

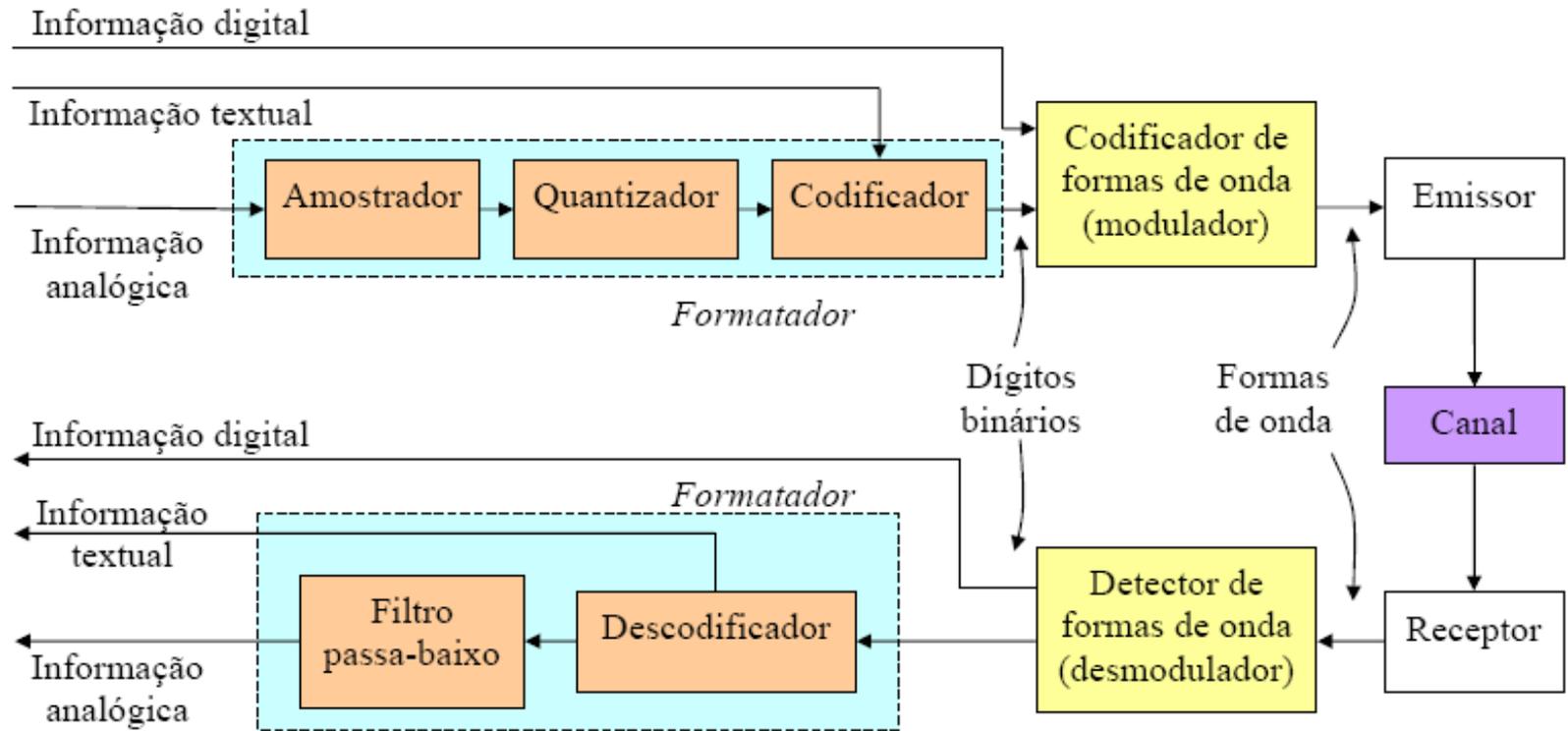
SEL 360 e 616

Princípios de Comunicação

Tania Regina Tronco

trtronco@gmail.com

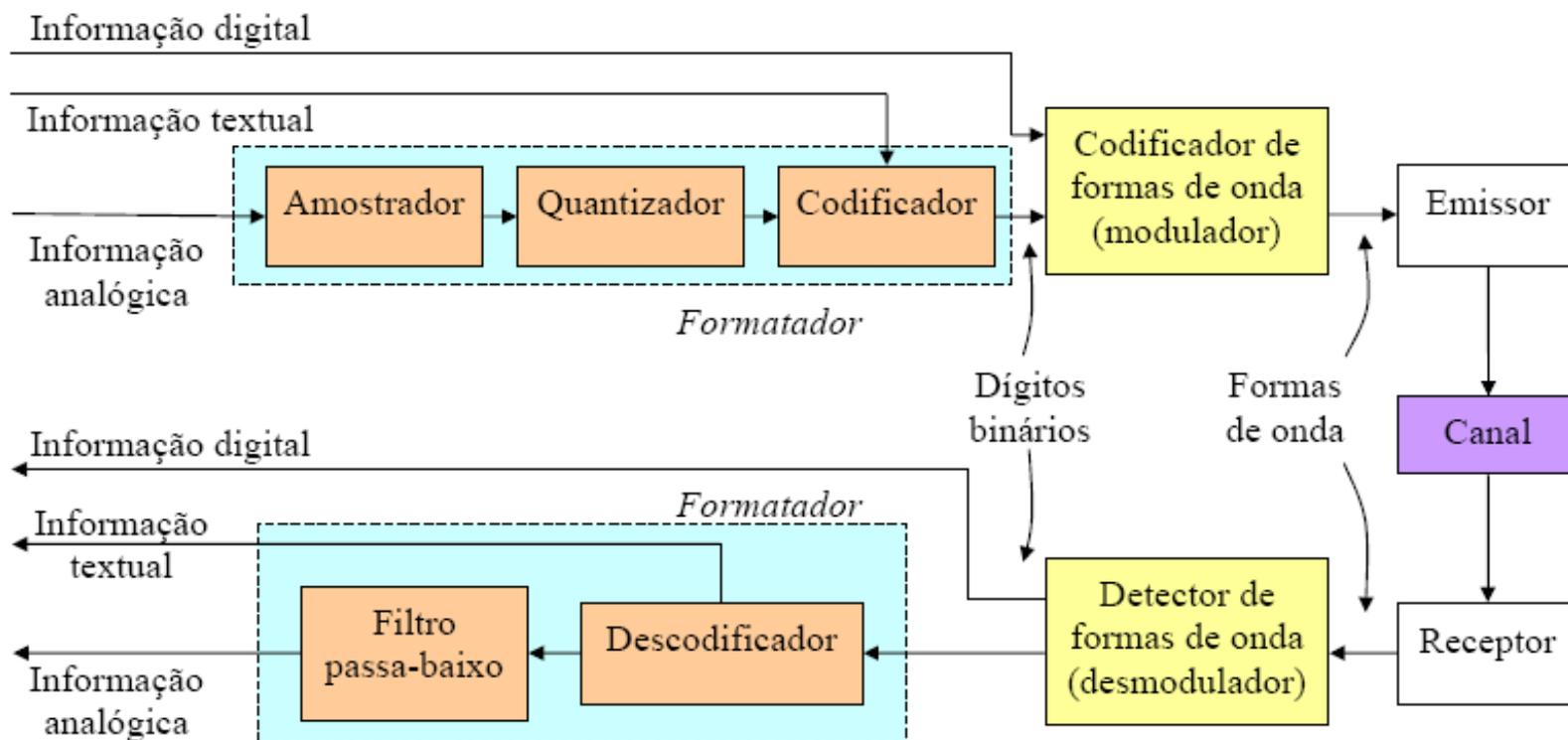
Transmissão Digital em Banda Base



Transmissão Digital em Banda Base

- Informação digital codificada diretamente sobre o par de fios com diferenças discretas de voltagem.
- A transformação de uma sequência binária na sua representação elétrica é feita através da codificação de linha.

Transmissão Digital em Banda Base

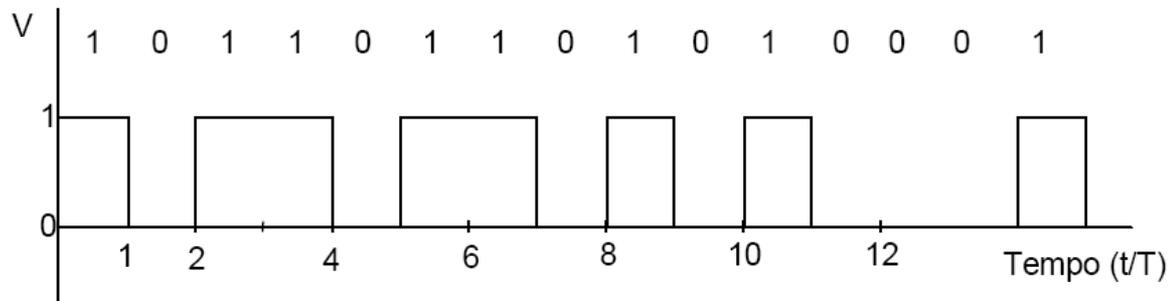


Codificação de linha

- Como representar a sequência de bits:
1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1, em que cada bit tem a duração de T segundos?

Códigos de Linha

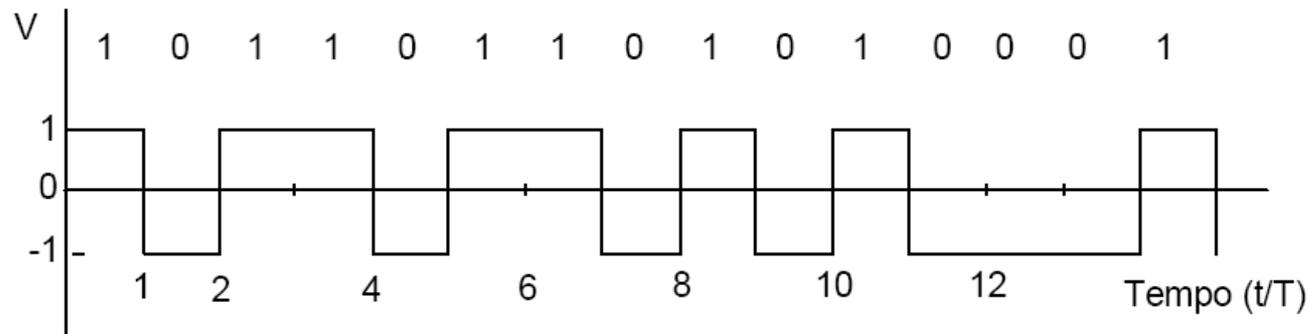
- Uma possibilidade é atribuir aos bits “1” um impulso rectangular de polaridade positiva e duração T e atribuir aos bits “0” um impulso nulo (isto é, a ausência de impulso):



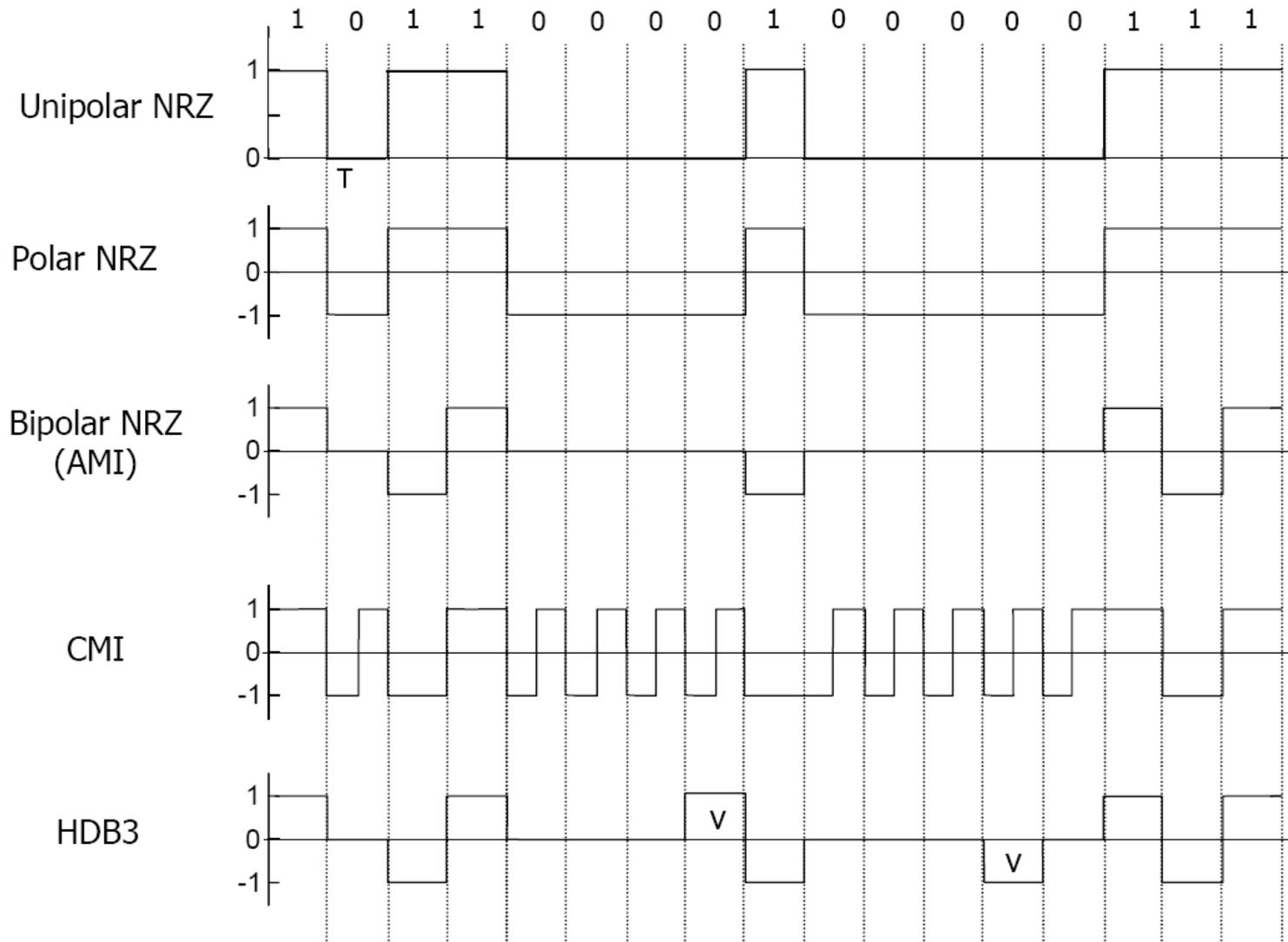
Diz-se que estes impulsos são **impulsos unipolares NRZ**.

Códigos de Linha

- Também poderíamos ter representado a sequência de bits da forma seguinte através de impulsos polares NRZ:



Códigos de Linha



Codificador de Formas de Onda

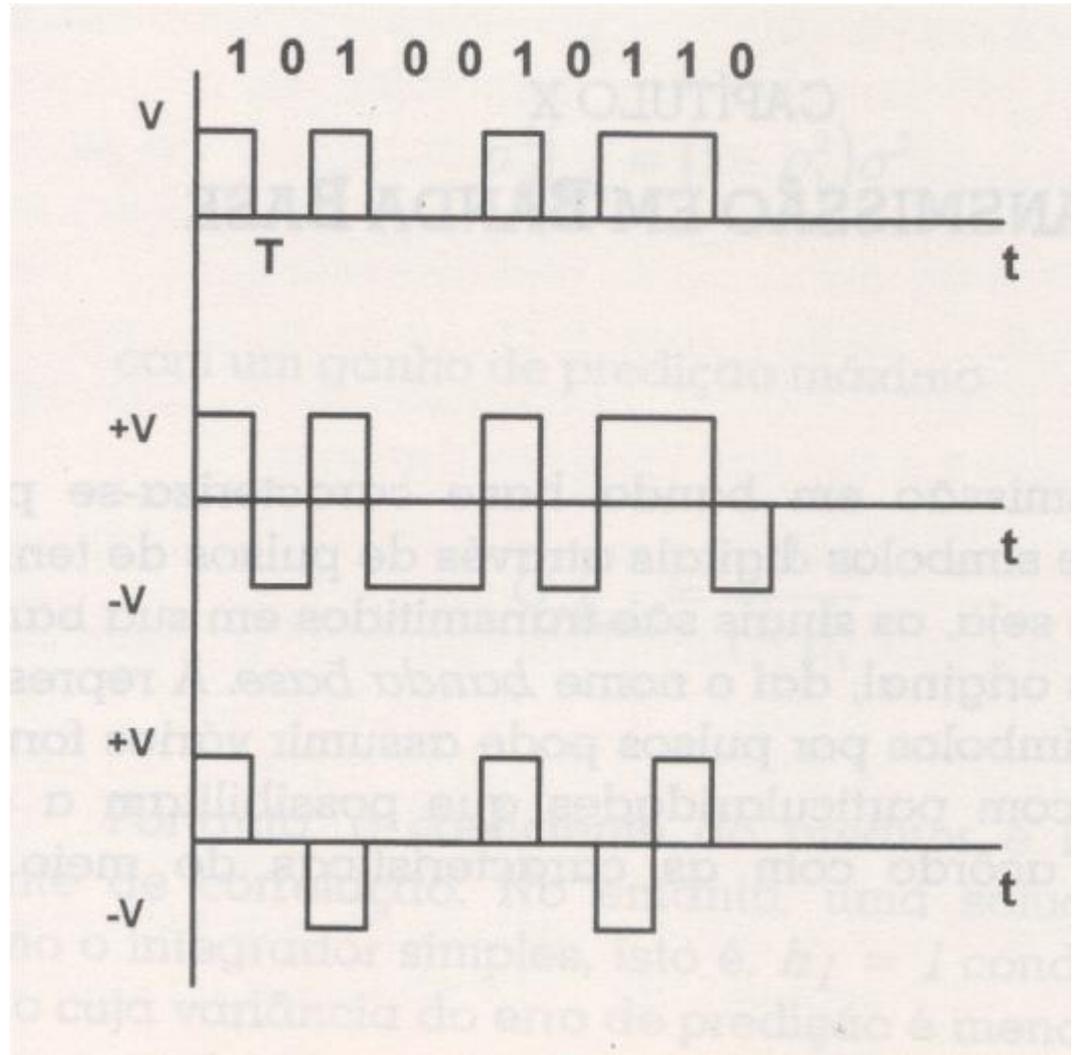
- **Modifica o sinal digital de maneira a adequá-lo ao meio de transmissão, melhorar a relação S/N e facilitar a recuperação do sinal na recepção;**
 - **Códigos de linha**
 - **Modulação digital**

Códigos de Linha

- **Permitem impor relações controladas entre os bits para para determinadas pela sequência de dados**
 - **Remoção de correlação indesejável entre bits de informação (e.g. longas sequências de 0's e 1's)**
 - **Introdução de correlação controlada entre impulsos, através de codificação apropriada.**
- **Permite a alteração das características espectrais do sinal;**
- **Permite a redução da largura de banda do sinal codificado de forma a aproveitar de forma mais eficiente o canal e melhorar a relação S/N.**

Códigos de Linha – NRZ (Non Return to Zero)

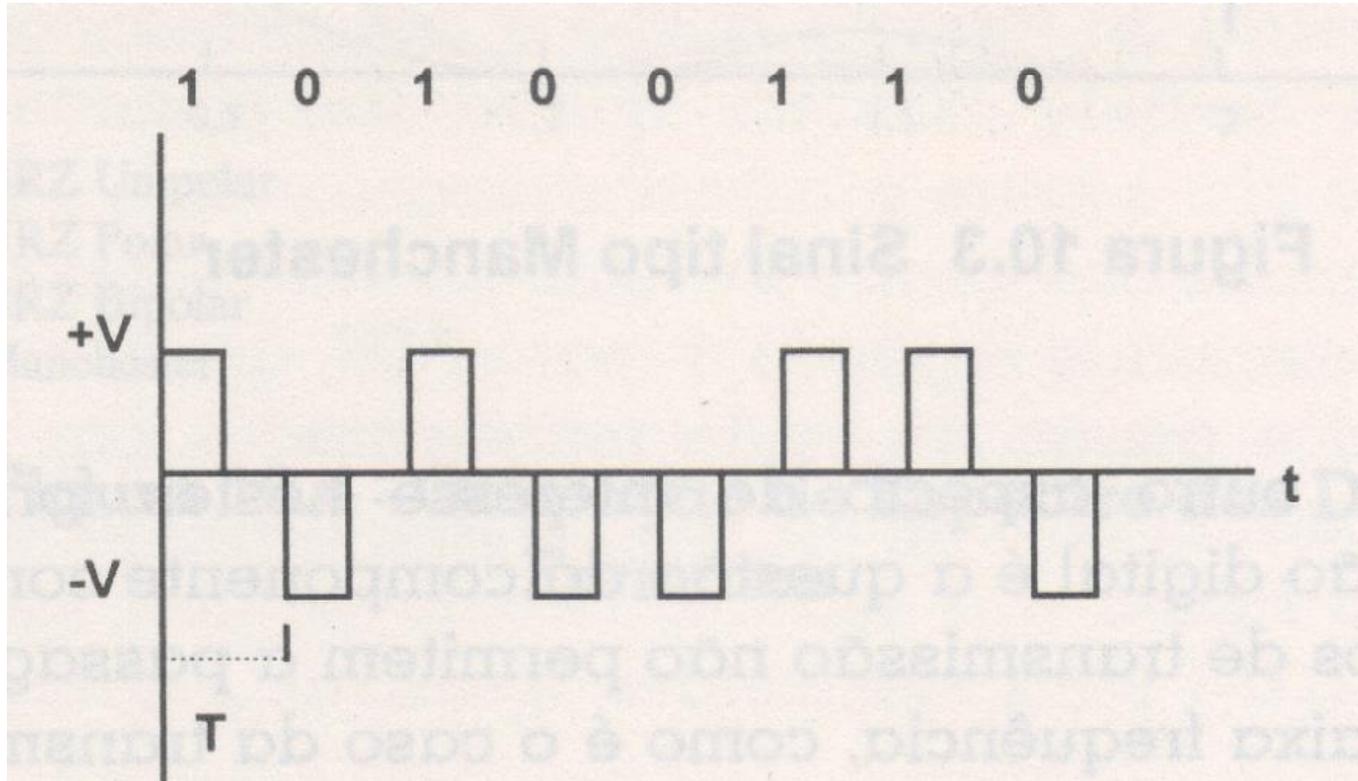
- Unipolar
- Polar
- Bipolar



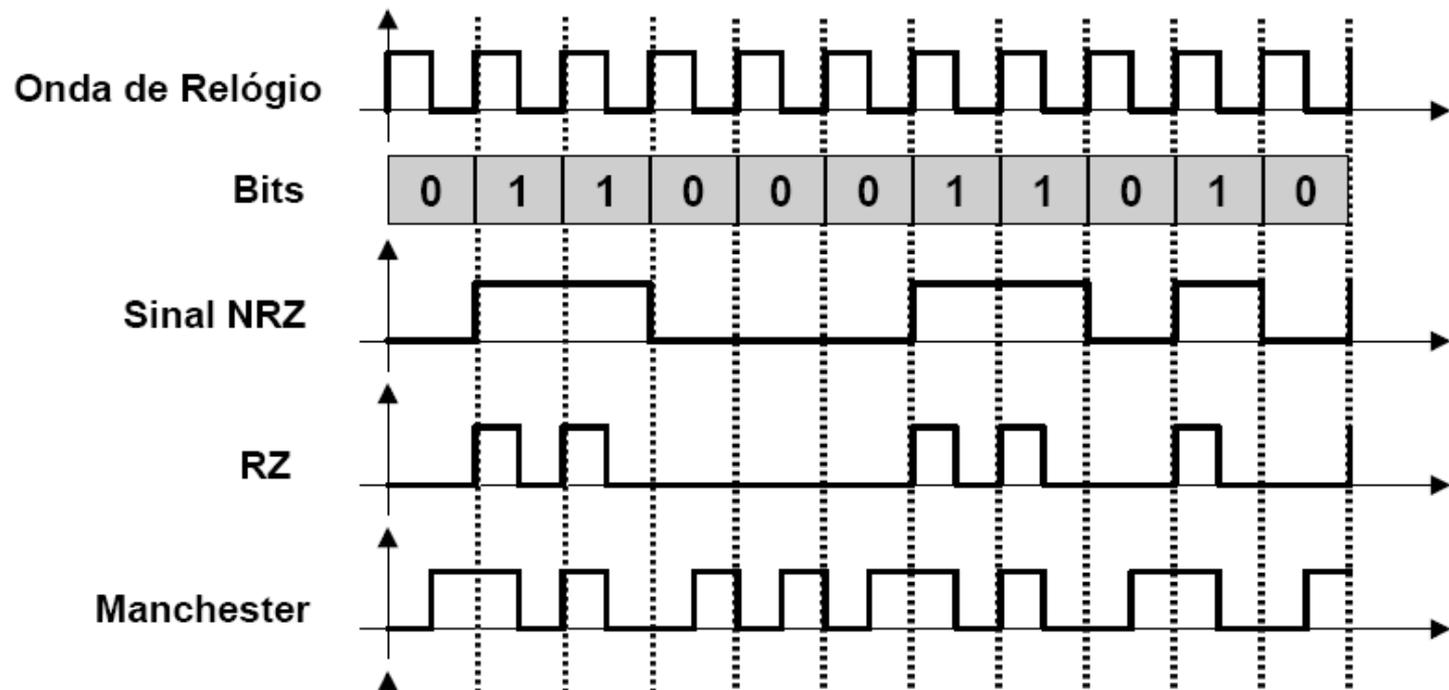
Bipolar / AMI (*Alternate Mark Inversion*)

- 0 - ausência de sinal
- 1 - impulsos positivos e negativos alternados
 - Imune a inversões de polaridade
 - Ausência de componentes espectrais de baixa frequência
- Problemas com seqüências longas de 0's
- AMI RZ usado no sistema T1 americano (1.544 Mbit/s)

Códigos de Linha – Rz (Return to Zero)



Códigos de Linha



Códigos de Linha (NRZ)

- Vantagens
 - Fácil de implementar
 - No caso do bipolar, é possível detectar erros através da monitoração das violações da regra das alternâncias (dois pulsos adjacentes não têm a mesma polaridade) e não contém nível DC.
- Desvantagens
 - A ausência de transições em sequências longas de 0's ou 1's pode originar a perda de referência temporal no receptor;
 - O bipolar utiliza três níveis para representar apenas 2 dígitos

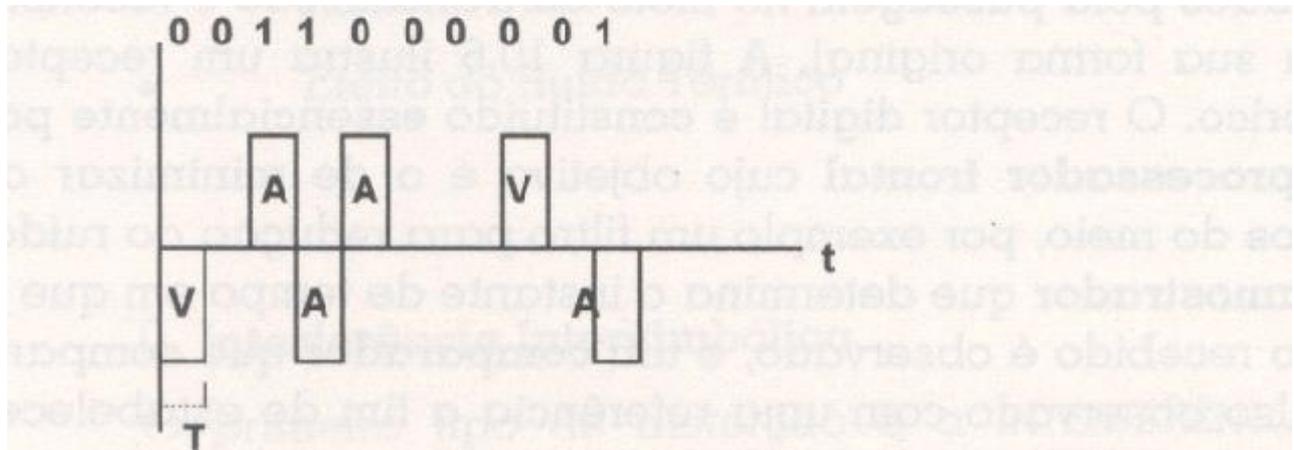
Características do HDB3

- Baseado no bipolar AMI
- Usado no sistema E1 europeu (1ª hierarquia PDH – 2.048 Mbit/s)
- Evita sequências de quatro ou mais zeros
- O quarto zero numa sequência é sempre transmitido como um impulso que viola a regra da alternância (V).

Características do HDB3

- Nos casos em que violações consecutivas originassem impulsos (V) com a mesma polaridade, o primeiro zero da sequência é substituído por um impulso que respeita a regra da alternância (B) e o quarto zero por um impulso que viola essa regra (tendo portanto a mesma polaridade que o primeiro impulso da sequência).
- Esta regra aplica-se quando ocorre um número par de 1's desde a última substituição (violação).

Código HDB3 (*High Density Bipolar Order 3*)



Exercícios

Exercício

- Codifique a seqüência binária abaixo em HBD3:

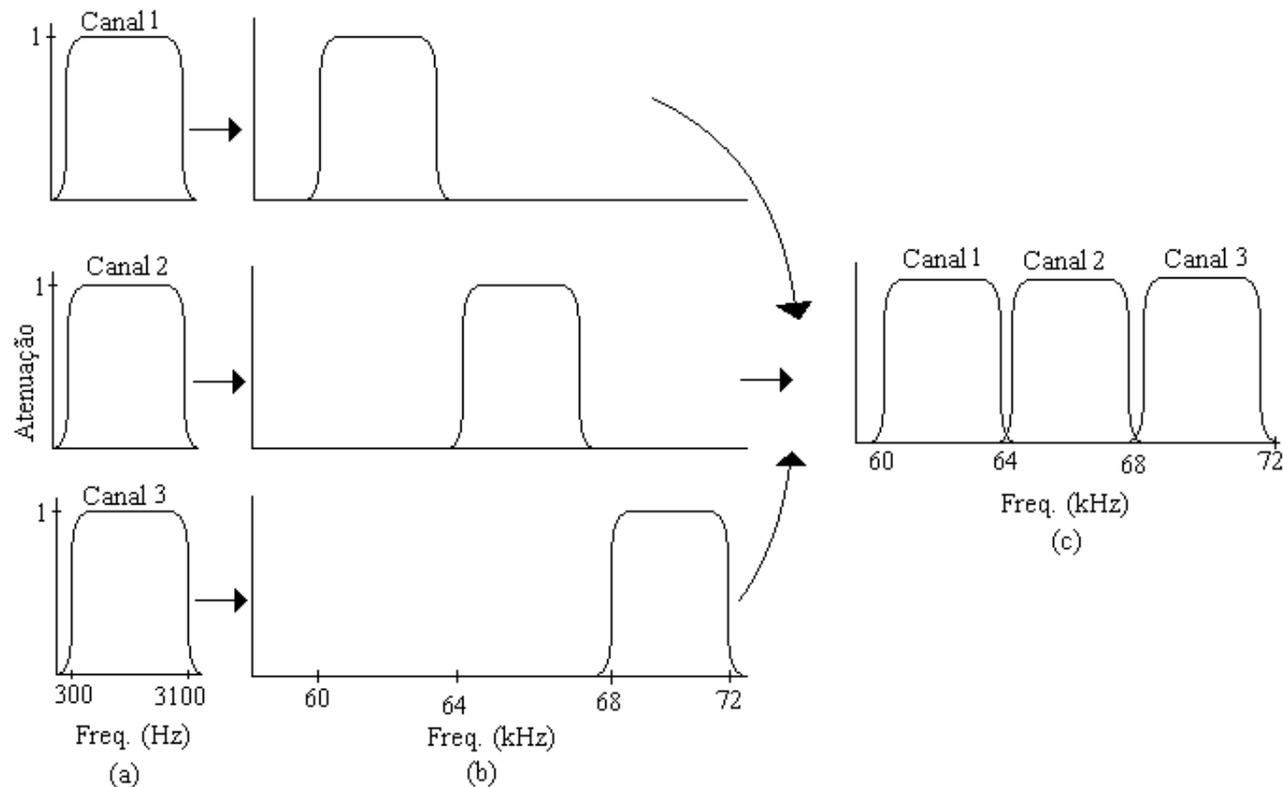
– 1000001111000001

Multiplexação

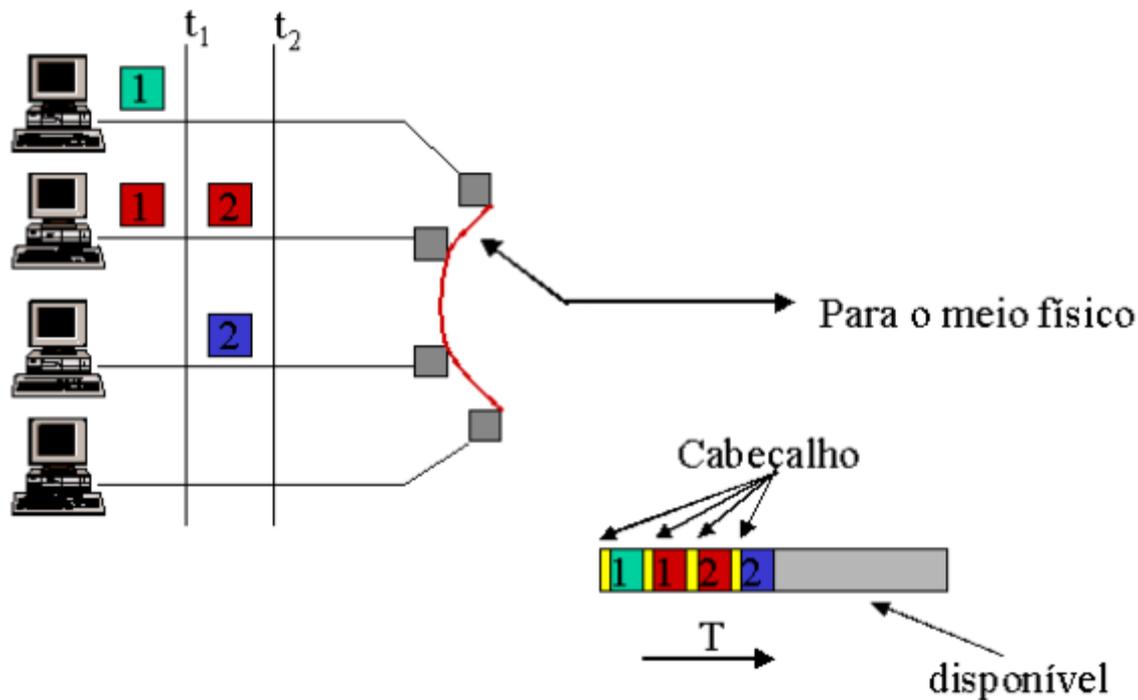
- Processo de se transmitir diversos sinais através de um único canal
 - **Multiplexação por divisão em frequência (*Frequency Division Multiplexing* - FDM)**, na qual os sinais são modulados e distribuídos ao longo do espectro de frequências disponível;
 - **Multiplexação por divisão no tempo (*Time Division Multiplexing* - TDM)**, que aloca janelas de tempo para os sinais previamente amostrados

FDM (*Frequency Division Multiplexing*)

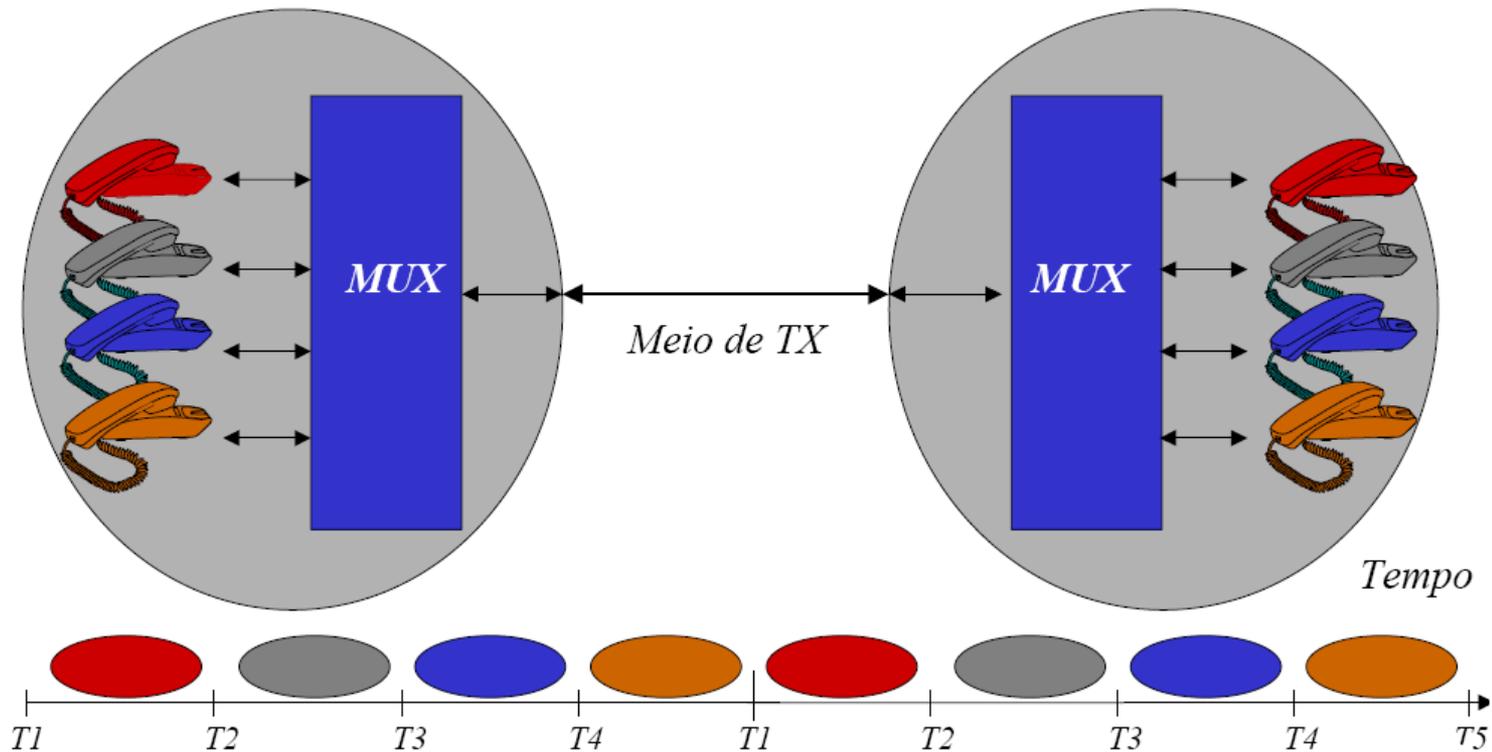
- Cada sinal é modulado numa freqüência de portadora diferente
- Freqüências das portadoras são separadas de modo que não haja superposição dos sinais.



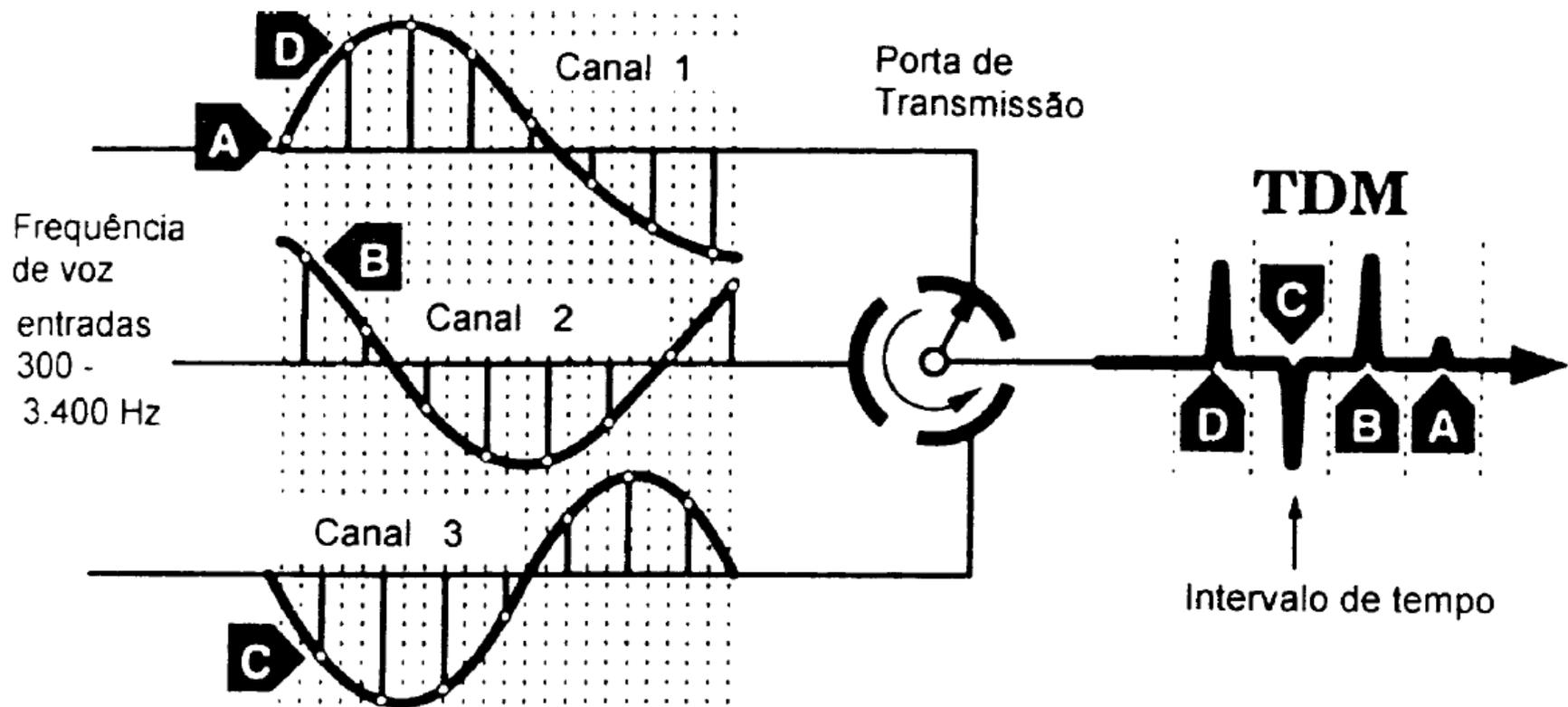
Multiplexagem por Divisão no Tempo



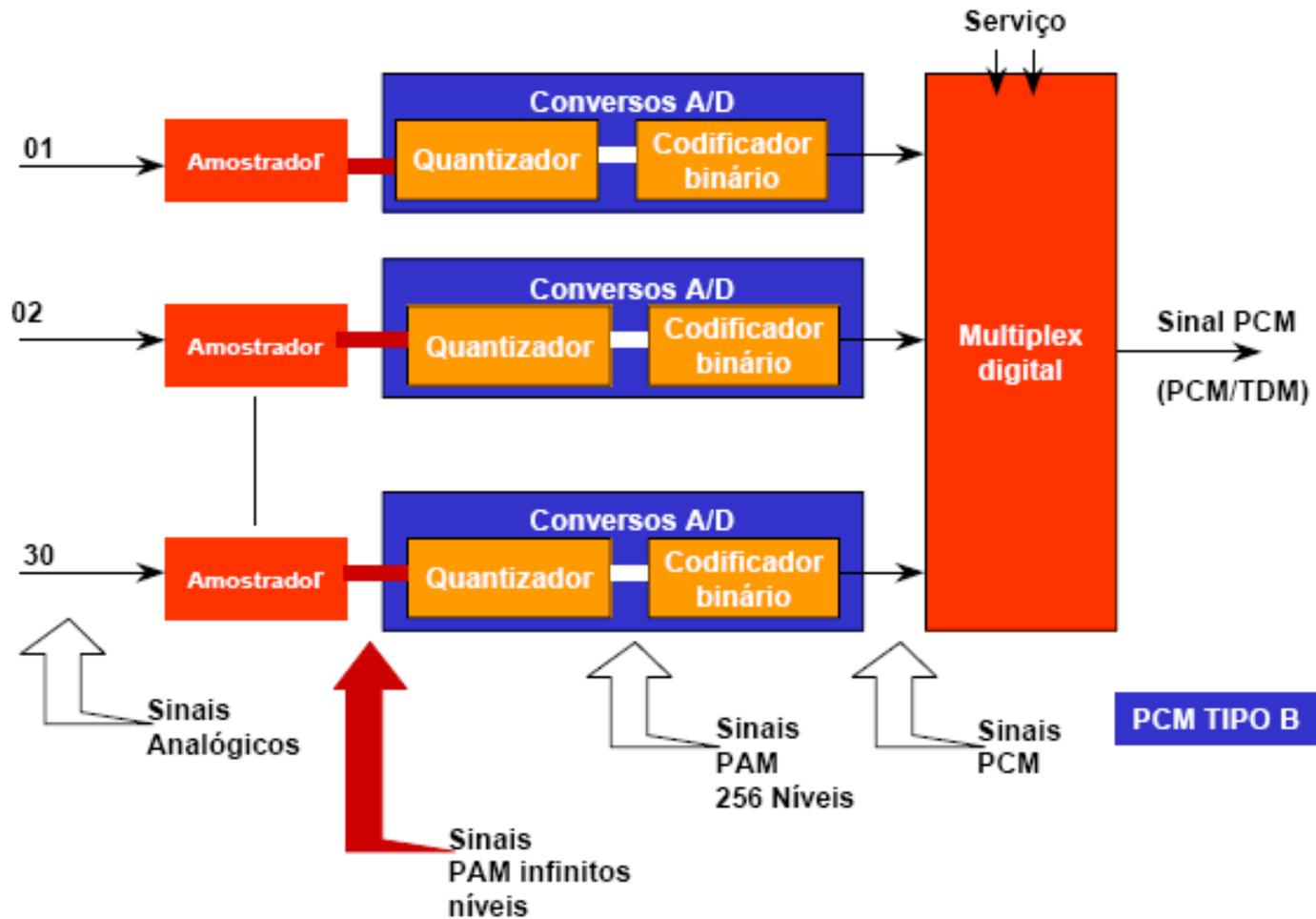
Multiplexação no Domínio do tempo (*TDM – Time Division Multiplexing*)



Multiplexação TDM

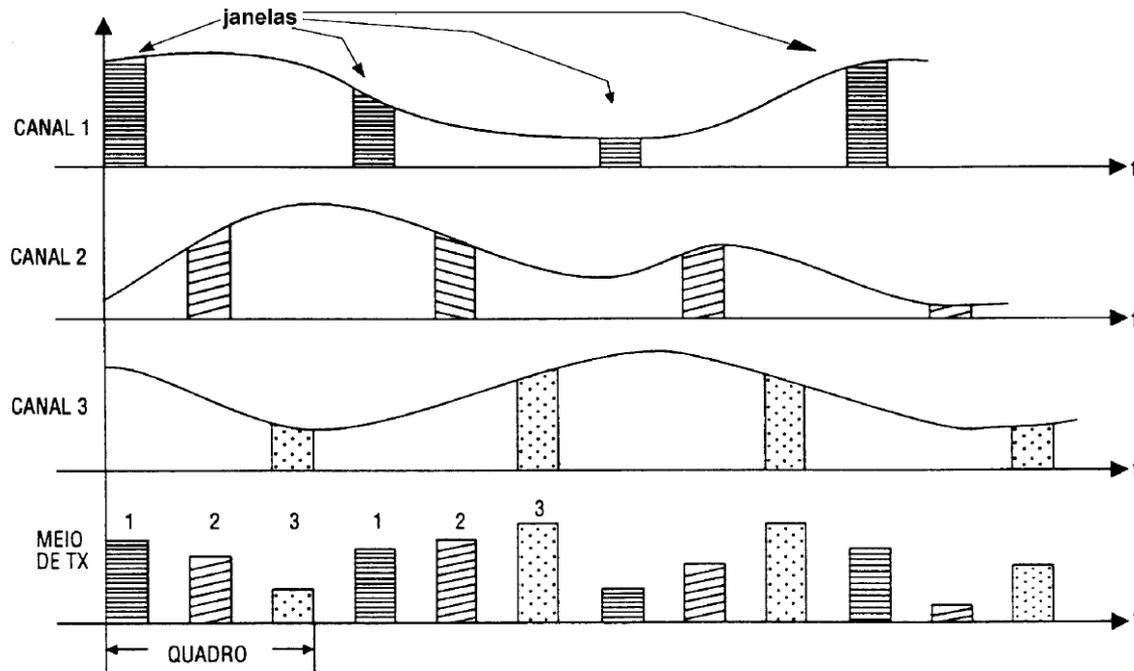


Multiplex TDM



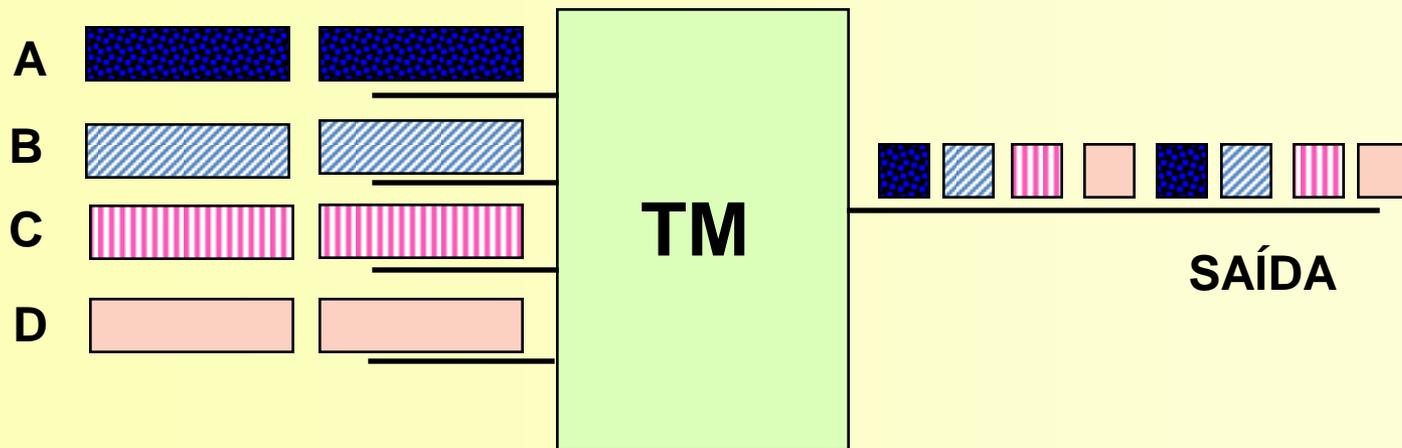
Formação do Quadro do PCM

- Na multiplexação TDM, cada fatia do sinal é utilizada para a montagem de um quadro.

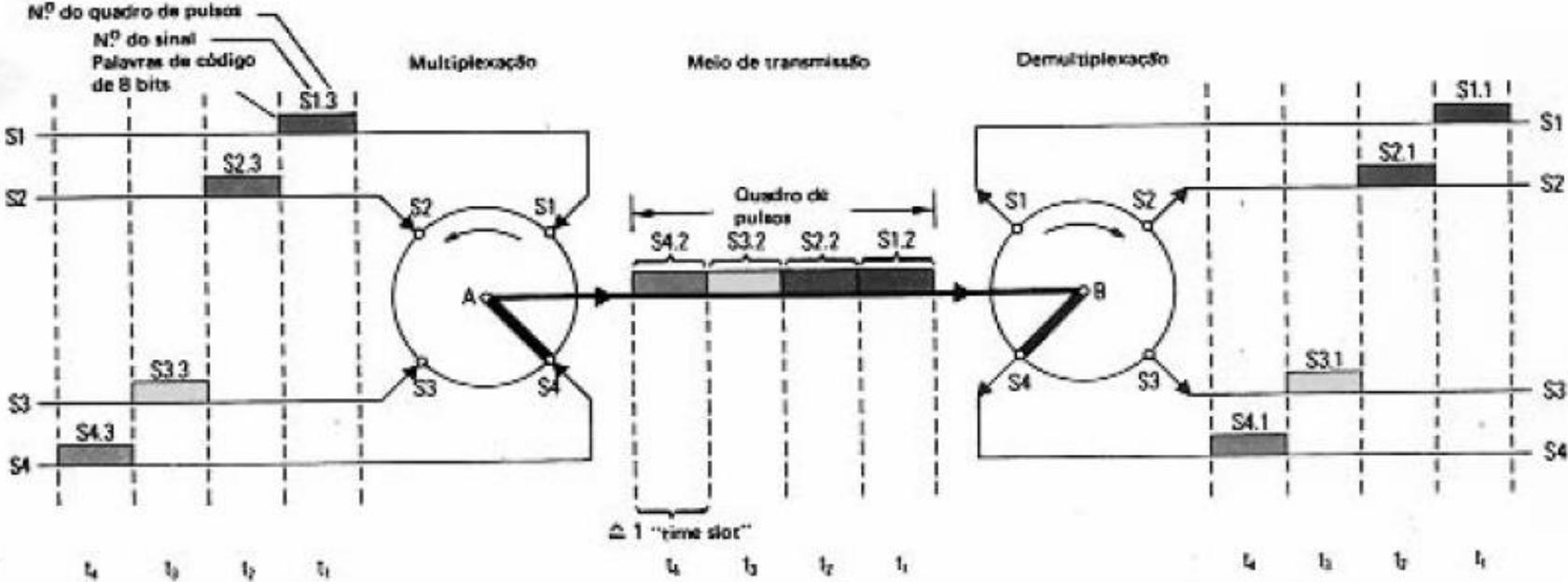


Multiplexador TDM

MULTIPLICAÇÃO



Multiplexação TDM



Exercício

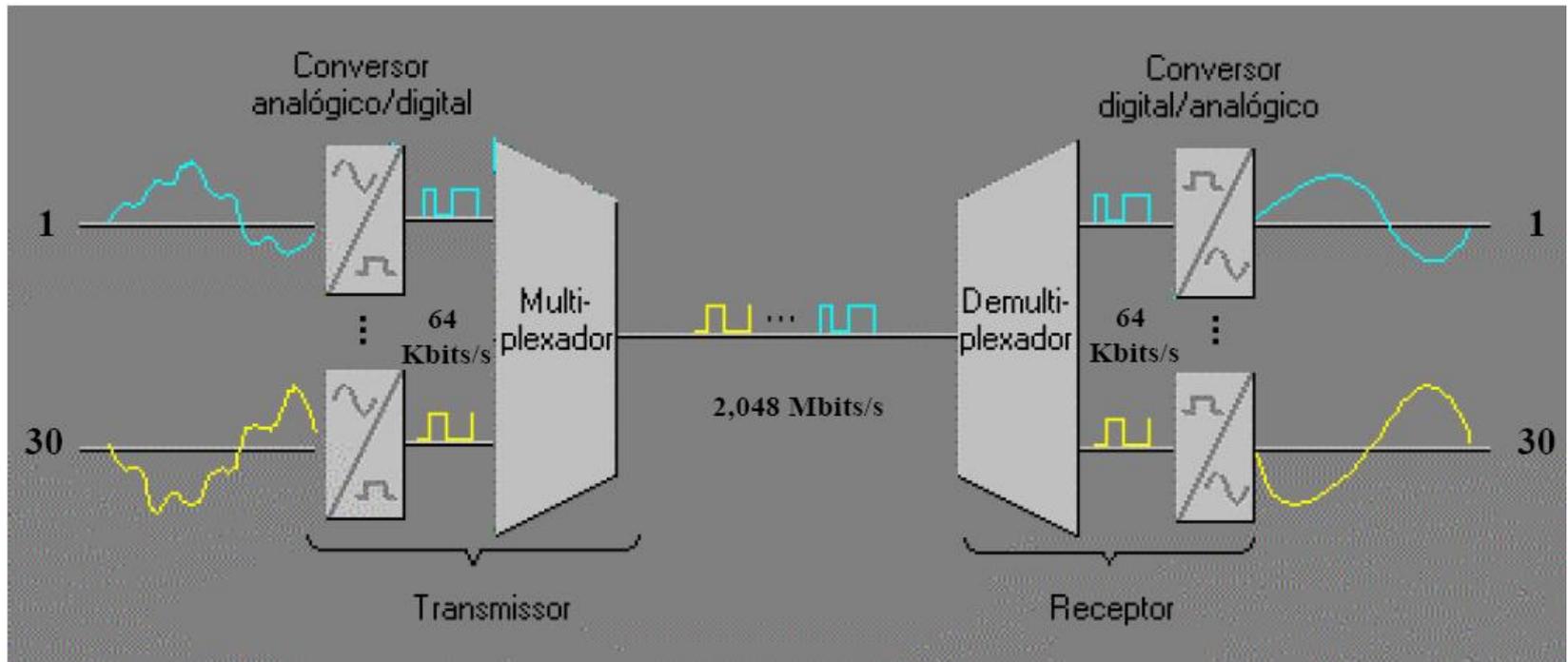
Padronização TDM

- Os americanos padronizaram um sistema de 24 canais telefônicos conhecido como sistema T1, e tem as seguintes características:
 - Canal de voz: 0-4kHz, correspondendo a 8.000 amostras x 7 bits ou 56kbit/s. Porém para cada canal existe mais 1 bit, para sinalização telefônica.
 - Assim, tem-se por canal 8 bits x 8.000 amostras ou 64kbps.
- Os 24 canais formam um quadro. Para cada quadro há 1 bit de sincronismo. O quadro completo terá $(8 \times 24 + 1)$ bits ou 193 bits.
- Este quadro se repete 8.000 vezes por segundo. Logo a velocidade será de $193 \times 8.000 = 1,544$ Mbit/s

Padronização TDM

- Os europeus, para diminuir o erro de quantização, utilizaram os 8 bits do canal americano exclusivamente para a voz . Com 8 bits foi possível quantizar em 256 níveis, o que melhorou a qualidade de voz.
- Em contra partida separaram 2 canais de voz: um para sinalização e outro para alinhamento/serviço.
- Padronizaram então um sistema TDM com 30 canais de voz e 2 para serviços, totalizando 32 canais.

TDM de 30 canais de voz – PCM-30 (*Pulse Code Modulation*)



Padronização PCM – E1

- Este sistema é conhecido como E1 e possui as seguintes características:
 - Canal de voz: 0-4 kHz, correspondendo a 8 x 8.000bps ou 64 kbps
 - Sinal TDM: 64kbps x 32 canais = 2,048 Mbit/s. Esta velocidade é comumente aproximada e referida como 2Mbps.

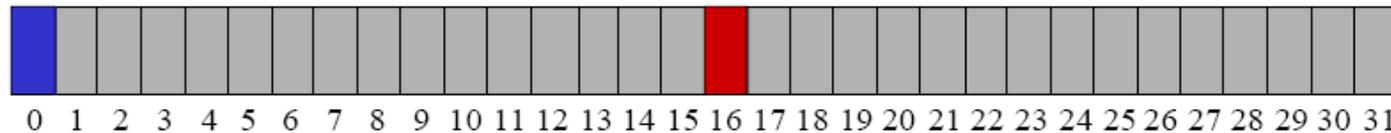
Quadro E1

- ◆ Características básicas.

- ◆ 32 canais de 64 Kbits/s.

- ◆ 30 canais de 64 Kbits/s destinados a voz e dados.

- ◆ 02 canais de serviço.



Quadro
2 Mbits/s

Alinhamento de Quadro

- **Consiste em identificar o início do quadro e sincronizar o receptor em fase e frequência com o que é enviado pelo transmissor.**
- **É efetuado todas as vezes que o receptor é ligado e**
- **Periodicamente, para corrigir eventuais perdas de sincronismo (palavras de alinhamento).**

Alinhamento de quadro

- **Os erros no padrão de alinhamento são utilizados para avaliação do desempenho.**
- **Quando o receptor perde o alinhamento do quadro, todas as informações transmitidas são perdidas.**
- **A perda de alinhamento pode ser causada por:**
 - **Perda de sincronismo do relógio do transmissor**
 - **Erros de bit provocado por problemas no meio de transmissão**

Canal de Serviço 1 – Alinhamento de quadro + Alarme

- **A palavra de alinhamento de quadro (PAQ = 0011011) são os bits b1 a b7 do timeslot 0 dos quadros pares (Q0, Q2, ..., Q14).**
- **A palavra de serviço é formada pelos bits b1 a b7 do timeslot 0 dos quadros ímpares (Q1, Q3, ..., Q15).**

Codificação dos Canais de Serviço e Alinhamento

Quadro	Uso dos bits dos time slots 0		Uso dos bits dos time slots 16		Time slots 1-15 e 17-31 Canal telefônico de voz
	Palavra de alinh. quadro	Palavra de serviço	Canal de sinalização de linha		
	b0b1b2b3b4b5b6b7	b0b1b2b3b4b5b6b7	b0b1b2b3	b4b5b6b7	
Q0	R 0 0 1 1 0 1 1	-	0 0 0 0	X A X X	b0-b7
Q1	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 1	Canal telef. 16	b0-b7
Q2	R 0 0 1 1 0 1 1	-	Canal telef. 2	Canal telef. 17	b0-b7
Q3	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 3	Canal telef. 18	b0-b7
Q4	R 0 0 1 1 0 1 1	-	Canal telef. 4	Canal telef. 19	b0-b7
Q5	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 5	Canal telef. 20	b0-b7
Q6	R 0 0 1 1 0 1 1	-	Canal telef. 6	Canal telef. 21	b0-b7
Q7	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 7	Canal telef. 22	b0-b7
Q8	R 0 0 1 1 0 1 1	-	Canal telef. 8	Canal telef. 23	b0-b7
Q9	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 9	Canal telef. 24	b0-b7
Q10	R 0 0 1 1 0 1 1	-	Canal telef. 10	Canal telef. 25	b0-b7
Q11	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 11	Canal telef. 26	b0-b7
Q12	R 0 0 1 1 0 1 1	-	Canal telef. 12	Canal telef. 27	b0-b7
Q13	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 13	Canal telef. 28	b0-b7
Q14	R 0 0 1 1 0 1 1	-	Canal telef. 14	Canal telef. 29	b0-b7
Q15	-	R 1 A X X X X X	Canal telef. 15	Canal telef. 30	b0-b7

X – reservado para uso nacional, ou outros alarmes e telemetria

Alarmes

- **O bit 1 é fixado em 1 para evitar a simulação da PAQ.**
- **O bit 2 é utilizado para indicar alarme urgente quando em 1:**
 - Falha da fonte de alimentação (quando possível)
 - Falha no codificador
 - Perda de alinhamento do quadro de pulsos
 - Perda do sinal de entrada de 2Mbps
 - Alta taxa de erro na palavra de alinhamento $> 10^{-3}$.
- **O bit 0 de todos os timeslots 0 do multiquadro é reservado para uso internacional.**

Sinalização de Chamada – Canal 16

- **O timeslot 16 é utilizado para a sinalização da chamada:**
 - Tom de chamada
 - Tom de ocupado
 - Discagem, etc..

Sinalização Por Canal Associado (CAS)

- **Na sinalização por canal associado, o canal 16 transporta a sinalização correspondente dos 30 canais do quadro PCM**

Sinalização Por Canal Associado



canal 16
Superquadro
de
Sinalização
(16 quadros)

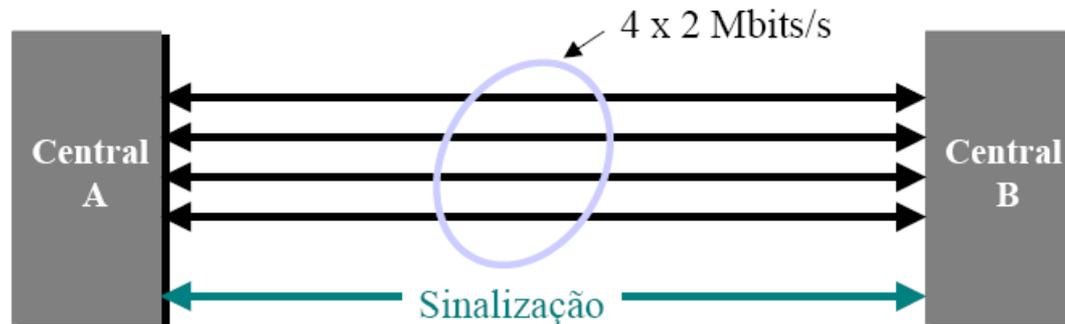
palavra de Sinalização :

{ canal livre 0101
canal ocupado 1101

N ^o QUADROS	Conteúdo (canal 16)
Q0	Palavra de alinhamento de Super-quadro + 4 bits Alarme (4bits)
Q1	Sinalização (Canal 1, Canal 16)
Q2	Sinalização (Canal 2, Canal 17)
Q3	Sinalização (Canal 3, Canal 18)
o	
o	
o	
o	
Q15	Sinalização (Canal 15, Canal 30)

Sinalização Canal Comum (*Common Channel Signaling System* 7)

- ◆ Sinalização por Canal Comum
 - ◆ A sinalização dos canais de informação não são, necessariamente, transportadas através do quadro de 2 Mbits/s que os transporta.
 - ◆ Um único canal de comunicação de 64 Kbits/s de qualquer quadro (ou outra rede qualquer) pode transmitir até 2000 sinalizações de canais diferentes.
 - ◆ Trafegam pelo canal de 64 Kbits/s mensagens de comprimentos variáveis com cabeçalho (responsável pela identificação do canal) e a informação de sinalização.
 - ◆ Apenas o canal “0” de um quadro de 2 Mbits/s não pode ser utilizado para este fim.



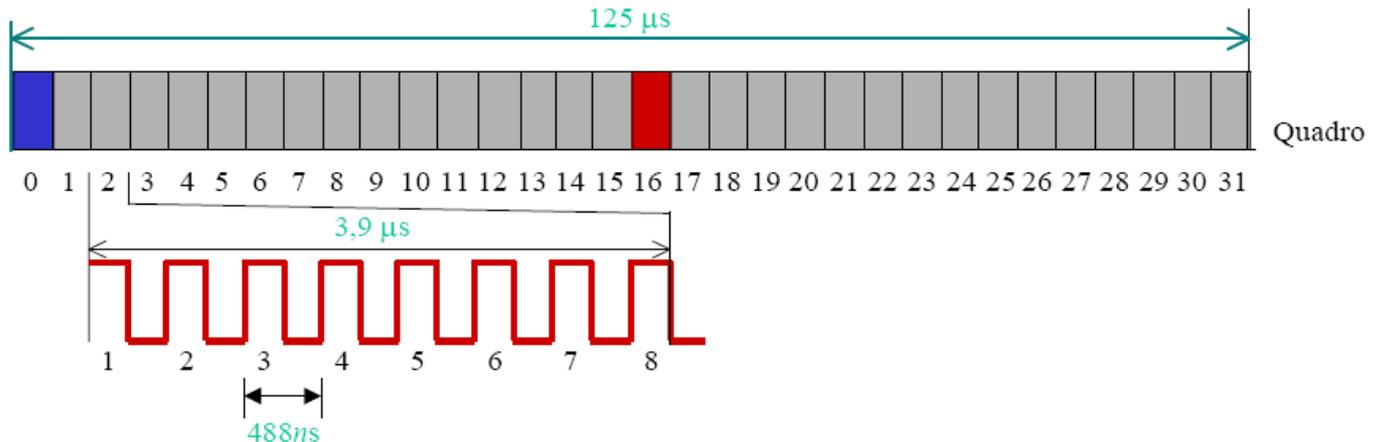
VANTAGENS

SINALIZAÇÃO POR CANAL COMUM

- **Estabelecimento e liberação mais rápidos das chamadas**
- **Aumento do rendimento dos circuitos de conversação**
 - operação bidirecional
 - diminuição dos tempos de retenção
- **Simplificação dos equipamentos de sinalização: menores custos**
- **Provisão de novos sinais: vocabulário aberto**

Quadro de 2 Mbit/s – E1

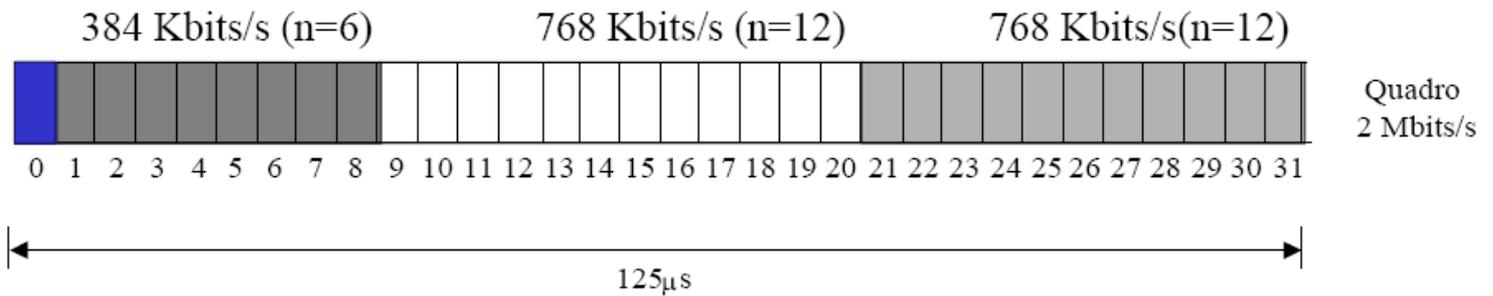
- ◆ Características básicas.
 - ◆ Taxa do Quadro - 2,048 Mbits/s +/- 50 ppm
 - ◆ Máximo - 2,048102 Mbits/s
 - ◆ Mínimo - 2,047897 Mbits/s
 - ◆ Duração do quadro de 125 μ s.
 - ◆ Tempo por canal - 3,9 μ s (time slot)
 - ◆ Tempo de bit - 488,28 ns



Transmissão Nx64 kbit/s

- ◆ Características básicas.

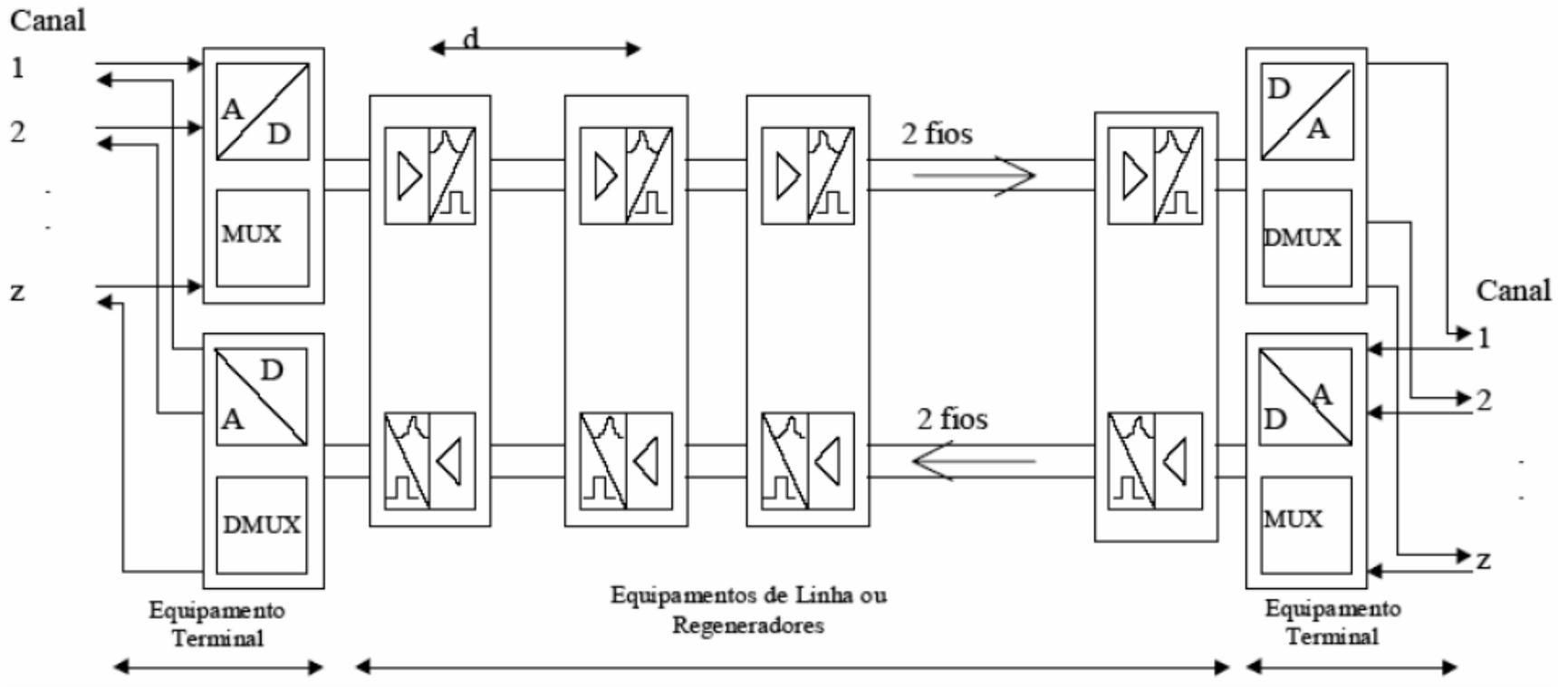
- ◆ Transmissão de dados a $n \times 64$ kbits/s ($n \leq 31$)



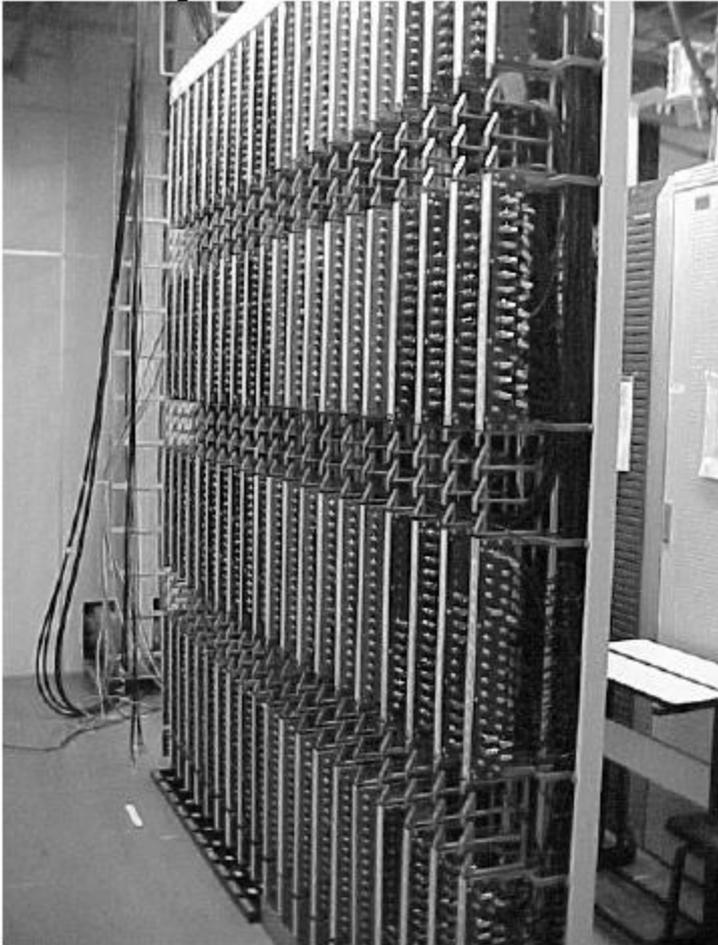
Equipamentos PCM

- **Um sistema de transmissão PCM é composto por:**
 - **Equipamento terminal: está situado nos dois extremos da linha. É responsável pela digitalização dos canais de voz e multiplexação TDM.**
 - **Equipamento de linha ou regenerador: distribuído ao longo da linha e tem a função de regenerar o sinal.**
 - **Equipamento de transmissão: fornece o meio de transmissão para o quadro PCM, realiza também a função de regeneração.**

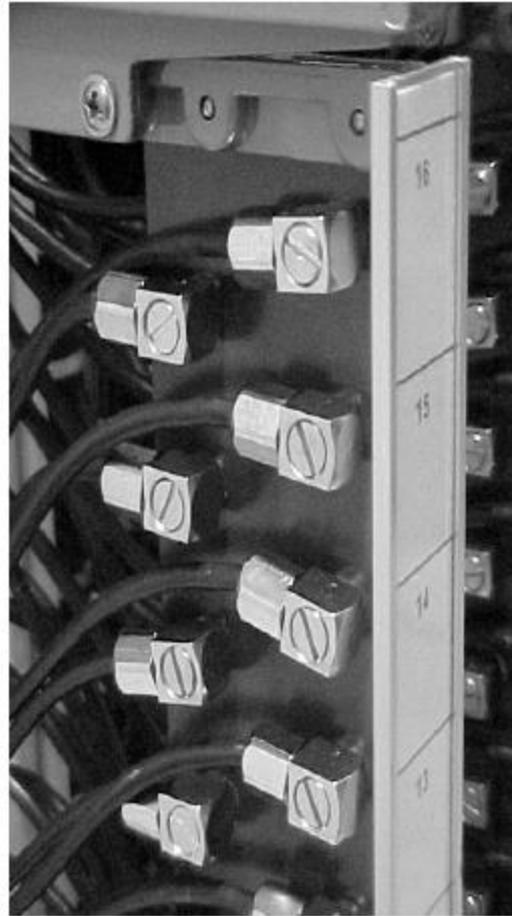
Equipamentos PCM



Equipamentos PCM



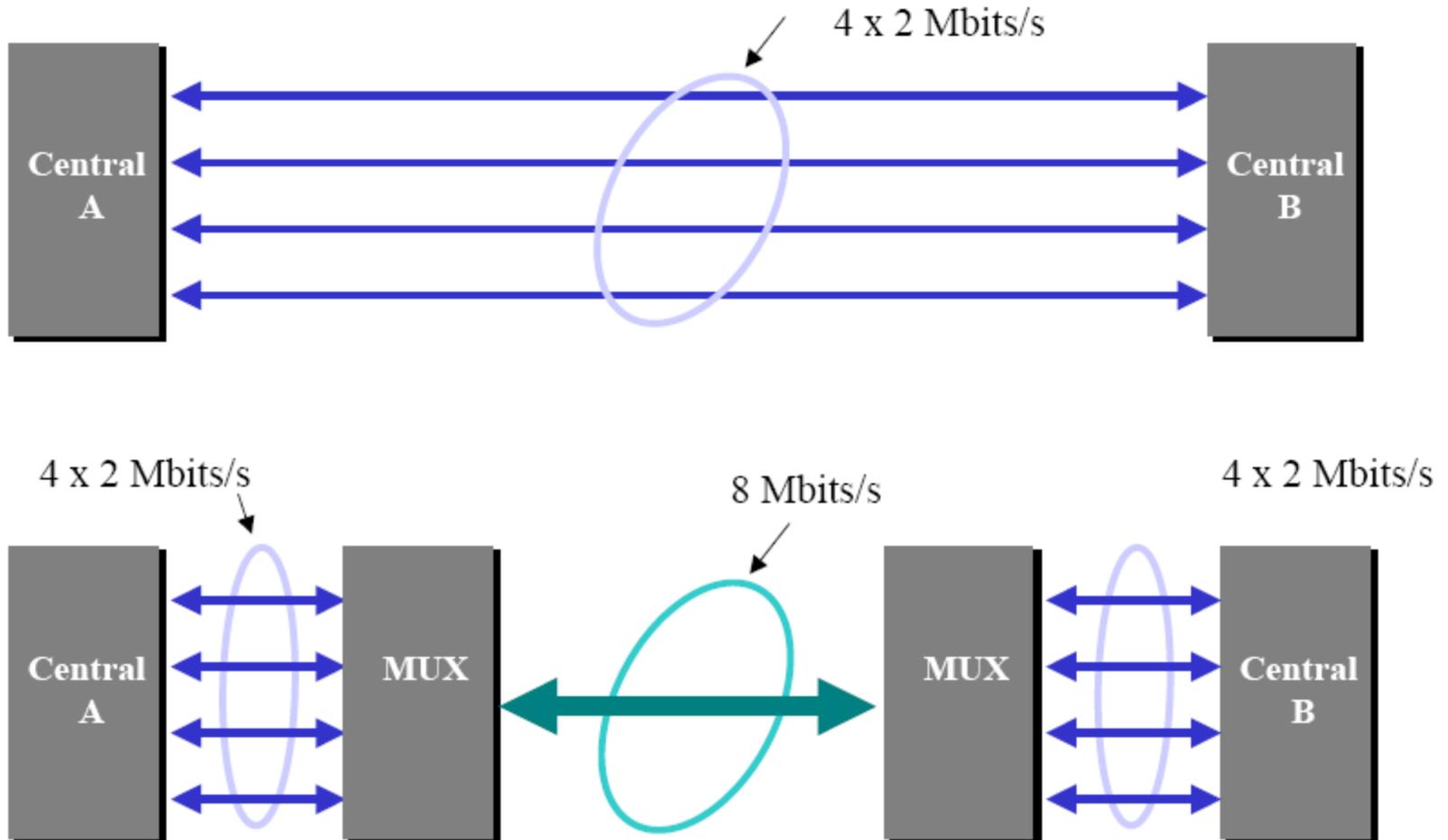
DID



**Conectores
coaxiais**



Multiplexação 4x2Mbit/s



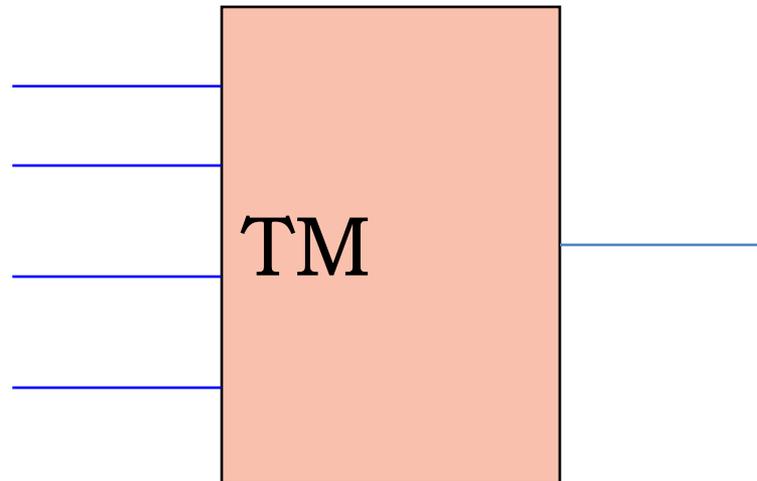
Exercício

- **Faça um diagrama em blocos descrevendo a comunicação entre 2 pessoas, utilizando uma conexão telefônica. Considere que os seguintes itens estão disponíveis e podem ser utilizados:**
 - **Codecs**
 - **Multiplexador**
 - **Central Telefônica**
 - **Rede de Sinalização**
- **Justifique a utilização de cada módulo descrevendo sua função e necessidade.**

EQUIPAMENTOS DA PDH

TRIBUTÁRIOS

AGREGADO



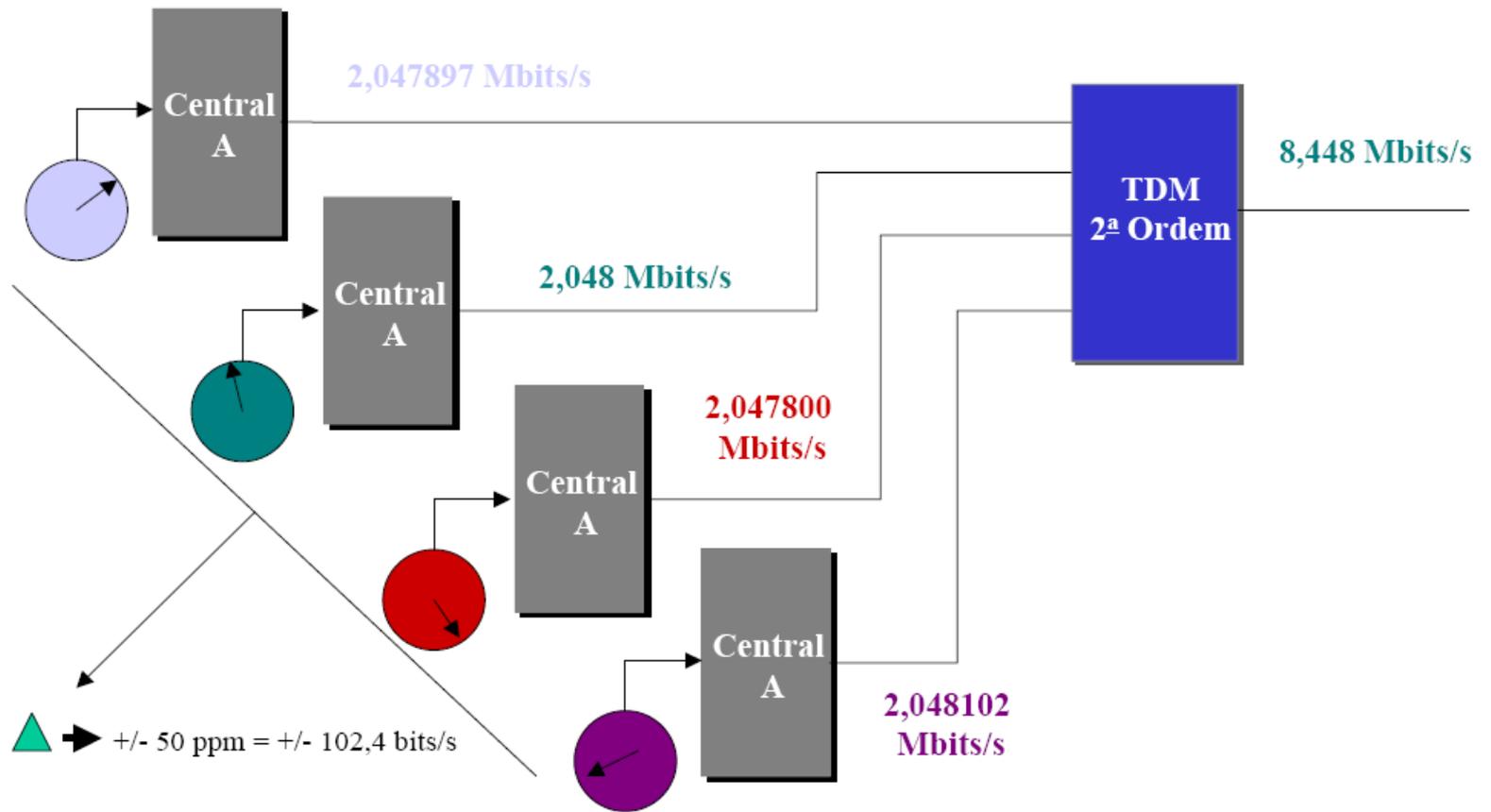
TM = TERMINAL MULTIPLEXADOR

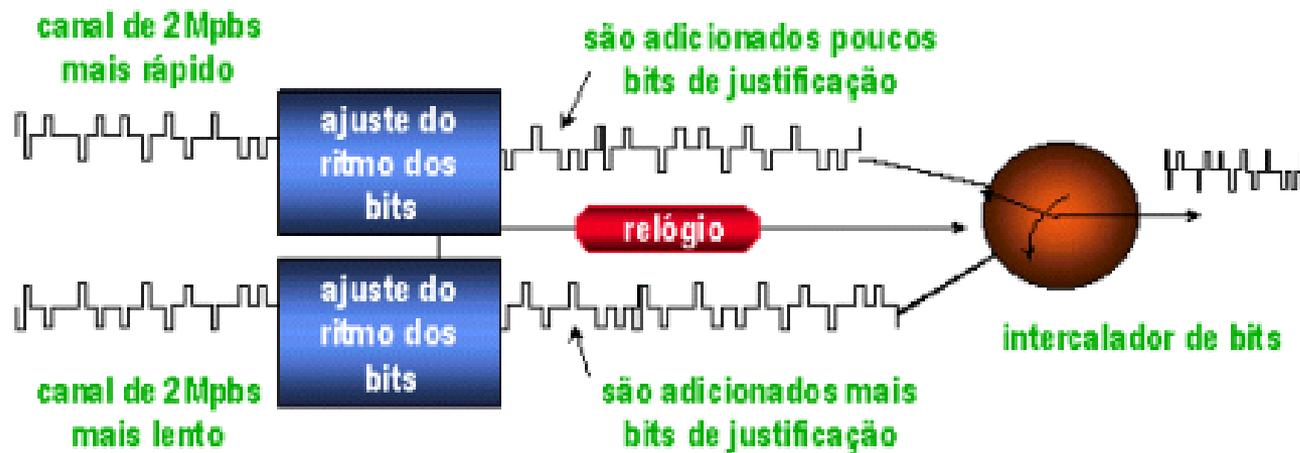
PORQUE PLESIÓCRONA?

- A PALAVRA PLESIÓCRONA VEM DO GREGO
- **PLÉSIOS** = próximo ou quase
- **KRONOS** = tempo
- **PLESIÓCRONO** = QUASE SÍNCRONO

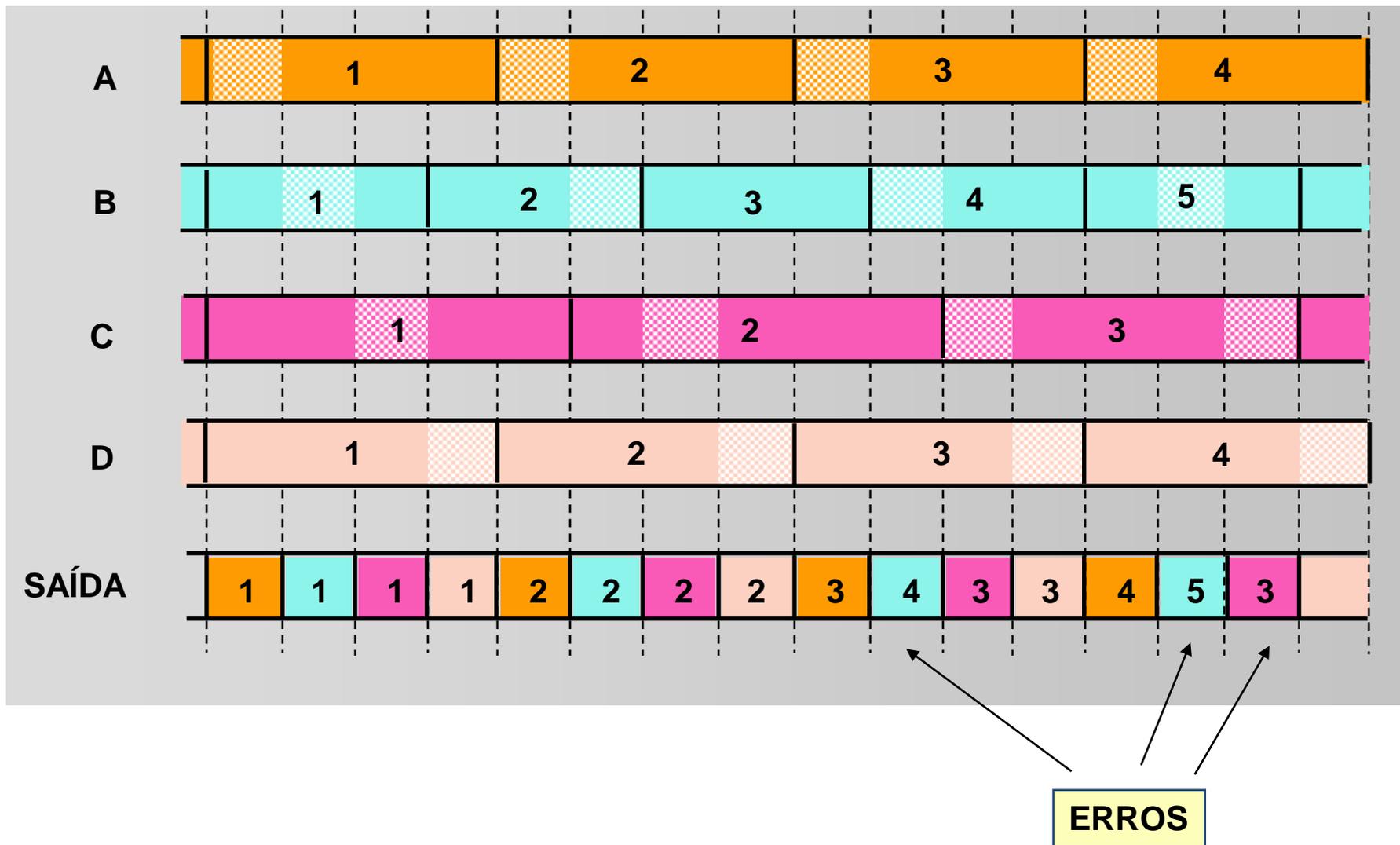
Os relógios dos equipamentos são independentes entre si.

PDH

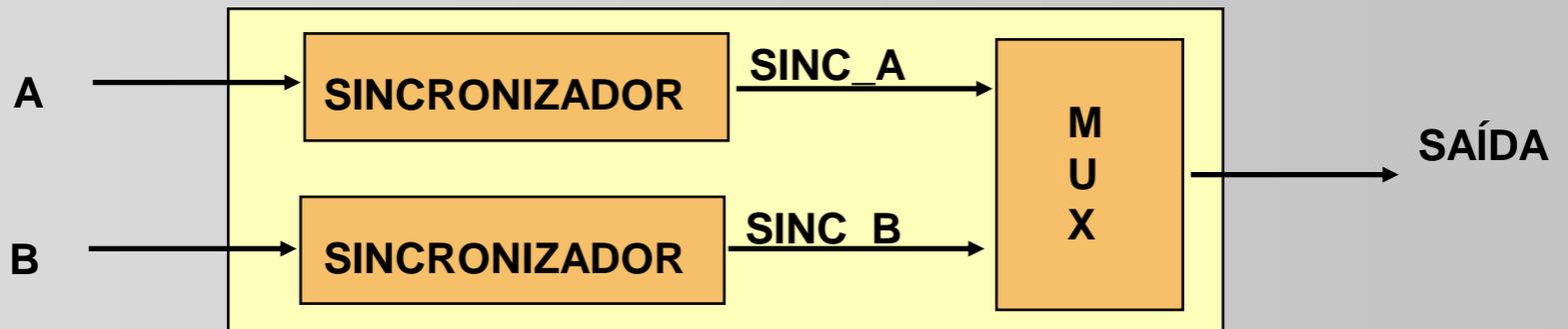




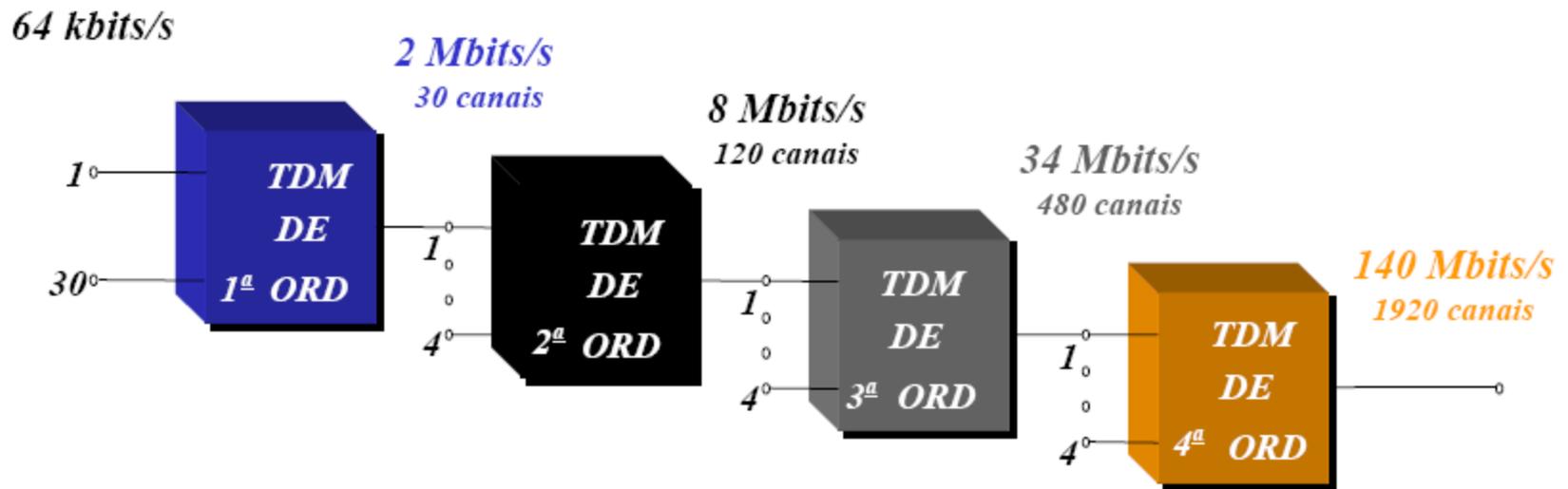
Dificuldade de Derivação e Inserção de Tributários



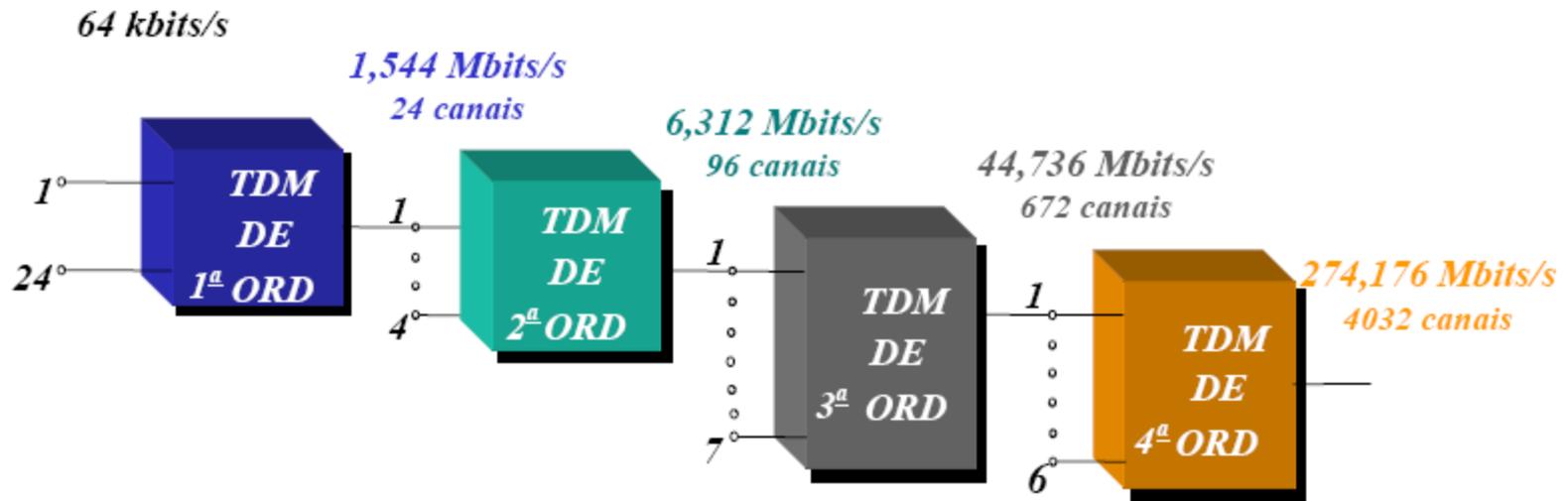
Dificuldade de Derivação e Inserção de Tributários



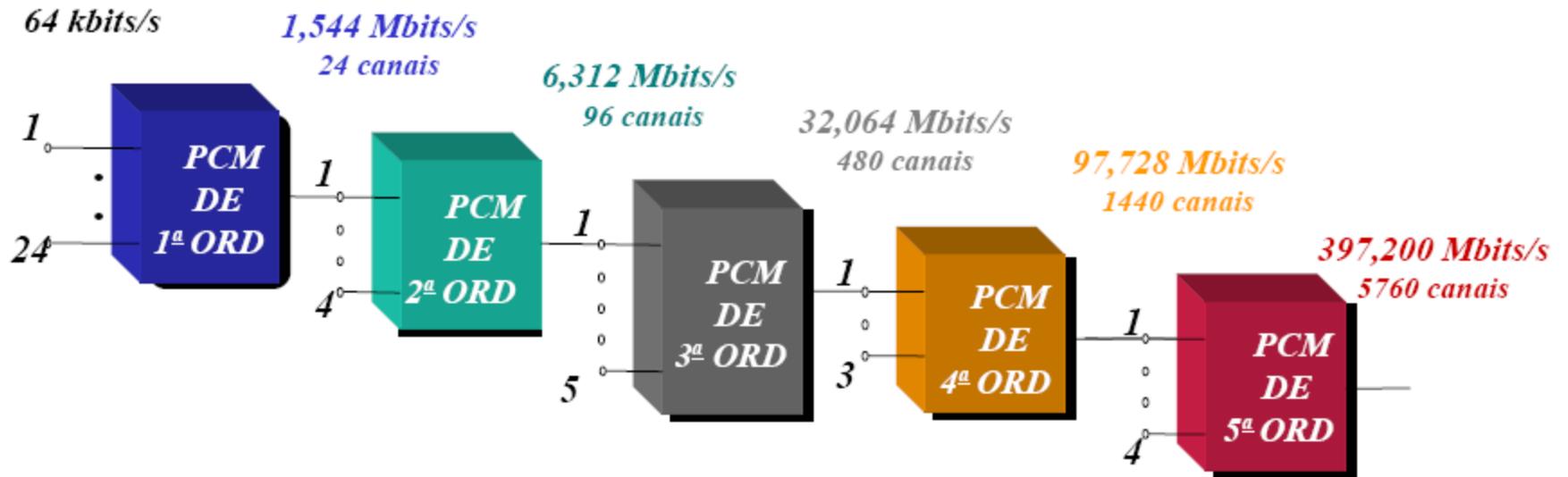
Hierarquia Digital Plesiócrons (PDH – *Plesyochronous Digital Hierarchy*)- Europa



Hierarquia PDH - Americana



Hierarquia PDH - Japonesa



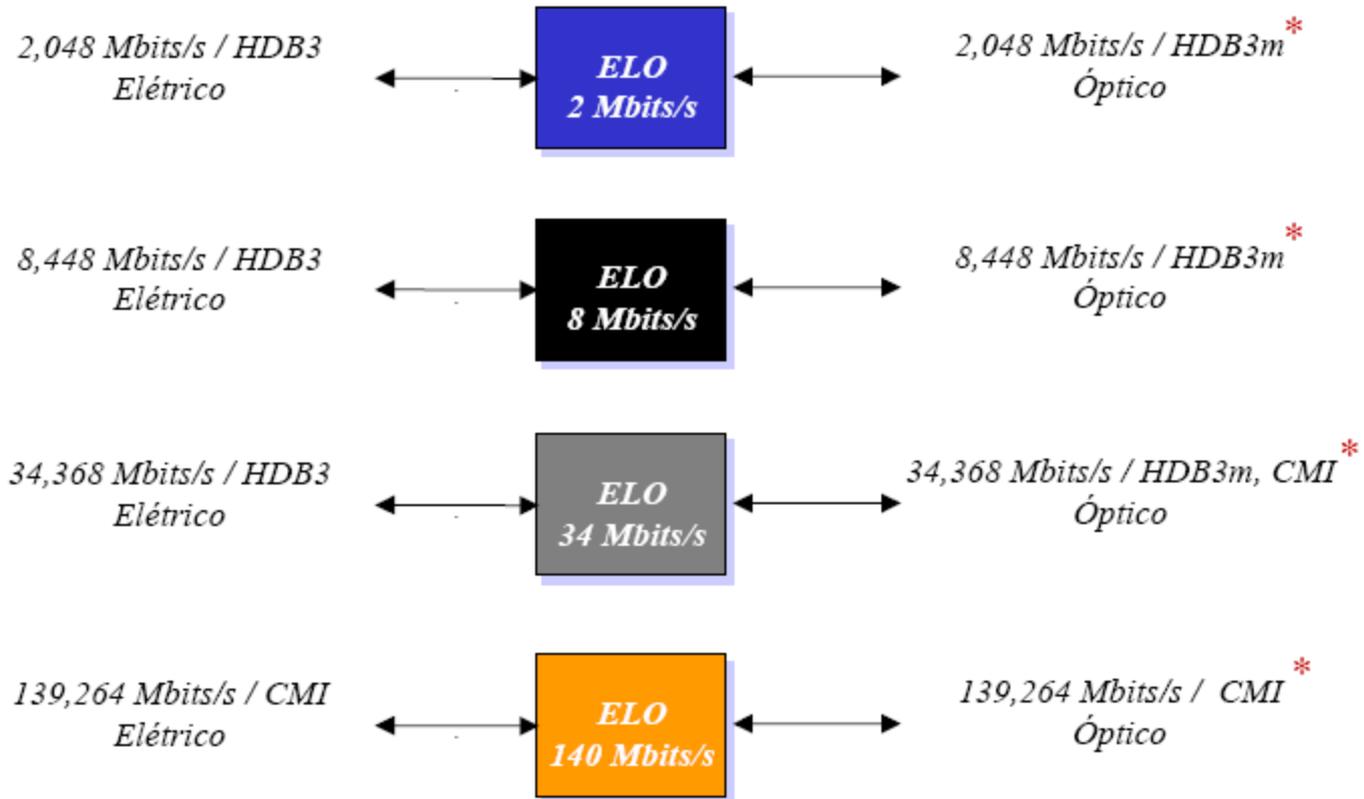
Taxas da PDH

<i>EUROPA / BRASIL</i>			<i>ESTADOS UNIDOS</i>		
Nível	Velocidade (Mbps)	Número de canais de 64 Kbps	Nível	Velocidade (Mbps)	Número de canais de 64 Kbps
E1	2,048	30	DS ø	64 kbps	1
E2	8,448	120	T1, D1	1,544	24
E3	34,368	480	T2, D2	6,312	96
E4	139,264	1920	T3, D3	44,736	672
E5	564,992	7680	T4, D4	274,176	4032

Tipos de Equipamentos PDH

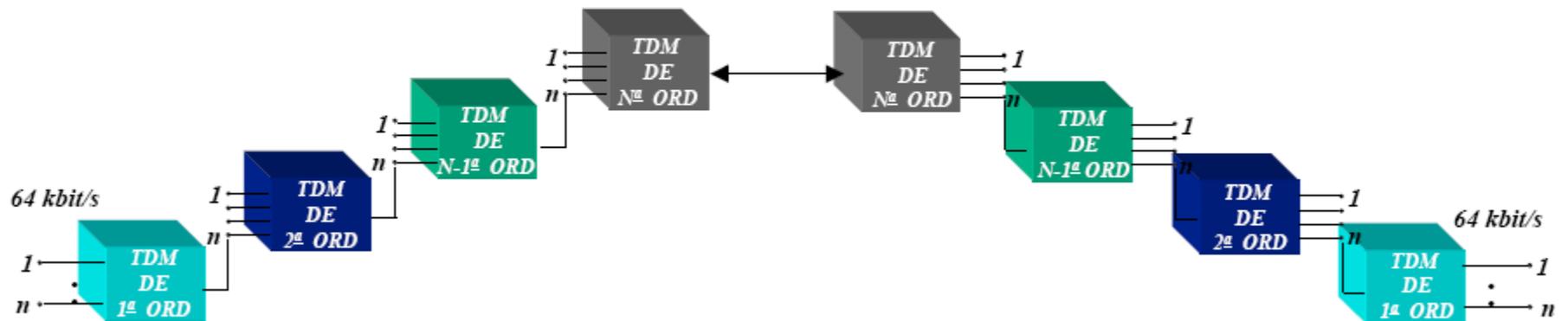


Equipamentos Ópticos



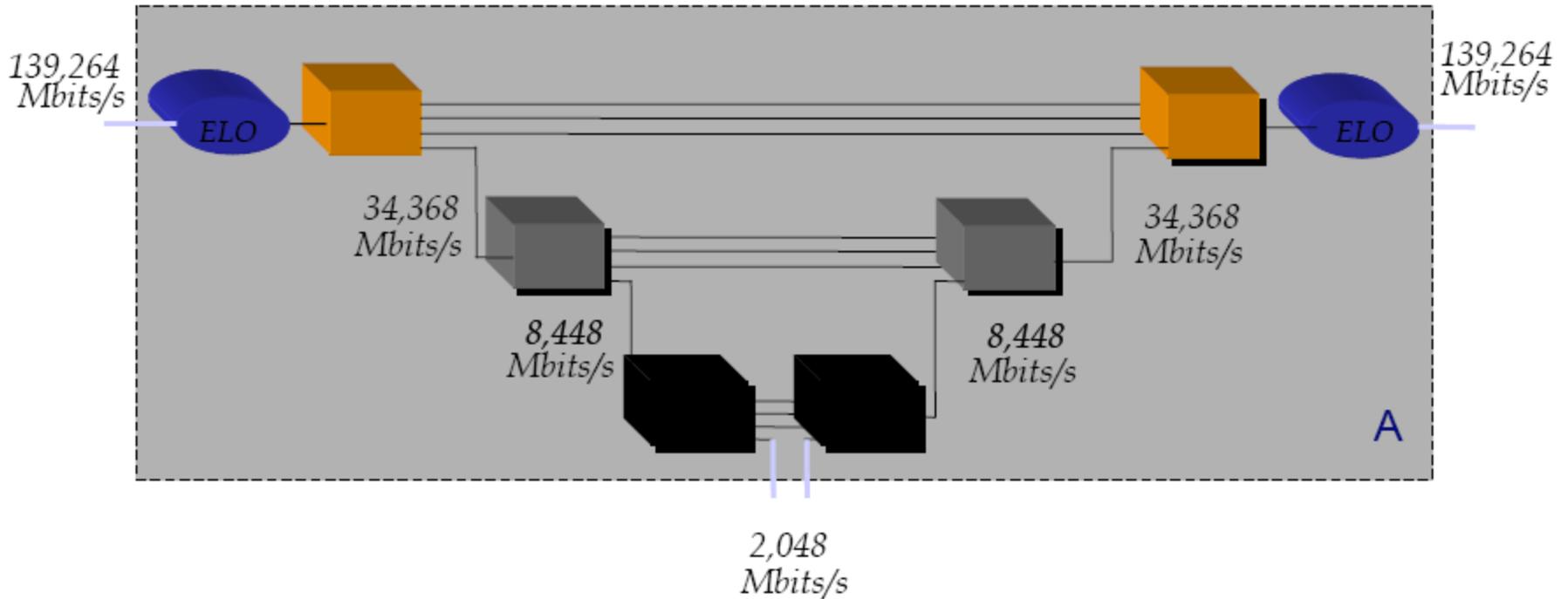
Características da PDH

◆ Rede Extremamente Hierárquica



Características da PDH

◆ Dificuldade para derivação e inserção de tributários

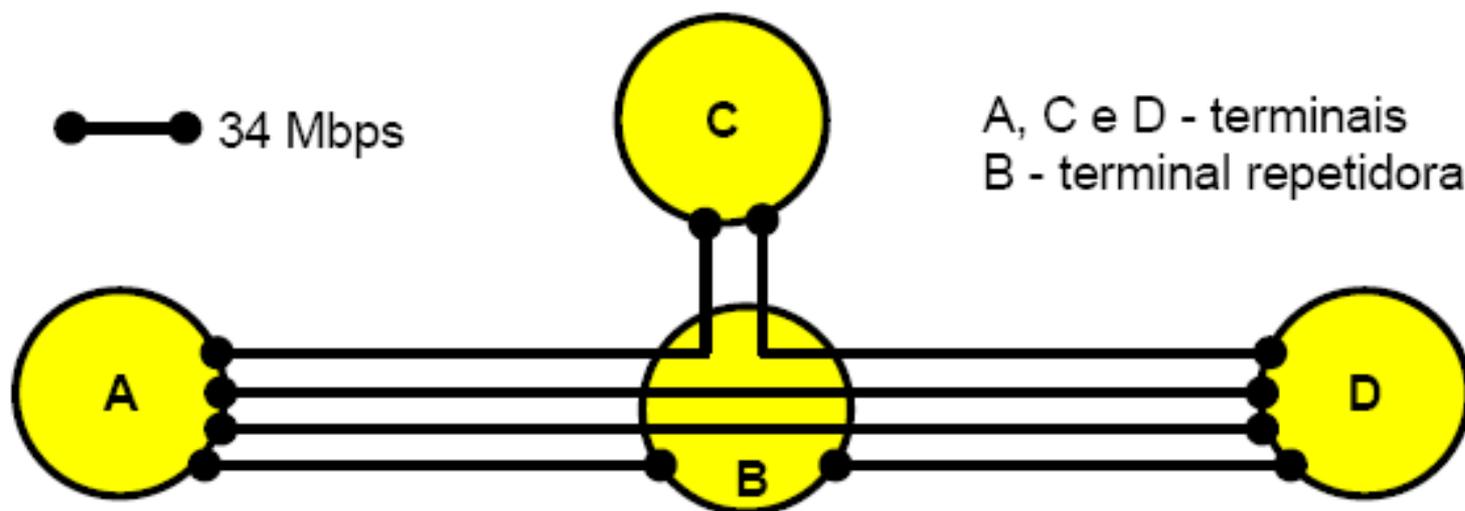


Características da PDH

- ◆ Padronização Parcial
 - ◆ 03 hierarquias diferentes
 - ◆ Apenas as interfaces elétricas digitais e estruturas de quadro dos níveis hierárquicos 2 Mbits/s, 8 Mbits/s, 34 Mbits/s e 140 Mbits/s são padronizadas.
 - ◆ As interfaces de linha óptica de qualquer nível hierárquico não são padronizadas.
 - ◆ Os recursos gerenciados e as interfaces de gerência são proprietárias.
- ◆ Gerência de Rede Limitada

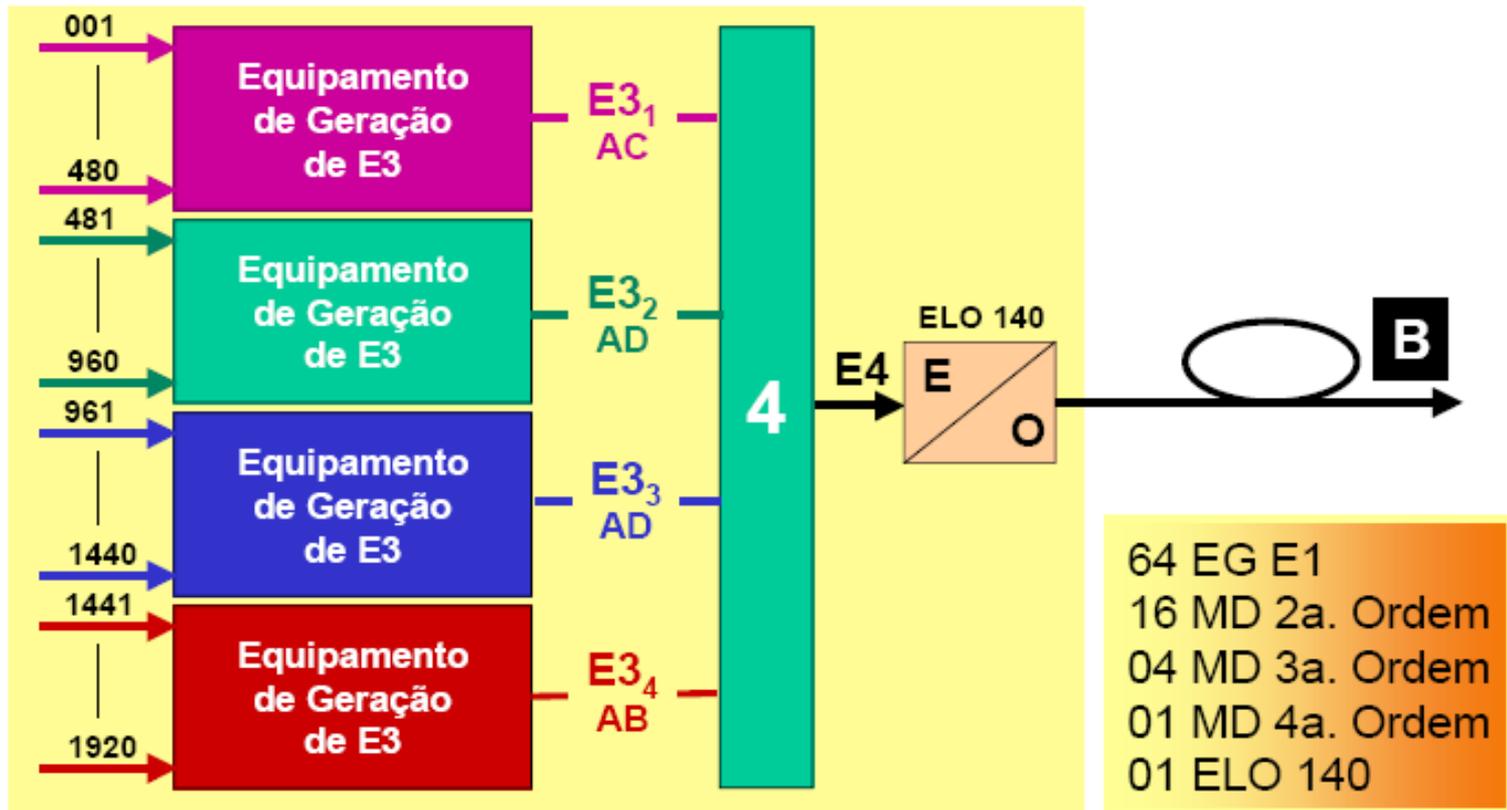
Exercício

Caracterizar, planejar, projetar e dimensionar o sistema apresentado a seguir :



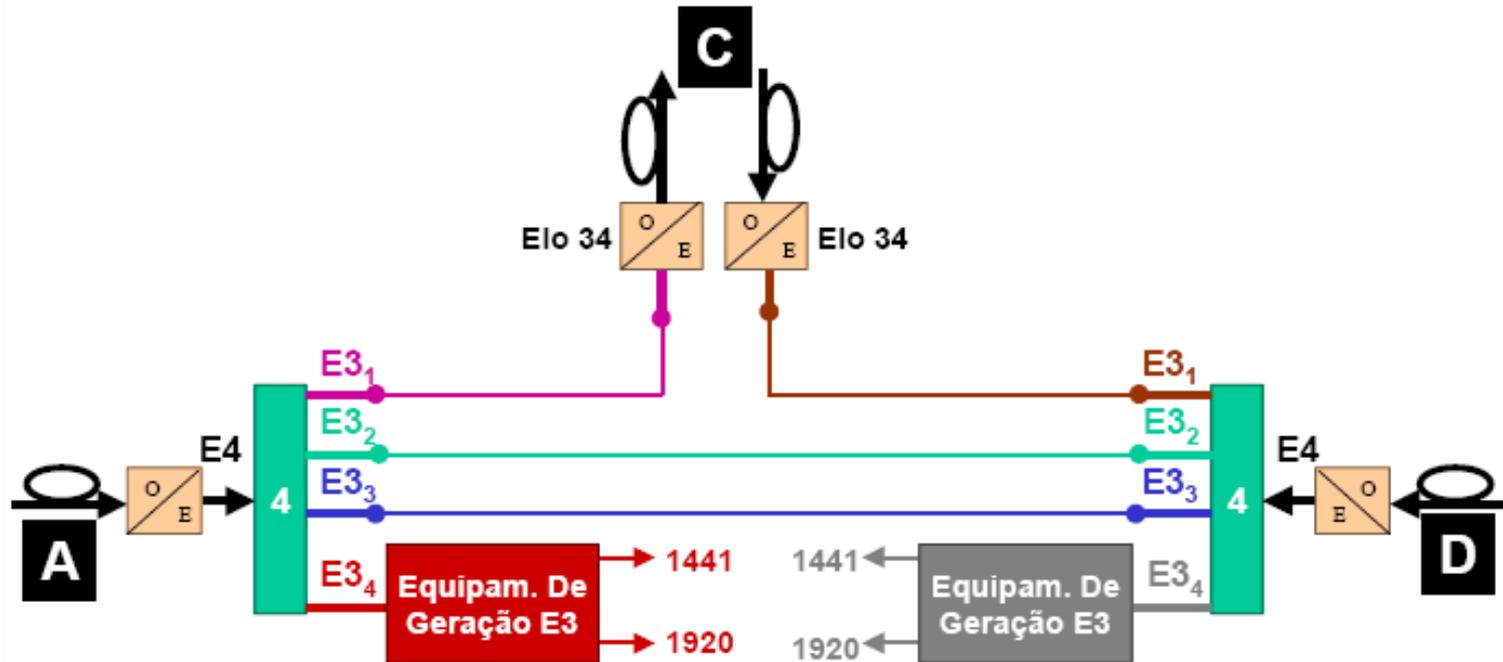
Resposta

Planejamento, Projeto e Dimensionamento da Estação A



Resposta

Planejamento, Projeto e Dimensionamento da Estação B



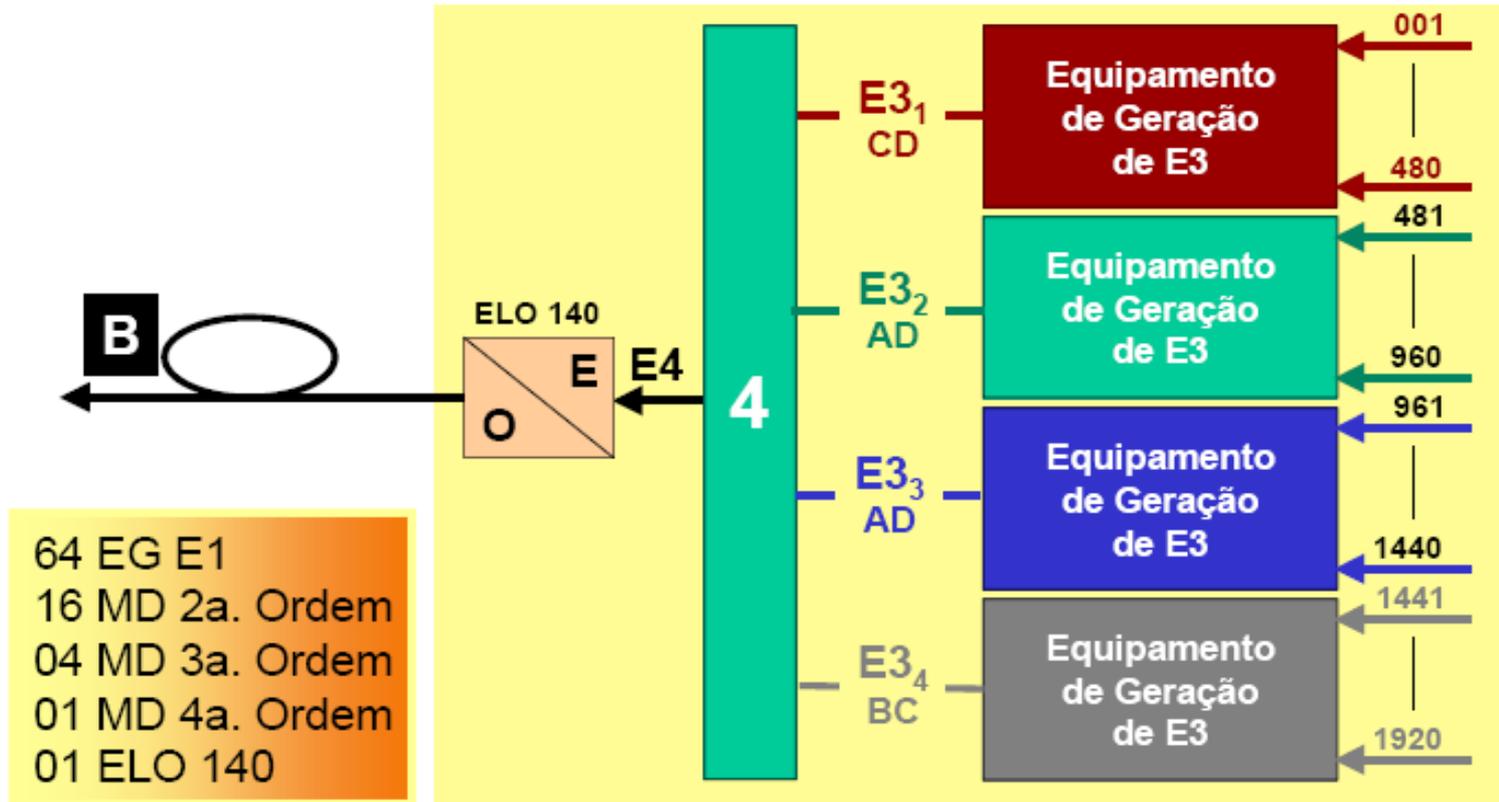
32 EG E1
01 MD 4a. Ordem

08 MD 2a. Ordem
02 ELO 140

02 MD 3a. Ordem
02 ELO34

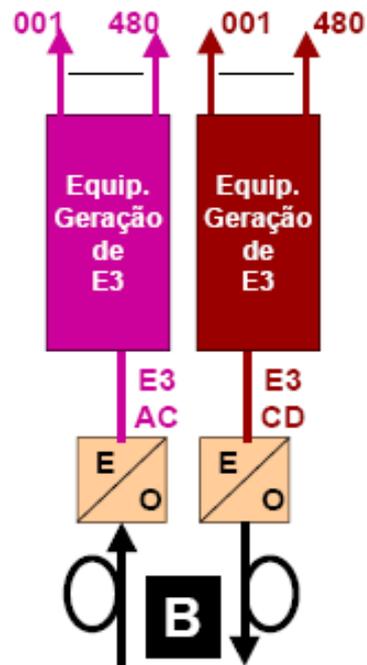
Resposta

Planejamento, Projeto e Dimensionamento da Estação D



Resposta

Planejamento, Projeto e Dimensionamento da Estação C



32 EG E1
08 MD 2a. Ordem
02 MD 3a. Ordem
02 ELO 34