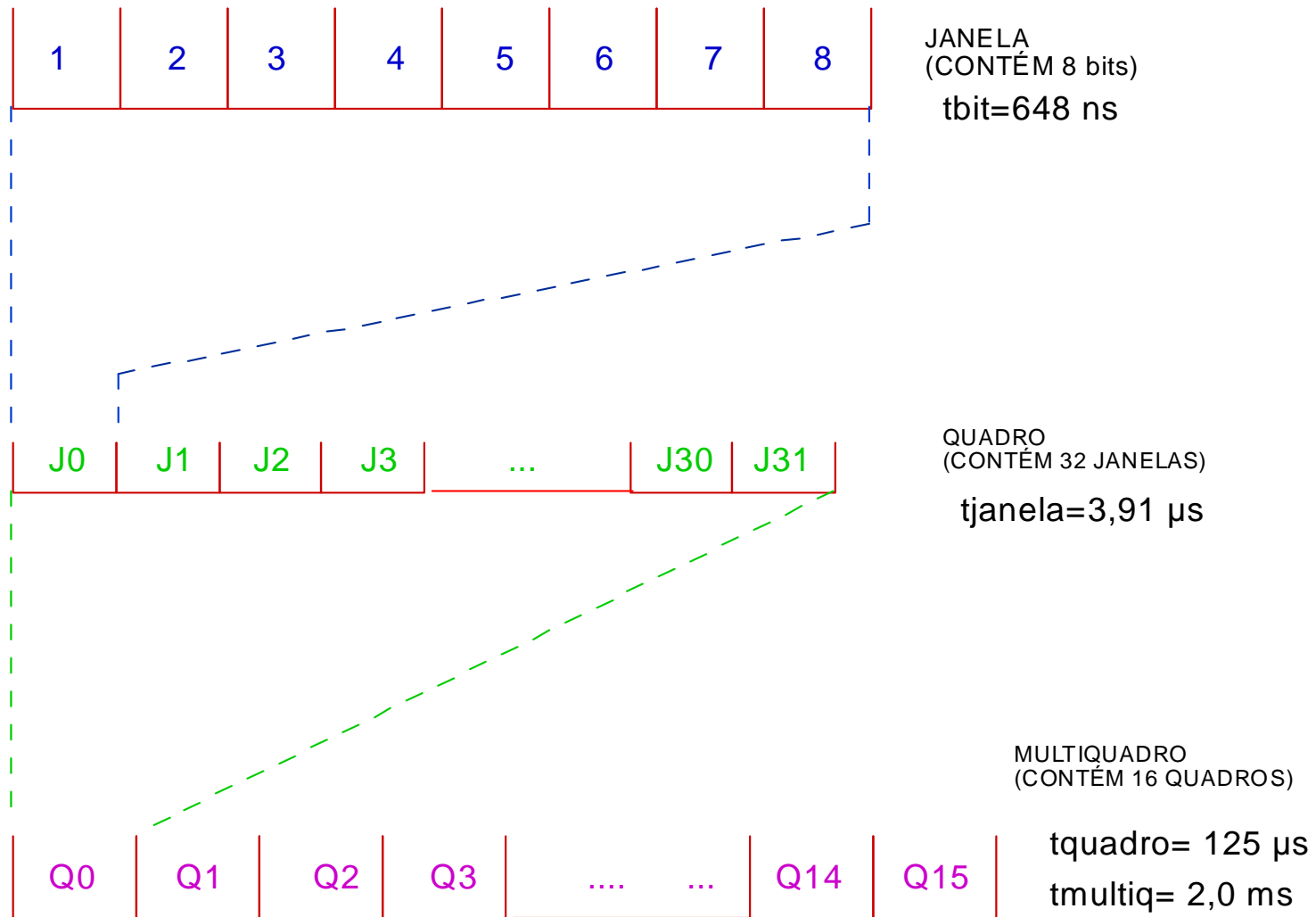
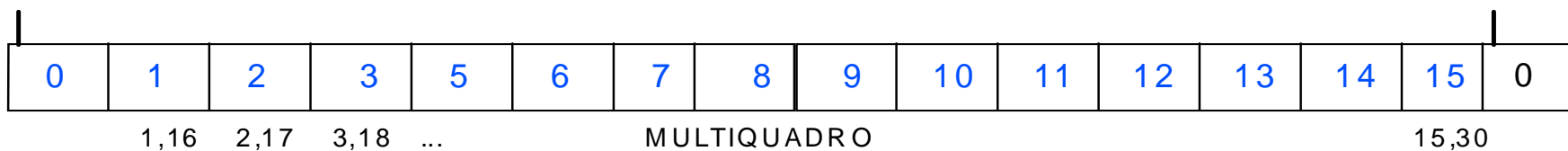
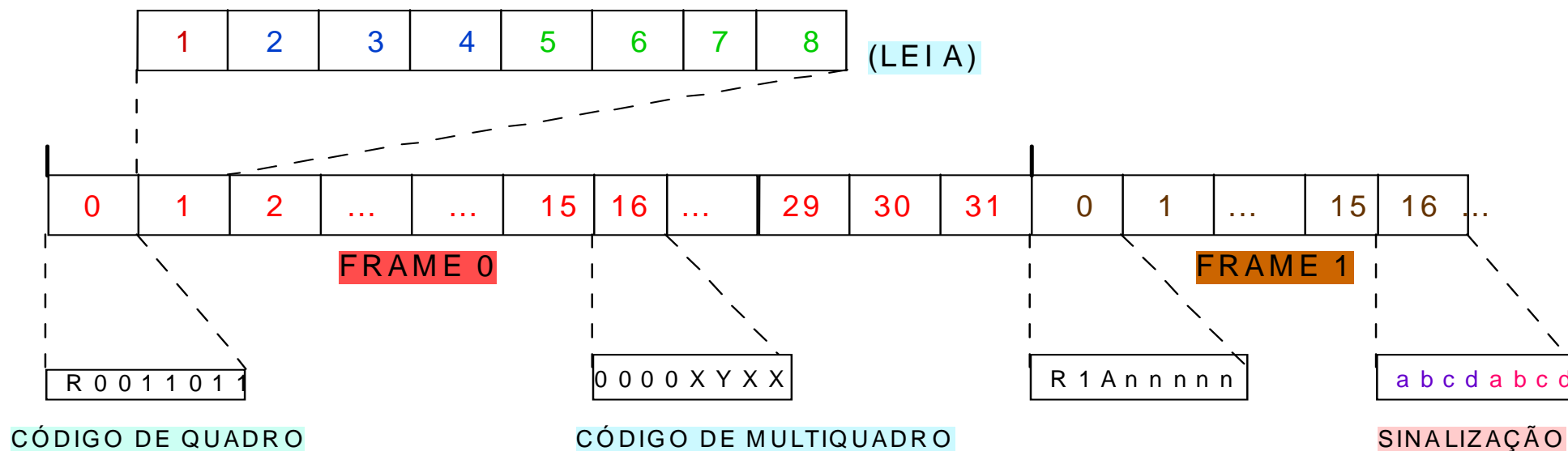


Figura- PCM *invoias*- Hierarquia mux digital PCM 30 (CCITT).

FORMATO DE QUADRO PARA SISTEMA EUROPEU



R- reservado p/ rotas Internacionais

x,n- reservado para rotas Nacionais

Y- Alarme de sync de MULTIQUADRO

A- Alarme de SYNC de QUADRO

O SISTEMA PDH EUROPEU - SINALIZAÇÃO CAS

A ENTRADA= 30 CANAIS DE VOZ (8.000 amostra/s+ lei A, codificação 1 Byte/amostra)

As palavras são sequenciadas e colocadas em 30 das 32 JANELAS

§ Janelas 0 e 16-- SYNC e SINALIZAÇÃO

A **FAW** = palavra de 7 bits (J0 em quadros pares Q2n)

A **MFAW** = palavra de 4 bits (J16 no quadro 0 Q0)+ 4 bits sinalização

J16 nos quadros Q1 a Q15- sinalização

A entrada do multiplex consiste em 30 canais de voz, amostrados a uma taxa de 8.000 amostras/s, comprimidas segundo a lei A e codificadas 1 byte/amostra. As palavras resultantes são seqüenciadas e alocadas em 30 das 32 janelas existentes num quadro. As duas janelas restantes são empregadas para sincronismo e sinalização (Janelas J0 e J16).

ESQUEMAS DE SINALIZAÇÃO EM PCM 30

Janela de tempo J16

SINALIZAÇÃO DE LINHA POR CANAL ASSOCIADO (CAS)

SINALIZAÇÃO POR CANAL COMUM (CCS)

JANELAS DS1 PCM 30

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

BIT	1	2	3	4	5	6	7	8								
	S	0	0	1	1	0	1	1	J0							
	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	J16							
	S	1	A	M	Z5	Z6	Z7	Z8	J0							
	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	CAS\ CCS	J16							

CCS: canal 16 => 64 kbps. Nenhuma relação com os dados transmitidos.

No contexto ISDN, corresponde a 30 B + D

Os sincronismos de quadro e multiquadro são implementados através de “palavras de sincronismo” fixas e previamente estabelecidas, a **FAW** e **MFAW**.

PERDA E RECUPERAÇÃO DE SINCRONISMO

A perda de sincronismo de quadro no 1º nível da Hierarquia mux digital Plesiócrons (TDM / PCM- PDH CCITT) é identificada após a recepção de 3 palavras de sincronismo incorretas. Isto desencadeia o processo de resincronização e ativa o alarme de perda de sincronismo. Circuito para reconhecimento de sincronismo de quadro segue.

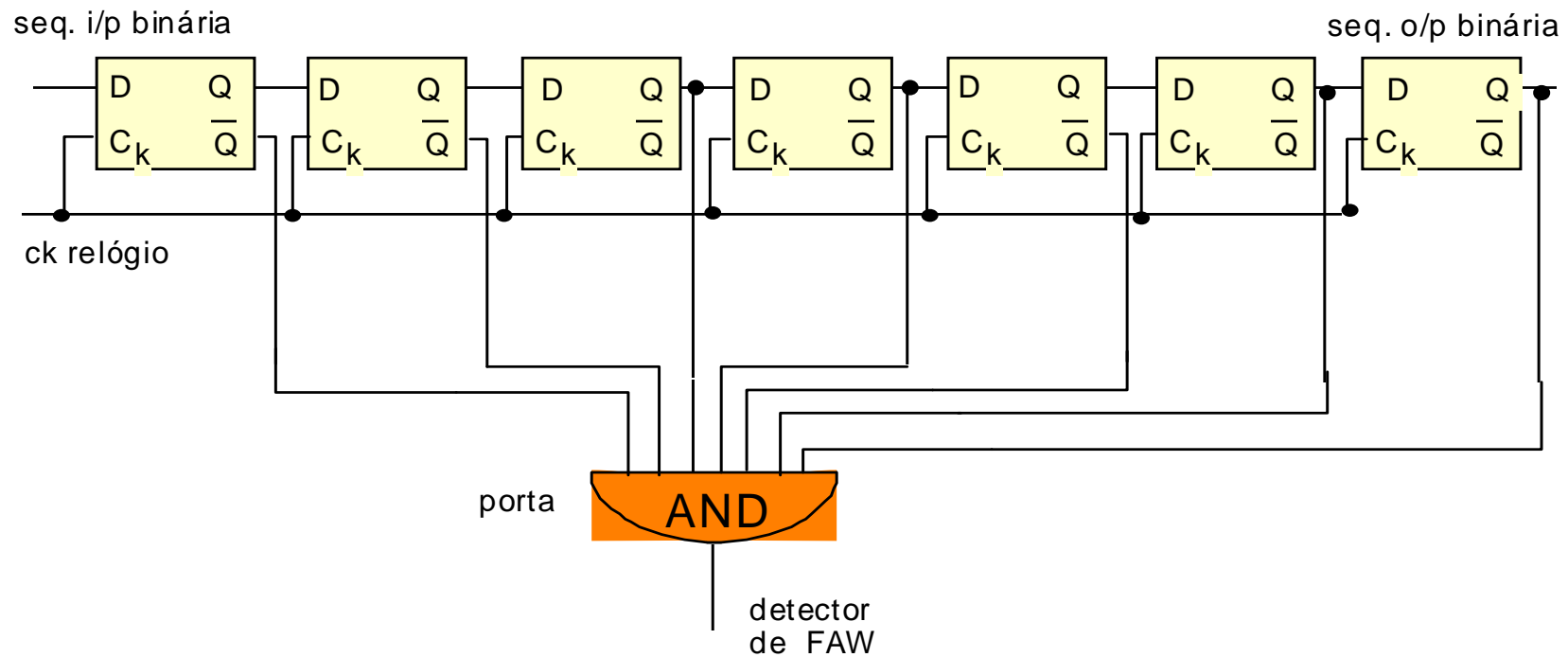


Figura- Circuito para reconhecimento da FAW.

Reestabelecimento de sincronismo: só é admitido restaurado quando recebidas duas palavras de sincronismo de quadro corretas e consecutivas. Já a perda de sincronismo de multiquadro é identificada após a recepção de 2 palavras.

CONTROLE—

SINCRONIZAÇÃO POR RELÓGIO MESTRE OU SINCRONISMO ELÁSTICO

Sincronização 2º NÍVEL DA HIERARQUIA-

- sinal afluente $r_a=2.048$ kb/s
- sinal portador $r_p>r_a$ (escolhido 2.112 kb/s)

$$(k+1)T_p=kT_a$$

1 bit inserido cada k bits afluentes $k=32$ 1:32

Sincronizar e transportar a carga afluyente de taxa r_a num relógio portador de taxa r_p :

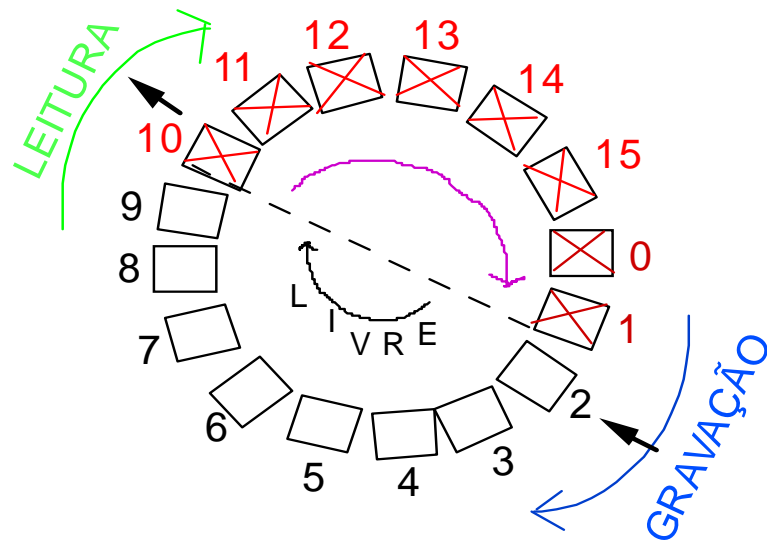
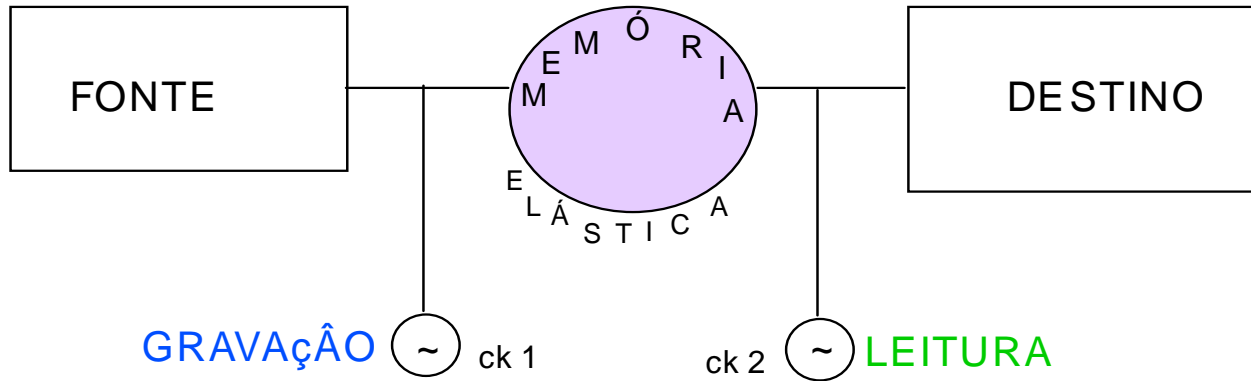
...PP.64I.PP.64I... (I informação, P p/ justificação)

Sincronização Elástica



Gravação em série e leitura em paralelo na memória intermediária.

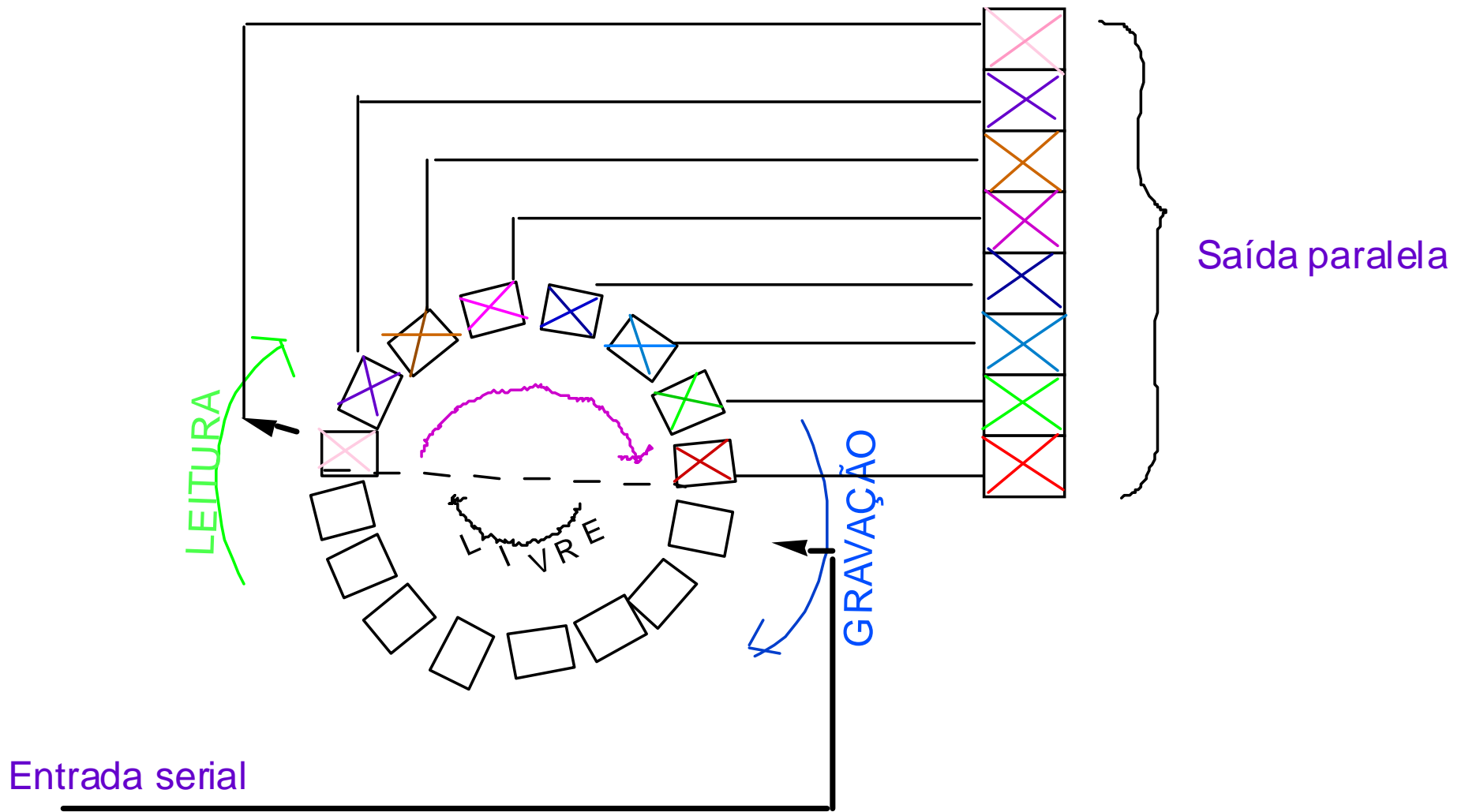
MEMÓRIA INTERMEDIÁRIA-- PERMITE ARMAZENAMENTO ADICIONAL DE BITS, para compensar o atraso ou avanço de gravação relativo à leitura.

sistema de memória elástica



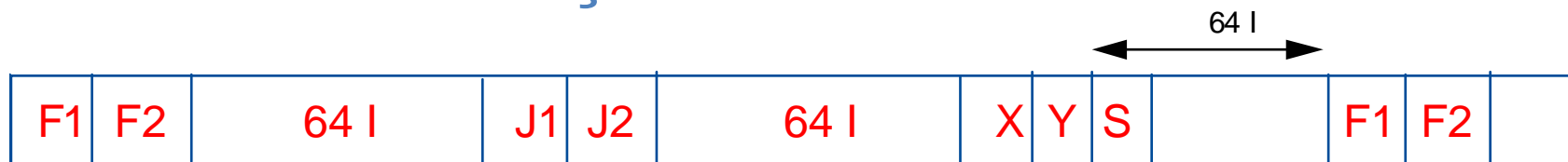
LEGENDA:

-  Célula ocupada
-  Célula livre



DeMUX com memória elástica

JUSTIFICAÇÃO POSITIVA-NEGATIVA



J1-controle s/ conteúdo em S J2- controle do conteúdo em Y

RELÓGIO DE GRAV. VS LEITURA	BIT DE JUSTIFICAÇÃO		INFO. EM Y	INFO. EM S	TIPO DE JUSTIFICAÇÃO
	J1	J2			
+ RÁPIDO	1	0	SIM	SIM	NEGATIVA
+ LENTO	0	1	NÃO	NÃO	POSITIVA
IGUAL	0	0	NÃO	SIM	NENHUMA

Escrita mais rápida que leitura → trocar bit de controle por bit de informação

Leitura mais rápida que escrita → trocar bit de informação por bit de controle



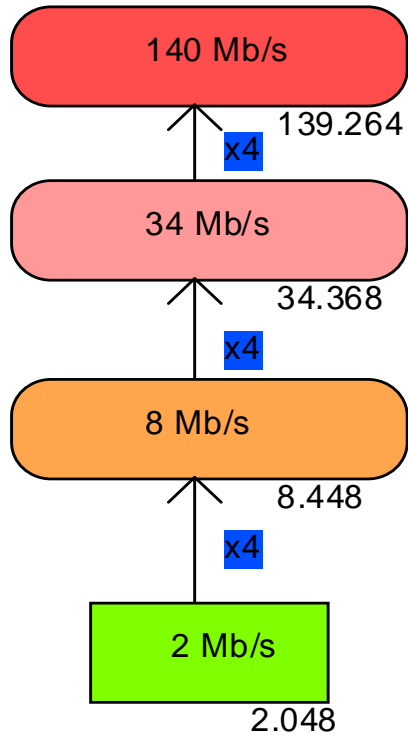
bits J1 J2 são transmitidos em triplicata a fim de evitar erros

Mux digital Sistema Plesiócrono.

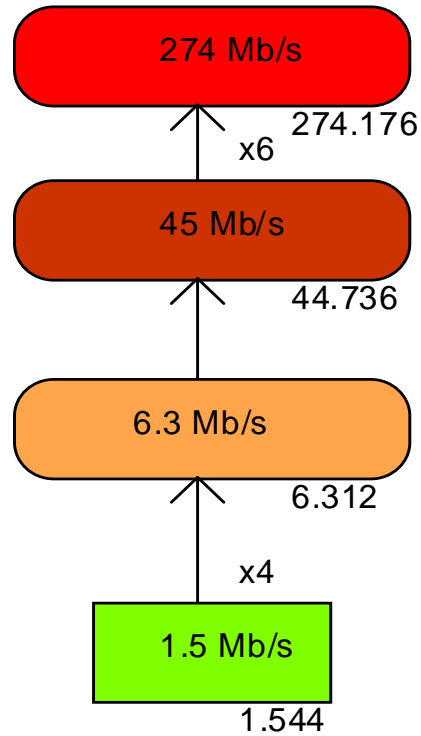
Sistema (nível)	veloc. nominal	faixa de variação (cf CCITT)
DS0	64 kbps	64 kbps \pm 60 ppm
DS1	2 Mbps	2.048 kbps \pm 50 ppm
DS2	8 Mbps	8.448 kbps \pm 30 ppm
DS3	34 Mbps	34.368 kbps \pm 20 ppm
DS4	140 Mbps	139.264 kbps \pm 15 ppm

HIERARQUIA MUX DIGITAL (PDH)

EUROPA
BRASIL

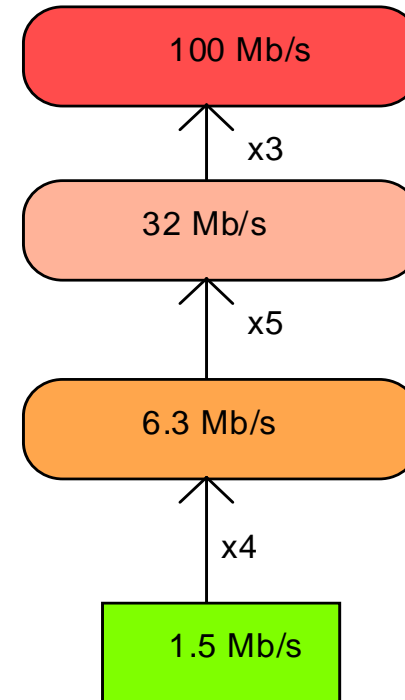


EUA



JAPÃO

400 Mb/s → 1.6Gb/s



LEGENDA:



Interface Síncrona



Interface Assíncrona

NÚMERO DE CANAIS MUX

ORDEM	HIERARQUIA	Nº DE CANAIS
1 ^a DS0	Européia Americana	30 24
2 ^a DS1	Européia Americana	$4 \times 30 = 120$ $4 \times 24 = 96$
3 ^a DS2	Européia Americana	$4 \times 120 = 480$ $7 \times 96 = 672$
4 ^a DS3	Européia Americana	$4 \times 480 = 1.920$ $6 \times 672 = 4.032$
5 ^a DS4	Européia	$4 \times 1.920 = 7.680$

DESENVOLVIMENTO DAS TELECOMUNICAÇÕES: ANOS 90

Aumento da demanda de serviços

Tecnologia óptica na infraestrutura

Novas arquiteturas de rede

Integração de serviços

Redes e terminais inteligentes

Gerência de redes sofisticadas via *software*

Comunicação pessoal pcs

CARACTERÍSTICAS DA REDE SÍNCRONA SDH/SONET

- Taxas e Formatos Padronizados
- Multiplexação em Nível de Bytes
- Alto Nível de Controle da Rede (*Overhead* Altamente Operacional)
- "Intercambialidade" de Fornecedores
- Interfaces de Alta Velocidade Padronizadas
- Operação Plesiócrons Permitida (PDH)
- Facilidades Operacionais Avançadas.

SONET

AS 84 COLUNAS (BYTES) PARA ALOCAR OS TRIBUTÁRIOS

7 GRUPOS DE 12 COLUNAS

CADA GRUPO NO SPE PODE ALOJAR:

TRIBUTÁRIOS	CANAIS	BYTES	#COLUNAS/TRIBUTÁRIO	#TRIBUTÁRIOS/GRUPO
1.544 Mb/s	24	27= 9 X3	3	4
2.048 Mb/s	32	36= 9 X4	4	3
3.152 Mb/s	48	54= 9 X6	6	2
6.312 Mb/s	96	108= 9 X12	12	1

MÓDULO BÁSICO DO SONET STS-1

STS-1 INTERFACE DE 49 Mb/s 51,84 Mb/s na linha

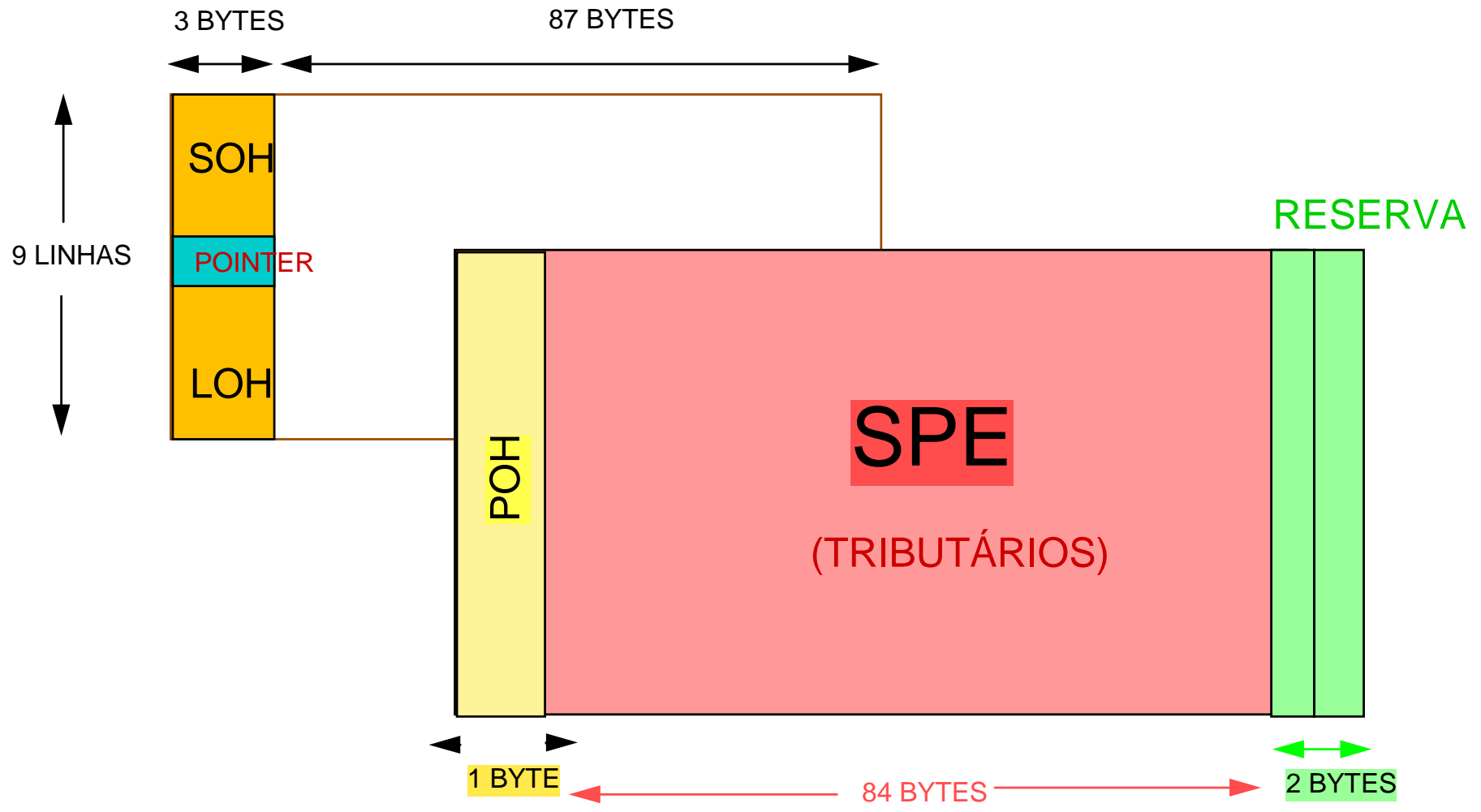
STS-1 = = SYNCHRONOUS TRANSPORT SIGNAL, LEVEL 1

O "*CONTAINER*" TEM COMPRIMENTO DE 90 COLUNAS × 9 LINHAS

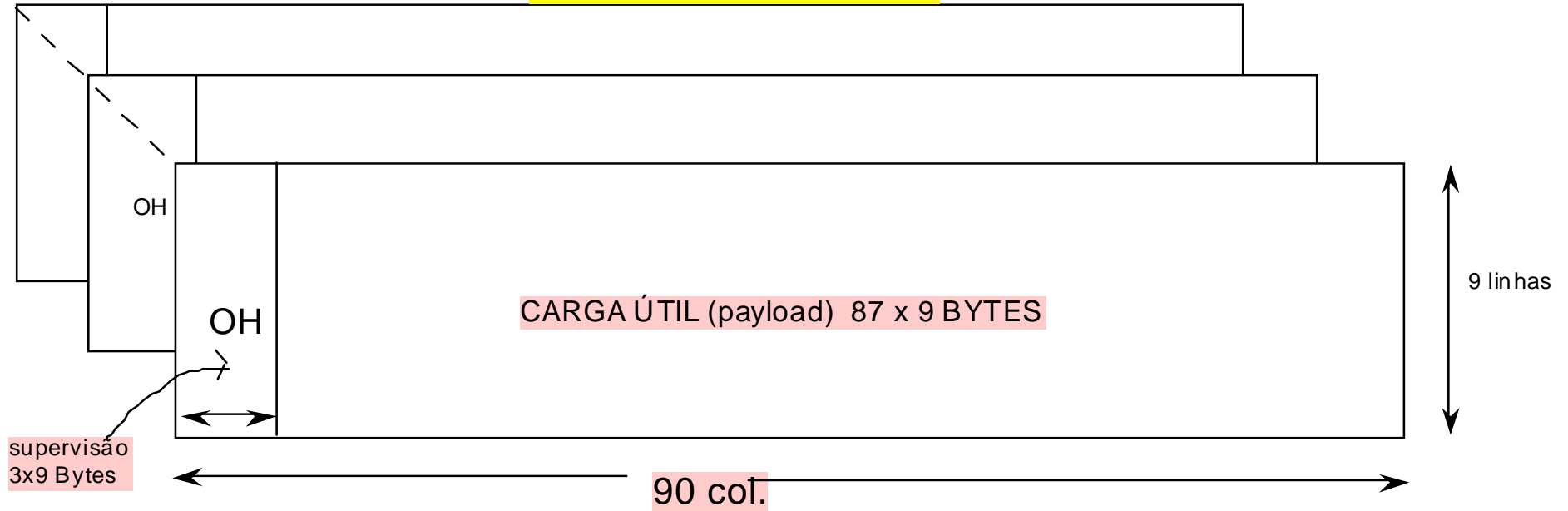
- Três 1^{as} colunas: SOH, LOH, **POINTER**
- 87 colunas restantes **POH** (*Path Overhead*) +
SPE (*Synchronous Payload Envelope*)

O transporte de tributários é feito no SPE.

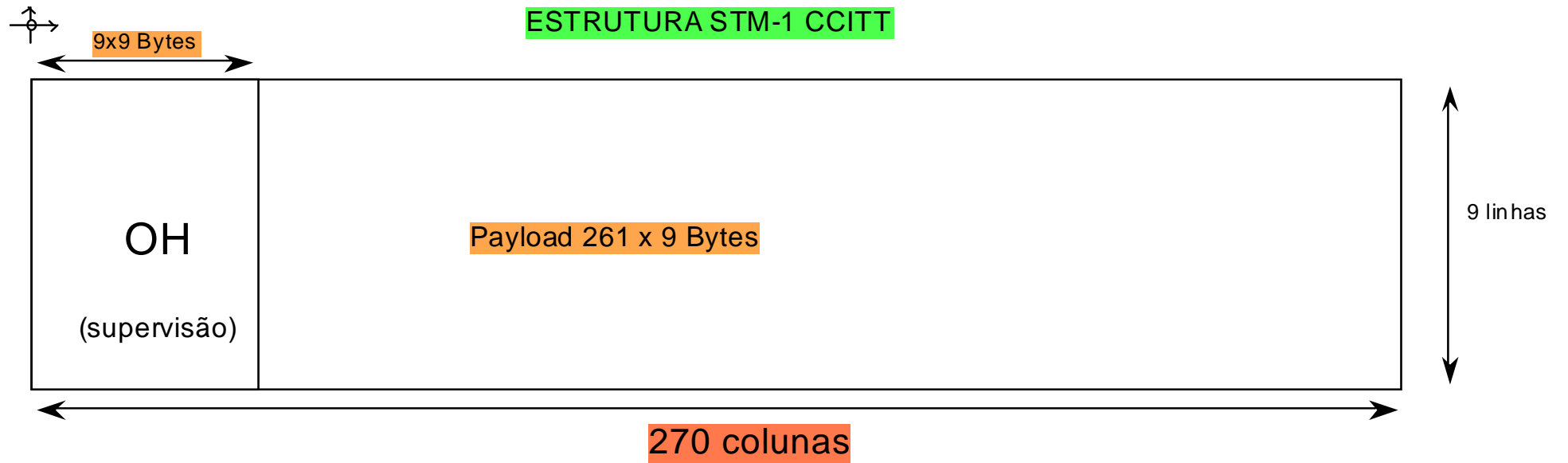
STS-1 PADRAO SONET

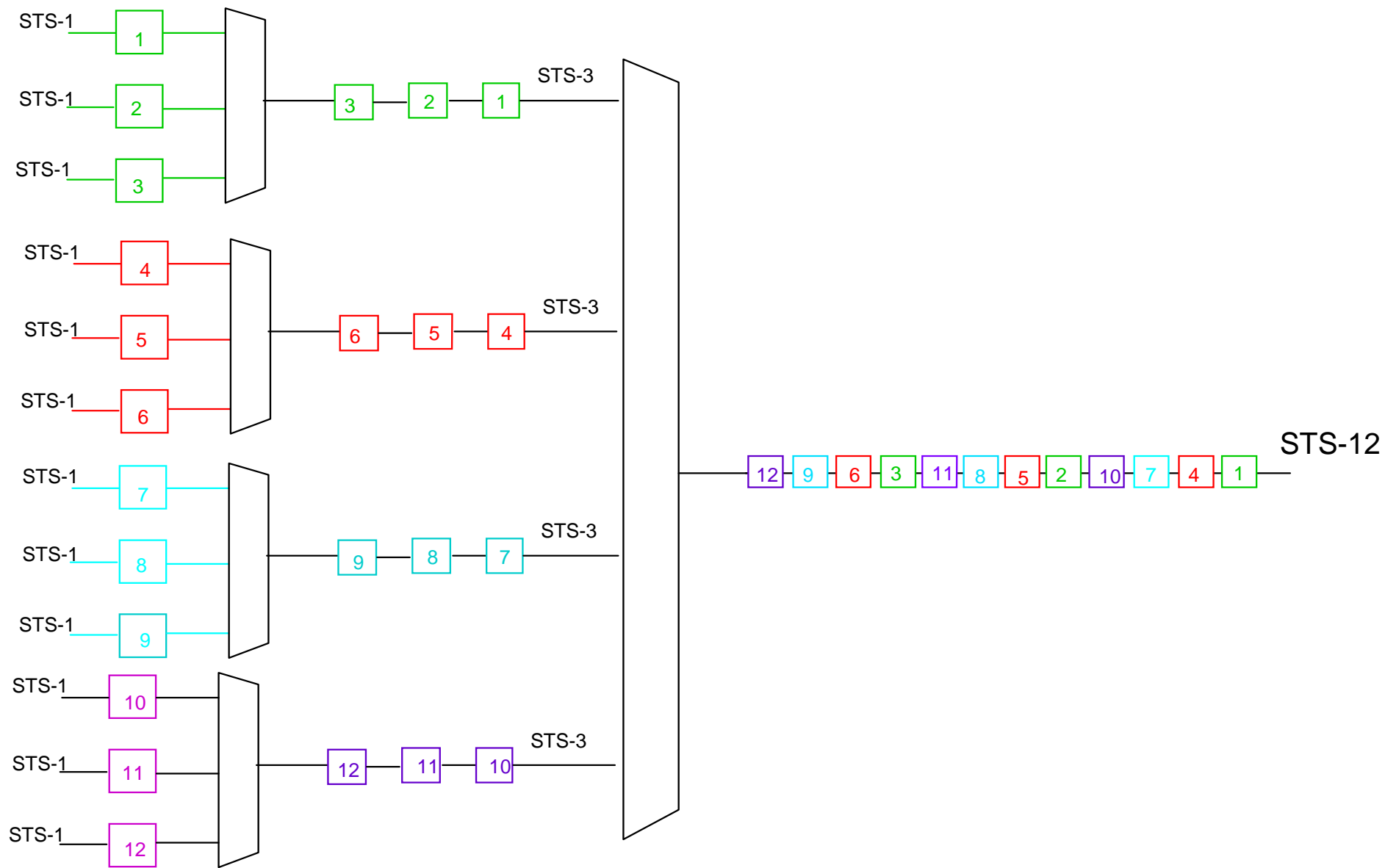


ESTRUTURA SONET STS-1



ESTRUTURA STM-1 CCITT





HIERARQUIA DIGITAL SINCRONA (SDH)

A digitalização das Redes (-> ISDN) vem se processando em ritmo acelerado.

N-ISDN => B-ISDN

Na Hierarquia MUX DIGITAL **Convencional**, são SINCRONOS apenas os 1ºs níveis **1.544 Mb/s e 2.043 Mb/s**

A sincronização de níveis mais altos tornou-se importante para uma operação FLEXÍVEL e ECONÔMICA.

A SDH, tal como PDH, usa memórias elásticas e justificação para absorver as flutuações dinâmicas de fase dos relógios.

A chave do sucesso da MUX SINCRONA está no uso de ponteiros.

Inviabilidade PDH em taxas altas:

PDH velocidade compatível STM-1; a justificação P/Z/N (+/-J); tolerância máxima da 15 ppm,

ORIGENS DA SDH

- Escoamento de canais e 64 kbps em B-RDSI com Fibras ópticas (e.g. 135 Mb/s)
- Comunicação entre computadores via fibras

1985 - A ANSI (EUA) Introduziu a Hierarquia

SONET - *Synchronous Optical Network*

1988 - Recomendações do CCITT Compatibilizando as propostas Europeias da SDH c/ a SONET.

SDH - HIERARQUIA DIGITAL SINCRONA

G. 707 G.708 G.709

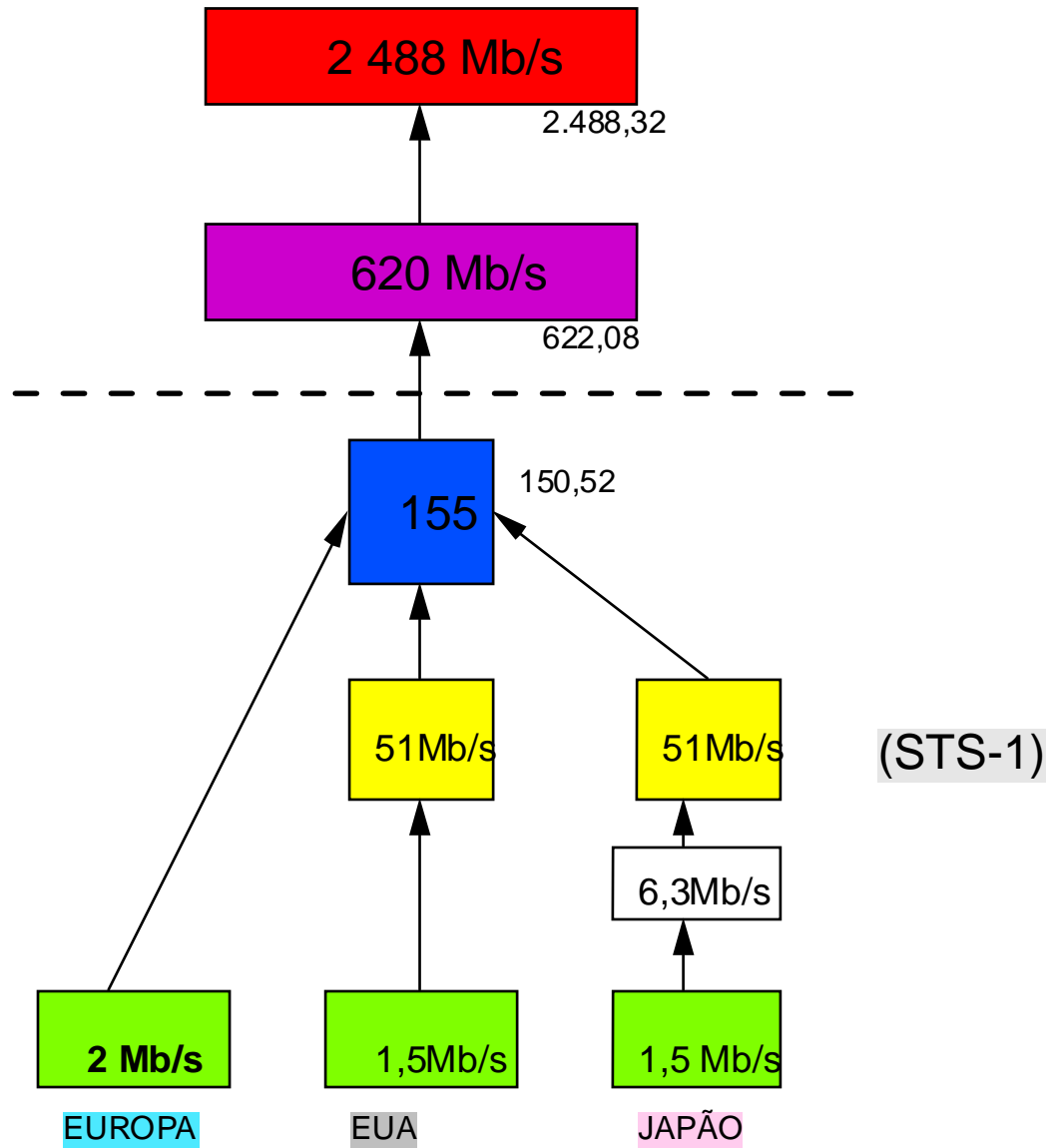
ESTRUTURA DO QUADRO STM NA SDH

Funções Principais

SOH	POH
<i>FRAMING</i>	<i>ERROR CHECK</i>
<i>ERROR CHECK</i>	<i>MAINTENANCE</i>
<i>DATA COMM.</i>	
<i>PROTECTION SWITCH CONTROL</i>	
<i>MAINTENANCE</i>	

STM COMPATÍVEL COM O STS -1 --- MÓDULO BÁSICO DO SONET

NOVAS INTERFACES SINCRONAS



O tamanho do *container* é dado por uma quantidade de linhas e colunas **compatibilizada** entre o SONET e SDH, para padronização internacional a partir de tributários de **1,5 Mb/s** e **2 Mb/s**.

Bytes adicionais

1,544 Mb/s 24 bytes (CANAIS)

27 bytes(+3)

2,048 Mb/s 32 bytes (CANAIS)

36 bytes(+4)

ALTURA DO CONTAINER

27=3.3.3

36=2.2.3.3

9 linhas

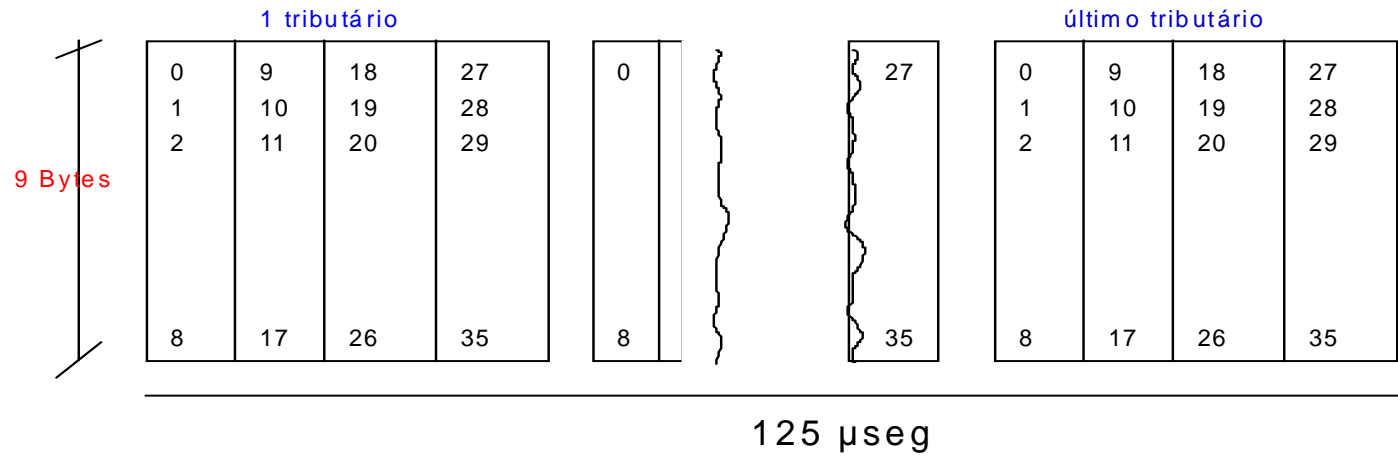
125µs = [8kHz]⁻¹.

PDH intercalação síncrona de bits no intervalo básico 125µs.

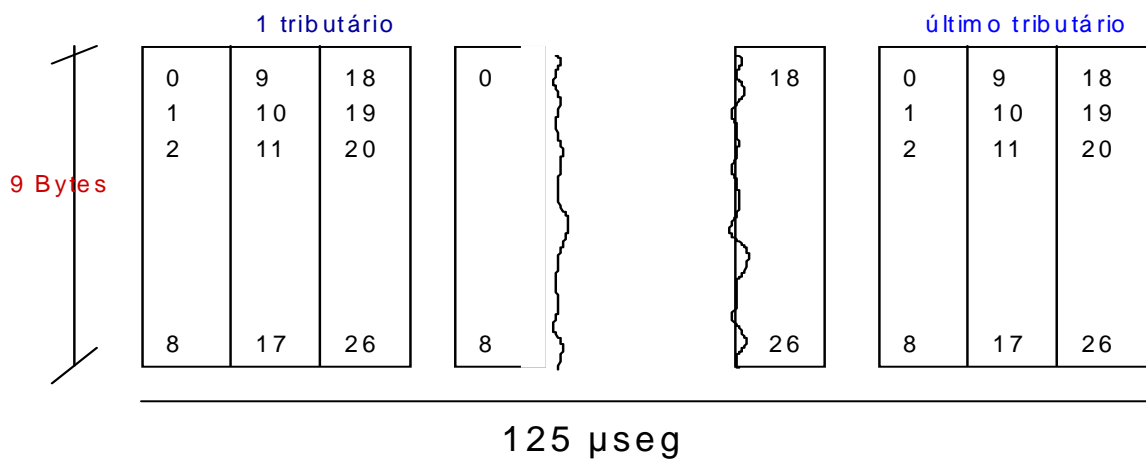
SDH intercalação síncrona de Bytes no intervalo básico 125µs.

NNI- MAPEAMENTO DE TRIBUTARIOS PARA A FORMAÇÃO DE UM CONTAINER

TRIBUTARIOS DE 2,048 Mb/s 32 canais 1 Byte/canal -> 36 Bytes



TRIBUTARIOS DE 1,544 Mb/s 24 canais 1 Byte/canal -> 27 Bytes



STM

N ISDN (suporte de canais 64 kbps) INTERFACE $2B + D$

BASIC INTERFACE $30B + D$

CANAL-D canal de sinalização (D = 16kbps / 64kbps)

ESTRUTURA DE INTERFACE PARA A B-ISDN

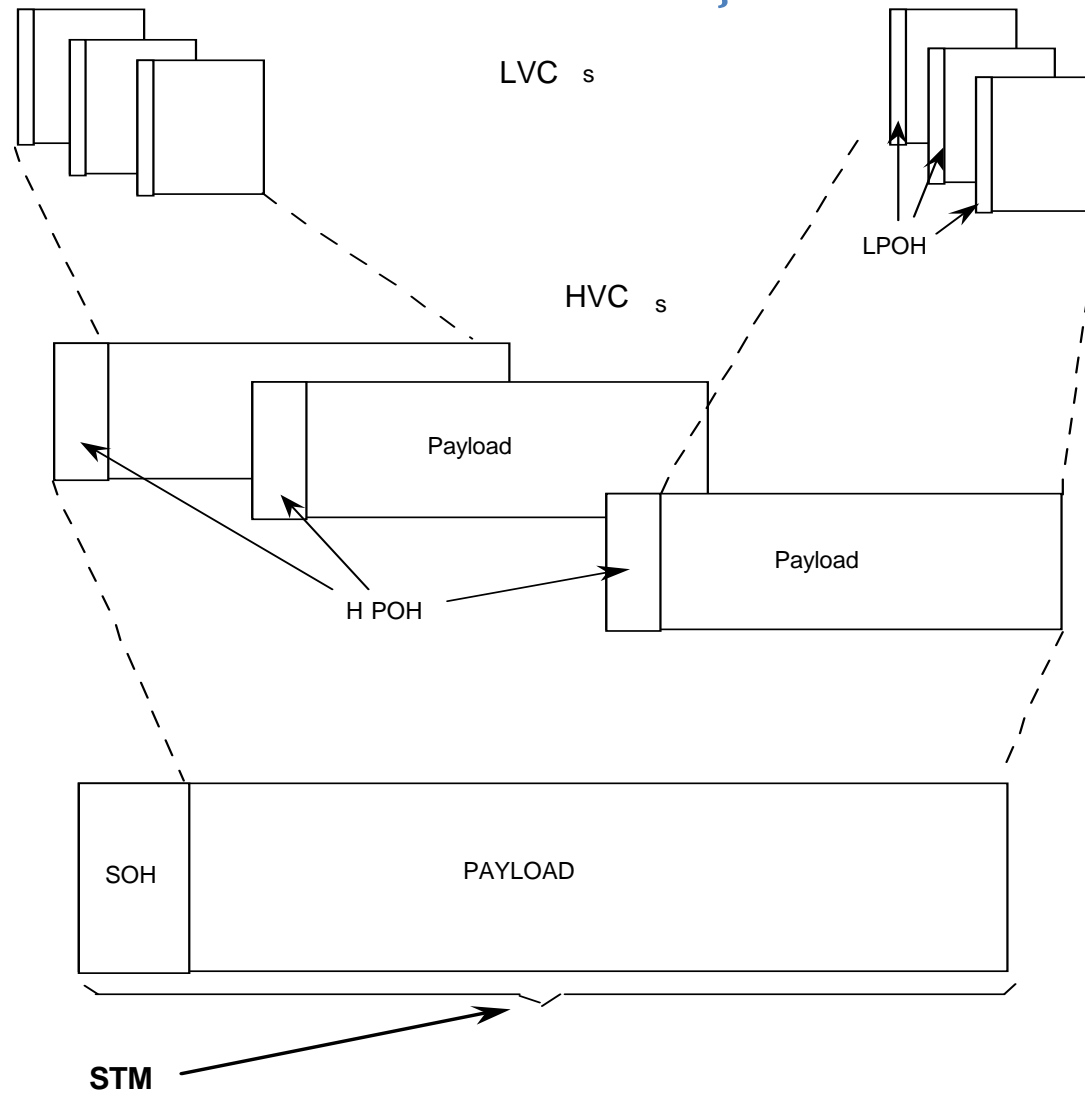
$$i H_4 + j H_3 + k H_2 + l H_1 + m H_0 + D$$

coeficientes i, j, k, l, m, indicam o # de ocorrências de tipo de canal na interface.

CANAL kbps

B	64
H0	384
H1	1.920
H2	32.768
H4	132.032

PRINCÍPIO DA MULTIPLEXAÇÃO SÍNCRONA.



A NNI UTILIZA O CONCEITO DE "*VIRTUAL CONTAINER*" PARA TRANSPORTAR OS BYTES DOS TRIBUTÁRIOS.

• CONTAINER

UNIDADE DEFINIDA PARA TRANSPORTE DO TRIBUTÁRIO.

DESIGNAÇÃO:

C-nx

n=1 - 4 conforme o nível hierárquico equivalente do sistema PDH

x=1,2 relativo à velocidade do nível (padrão PDH)

C-11 (1,544 Mb/s)

C-12 (2.048 Mb/s)

• VIRTUAL CONTAINER

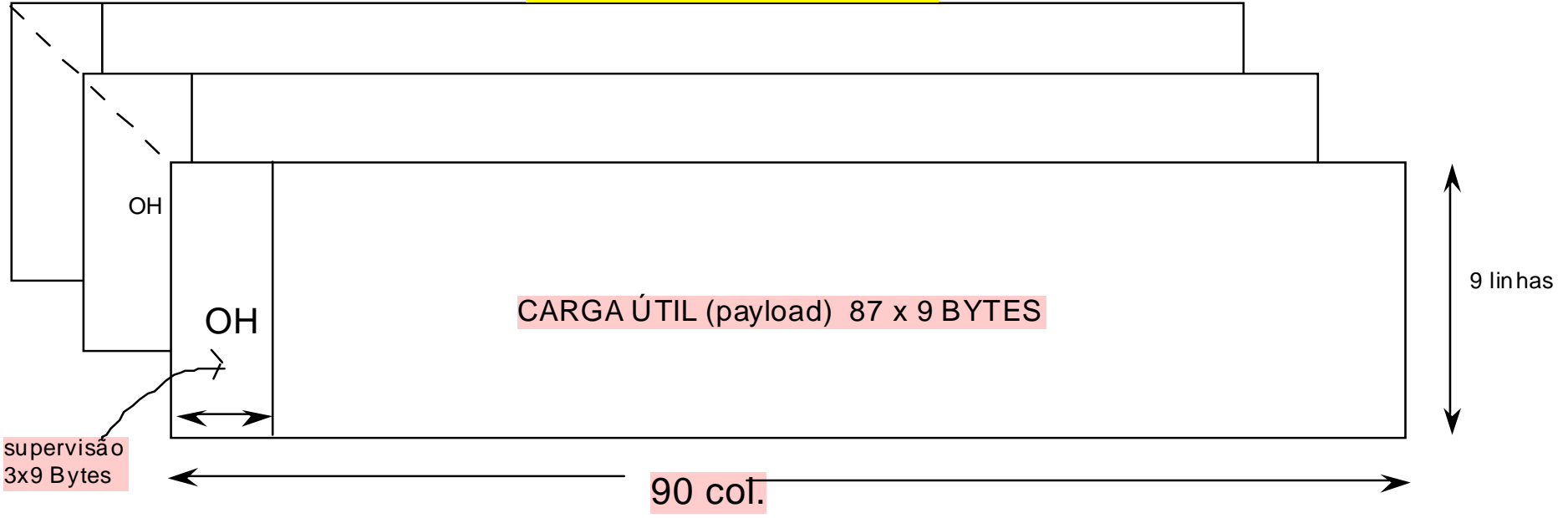
COMPREENDE UM CONTAINER ÚNICO (OU UM CONJUNTO DE UNIDADES TRIBUTÁRIAS) ASSOCIADO A UM MESMO POH.

DESIGNAÇÃO:

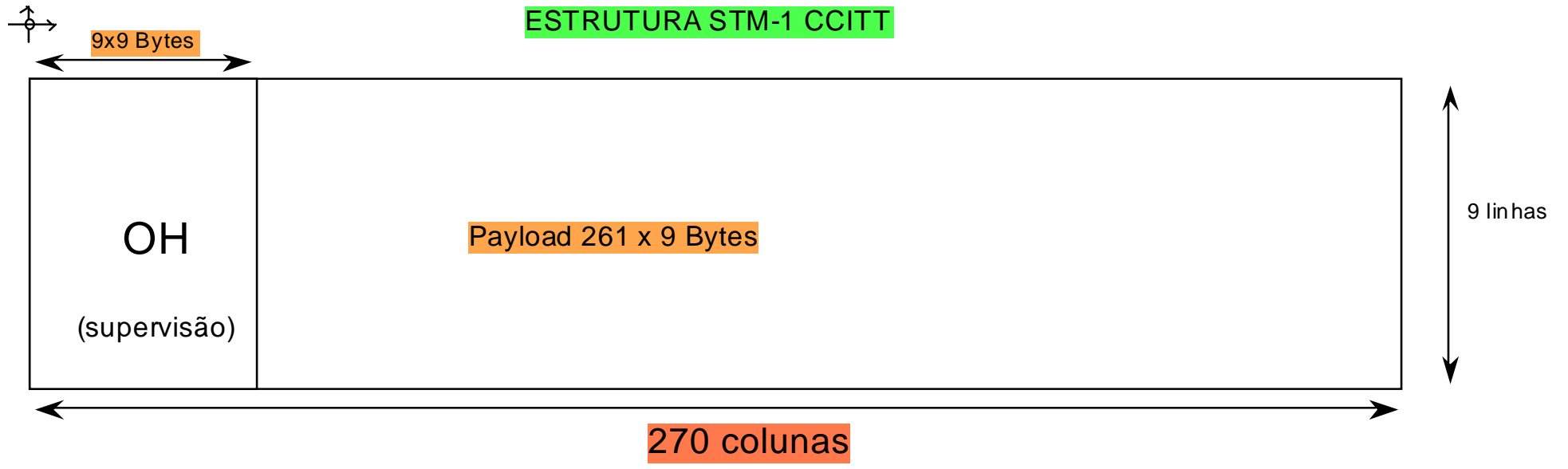
VC-n

n=1 - 4

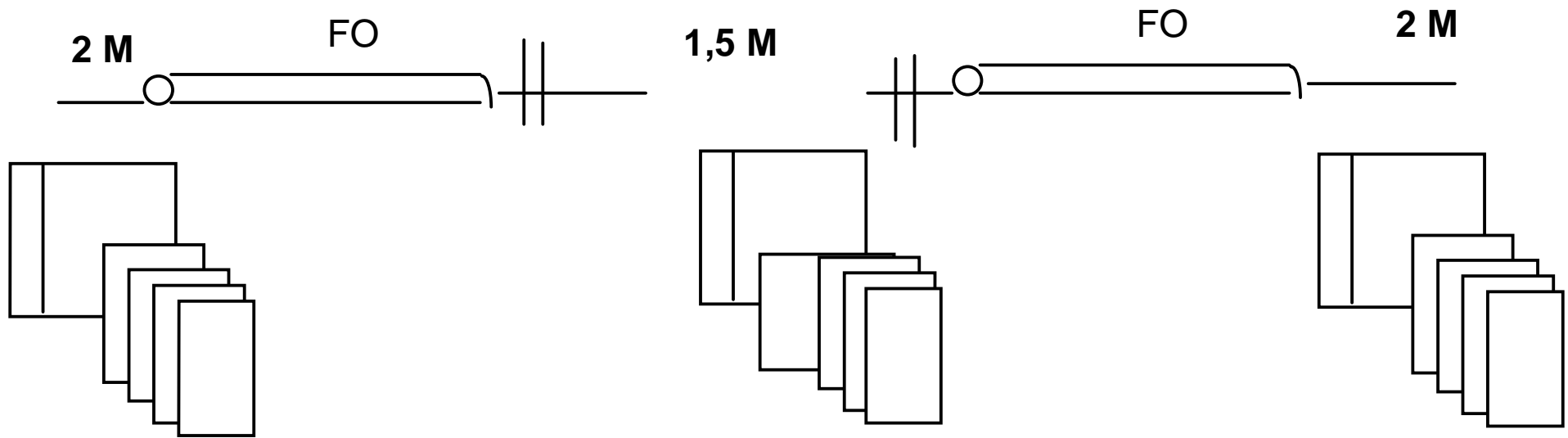
ESTRUTURA SONET STS-1



ESTRUTURA STM-1 CCITT



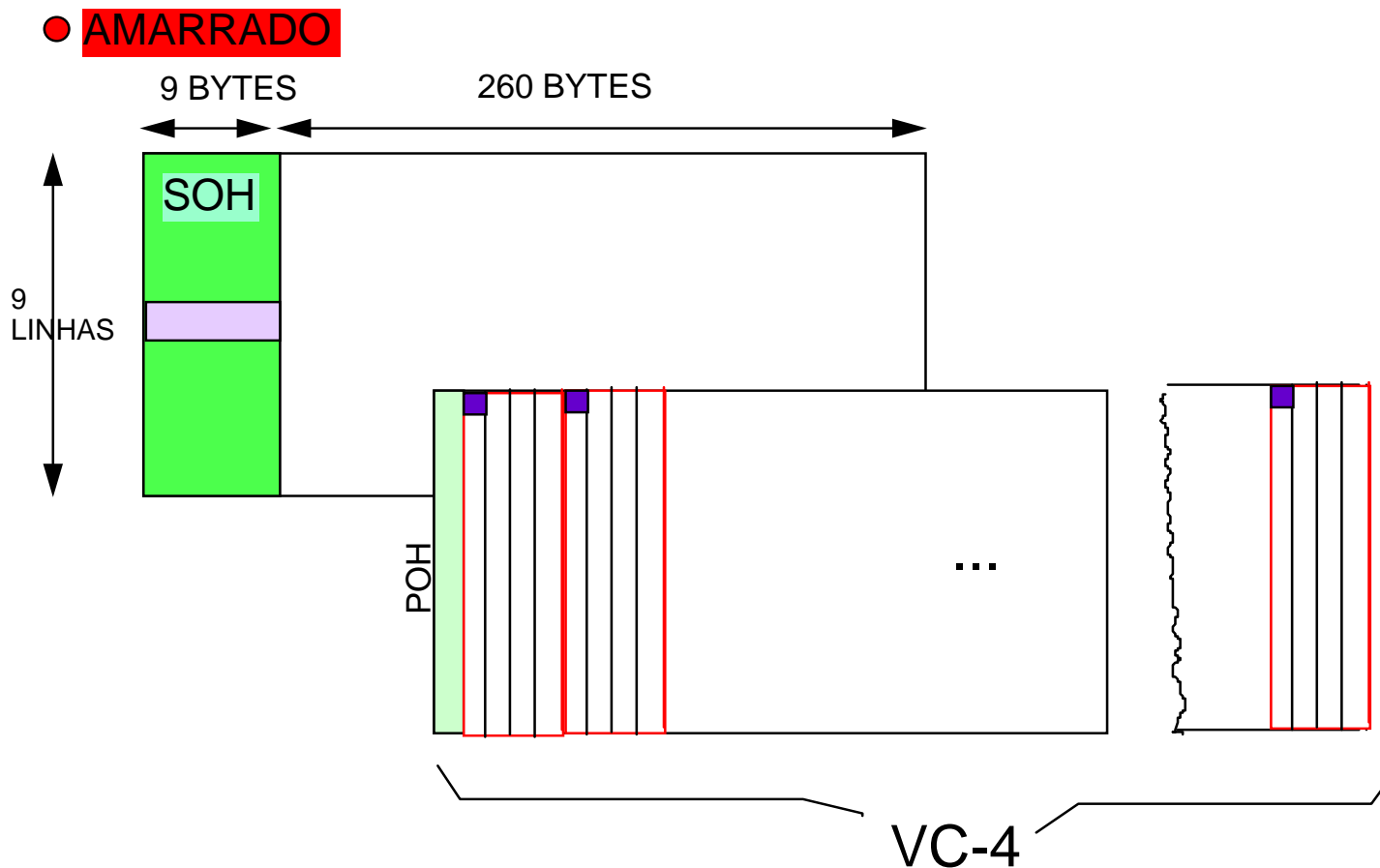
SDH



interconexão digital internacional entre países operando em diferentes hierarquias

MAPEAMENTO DOS TRIBUTARIOS

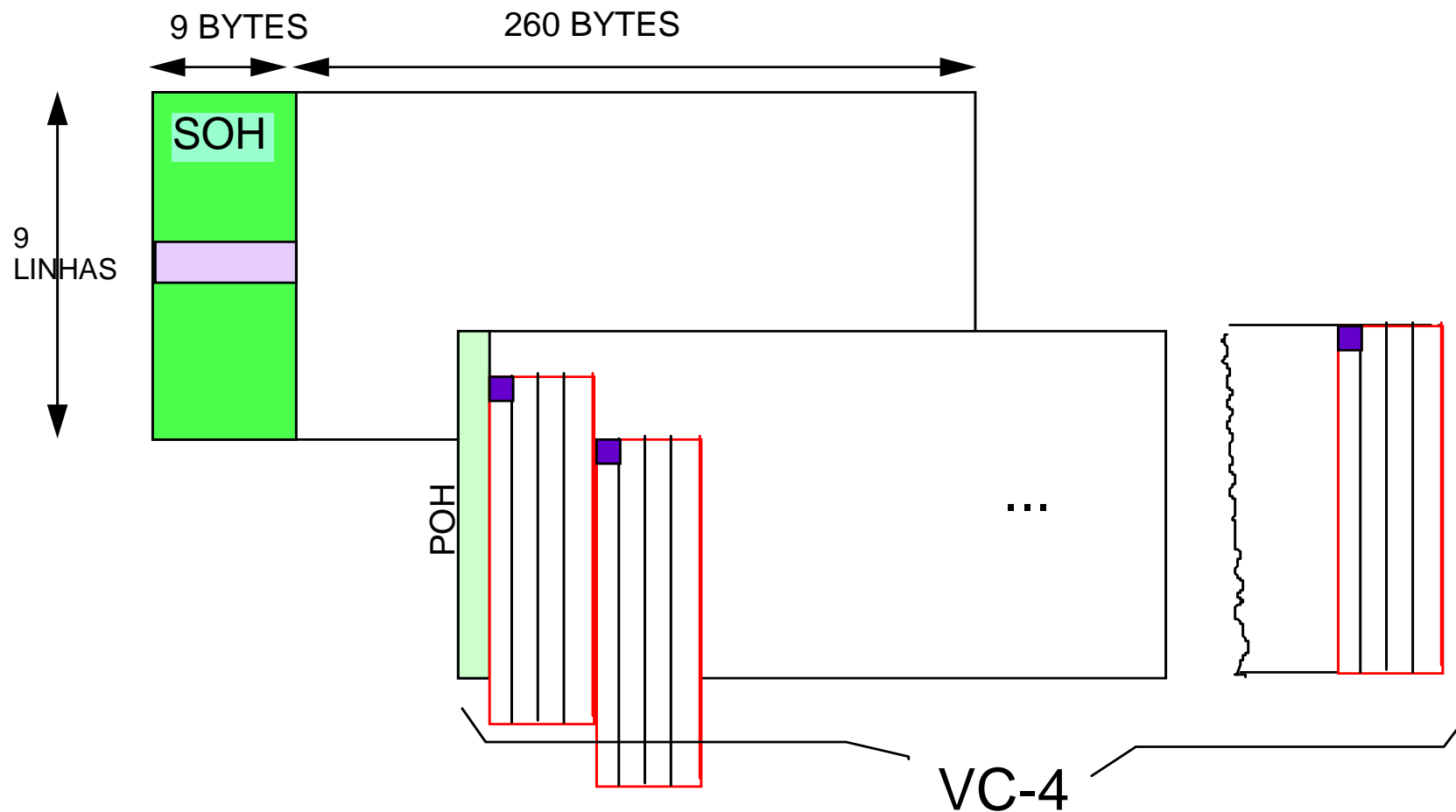




O início de cada tributário tem que coincidir com a 1ª linha do vc: dispensa-se o ponteiro.

Para que haja coincidência, as freq. & fases devem ser idênticas para todos os tributários!

● **FLUTUANTE**



Os tributários podem "flutuar" com relação ao vc.
Sua posição é determinada pelo ponteiro, que indica o endereço do 1º byte do tributário.

SDH × SONET

<i>Interface óptica</i>	Nível STS	Nível SDH	TAXA linha Mb/s	Recomm.
OC-1	STS-1		51,84 (49Mbps)	
OC-3	STS-3	STM 1 *	155,52 (150Mbps)	CCITT
OC-9	STS-9		466,56	
OC-12	STS-12	STM 4 *	622,08 (620Mbps)	CCITT
OC-18	STS-18		933,12	
OC-24	STS-24	STM 8	1244,16	
OC-36	STS-36		1866,24	
OC-48	STS-48	STM 16 *	2488,32 (2,5Gbps)	CCITT
OC-192	STS-196	STM 64 *	9488,32 (10Gbps)	

CARACTERÍSTICAS DA REDE SÍNCRONA ÓPTICA SDH/SONET

Taxas e Formatos Padronizados

Multiplexação em Nível de Bytes

Alto Nível de Controle da Rede (*Overhead* Altamente Operacional)

Intercambialidade de Fornecedores

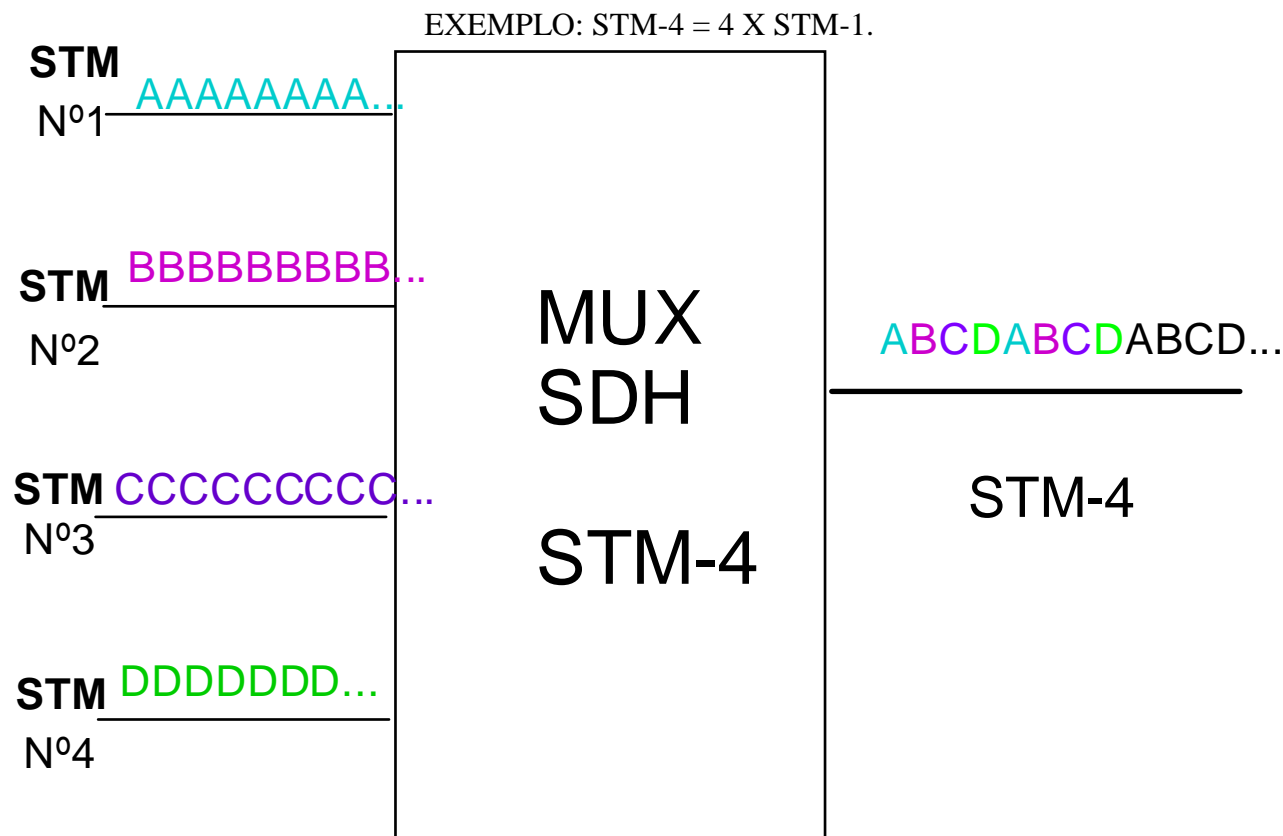
Interfaces de Alta Velocidade Padronizadas

Operação Plesiócrons Permitida (PDH)

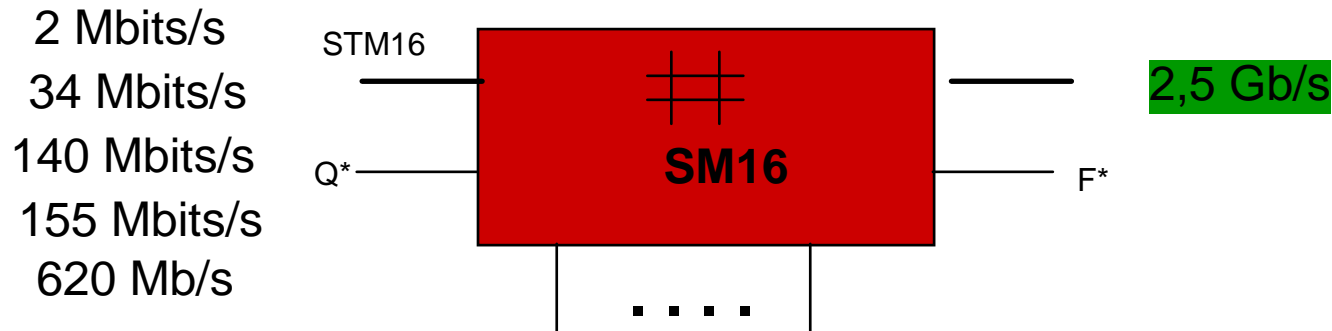
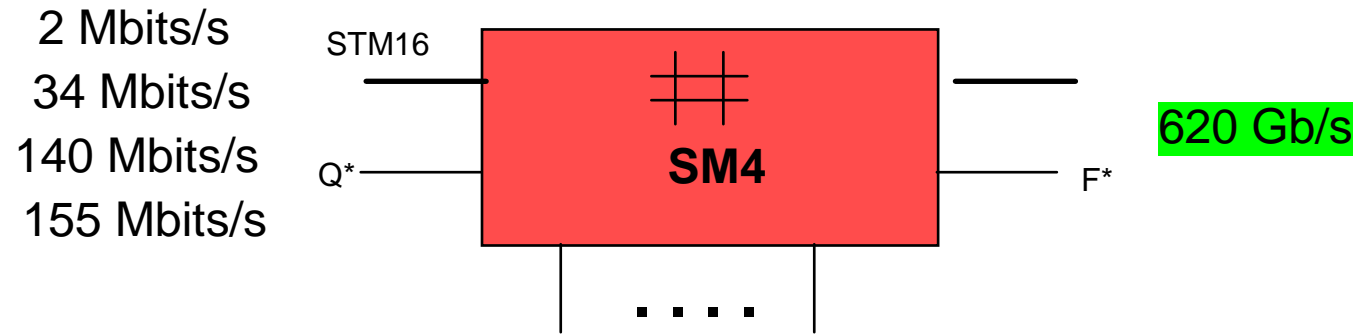
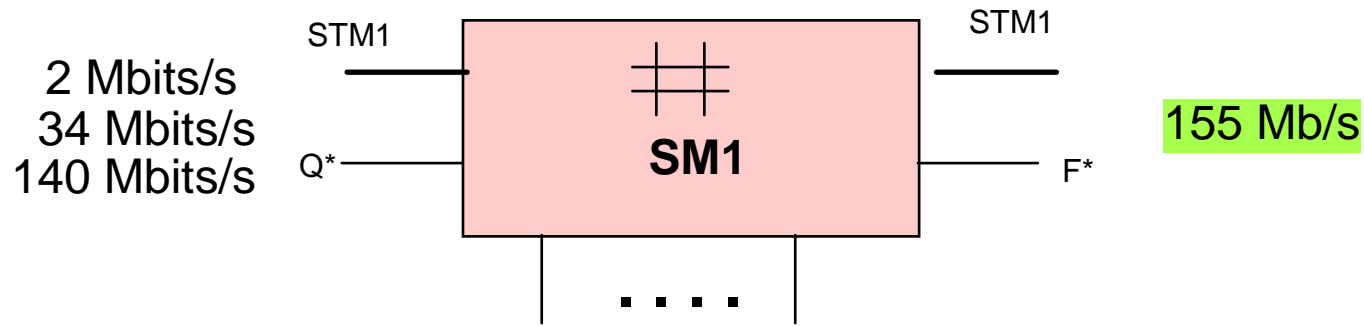
Facilidades Operacionais Avançadas.

GERAÇÃO DE STM DE ORDEM SUPERIOR

O nível superior para o modo de transferência síncrono (e.g., STM-1, STM-16) é obtido por **ENTRELACAMENTO POR BYTE (SÍNCRONO) DE STM-1**.

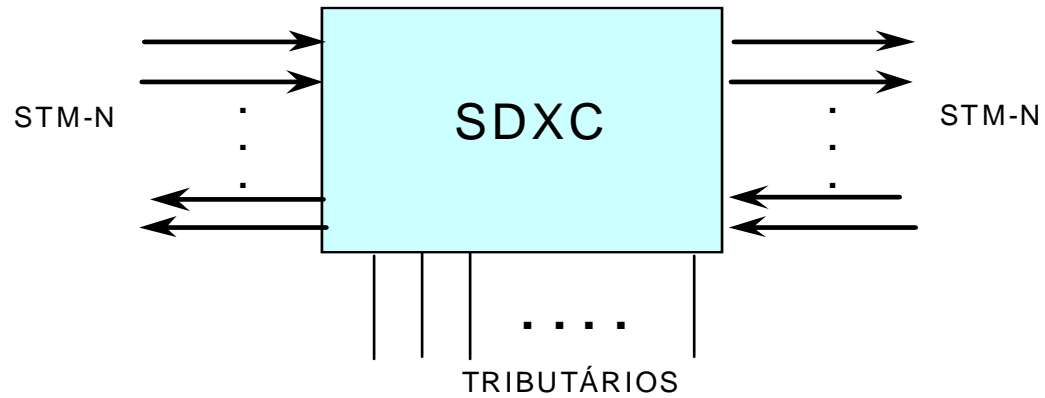
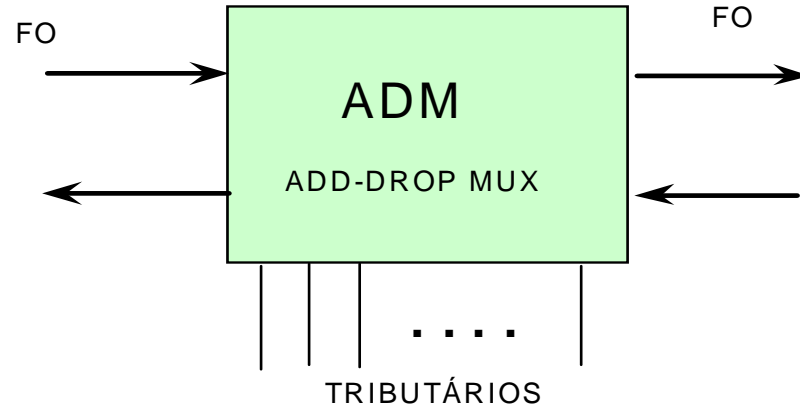
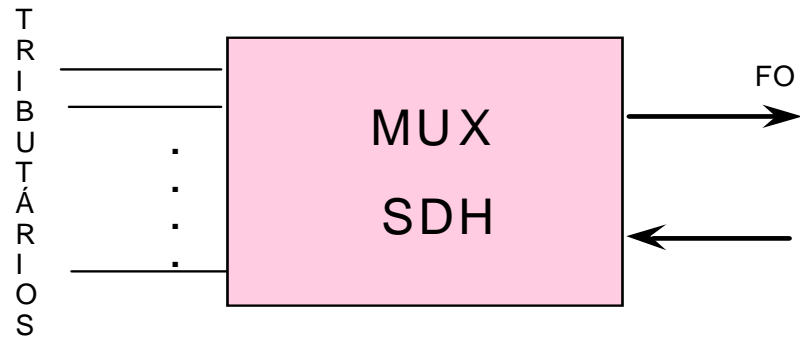


FAMILIA DE MUX PARA REDES SDH



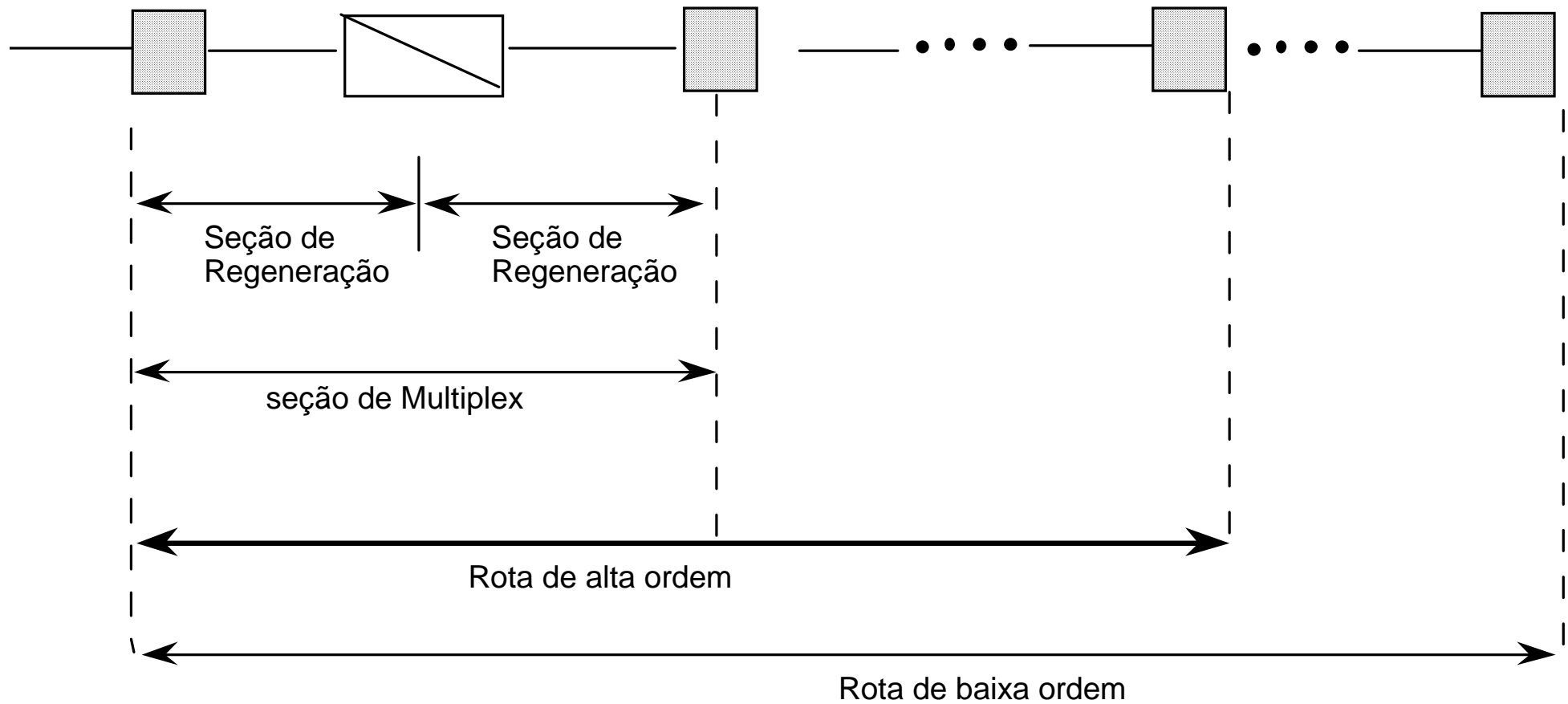
STM16

622 Mbit



SUPERVISÃO

Níveis de enlace: Seção repetidora, Seção Mux, Rotas



NIVEIS DE SUPERVISÃO

Supervisão de seção regeneradora- Bytes RSOH

Supervisão de seção Mux- Bytes MSOH

Supervisão de rotas Bytes POH

Ponteiros indicadores de localização de cargas úteis

PDH × SDH

UMA DAS PRINCIPAIS RAZÕES PARA A SUBSTITUIÇÃO DA PDH:

PDH NÃO ESTÁ PREPARADA (ponto de vista OA&M) PARA USAR EQUIPOS *CROSS-CONNECT* (e.g. ADM), FUNDAMENTAIS NAS **B-ISDN**.

TECNOLOGIA: ÓPTICA, ALTA VELOCIDADE

- Custo de Processamento nos Terminais ALTO (DOMINANTE)
- Custo do canal BAIXO (TENDE A FICAR MENOR)

DIGITAL CROSS CONNECT (DCC ou DXC) INTERCONECTADORES DIGITAIS

Interligar circuitos digitais, principalmente Cabos de Fibras Ópticas

A QUANTIDADE DE CANAIS DIGITAIS DIRETOS ENTRE NÓS DA REDE AUMENTA ANO APÓS ANO --> **NECESSIDADE DE RECONFIGURAR A REDE**

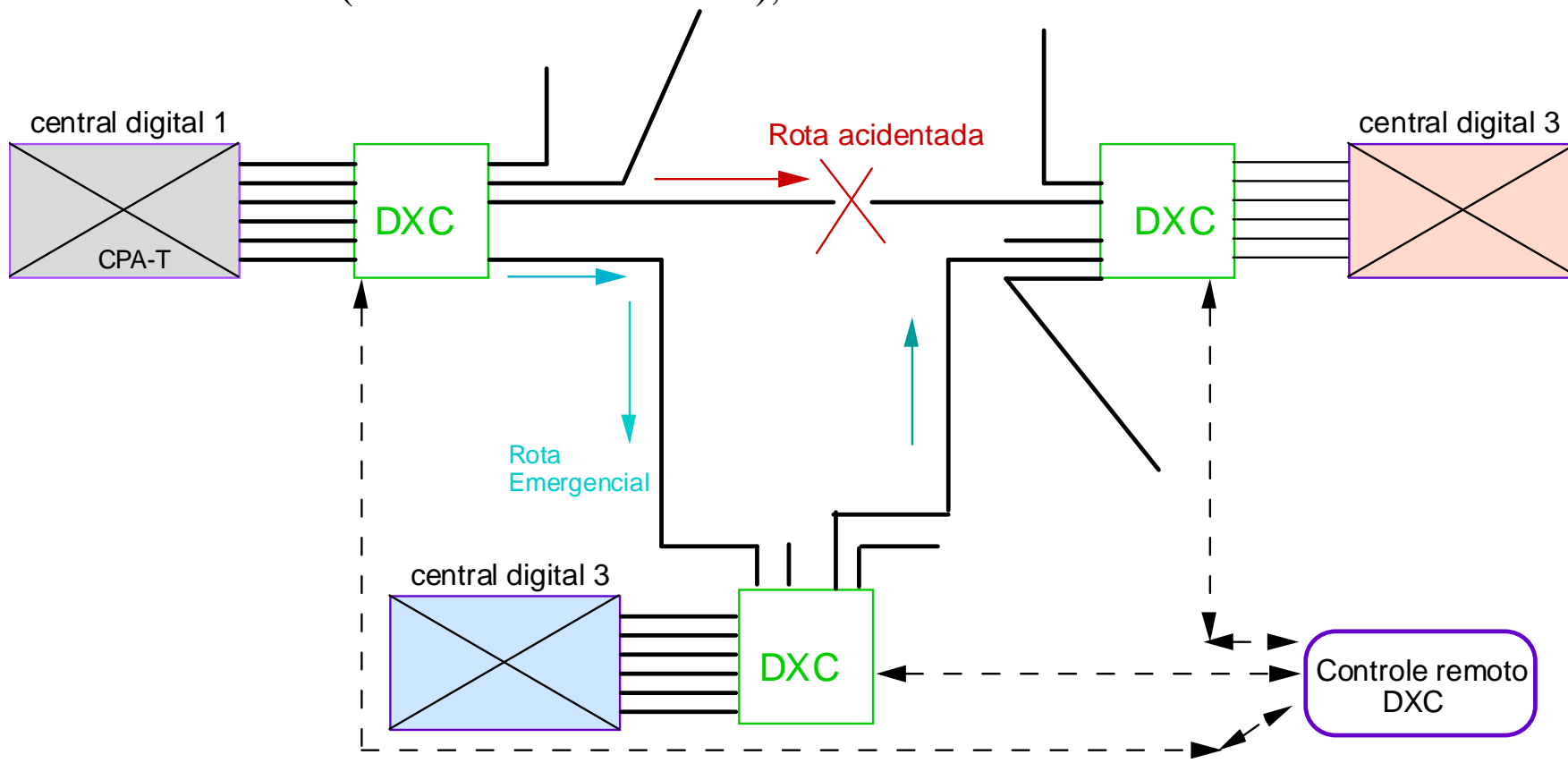
DCCs são equipamentos digitais controlados a processador r comandados por um "*SISTEMA DE GERENCIAMENTO REMOTO*"

DCC- Componentes estratégicos para conferir **flexibilidade** e **eficiência** na utilização dos circuitos digitais da rede.

MULTIPLEX DE DERIVAÇÃO *ADD AND DROP MUX ADM*

MULTIPLEXADOR DE INSERÇÃO/DERIVA (ADM) - CONFIGURAÇÃO

PERMITE DERIVAR OU INCORPORAR TRIBUTÁRIOS NOS ENLACES DE GRANDE CAPACIDADE (ALTA VELOCIDADE), DIRETAMENTE DA NNI.



CONTROLE DOS DXC.

AUMENTO / DIMINUIÇÃO NA QTDE DE CIRCUITOS EM DADA ROTA
(e.g., Criação de "Rota Emergencial" para contornar acidentes ou manutenção)

Faz-se por *terminal remoto* no *centro de gerenciamento da rede* (*network management center*),
usualmente por *software* configurando o entrocamento das centrais segundo a evolução do
tráfego (horários, datas etc..)

EX.-- Horas de pico, feriados, Época de férias, Veraneio, Emergenciais, etc.

* **MONITORAMENTO DA QUALIDADE**

Permite acesso aos bits do circuito sem interromper o tráfego.

CONCLUSÃO: Há muito evoluido e a evoluir nas redes de dados- porém para entender e dominar a tecnologia, faz-se necessário um esforço construtivo, desde os primórdios.

That is all folks! Agradeço a presença dos interessados.