

# **REDES DE TELECOMUNICAÇÕES**

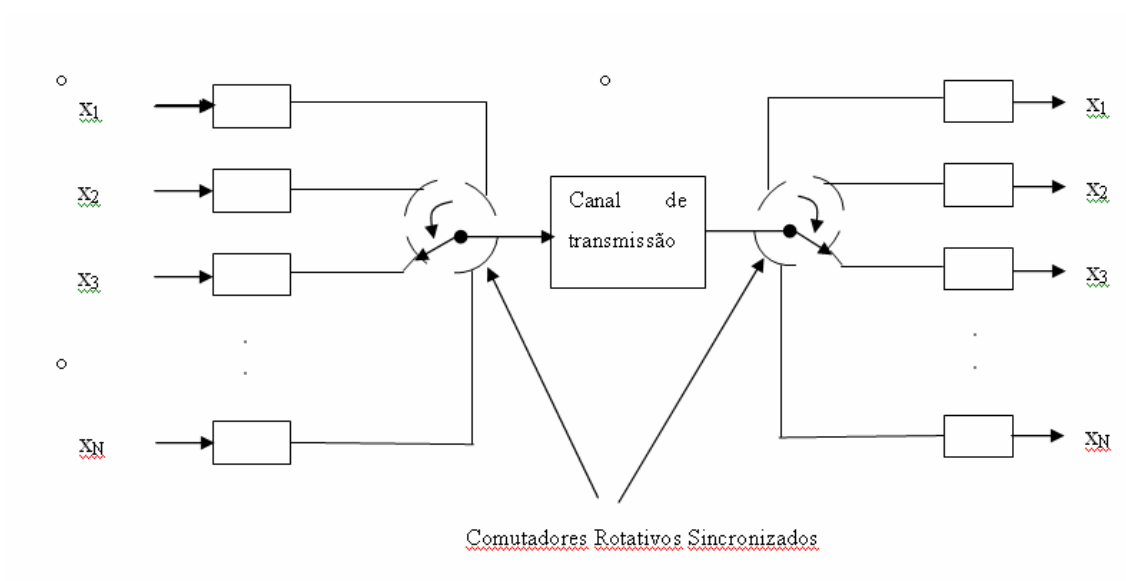
## **Capítulo 3**

*Hierarquia Digital Plesiócrons*  
*Eng<sup>a</sup> de Sistemas e Informática*  
UALG/FCT/ADEEC 2006/2007

# Index

- Princípios básicos TDM
- Hierarquia digital

# Multiplexagem no Tempo (TDM-Time Division multiplexing)



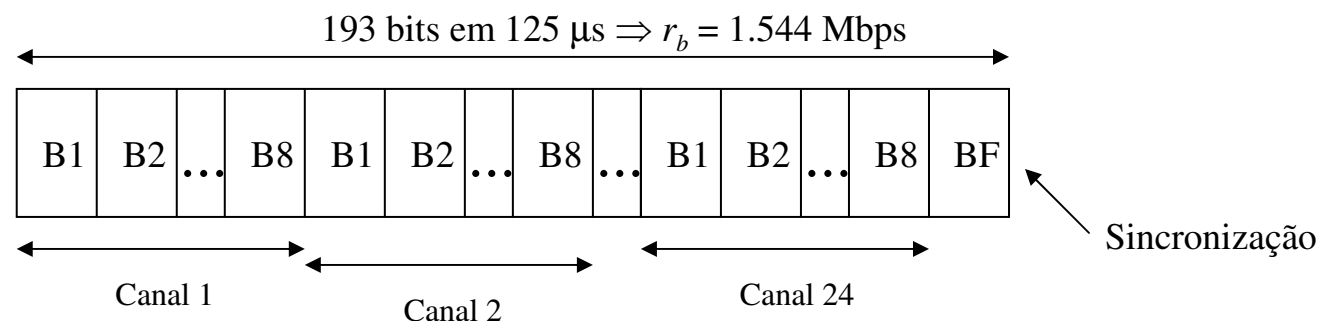
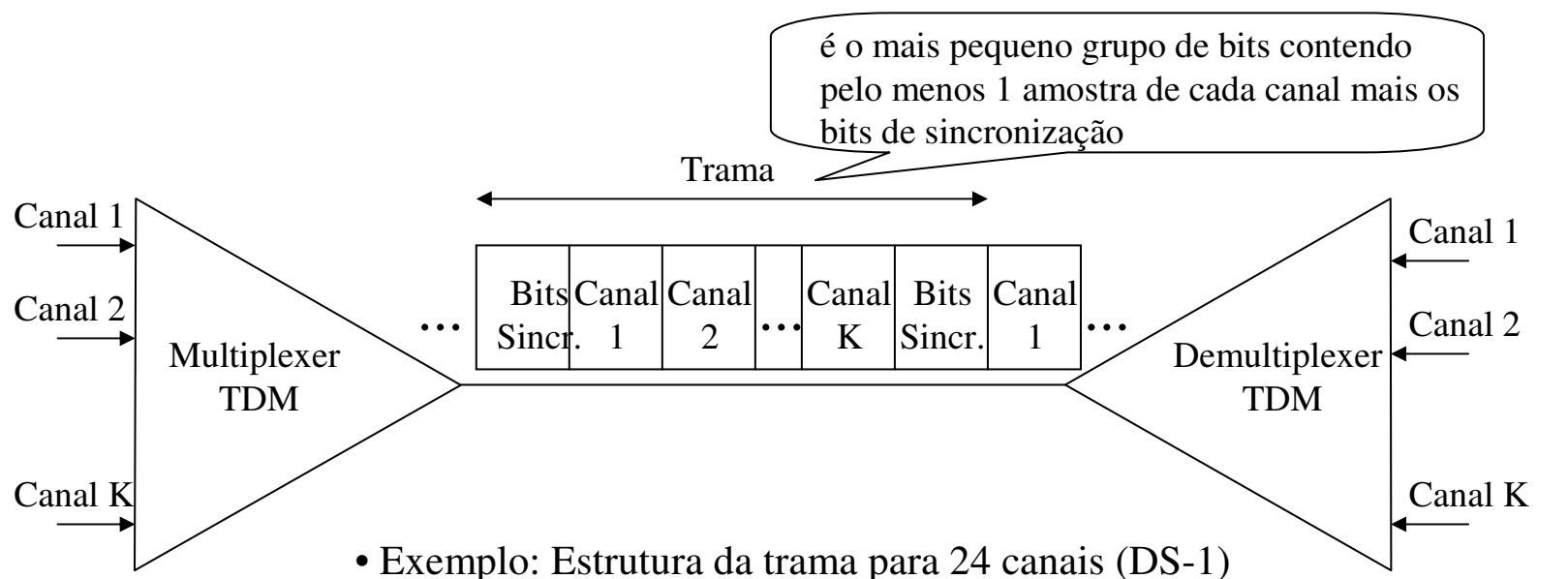
## Multiplexagem de Sinais Digitais

- A combinação de bits pode ser realizada **bit a bit**, ou então a combinação é feita com conjuntos de bits (**palavras**) provenientes de diferentes fontes.
- **Estabelecer a trama**, ou seja o menor intervalo de tempo que contém pelo menos 1 bit de cada sinal digital;
- Atribuir a cada entrada um determinado número de intervalos de bit em cada trama;
- Inserir bits de controlo e sincronismo de trama;
- Estabelecer mecanismos capazes de compensar possíveis variações das taxas de transmissão.

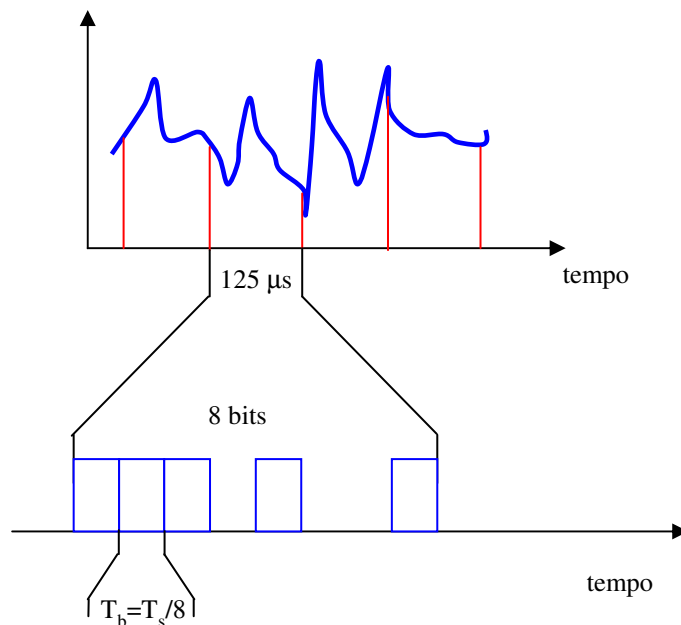
Variações da taxa de transmissão dos vários sinais de entrada do multiplexer é provavelmente um dos aspectos mais delicados em TDM, assim podemos considerar basicamente três tipos de multiplexers:

- ***Síncronos:*** quando existe um temporizador de comando (Master Clock) que governa todas as fontes, eliminando-se assim as diferenças de taxas de transmissão entre as várias fontes. Este tipo de multiplexers são muito eficientes, no entanto necessitam de esquemas elaborados para a distribuição do sinal de temporização de comando.
- ***Asíncronos:*** são utilizado para fontes digitais que operam em modo start/stop, produzem rajadas de bits com tempo variável entre rajadas. Através da utilização de buffers é possível integrar esses sinais em sistemas síncronos.
- ***Quasi-asíncronos:*** utilizados quando as taxas de transmissão das fontes são idênticas, mas sofrem ocasionalmente pequenas variações dentro de certos limites.

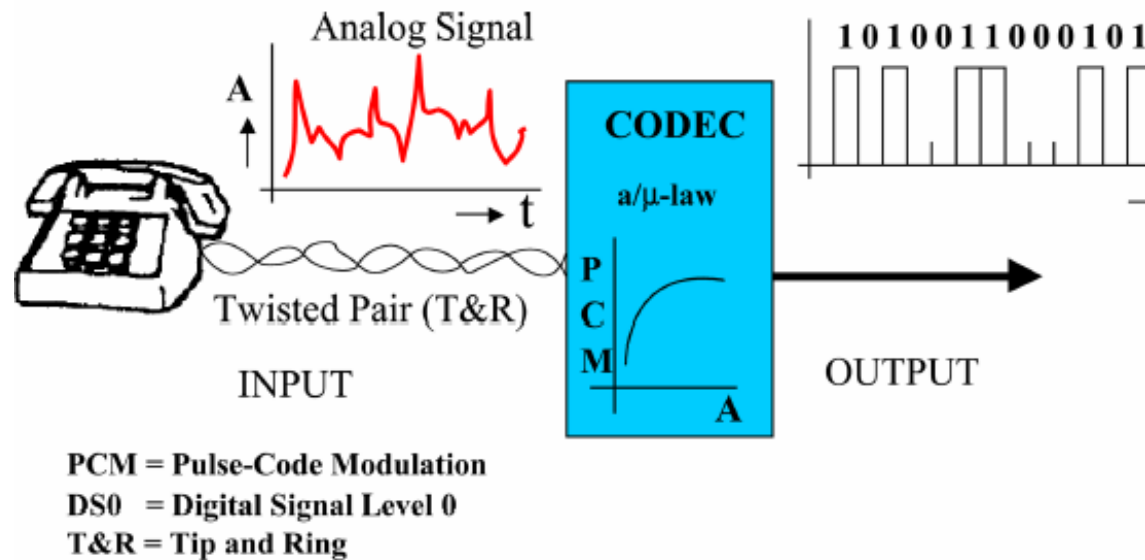
# Multiplexagem de sinais digitais no tempo (Time-Division Multiplexing, TDM)



- Para a multiplexagem de sinais de voz, a nível internacional são usados dois sistemas de multiplexagem, que têm a particularidade de serem incompatíveis entre si: **o sistema Europeu designado por CEPT1**, definido pela Conference of European Post and Telecom (CEPT) e o sistema americano designado por **DS1 (Digital Signal-1)** em ambos os sistemas a frequência de amostragem é de 8 kHz e cada amostra é codificada através de PCM com 8 bits por amostra. Depois da digitalização o débito binário é de 64 kbit/s.

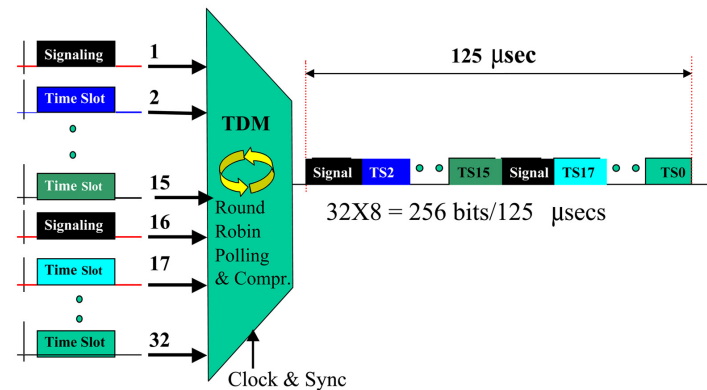


As sequências de 8 bits correspondentes a uma amostra de cada conversa, são enviadas de 125 em  $125 \mu s$ . O intervalo de tempo que é utilizado para enviar um desses conjuntos de 8 bits designa-se por fatia de tempo ou mais usualmente o termo inglês *timeslot*. Ao conjunto de *timeslots* que ocorrem durante os  $125 \mu s$  dá-se o nome de trama em inglês *frame*.



- Na rede telefónica tradicional, o telefone converte o sinal de voz (acústico) num sinal eléctrico analógico que é transmitido através de um par de fios para um sistema de comunicação onde um CODEC (codificador/descodificador) o transforma num sinal digital.

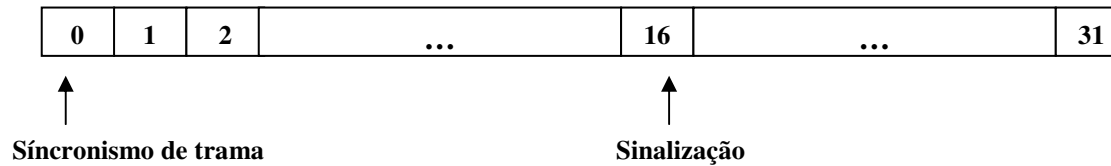




$$r_b = 32 * 64 \text{ kb/s} = 2.048 \text{ Mb/s}$$

- A interface utilizador-rede (UNI – User-to-Network Interface) é a interface onde o sinal do assinante de 64 kbit/s encontra a rede. À UNI chegam sinais de vários utilizadores, estes sinais são então multiplexados byte a byte sequencialmente, e a taxa de transmissão do agregado à saída do multiplexer é actualizada, o importante é que os bits correspondentes a cada amostra de um determinado sinal apareçam de 125 μs em 125 μs,

# Trama CEPT1



A trama é dividida em 32 *time slots*, cada um com 8 bits;

A taxa de transmissão é de  $8 \times 8 \times 32 \text{ kbit/s} = 2.048 \text{ Mbit/s}$ ;

O *time slot* 0, das tramas ímpares, é destinado ao padrão de enquadramento de trama (PET);

Os *time slots* de 1-15 e de 17-31 são destinados a canais de voz;

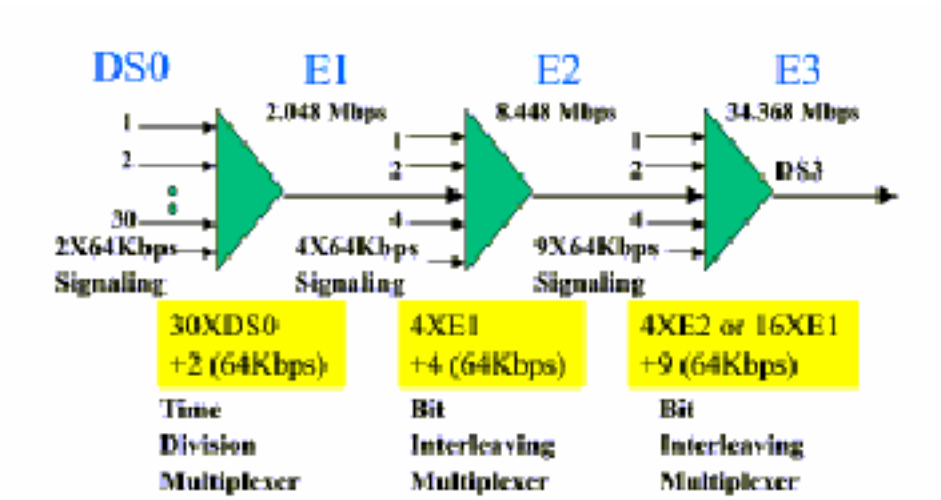
O *time slot* 16 é destinado para sinalização dos canais de voz;

A sinalização de cada canal é transmitida utilizando 4 bits, são transmitidos assim a sinalização de 2 canais por trama, sendo necessárias 15 tramas para se transmitir sinalização respeitante aos 30 canais de cada trama. A essas tramas é adicionada uma outra de modo a formar-se uma *multitrama*, constituída por 16 tramas.

O padrão de enquadramento da multitrama situa-se no time slot 16 de décima-sexta trama.

Cada canal tem a sua disposição para a sinalização de 4 bits de 2 em 2 ms (16x125  $\mu\text{s}$ )

*Hierarquia digital plesiócrons, (PDH, plesiochronous digital hierarchy).*



## *Estrutura da trama da 2ª hierarquia (E2)*

F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	F <sub>0</sub>	X	Y	I <sub>13</sub>	.....	I <sub>212</sub>
C <sub>11</sub>	C <sub>21</sub>	C <sub>31</sub>	C <sub>41</sub>	I <sub>5</sub>		.....								I <sub>212</sub>
C <sub>12</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>32</sub>	C <sub>42</sub>	I <sub>5</sub>		.....								I <sub>212</sub>
C <sub>13</sub>	C <sub>23</sub>	C <sub>33</sub>	C <sub>43</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	I <sub>9</sub>	.....					I <sub>212</sub>

- Constituída por 848 bits
- 4 sectores (sub-tramas) S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> (cada um com 212 bits)
- Repartição dos bits no sector S<sub>1</sub>
  - Os 10 primeiros bits constituem o padrão de enquadramento (PET) (1111010000)
  - Os 2 bits seguintes (X e Y) são bits de reserva
  - Os 200 bits seguintes são usados para transmissão da informação (50 grupos, de 4 bits cada, 1 bit por tributário)
- Repartição dos bits nos sectores S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>
  - Cada sector contém 212 bits fraccionados em 53 grupos de 4 bits cada.
  - O 1º grupo de cada sector corresponde aos bits de indicação de justificação, sendo cada bit do grupo alocado a um tributário.
  - Os bits de justificação são colocados (quando necessário) no 1º grupo de informação do sector S<sub>4</sub>

	AT &T		CCIT	
	Nº de canais de entrada	Taxa de transmissão à saída (Mbit/s)	Nº de canais De entrada	Taxa de transmissão à saída (Mbit/s)
1º nível	24	1,544	30	2,048
2º	4	6,312	4	8,448
3º	7	44,736	4	34,368
4º	6	274,176	4	139,264

# Sincronização dos elementos da rede

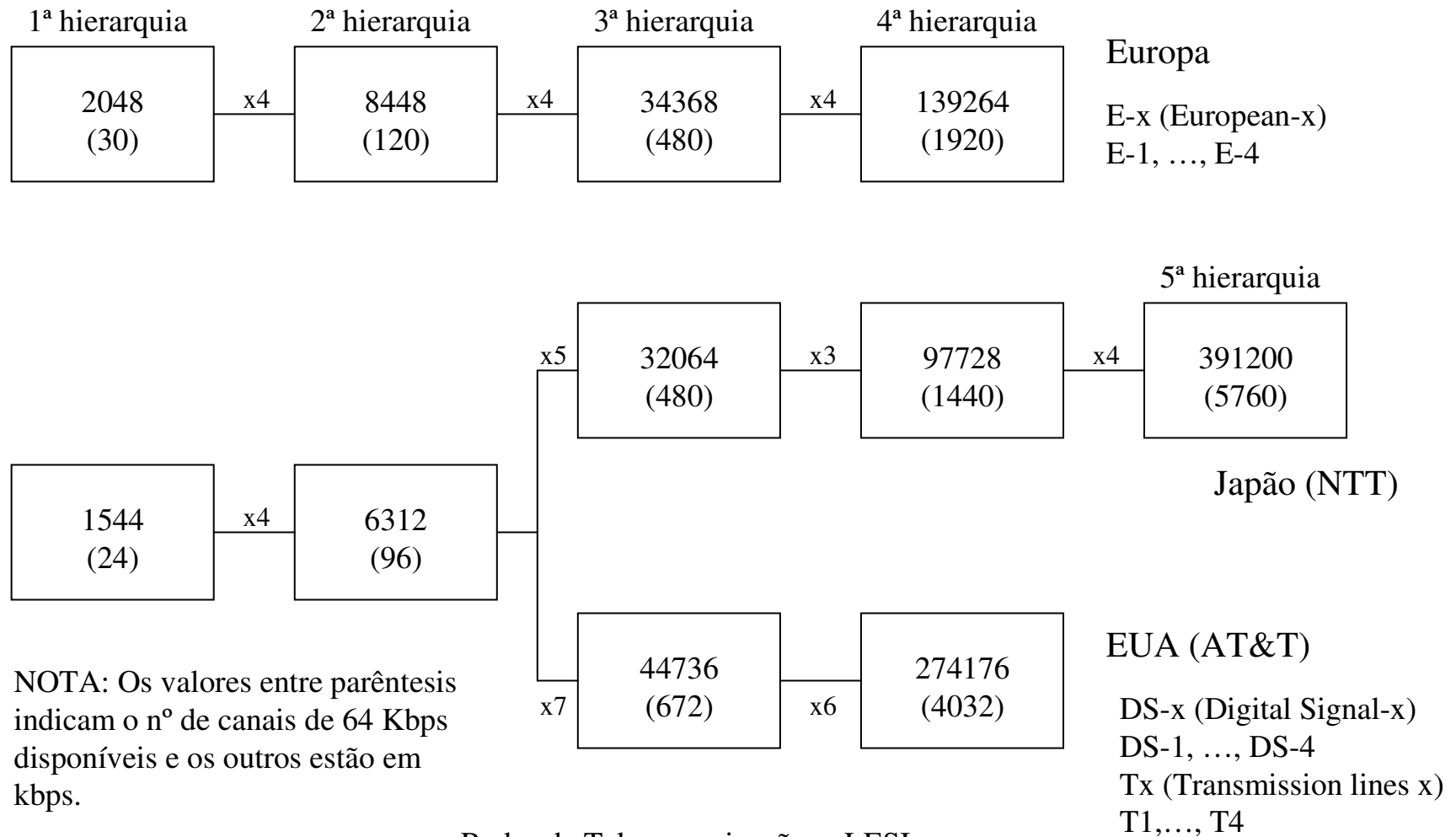
Os geradores de sinais de temporização reais são concebidos para operarem a uma determinada frequência nominal ( $f_0$ ). Na prática, contudo, devido a limitações físicas o gerador opera a uma frequência real ( $f_r$ ), que se pode afastar mais ou menos da frequência nominal. O parâmetro que contabiliza o desvio da frequência real de um relógio relativamente à sua frequência nominal designa-se por **precisão do gerador** e é definido por:

$$\text{Precisão} = \frac{|f_r - f_0|}{f_0}$$

- Precisão expressa usualmente em p.p.m (partes por milhão).
- Tendo em conta a precisão, define-se usualmente uma hierarquia com quatro níveis (*stratum*), com os relógios com precisão mais elevada (relógios atómicos) pertencendo ao *stratum* 1.

Nível	<i>Stratum</i> 1	<i>Stratum</i> 2	<i>Stratum</i> 3	<i>Stratum</i> 4
Precisão	$1 \times 10^{-11}$	$1.6 \times 10^{-8}$	$4.6 \times 10^{-6}$	$3.2 \times 10^{-5}$

# *Multiplexagem de canais PCM e hierarquias adotadas pelo ITU-T*



Continua no SDH