

Redes sem fio - Multiplexação

OIRC - Interconexão de redes de computadores

Prof. Dr. Ricardo José Pfitscher

ricardo.pfitscher@gmail.com

Forouzan, A. Behrouz.

Data communications & networking (sie).

Tata McGraw-Hill Education, 2007.



Cronograma

- Aula anterior
- Multiplexação

Aula anterior

- Estudamos técnicas de modulação e codificação de sinais
 - Transmissão digital (NRZ, NRZI, NRZL, MANCHESTER, MANDIF)
 - Modulação analógica (AM, FM)
 - Modulação digital (ASK, FSK, PSK, QAM)
 - Conversão informação analógica em digital (PCM)

Multiplexação

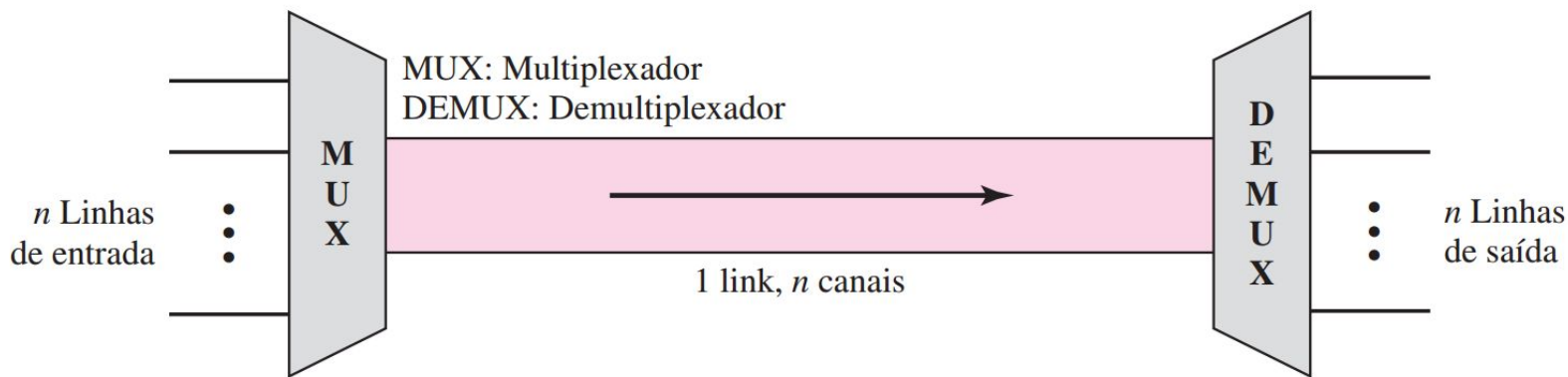
- Aproveitar de forma mais eficiente um canal de comunicação disponível
 - Múltiplos usuários querem utilizar o canal de comunicação, como organizar?
- **Multiplexação → Compartilhamento da largura de banda por**

Definição:

Multiplexação é o conjunto de técnicas que permite a transmissão *simultânea* de vários sinais por meio de um único link de dados.

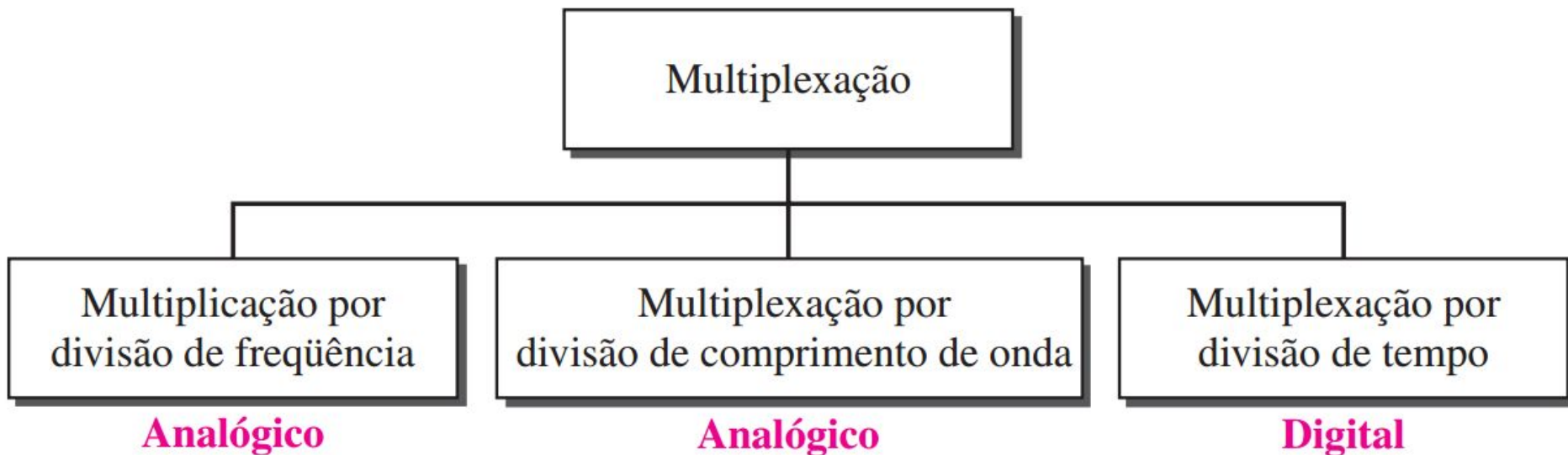
Multiplexação

- Os meios físicos de transmissão possuem ampla largura de banda (fibra, satélite, circuitos de microondas)
 - Acima da necessidade de transmissão típica de sinais
 - Podemos dividir a banda do link para transmissão de múltiplos sinais *simultaneamente*



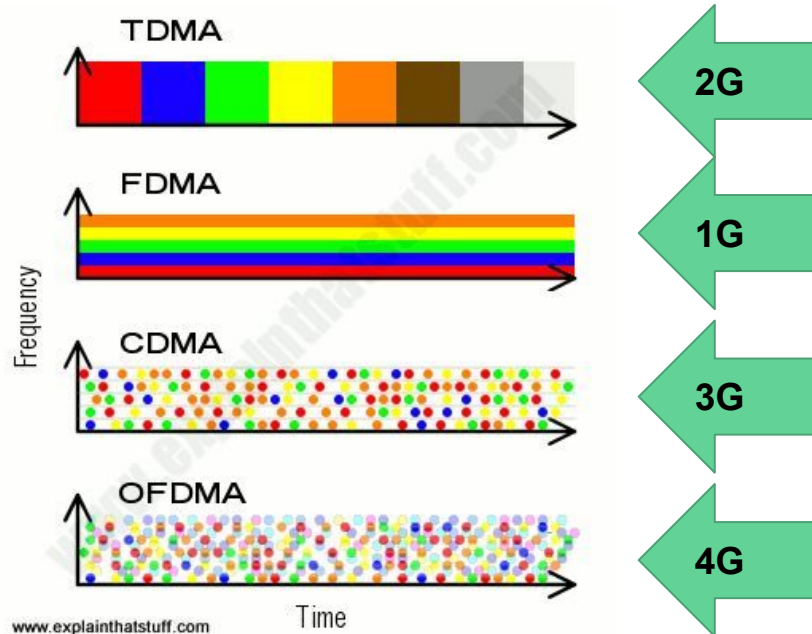
Multiplexação

- Três técnicas básicas:
 - FDM, WDM, TDM



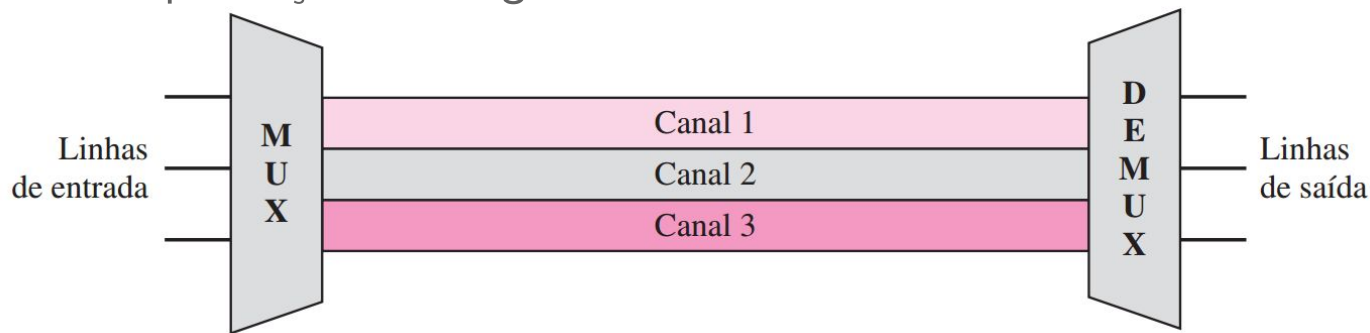
Multiplexação vs Acesso Múltiplo

- As técnicas de acesso múltiplo derivam das técnicas de multiplexação



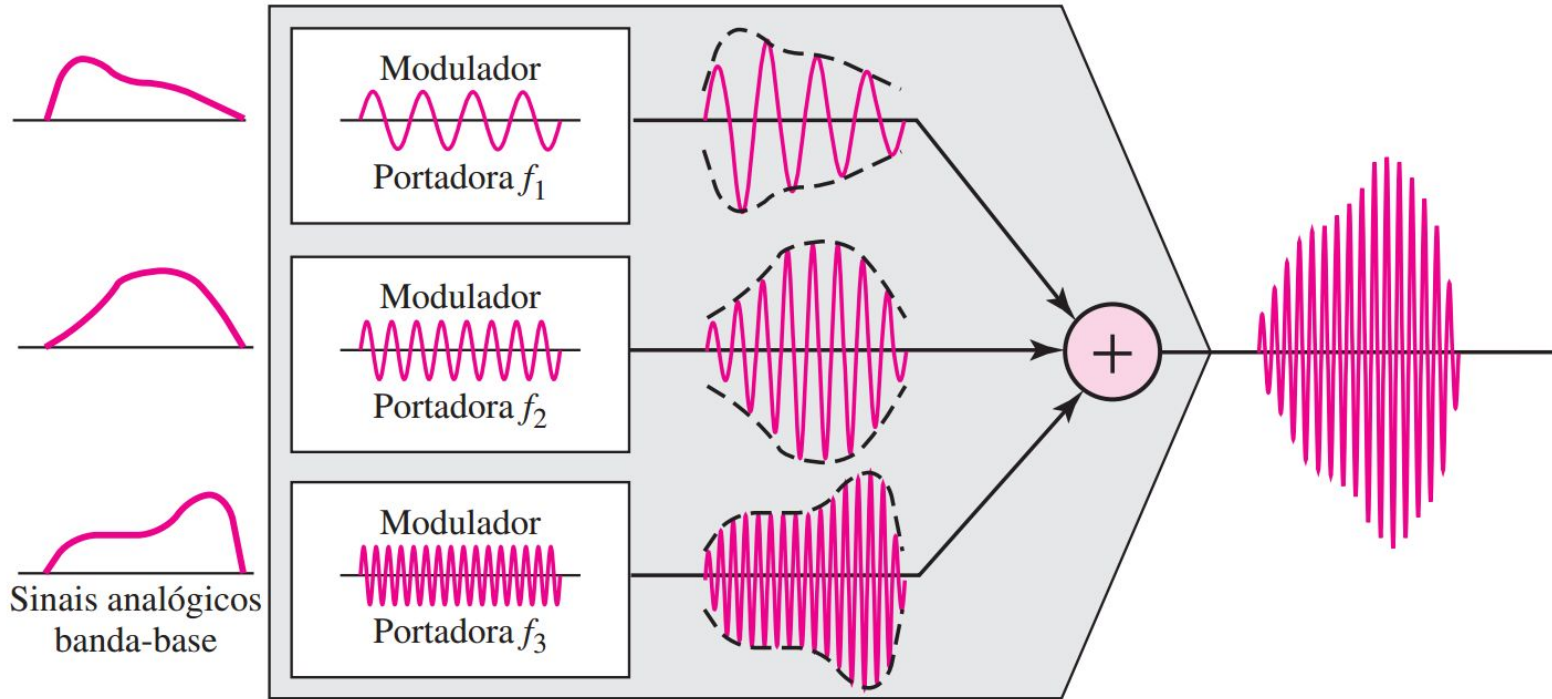
Multiplexação - FDM

- Frequency Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de frequência
 - Largura de banda do link > largura de banda do conjunto de sinais
 - Sinais gerados são modulados em portadoras de frequências diferentes
 - Os sinais são combinados em um sinal composto
 - Multiplexação analógica



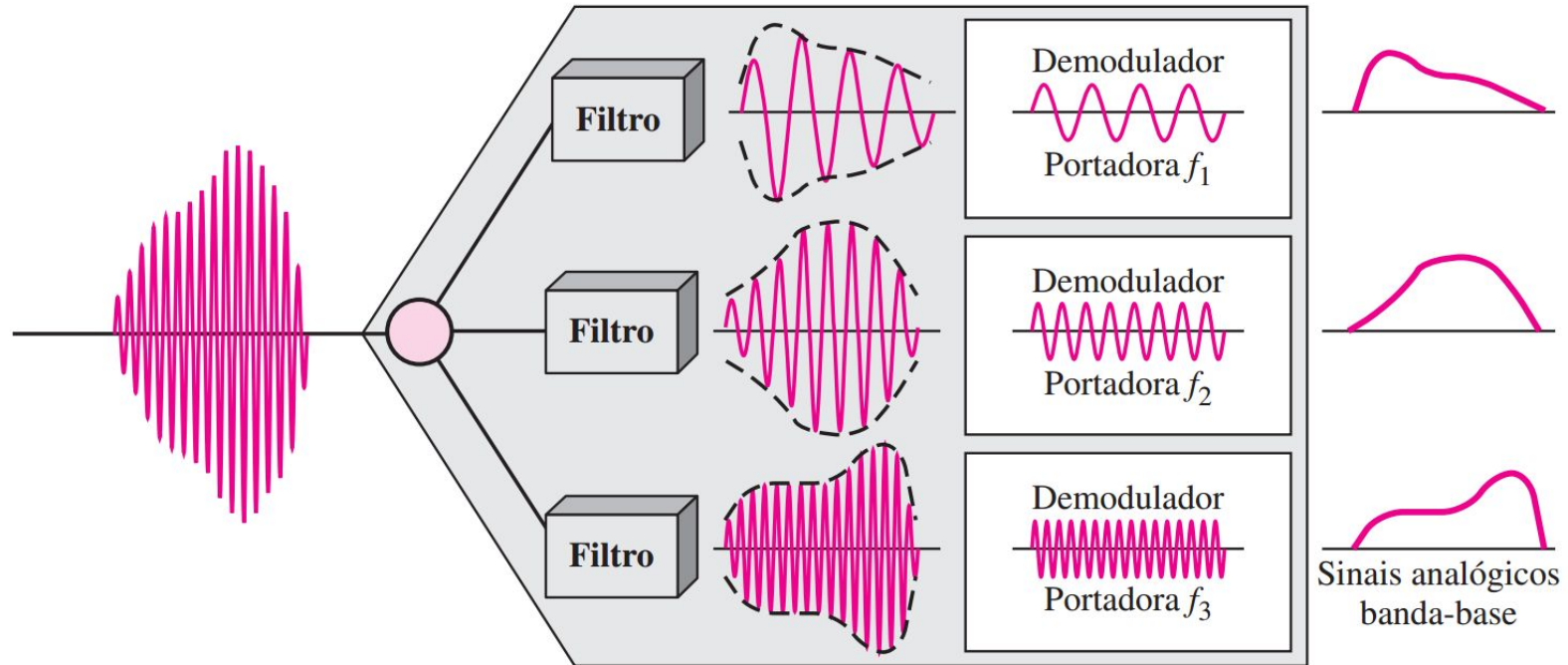
Multiplexação - FDM

- Processo de funcionamento - multiplexando



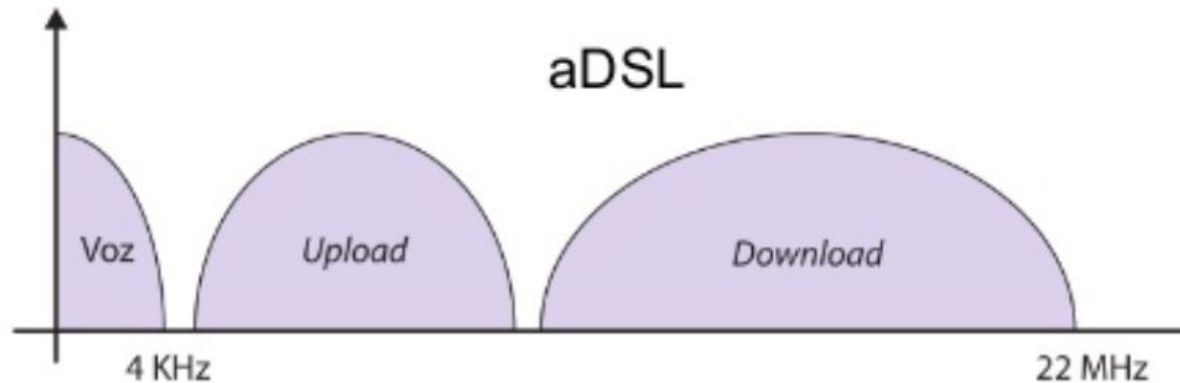
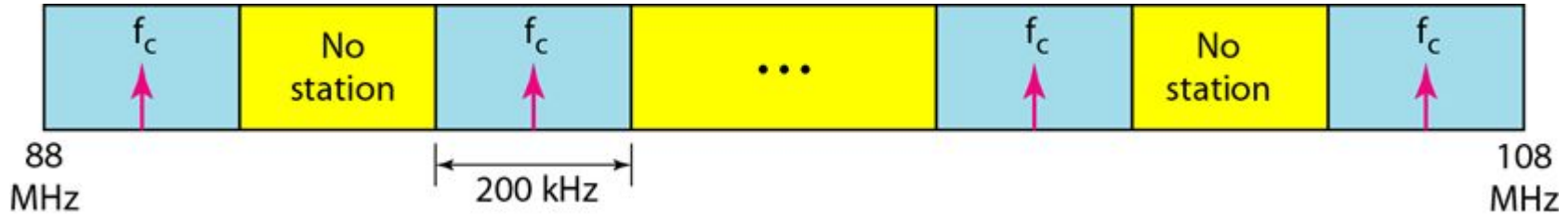
Multiplexação - FDM

- Processo de funcionamento - demultiplexando



Multiplexação - FDM

- Exemplos: FM e aDSL

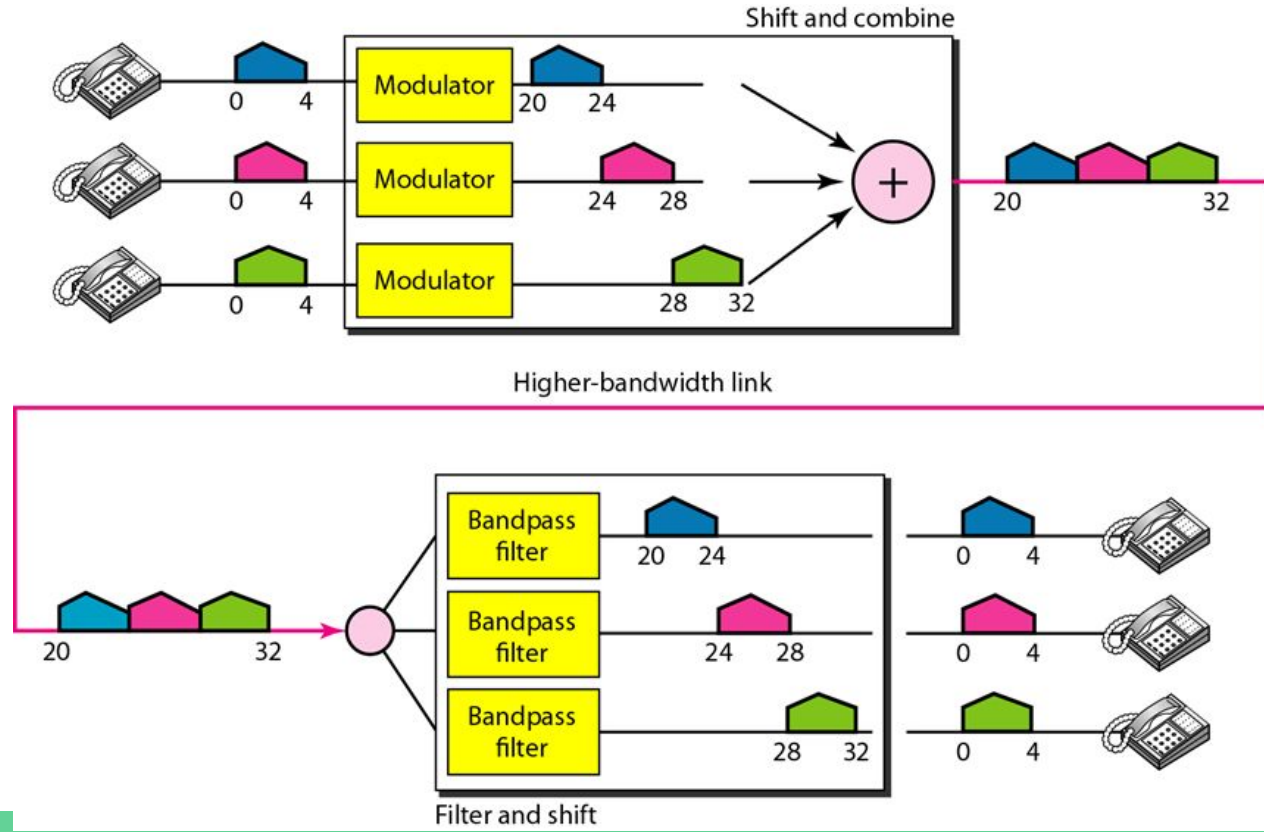


Filtros são utilizados para separar os dados de interesse!

Bandas de proteção são utilizadas para evitar interferência

Multiplexação - FDM

Exemplo: Quero transmitir três canais de voz através de um link com largura de banda de 12KHz (20 - 32KHz). Como podem ser multiplexados estes canais?



Multiplexação - FDM

Exemplo: Quero transmitir quatro canais de dados (digitais) a uma taxa de 1Mbps, utilizando um link de 1MHz. Como isto pode ser feito com FDM?

Multiplexação - FDM

Exemplo: Quero transmitir quatro canais de dados (digitais) a uma taxa de 1Mbps, utilizando um link de 1MHz. Como isto pode ser feito com FDM?

- Podemos dividir a transmissão via satélite em 4 canais (desconsiderando uma banda de proteção):
 - 0-250KHz, 250-500KHz, 500-750KHz e 750-1000KHz

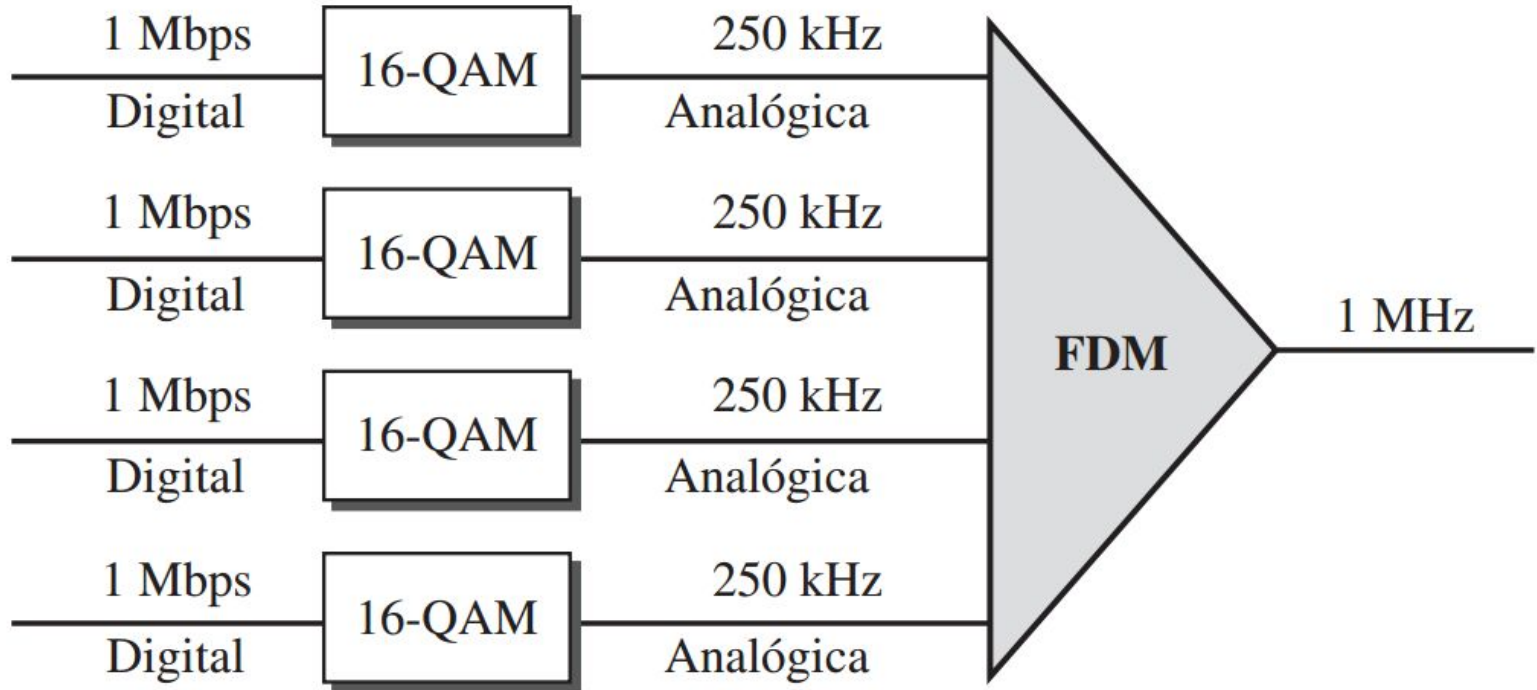
Como transmitir dados digitais através de ondas analógicas?

Multiplexação - FDM

Exemplo: Quero transmitir quatro canais de dados (digitais) a uma taxa de 1Mbps, utilizando um link de 1MHz. Como isto pode ser feito com FDM?

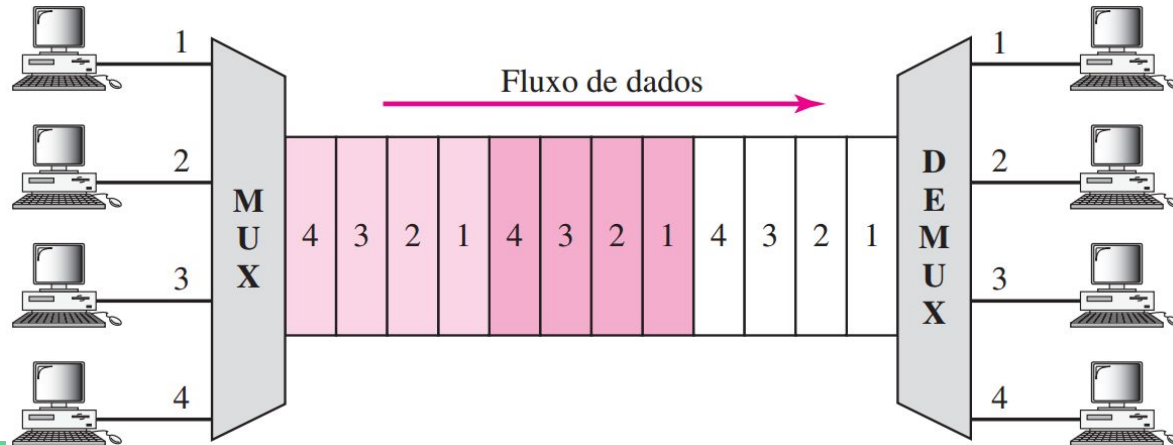
- Podemos dividir a transmissão via satélite em 4 canais (desconsiderando uma banda de proteção):
 - 0-250KHz, 250-500KHz, 500-750KHz e 750-1000KHz
- Sim! Podemos utilizar as técnicas de modulação. Qual?
 - $C = 1\text{Mbps}$, Nyquist: $C = 2B \times \log_2 L$
 - $1\text{ Mbps} = 2 \times 250 \times \log_2 L \rightarrow \log_2 L = 2 \rightarrow L = 4$, ou 2 bits por elemento de sinal
 - 4-QAM: 2 bits por elemento de sinal

Multiplexação - FDM



Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - Múltiplas conexões compartilham um link de maior largura de banda
 - Ao invés de compartilhar parte da largura de banda, cada conexão utiliza uma fatia do tempo para transmitir
 - Multiplexação digital

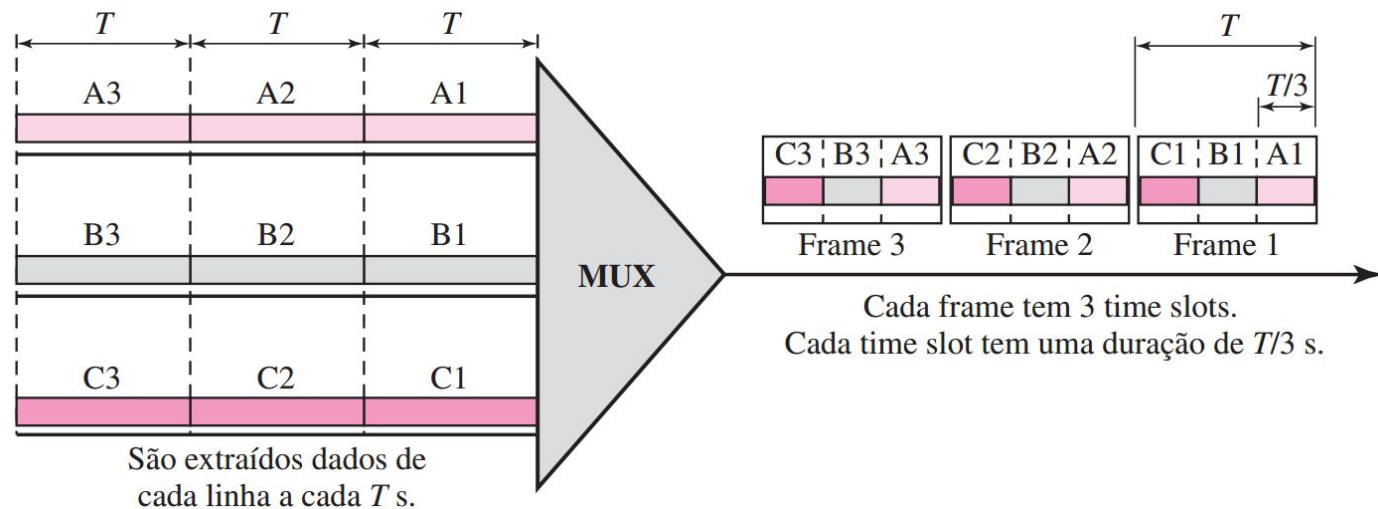


Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - Pode ser síncrono ou estatístico
 - TDM síncrono: cada conexão tem sua fatia de tempo para preencher (querendo ou não)
 - TDM estatístico (assíncrono): um identificador é utilizado para referenciar de quem é o bit → overhead
 - Cabeçalho de identificação do canal

Multiplexação - TDM

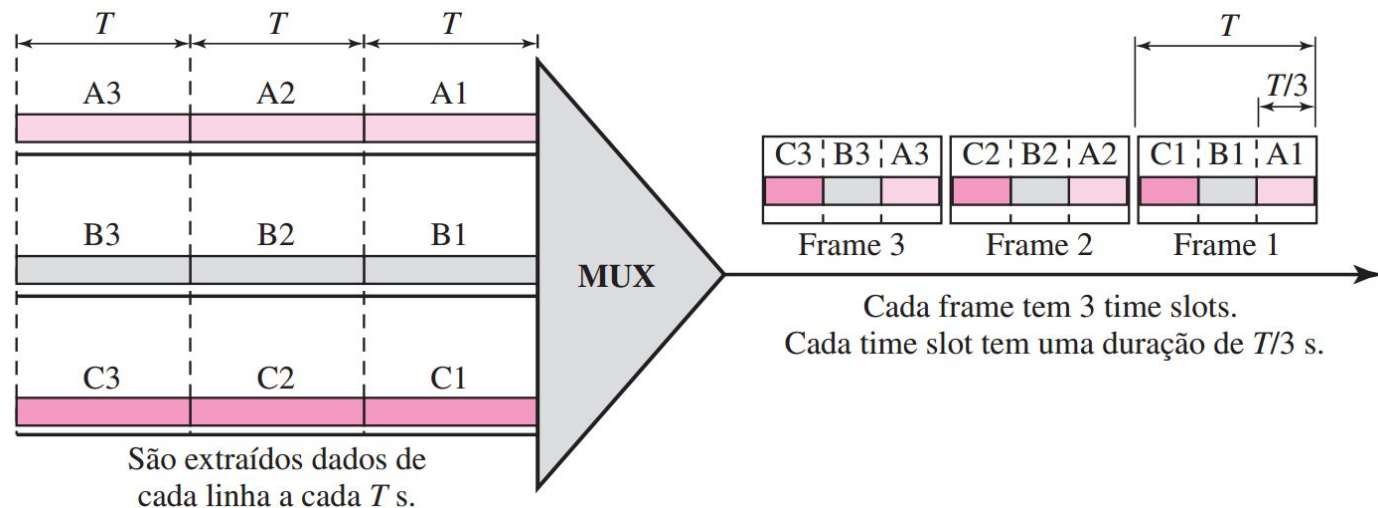
- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Síncrono:** com n conexões, o frame de transmissão é dividido em n time slots
 - A taxa de dados do link de saída deve ser n vezes a taxa de dados de cada conexão



Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Síncrono:** com n conexões, o frame de transmissão é dividido em n time slots
 - A taxa de dados do link de saída deve ser n vezes a taxa de dados de cada conexão

Se a taxa de dados em cada conexão for 1Kbps. Se um bit for multiplexado por vez, qual a duração de: a) time slot de entrada, b) time slot de saída, c) cada frame?



Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Síncrono:** com n conexões, o frame de transmissão é dividido em n time slots
 - A taxa de dados do link de saída deve ser n vezes a taxa de dados de cada conexão

1Kbps por con.

a) time slot de entrada?

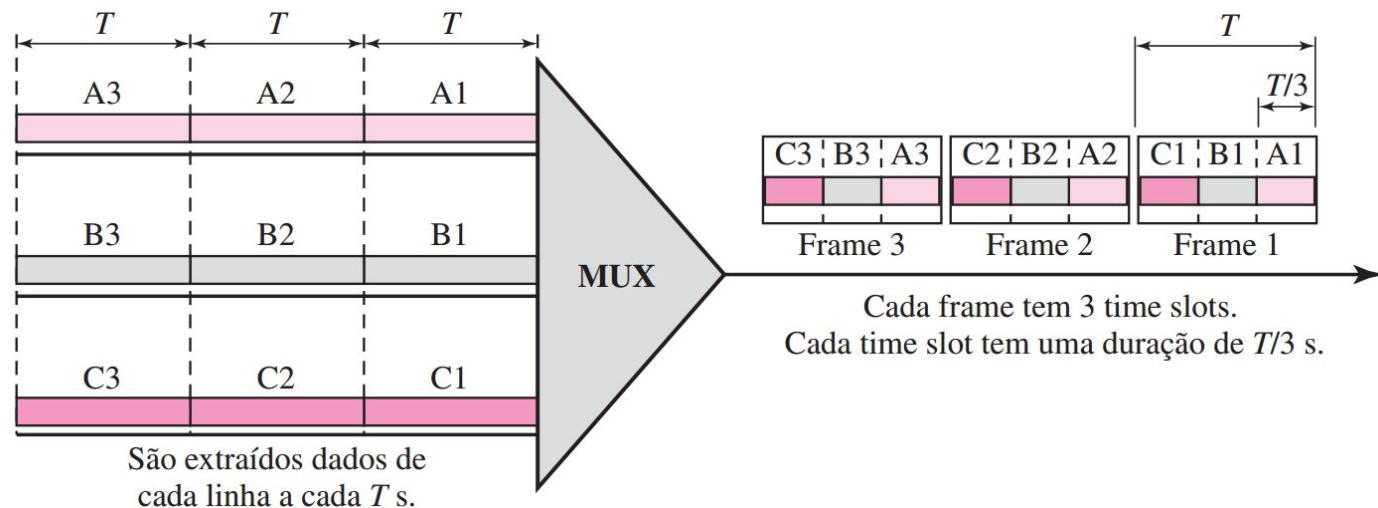
1 ms

b) time slot de saída

$\frac{1}{3}$ ms

c) cada frame?

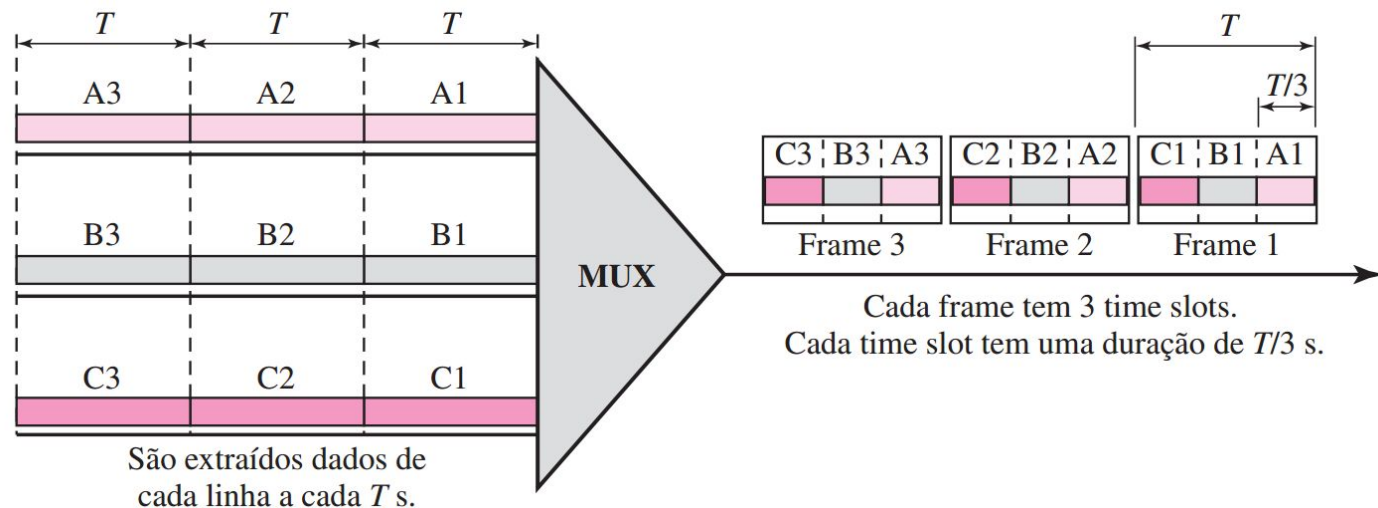
1 ms



Multiplexação - TDM

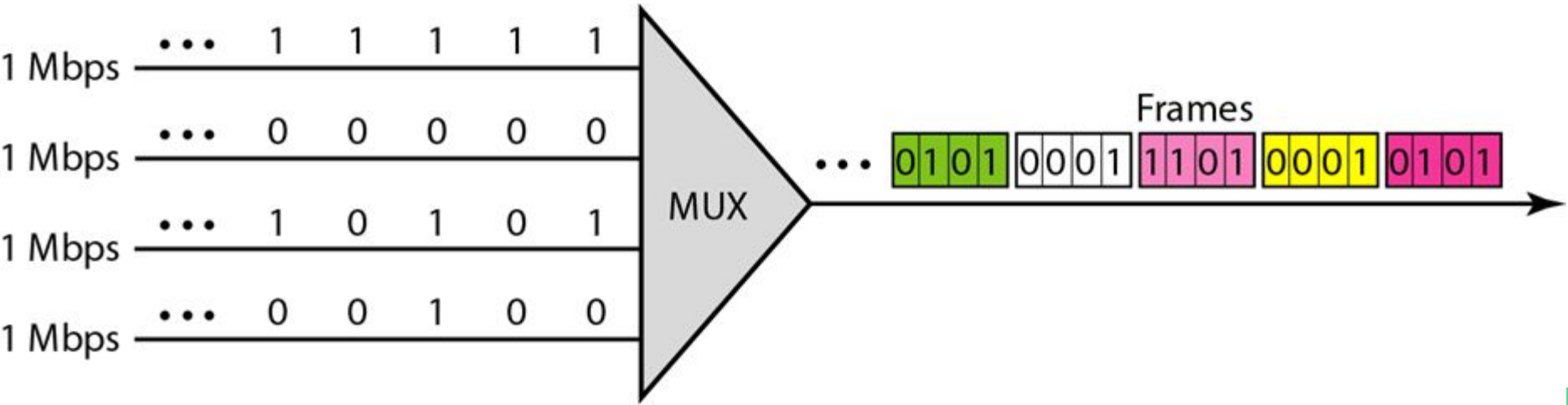
- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Síncrono:** com n conexões, o frame de transmissão é dividido em n time slots
 - A taxa de dados do link de saída deve ser n vezes a taxa de dados de cada conexão

1 kbps por conexão
Nesse exemplo a
taxa de saída é de
3Kbps e a taxa de
frames é de 1K
frames por segundo



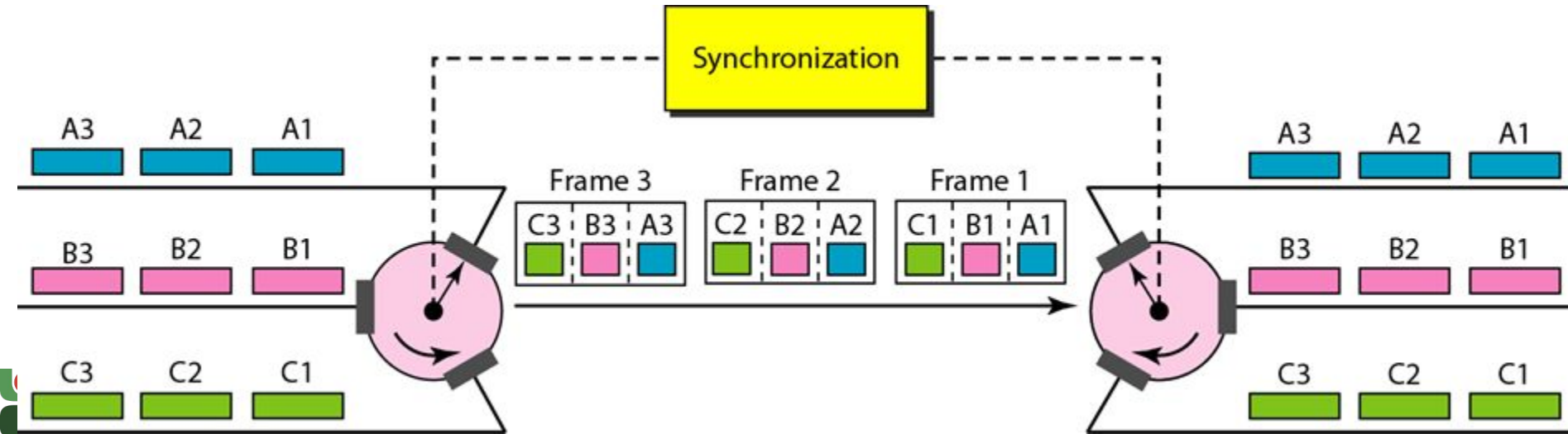
Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - Considere o exemplo abaixo. Encontre: (a) a duração dos bits de entrada; (b) a duração dos bits de saída; (c) a taxa de bits de saída; e (d) a taxa de frames de saída.



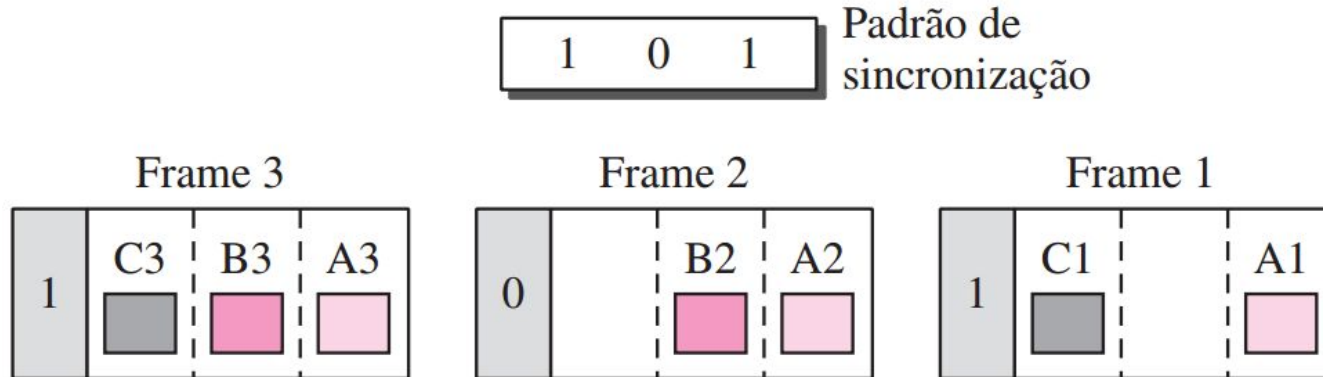
Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Síncrono:** no mundo ideal todas as conexões vão ocupar os seus slots
 - Processo de Interleaving: abertura e fechamento das chaves de um comutador



Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Síncrono**: na prática, algumas conexões não vão enviar dados em seus slots de tempo
 - É necessário um **bit de sincronização**: vai servir para separar os slots de tempo



Multiplexação - TDM

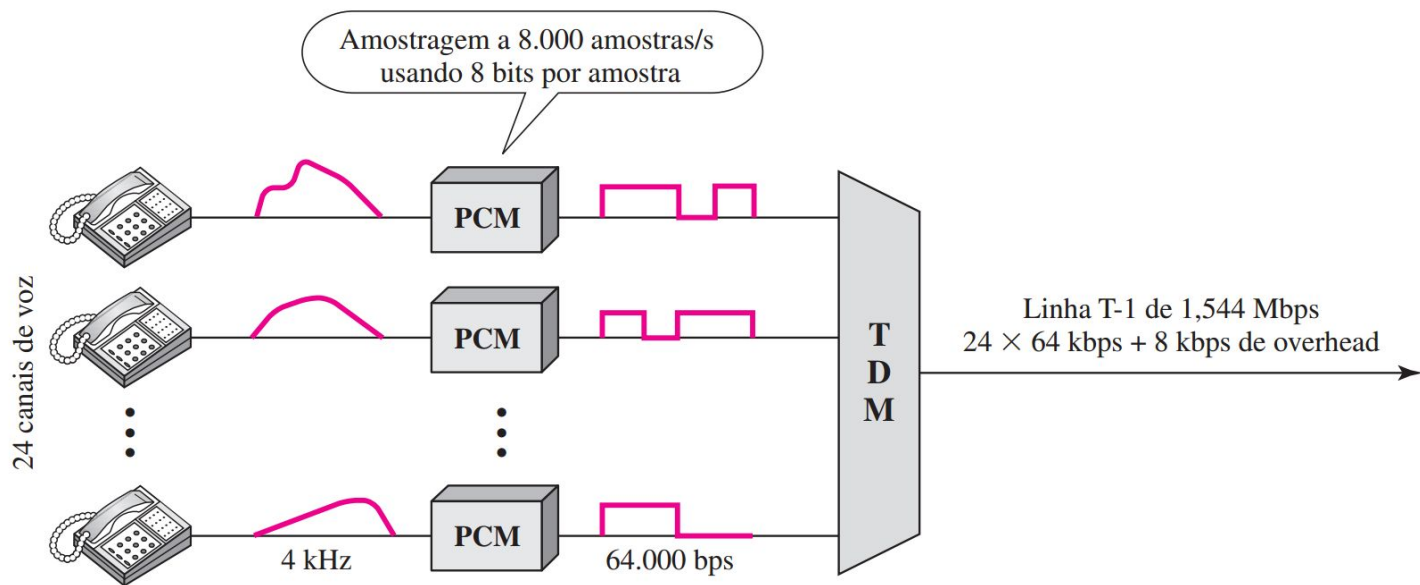
- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Exercício:** Suponha que existem 4 fontes dados, cada uma das quais criando 250 caracteres por segundo. Se a unidade de interleaving for de 1 caractere e se for acrescentado 1 bit de sincronização a cada frame, encontre: (a) a taxa de dados de cada fonte; (b) a duração de cada caractere em cada fonte; (c) a taxa de frames; (d) a duração de cada frame; (e) o número de bits em cada frame; e (f) a taxa de dados do link.

Multiplexação - TDM

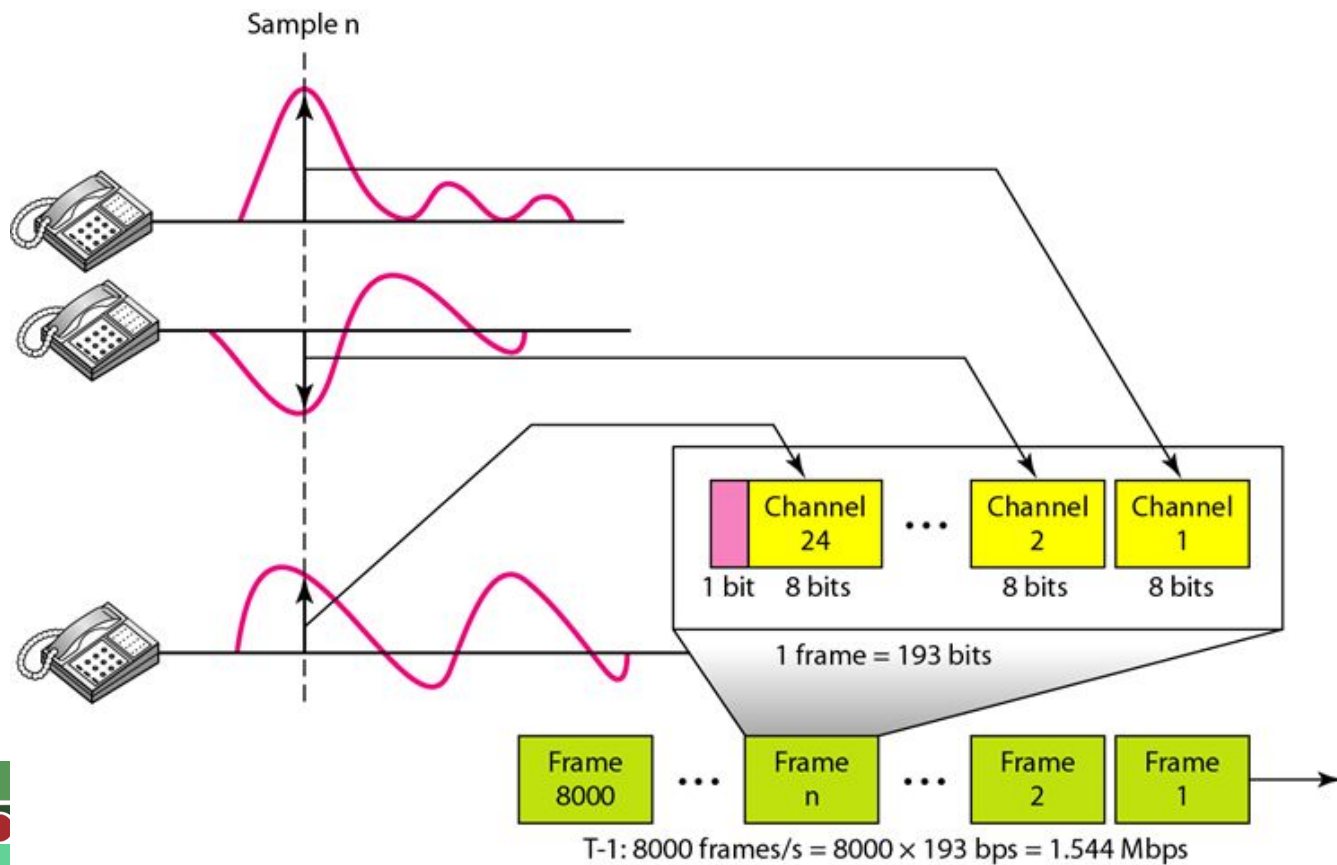
- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Exercício:** Suponha que existem 4 fontes dados, cada uma das quais criando 250 caracteres por segundo. Se a unidade de interleaving for de 1 caractere e se for acrescentado 1 bit de sincronização a cada frame, encontre: (a) a taxa de dados de cada fonte; (b) a duração de cada caractere em cada fonte; (c) a taxa de frames; (d) a duração de cada frame; (e) o número de bits em cada frame; e (f) a taxa de dados do link.
 - a) $250 \times 8 = 2000 \text{ bps} = 2 \text{ kbps}$
 - b) $250 \text{ caracteres por segundo} = 1/250 \text{ s} = 4 \text{ ms}$
 - c) cada frame vai ter um caractere de cada fonte. 250 frames/s
 - d) $250 \text{ frames/s} = 4 \text{ ms}$
 - e) $8 \times 4 = 32 + 1 = 33 \text{ bits}$
 - f) $250 \times 33 / \text{s} = 8250 \text{ bps} > 8000 \text{ bps}$ necessários nos 4 canais

Multiplexação - TDM

- Time Division Multiplexing - Multiplexação por divisão de tempo
 - **Exercício:** Quero transmitir 24 canais de voz sobre uma linha telefônica. Qual a taxa de transmissão que esse canal deve suportar?



Multiplexação - TDM

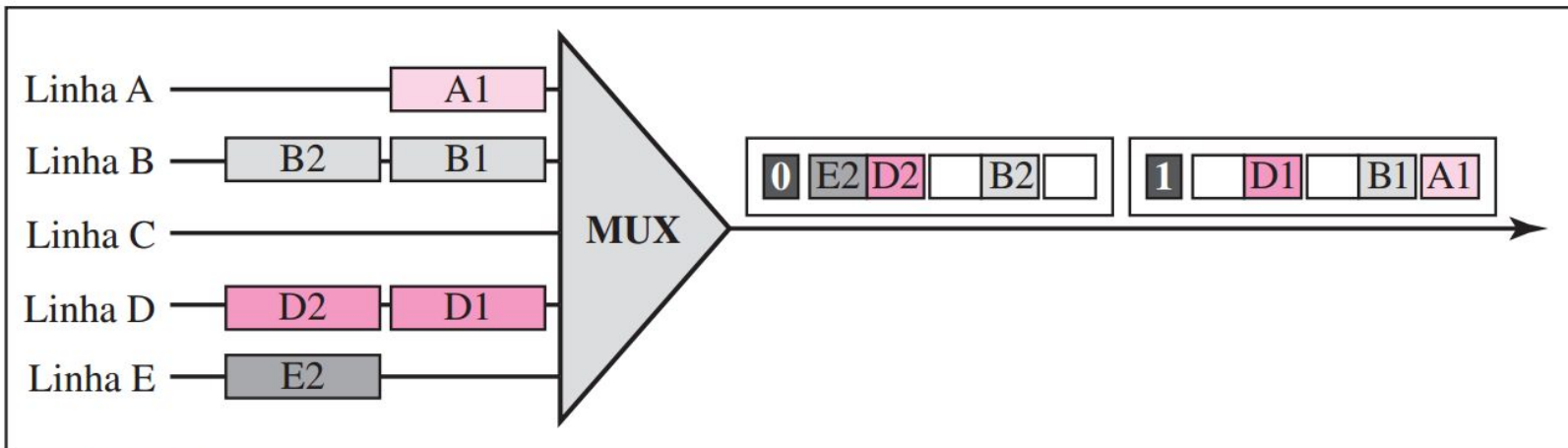


são de tempo
inha telefônica. Qual a

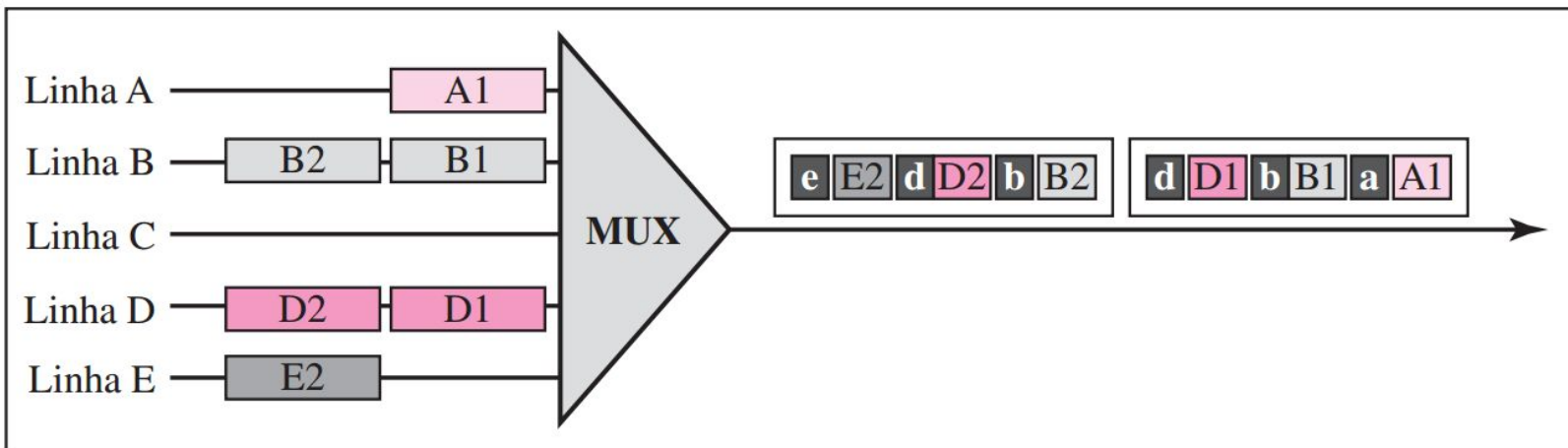
Multiplexação - TDM - Estatística

- Nem sempre as conexões estão transmitindo
- Isto implica em uso ineficiente do canal
- Na multiplexação TDM assíncrona, utiliza-se um cabeçalho de endereço para identificar o “o dono” dos dados
 - O tamanho do slot deve ser maior para não gerar um overhead imenso
 - Slot de 1 bit e endereço de três bits (8 canais), é um overhead de 300%

M



a. TDM síncrono



b. TDM estatístico

Multiplexação - CDM

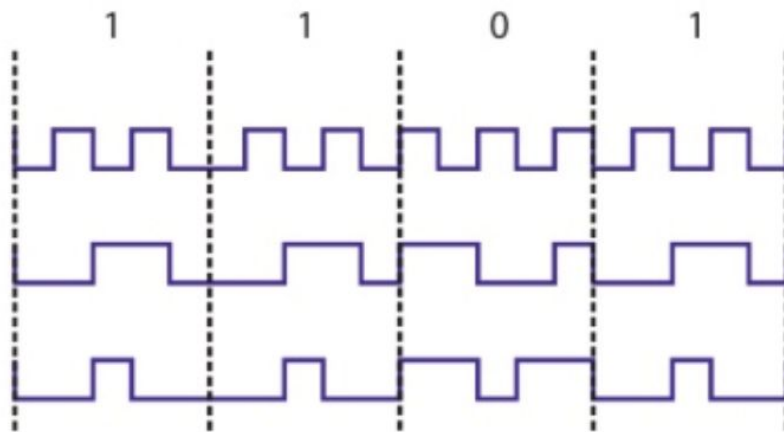
- Utiliza técnicas de espalhamento espectral (SS - Spread Spectrum) para **codificar** os bits transmitidos por cada canal
 - Cada canal vai utilizar um código (assinatura) diferente para identificar os seus bits
 - Mudanças nas fases são utilizadas nessas assinaturas

Transmissão dos bits: 1101

Canal A: código: +1 -1 +1 -1 +1

Canal B: código: +1 +1 -1 -1 +1

Canal C: código: +1 +1 -1 +1 +1



Multiplexação - CDM

- Utiliza técnicas de espalhamento espectral (SS - Spread Spectrum) para **codificar** os bits transmitidos por cada canal
 - Podemos fazer uma analogia com uma conversa em um coffee-break
 - Seria mais fácil se grupos diferentes conversassem em idiomas diferentes...

