

Transmissão da Informação - Multiplexação

Volnys Borges Bernal

`volnys@lsi.usp.br`

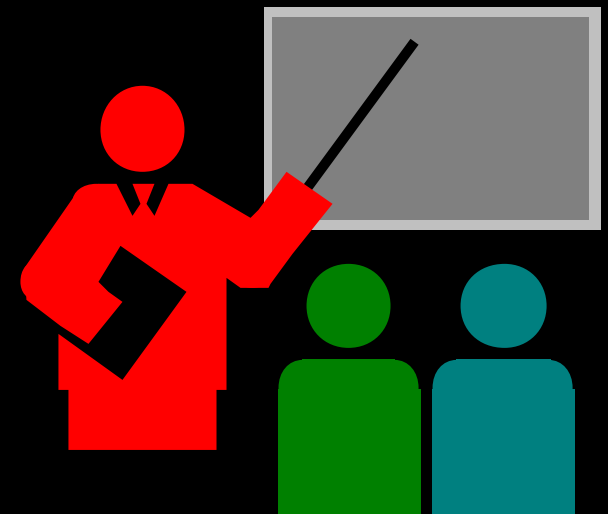
<http://www.lsi.usp.br/~volnys>



Agenda

- ✍ **Sinal de Voz**
- ✍ **Multiplexação**
- ✍ **Técnicas de modulação**
- ✍ **Técnicas de transmissão**

Sinal de Voz

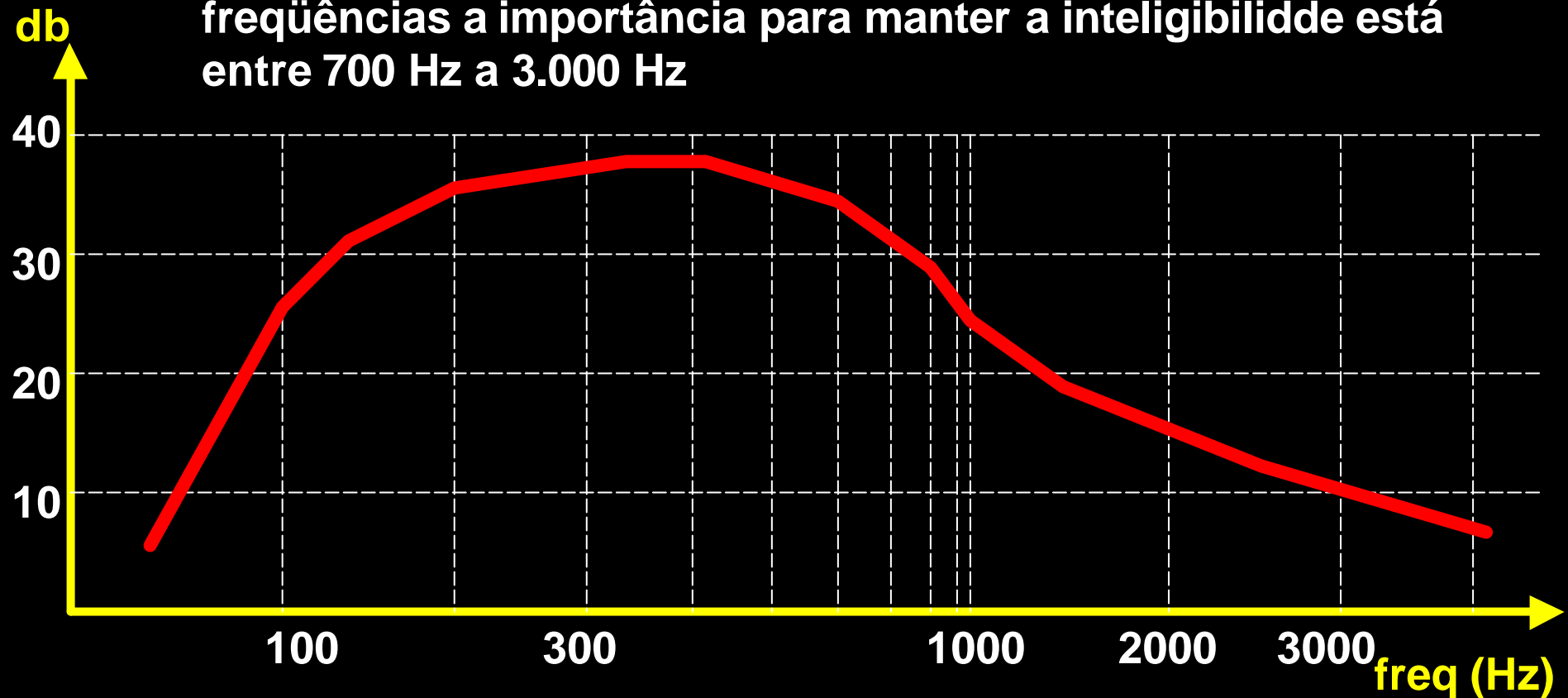


Sinal de Voz

Espectro da voz humana

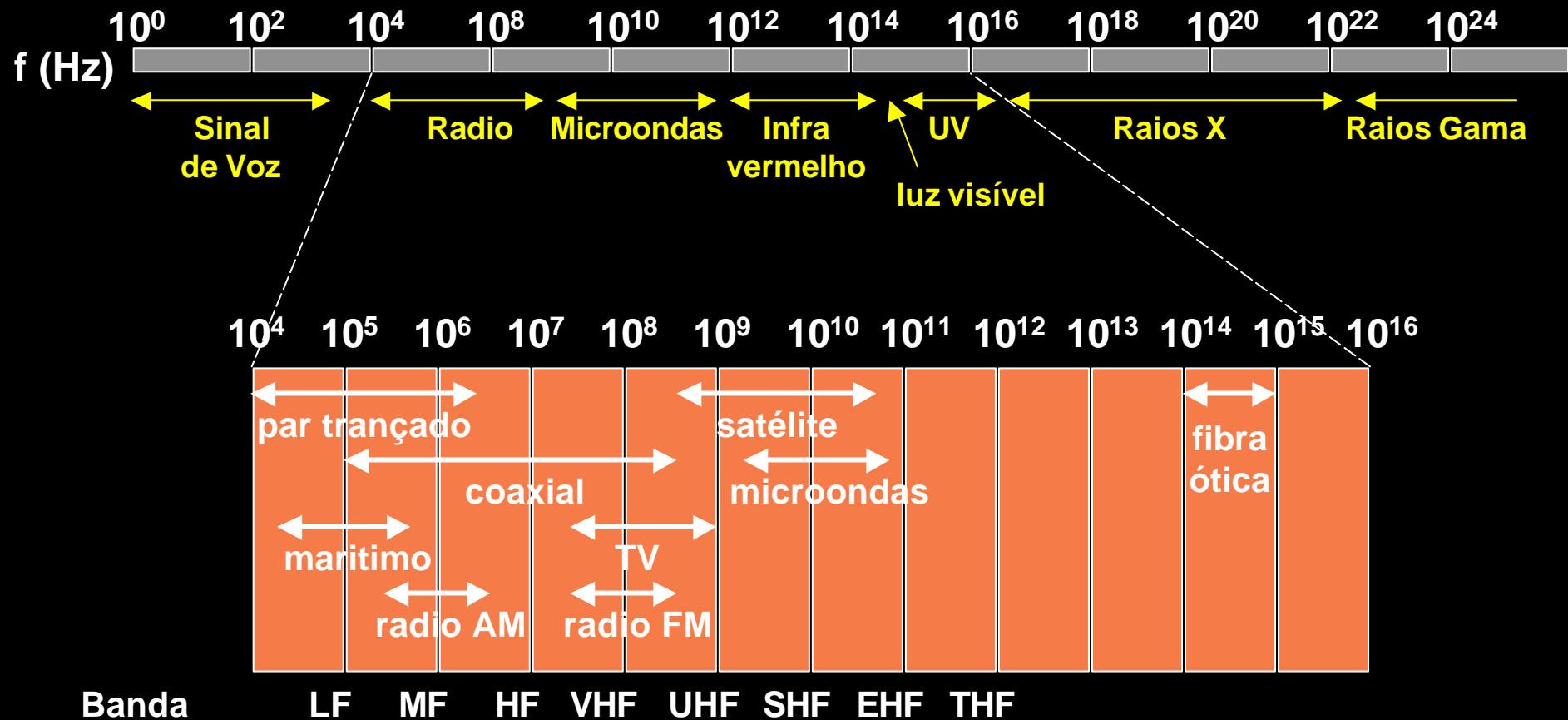
100 Hz a 8.000 Hz

Apesar da energia do sinal se concentrar nas baixas frequências a importância para manter a inteligibilidade está entre 700 Hz a 3.000 Hz



Sinal de Voz

Espectro da voz humana

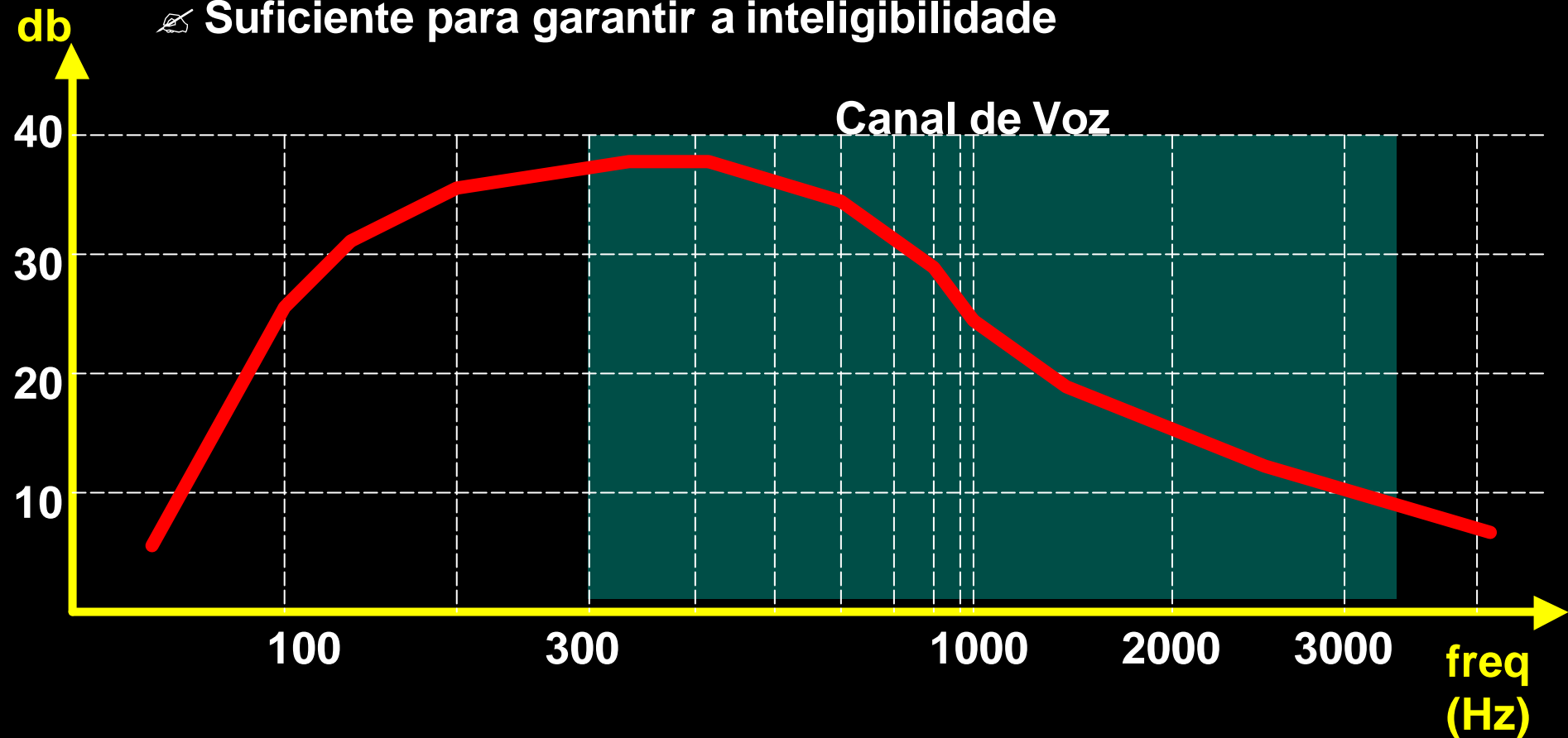


Sinal de Voz

✎ Canal de voz

✎ Faixa entre 300 Hz e 3400 Hz

✎ Suficiente para garantir a inteligibilidade



Sinal de Voz

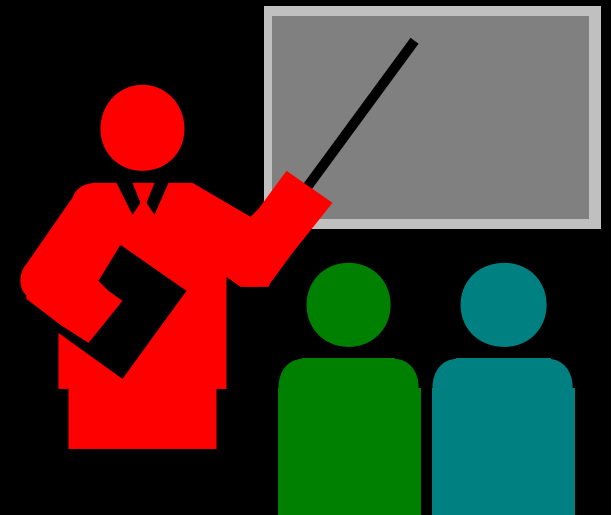
- ✍ **Sensibilidade do ouvido humano**
 - ✍ **20 Hz a 20.000 Hz**
 - ✍ Chamada de faixa de áudio
 - ✍ Frequências nela contida são chamadas de “frequência de áudio”

Sinal de Voz

Exercício

- (1) A voz humana é um sinal de audio?
- (2) Qual a largura de banda da voz humana?
- (3) Qual a largura de banda de um canal de voz?
- (4) Qual a largura de banda de um canal de audio?

Multiplexação



Multiplexação

- ✍ Sempre que a banda passante de um meio físico for maior ou igual à banda passante necessária para um sinal, podemos utilizar este meio pra a transmissão do sinal.
- ✍ Na prática, a banda passante necessária para um sinal é, em geral, bem menor do que a banda passante dos meios físicos disponíveis

banda passante
necessária para

o sinal



Multiplexação

✍ Multiplexação

✍ Técnica que permite a transmissão de mais de um sinal em um mesmo meio físico

✍ Existem dois tipos de multiplexação

✍ Multiplexação na frequência

- FDM - Frequency Division Multiplexing
- Sobre o mesmo canal de transmissão são criados subcanais cada um utilizando uma faixa de frequências

✍ Multiplexação no tempo

- TDM - Time Division Multiplexing
- Sobre um mesmo canal de transmissão são criados subcanais cada um utilizando um determinado momento do tempo

Multiplexação

✍ Multiplexação na frequência

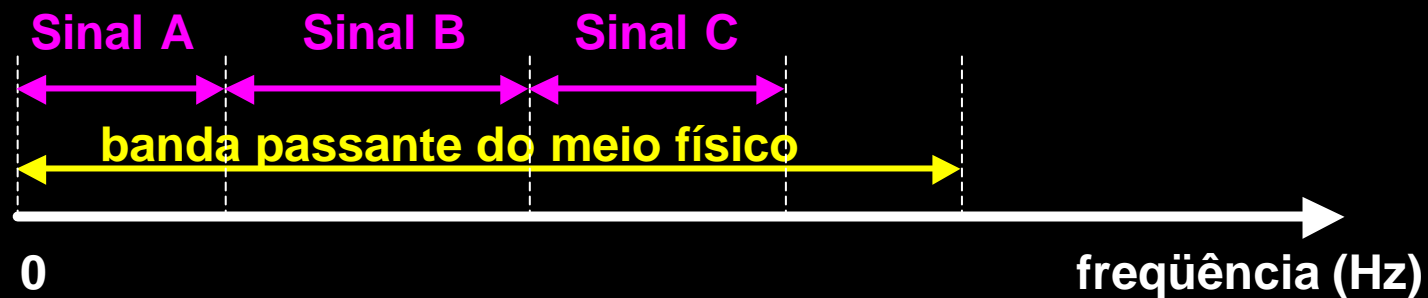
✍ Exemplo:

✍ Rádio AM,

✍ TV

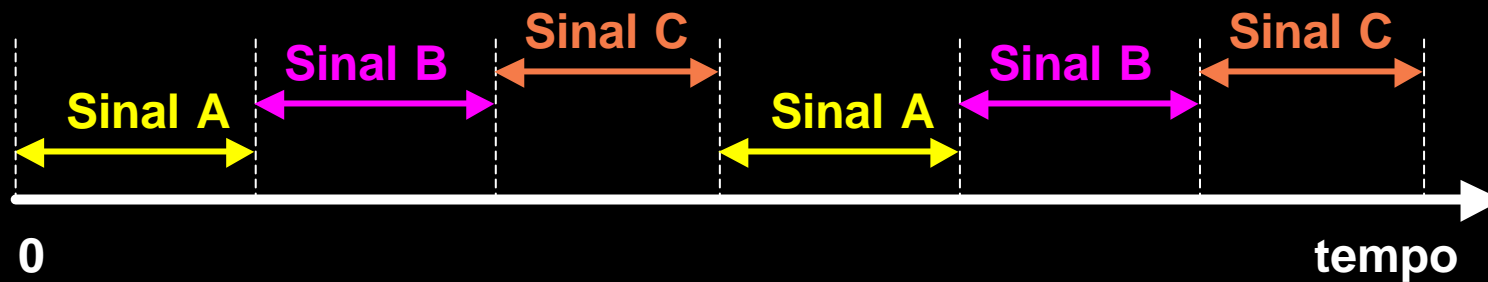
✍ Celular

✍ TV a Cabo



Multiplexação

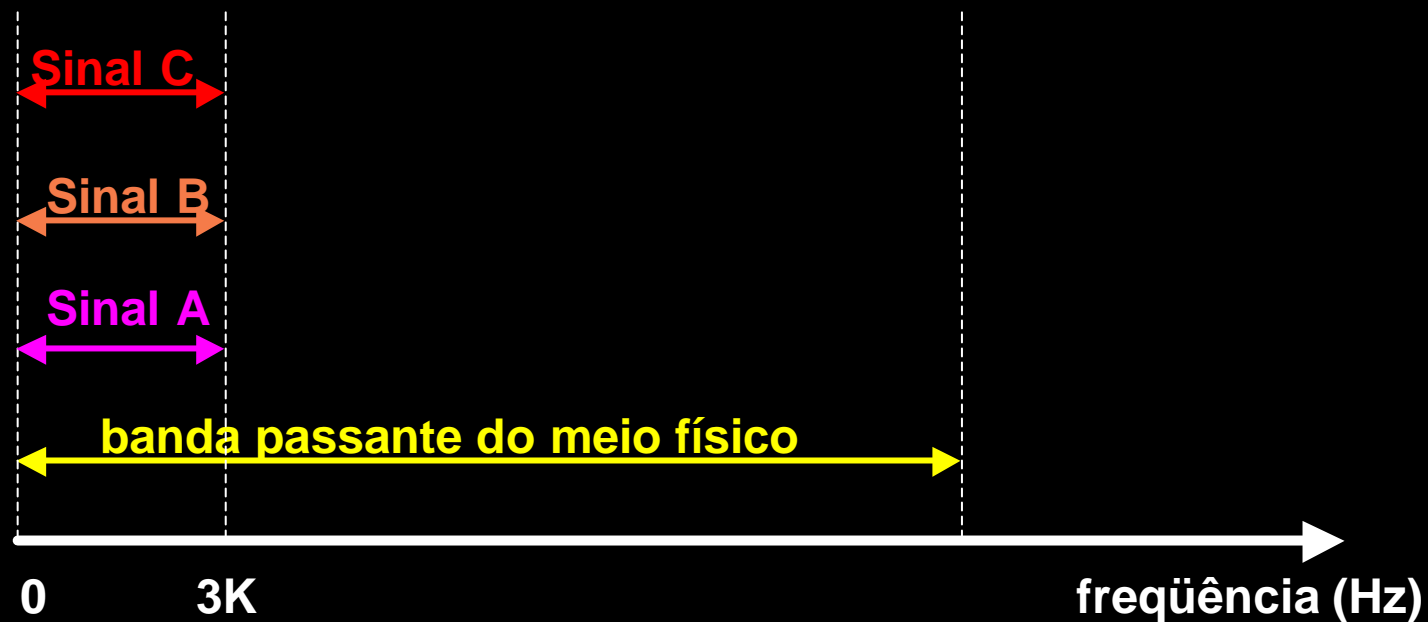
✍ Multiplexação no tempo



Multiplexação na Freqüência

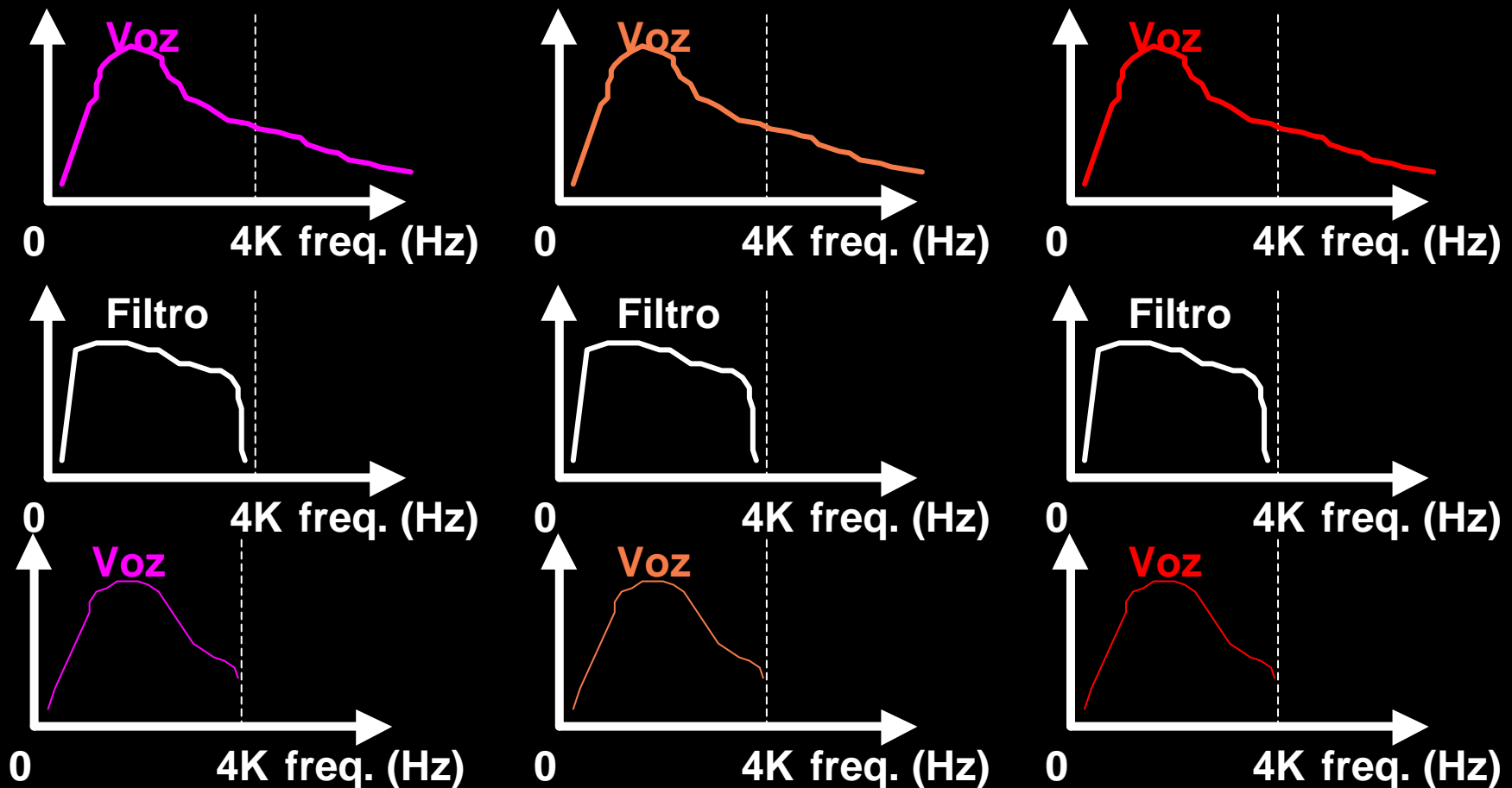
✍ Exemplo:

- ✍ O problema da passagem de sinais de voz por um mesmo canal de comunicação.
- ✍ A banda passante necessária para um canal de voz é de 3 KHz.



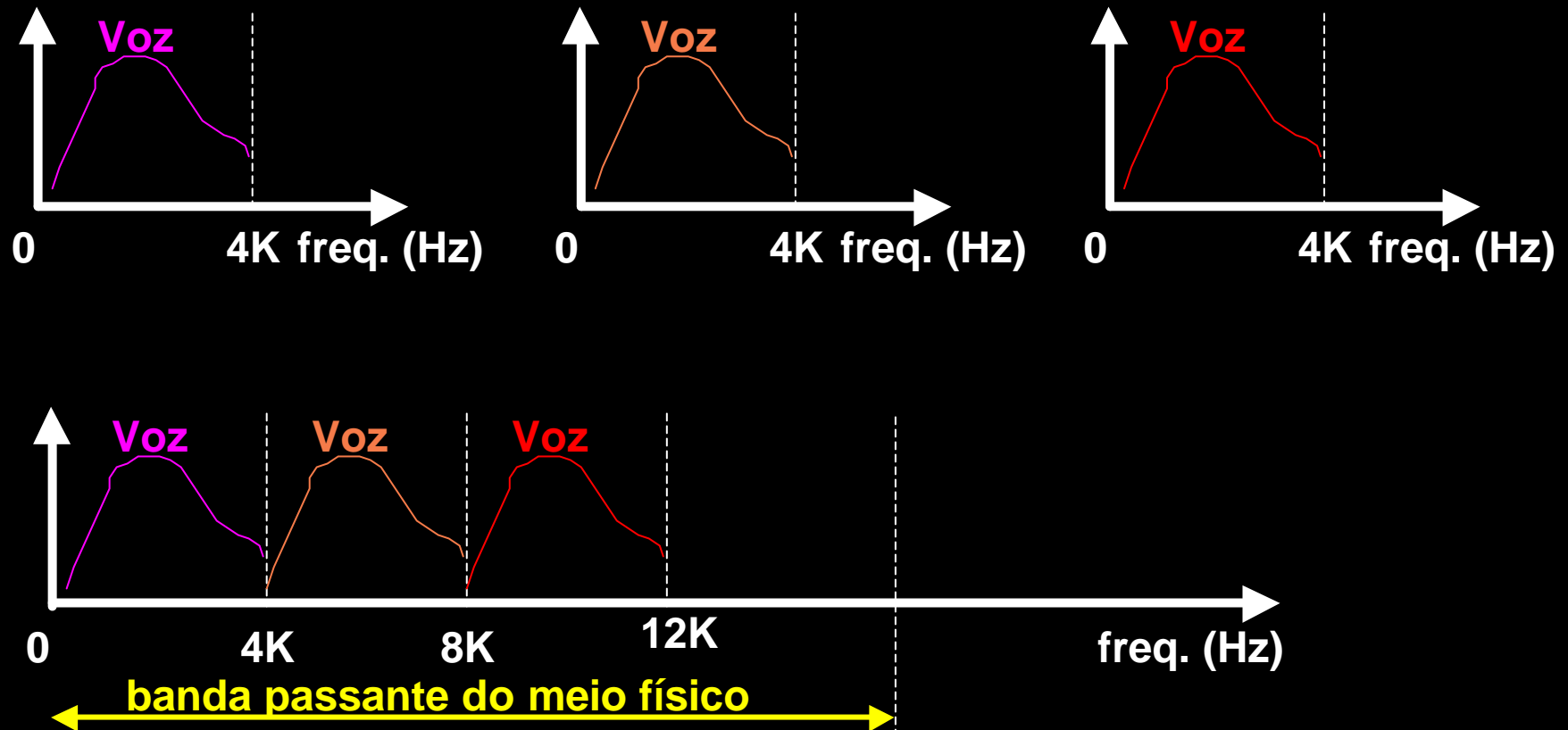
Multiplexação na Frequência

✍ Transmissão: Passo 1: Passagem de um filtro nos sinais de forma a preservar somente a faixa relativa à banda passante necessária a cada um deles.



Multiplexação na Frequência

✍ Transmissão: Passo 2: Desolcamento da faixa de frequências (modulação)



Multiplexação na Freqüência

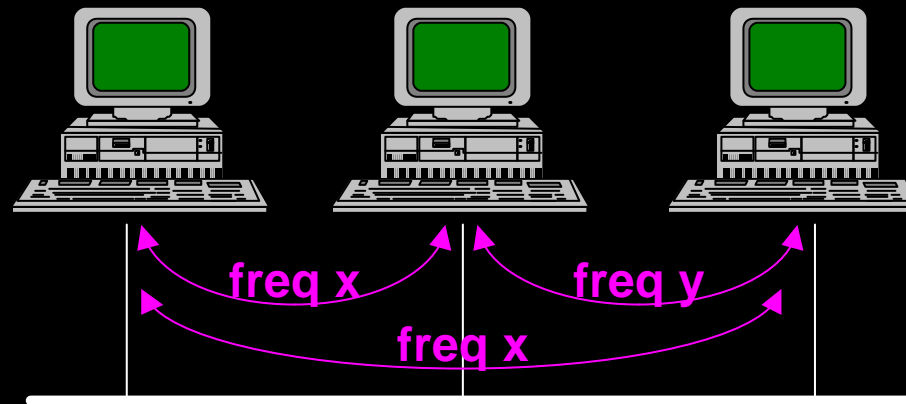
- ✍ **Recepção: Passo 1:** O receptor de um determinado canal, desloca o sinal a fim de ocupar a faixa original (neste caso de 0 a 4K Hz) (demodulação).
- ✍ **Recepção: Passo 2:** O sinal demodulado é filtrado a fim de conter somente o sinal original.

Multiplexação na Freqüência

✍ Exercício

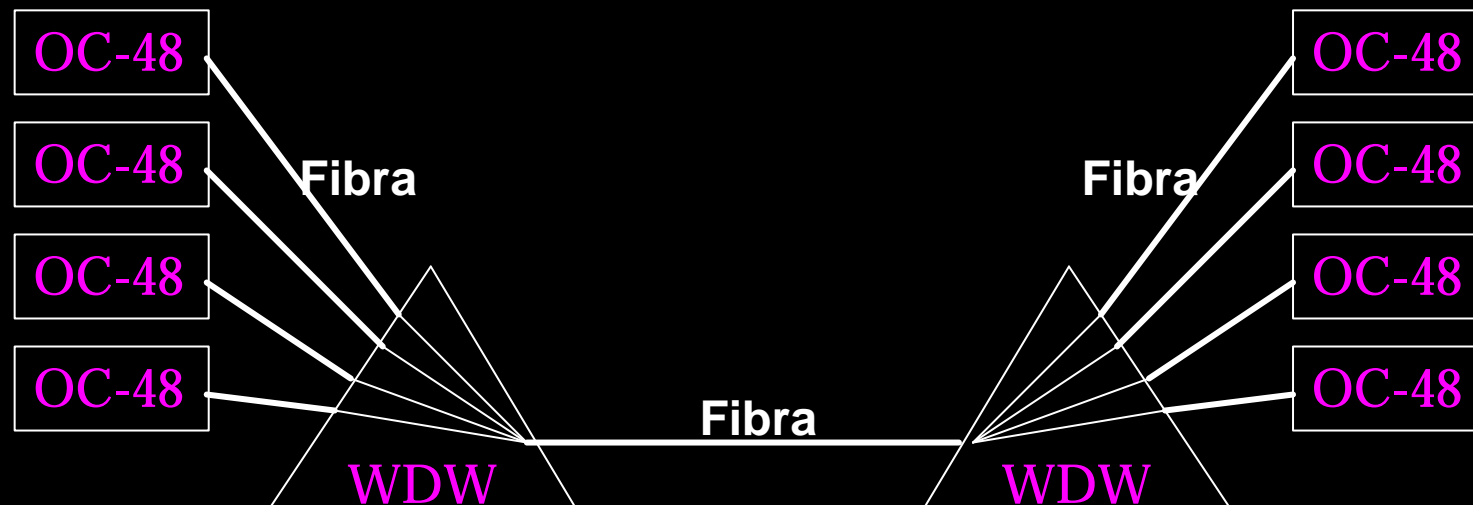
✍ Seja o sistema de transmissão mostrado abaixo. Responda:

- Qual a topologia física?
- Qual a topologia lógica?
- Qual a forma de utilização da linha?
 - (simplex, half-duplex, full-duplex)
- Comente o custo desta solução.

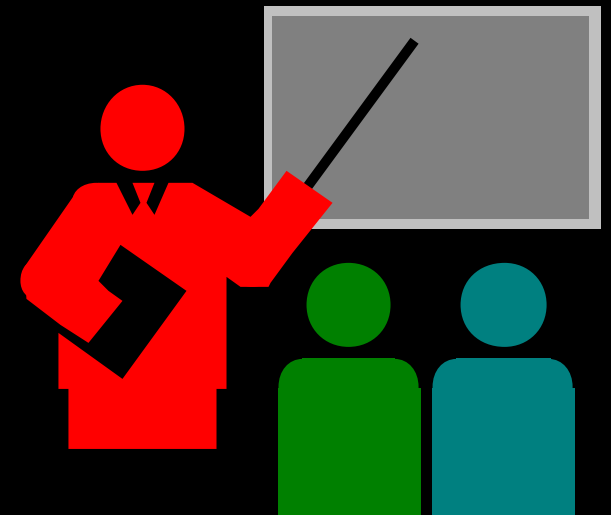


Multiplexação na Frequência

- ✍ **WDM - Wavelength Division Multiplexing**
 - ✍ Variação da multiplexação por divisão de frequência para fibras óticas
 - ✍ No exemplo a seguir estão sendo multiplexados canais OC-48 (2.4 Gbps)



Técnicas de modulação



Técnicas de modulação

✍ Técnicas básicas de modulação

✍ Modulação por Amplitude

✍ *Amplitude Modulation (AM)*

✍ Modulação por Freqüência

✍ *Frequency Modulation (FM)*

✍ Modulação por Fase

✍ *Phase Modulation (PM)*

Técnicas de modulação

✍ Técnicas básicas de modulação de sinal digital

✍ Modulação por chaveamento de amplitude

✍ *Amplitude Shift Keying (ASK)*

✍ Modulação por chaveamento de frequência

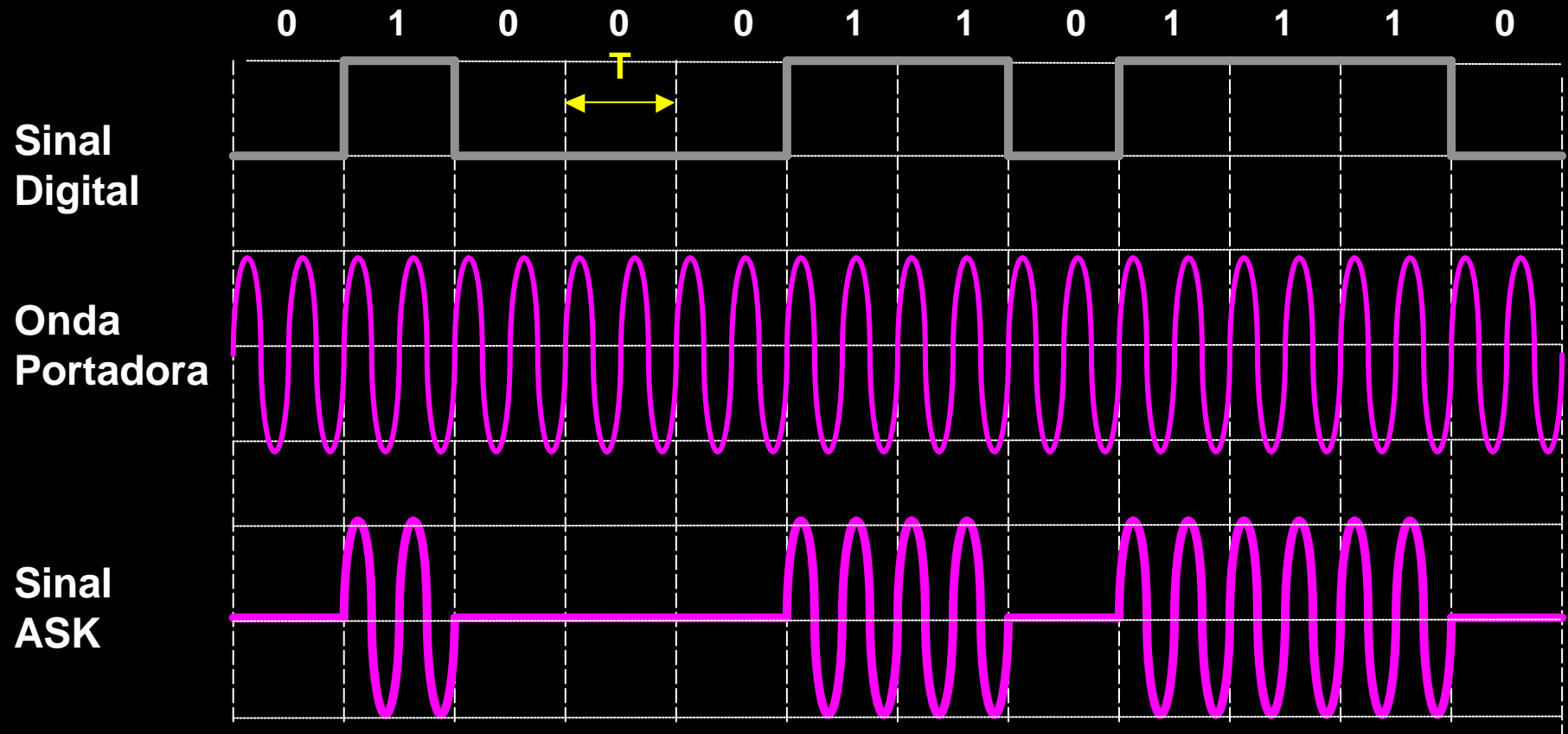
✍ *Frequency Shift Keying (FSK)*

✍ Modulação por chaveamento de fase

✍ *Phase Shift Keying (PSK)*

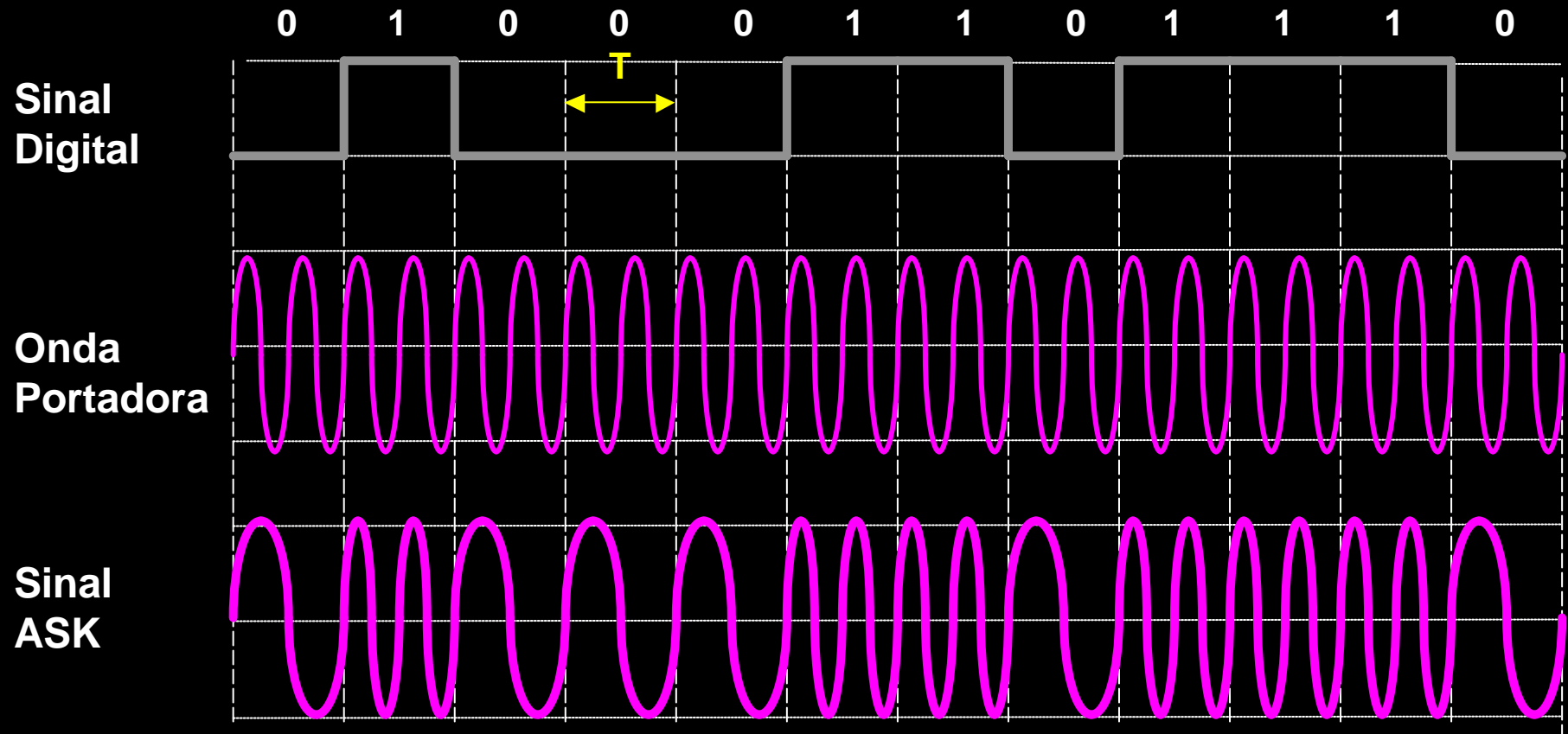
Técnicas de modulação

✍ Modulação por chaveamento da amplitude - ASK



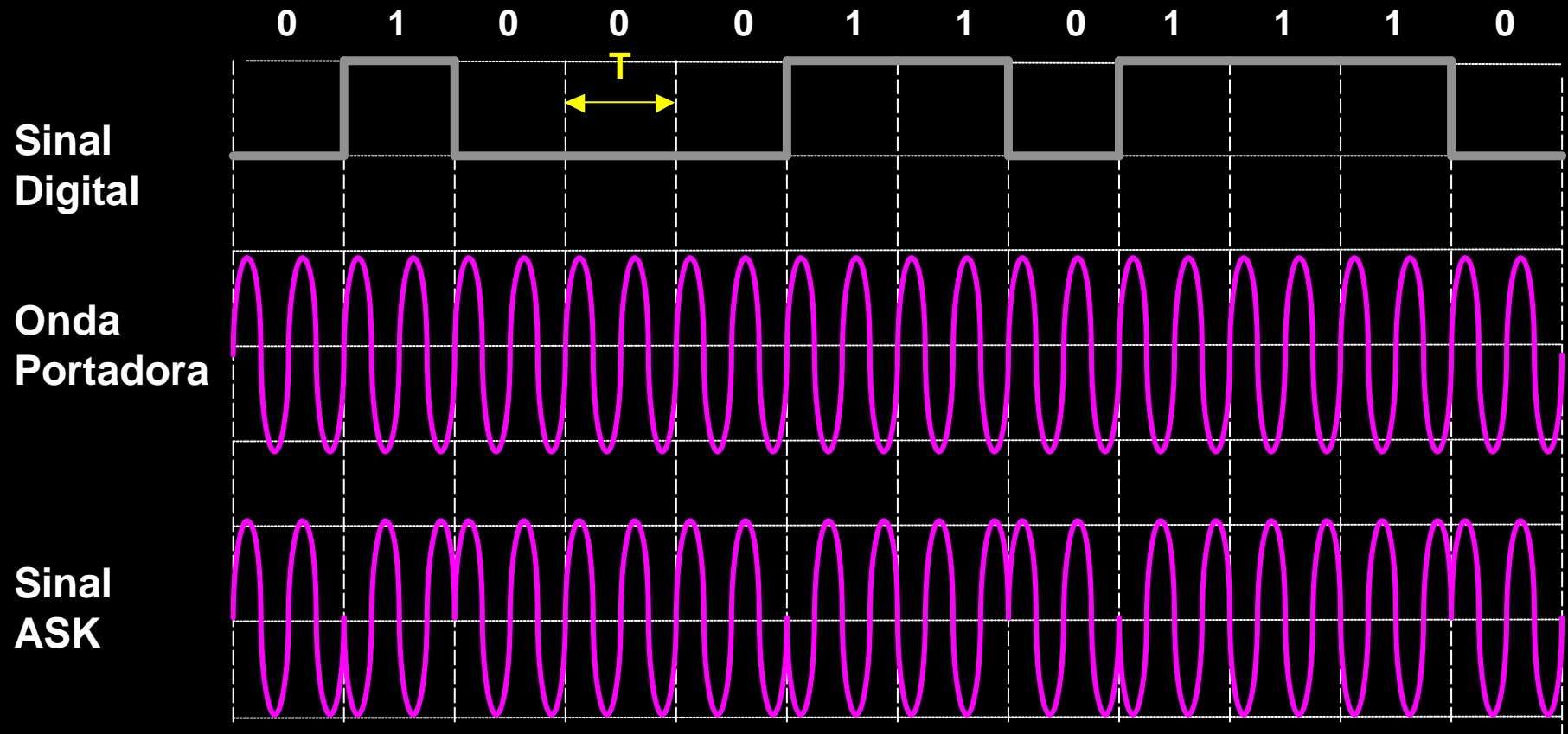
Técnicas de modulação

✍ Modulação por chaveamento da frequência - FSK

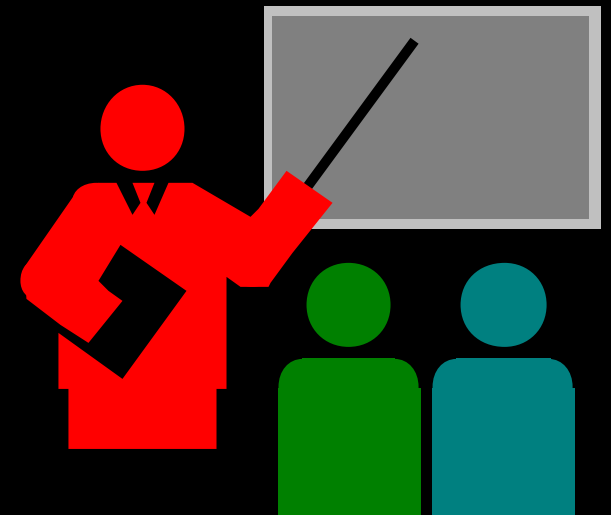


Técnicas de modulação

✍ Modulação por chaveamento da Fase - PSK



Técnicas de transmissão



Técnicas de transmissão

✍ **Baseband** - Transmissão em banda básica

✍ Também chamada de sinalização digital

✍ O sinal é colocado no meio sem utilizar qualquer tipo de modulação. Todo o espectro (banda) de frequência é utilizado para produzir o sinal.

✍ **Broadband** - Transmissão em banda larga

✍ Também chamada de sinalização analógica

✍ Realiza a multiplexação em frequência (FDM).

✍ O espectro de frequência do meio é dividido em vários canais, cada qual podendo suportar diferentes tráfegos.

Baseband

- ✍ **Transmissão em banda básica**
 - ✍ **Sinal é colocado no meio sem qualquer tipo de modulação**
 - ✍ **Não necessita de modems**
 - ✍ **Possibilita a transmissão em alta velocidade**
 - ✍ **Não adequada para transmissões em longa distância**
 - ✍ **Não adequada para locais sujeitos a ruídos**

Broadband

- ✍ **Transmissão em banda larga**
 - ✍ **Utiliza multiplexação em frequência (FDM)**
 - ✍ **O meio é dividido em canais, cada canal podendo suportar diferentes tráfegos**
 - ✍ **Utilizada geralmente em topologia física em barra (barramento)**
 - ✍ **Utilizada em**
 - ✍ LAN
 - ✍ MAN - TV a Cabo
 - ✍ **A forma de transmissão de cada canal FDM é simplex.**

Broadband

✍ Classificação quanto ao número de canais

✍ Banda Larga FDM (FDM Broadband)

✍ Possui vários canais FDM

✍ Banda Larga de único canal (single-channel Broadband)

✍ Possui um único canal FDM

✍ Classificação quanto ao número de cabos

✍ De cabo duplo

✍ Utiliza dois cabos coaxiais

- Um para transmissão
- Um para recepção

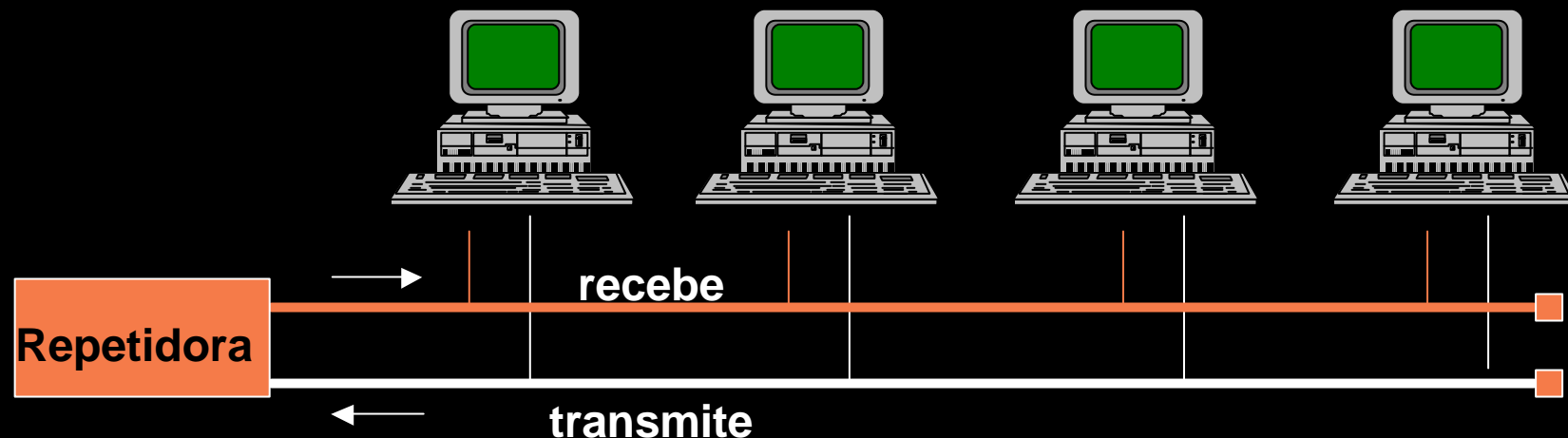
✍ De cabo único

✍ Utiliza apenas um cabo coaxial

✍ Alguns canais de frequência são exclusivos para recepção, outros exclusivos para transmissão

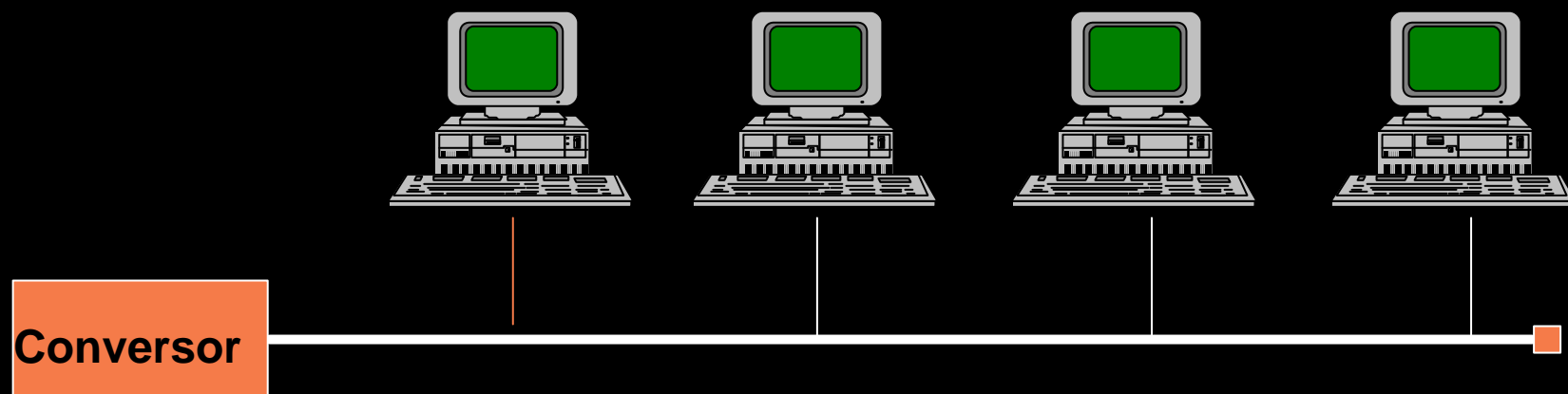
Broadband de cabo duplo

- ✍ São utilizados dois cabos coaxiais
 - ✍ Um para transmissão
 - ✍ Um para recepção
- ✍ Utiliza uma central repetidora (HeadEnd)
 - ✍ Repete o sinal recebido para o cabo de recepção



Broadband de cabo único

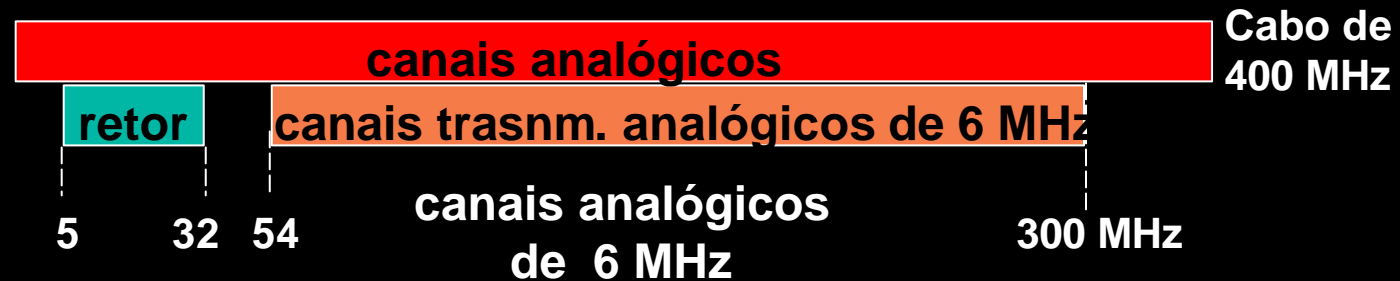
- ✍ É utilizado um único cabo coaxial
- ✍ Canais de frequência da banda inferior são utilizados para retorno e os canais de frequência superior para transmissão
- ✍ Utiliza uma central de conversão (HeadEnd)
 - ✍ Repete o sinal recebido para o cabo de recepção



Broadband de cabo único

Exemplo: Sub-Split

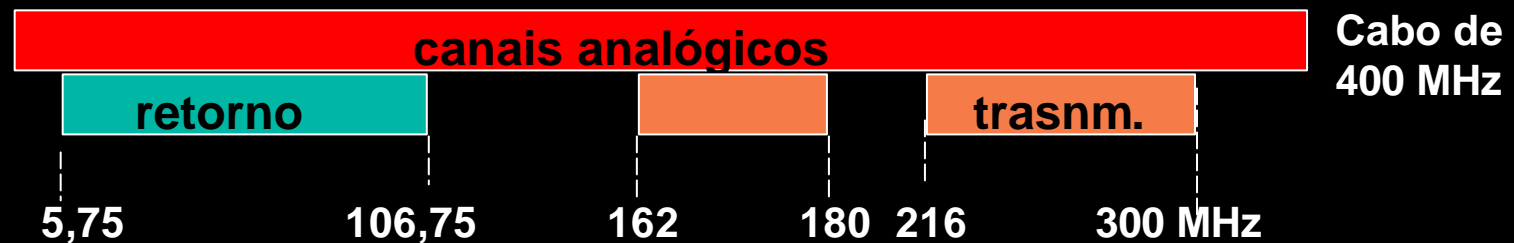
- Retorno: 5 a 32 MHz
- Transmissão: 54 a 300 MHz
- Utilizado nas TV a Cabo mais antigas



Broadband de cabo único

Exemplo: Mid-Split

- 17 canais de retorno: de 5,75 a 106,75 MHz
- 17 canais de transmissão: de 162 a 300 MHz
- Utilizado em redes locais, por possuir mesmo número de canais de transmissão e recepção



Broadband de cabo único

Exemplo: Mid-Split (cont.)

Canais Retorno	Freq (MHz)
T7	5,75
T8	11,75
T9	17,75
T10	23,75
T11	29,75
T12	35,75
T13	41,75
T14	47,75
2'	53,75
3'	59,75
4'	65,75
4A'	71,75
5'	77,75
6'	83,75
FM1'	89,75
FM2'	95,75
FM3'	101,75

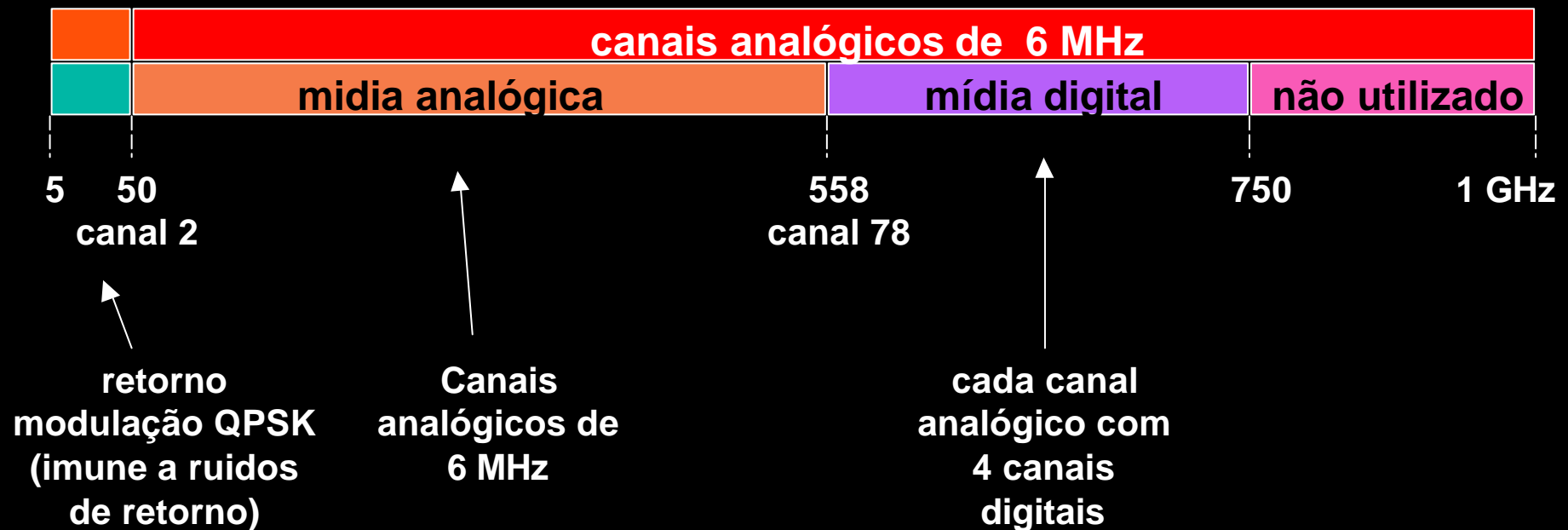
Canais Transm	Freq (MHz)
H	162
I	168
7	174
J	216
K	222
L	228
M	234
N	240
O	246
P	252
Q	258
R	264
S	270
T	276
U	282
V	288
W	294

Broadband de cabo único

✍ TV a cabo Brasil

✍ Cabos modernos de 1GHz

✍ Permite canais analógicos e canais digitais



Técnicas de Transmissão

✍ **Broadband**

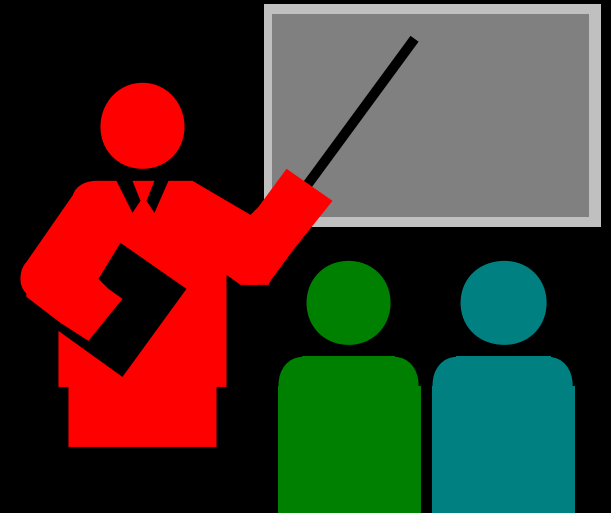
✍ **Vantagens**

- ✍ Permite estabelecimento de canais ponto a ponto e multiponto.
- ✍ Permite o transporte de sinal analógico e digital
- ✍ Permite o uso de canais dedicados e chaveados

✍ **Desvantagens**

- ✍ Custo do modem

Codificação analógica para digital



Codificação analógica para digital

- ✍ **A transmissão digital é, em geral, mais vantajosa do que a analógica principalmente porque:**
 - ✍ **possibilita a restauração do sinal original mesmo na presença de falhas ou ruídos**
- ✍ **A transmissão digital vem substituindo a analógica sempre que possível, inclusive na própria rede telefônica, com a instalação de novas centrais e cabos de fibra ótica.**
- ✍ **Dispositivo capaz de codificar informações analógicas em sinais digitais é denominado CODEC**
 - ✍ **CODEC = CODer / DECoder**

Codificação analógica para digital

✍ Técnica de codificação PCM

✍ PCM = *Pulse Code Modulation*

✍ Principal técnica utilizada por CODECs

✍ Para transformação de um sinal analógico em sinal digital através da técnica de codificação PCM são necessários os seguintes passos

✍ (a) Conversão do sinal original em pulsos PAM

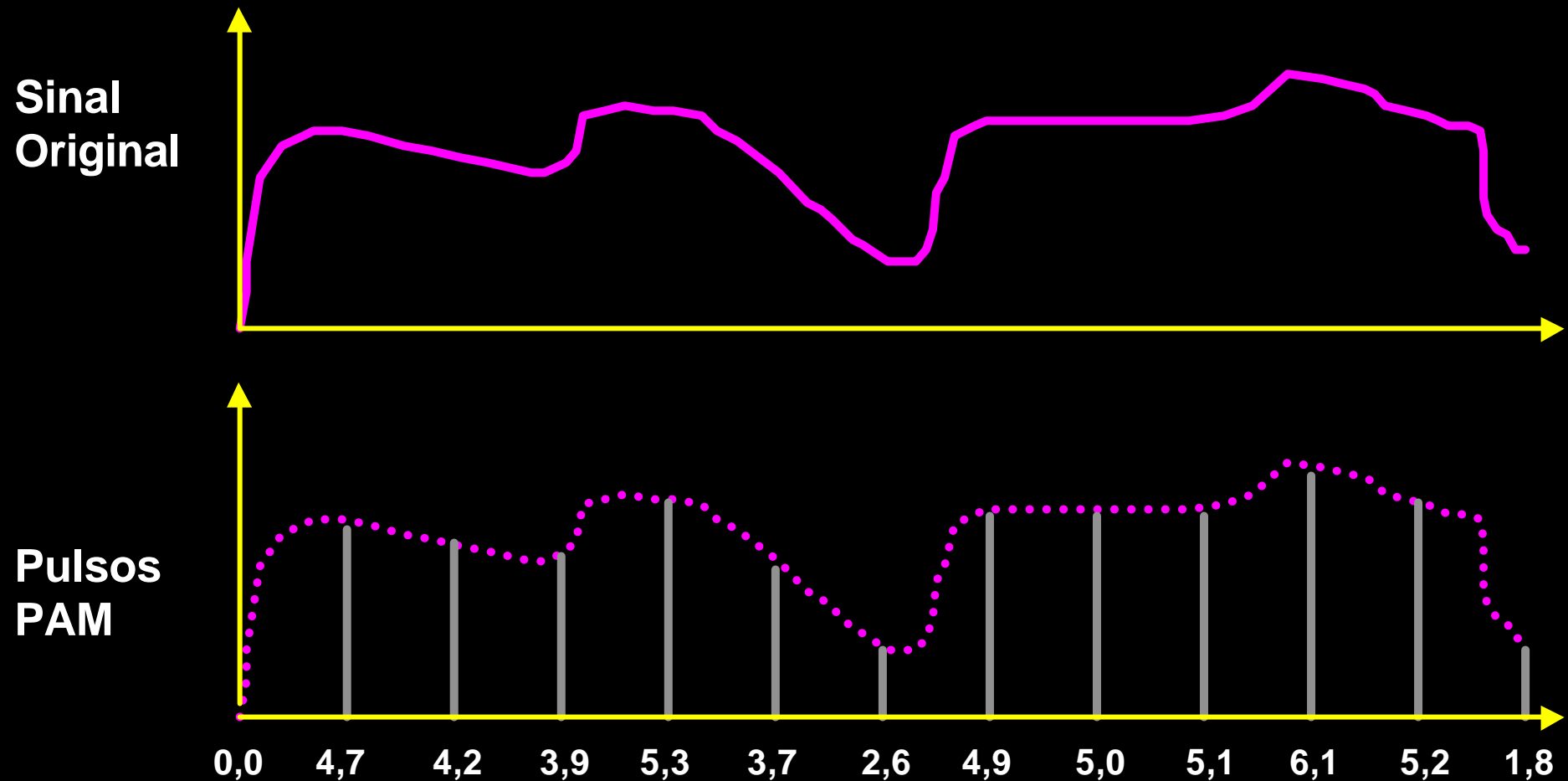
✍ (b) Conversão dos pulsos PAM em pulsos PCM

✍ (c) Conversão dos pulsos PCM em sinal digital PCM

✍ Baseada no teorema de Nyquist (uma amostragem de $2W$ vezes por segundo é suficiente para recuperar o sinal com banda passante de W Hz)

Codificação PCM

✎ (a) Conversão do sinal em pulsos PAM

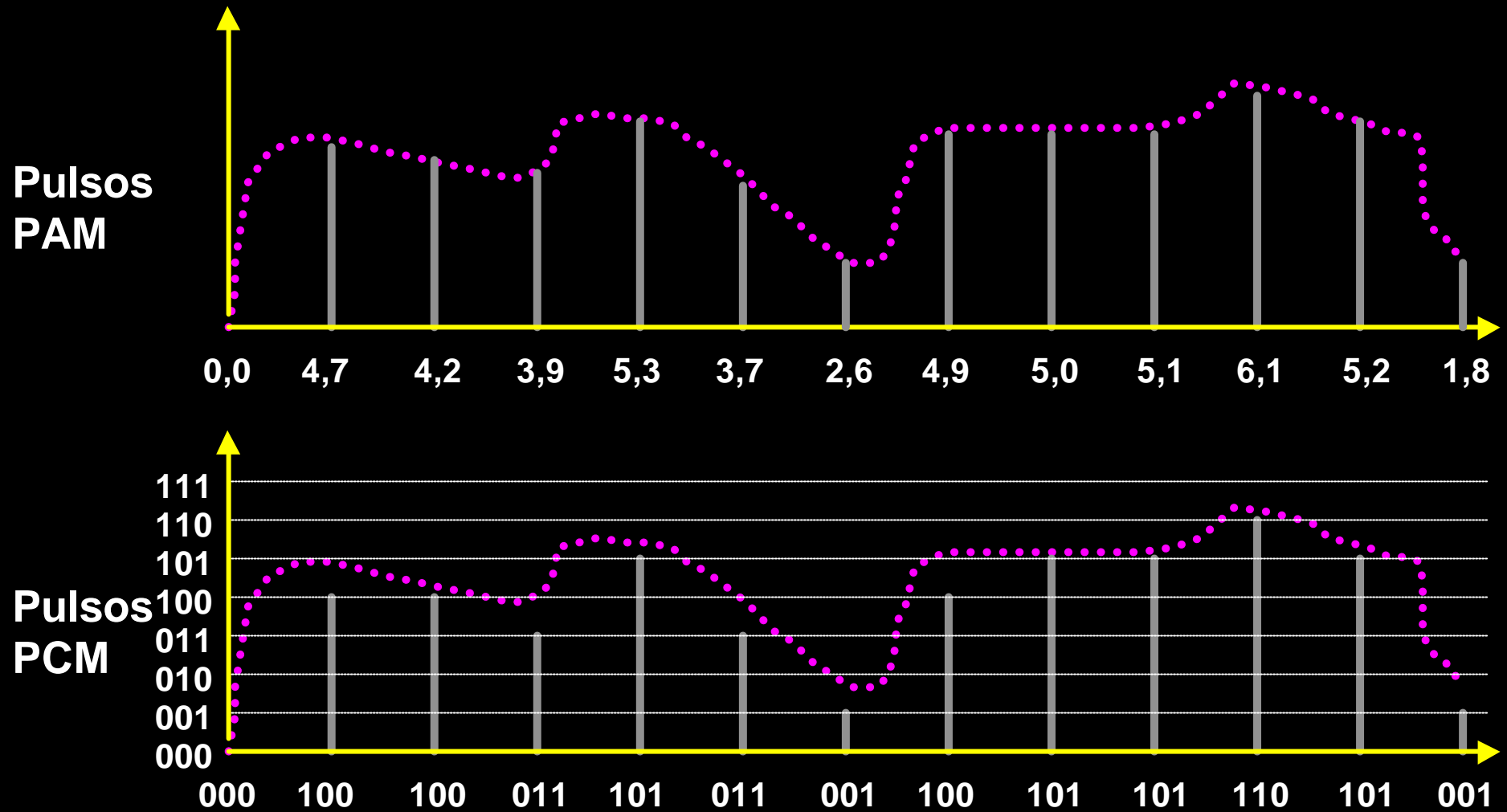


Codificação PCM

- ✍ (a) Conversão do sinal em pulsos PAM (cont.)
 - ✍ PAM = *Pulse Amplitude Modulation*
 - ✍ Utilizado a uma taxa de amostragem maior ou igual a 2 W.
 - ✍ Para cada amostra é associado um valor proporcional à amplitude do sinal

Codificação PCM

(b) Conversão dos pulsos PAM em pulsos PCM

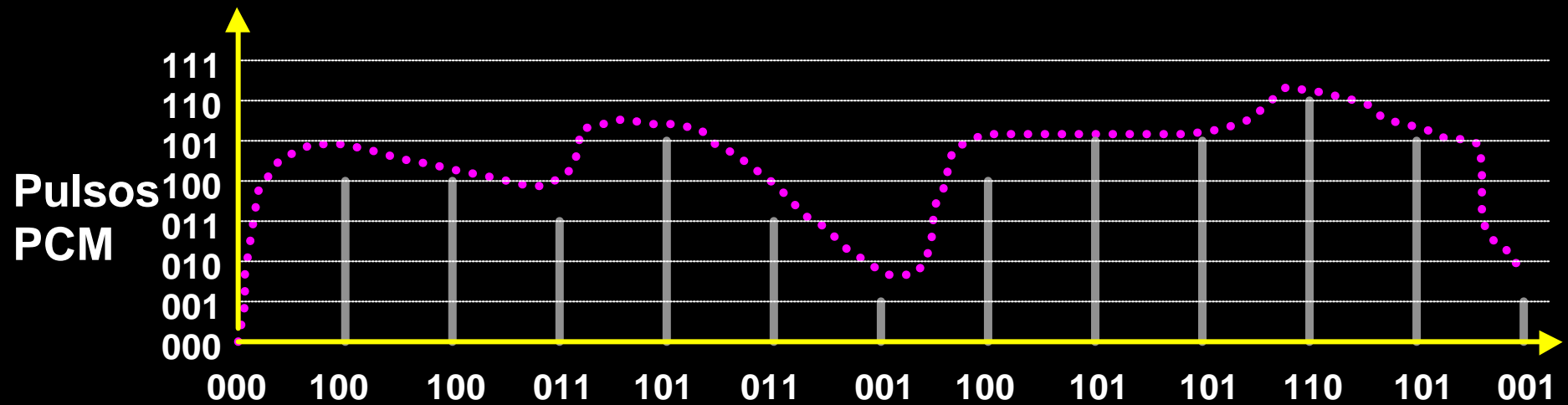


Codificação PCM

- ✍ (b) Conversão dos pulsos PAM em pulsos PCM
 - ✍ Os valores PAM são aproximados para um inteiro de n bits.
 - ✍ Número de níveis = 2^n

Codificação PCM

➤ Conversão dos pulsos PCM e sinal digital PCM



Saída
PCM

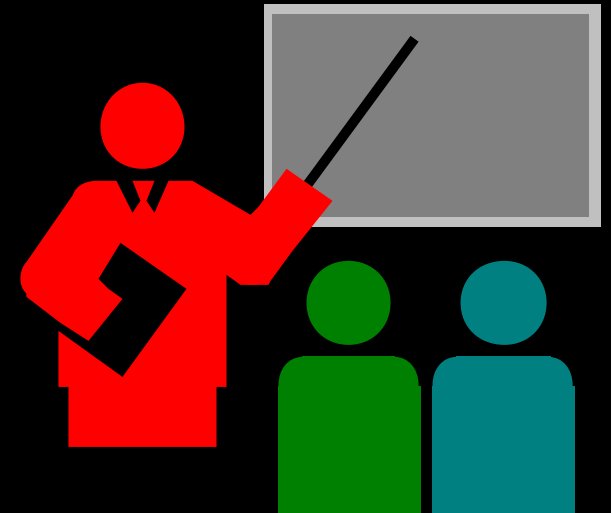
000 100 100 011 101 011 001 100 101 101 110 101 001

Codificação PCM

✍ Exercício

- ✍ Qual a taxa (em bps) gerada pela transmissão de um sinal de voz utilizando a técnica de codificação PCM supondo uma amostragem com 256 níveis. Considere a largura de banda do canal de voz $W=4000$.

Bibliografía deste módulo



Bibliografia deste módulo

Livros

SOARES, LUIZ F. G.

 Redes de computadores: das LANs MANs e WANs às redes ATM.

 Editora Campus. 1995

TANENBAUM, ANDREW S.

 Computer Networks. 3rd edition.

 Prentice Hall 1996.

MONTORO, FÁBIO

 Modem

 Editora Erica, 1995