

# Camada Física

## Redes de Computadores

Profa. Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco

Universidade de São Paulo

Março de 2018

Camada  
Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

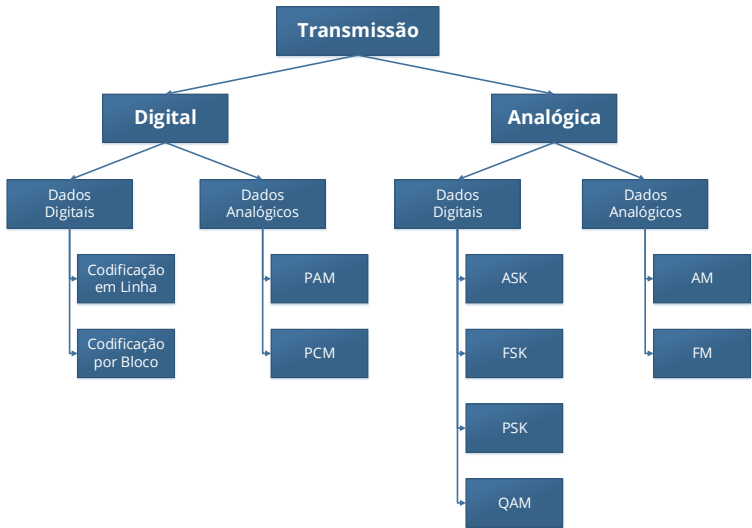
Multiplexação

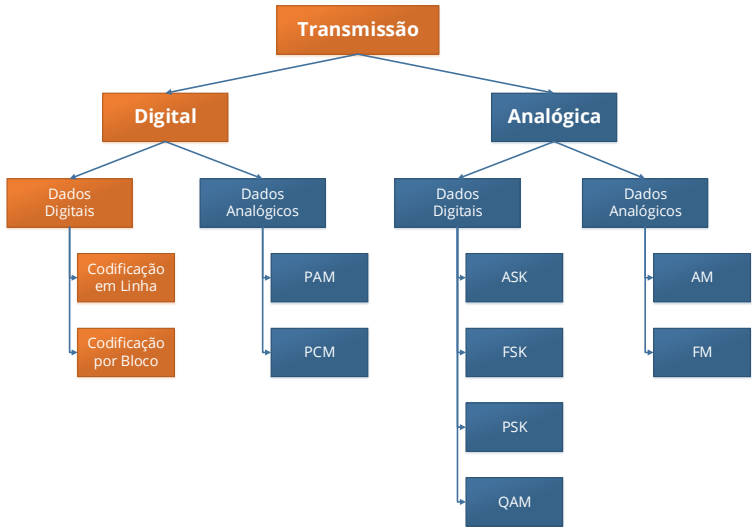
Referência

## ① Transmissão Transmissão Digital

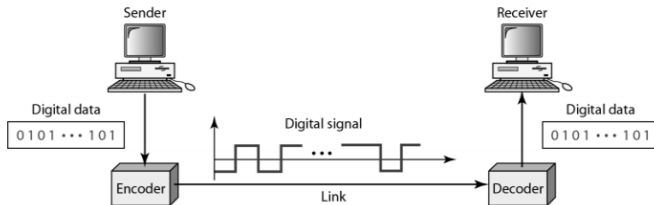
## ② Multiplexação

## ③ Referência





- Nosso problema é que temos que fazer uma transmissão digital para enviar dados digitais
- Mas se tudo é digital, porque preciso converter?
- Arquivos, músicas, fotos e vídeos são armazenados apenas como uma sequência de bits.



Camada  
Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência

- Existem fatores relevantes na transmissão de sinais digitais:
  - Componente contínua;
  - Largura de banda;
  - Informação de *clock*;
  - Detecção de erros.

Camada  
Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência

## Codificação em Linha

É o processo que consiste em apresentar o sinal digital de uma forma mais adequada à transmissão.

- Canais com ou sem fio transportam sinais analógicos;
- Como utilizar esses meios para enviar sinais digitais?
- Codificação:
  - Processo de conversão de dados em sinais digitais que os representam;
- Esquemas de transmissão em banda base:
  - NRZ (*Non-return-to-zero*);
  - NRZI (*Non-return-to-zero inverted*);
  - Manchester;
  - Codificação 4B e 5B.



## Camada Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência

- Dois níveis de tensão diferentes para bits 0 e 1. Por exemplo: nível alto para o bit 1 e nível baixo para o bit 0;
- As tensões são constantes durante o tempo de duração do bit;
- O tempo de duração do bit deve ser o mesmo para ambos os tipos de pulso.

## NRZ e NRZI



Camada Física

Profa. Kalinka Branco

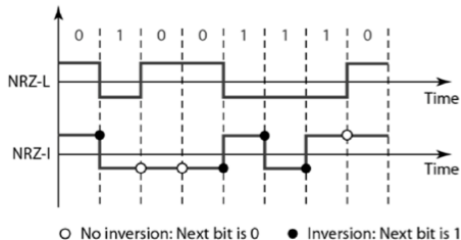
Transmissão

Transmissão Digital

Multiplexação

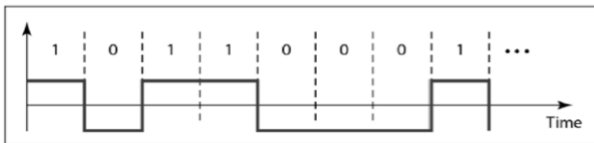
Referência

- NRZ (*Non-return-to-zero*)
  - Codificação depende apenas do estado do bit;
  - Tensão positiva representa “1”, tensão negativa representa “0” (ou vice-versa);
  - Presença de luz representa “1”, ausência de luz representa “0” (ou vice-versa).
- NRZI (*Non-return-to-zero inverted*)
  - Codificação depende do estado anterior;
  - Quando ocorre bit “1” o sinal é invertido e quando ocorre bit “0” nada acontece (ou vice-versa).

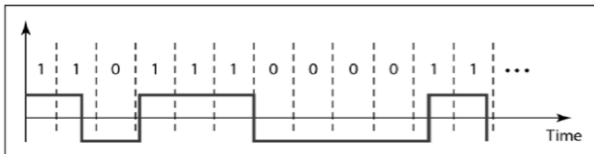


- NRZ e NRZI possuem problema de sincronização:
  - No NRZ para longas sequências de “0” e “1”;
  - No NRZI apenas para sequências de “0”.

- Exemplo NRZ:



a. Sent

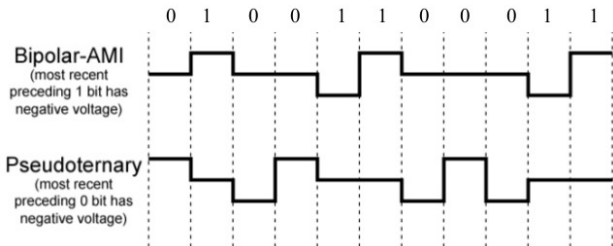


b. Received

- A codificação NRZ e NRZI apresentam prós e contras em sua utilização:
  - Vantagem: conceito simples e facilidade de implementação;
  - Desvantagem: possui uma componente DC (gera distorções do sinal ao passar por transformadores) e para longas sequências de um tipo de bit o código não tem capacidade de sincronização.

- Codificação multinível binária:
  - Mais do que dois níveis para a codificação dos dados.
  - Dois tipos:
    - *Bipolar Alternate Mark Inversion* (Bipolar-AMI); e
    - Pseudoternário.

- *Bipolar Alternate Mark Inversion* (Bipolar-AMI):
  - O binário 0 é representado pela ausência de sinal;
  - O bit 1 é representado por pulso negativo ou positivo;
  - Os pulsos para o bit 1 têm polaridade alternada.
- Pseudoternário:
  - Bit 1 representado pela ausência do sinal;
  - Bit 0 representado pela alternância entre polaridade;
  - Nenhuma vantagem ou desvantagem sobre o AMI.



- Prós:
  - Sem perda de sincronismo se a sequência de bits 1 ocorrer (o zero ainda é um problema);
  - Sem componente DC: pode-se usar transformador para isolar a linha de transmissão;
  - Fácil detectar erros, já que não se pode violar a alternância dos sinais.
- Contras:
  - Receptor deve distinguir entre 3 níveis (+A, -A, 0);
  - Requer aproximadamente 3dB mais de potência de sinal para a mesma probabilidade de erro de bit.

Camada  
FísicaProfa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

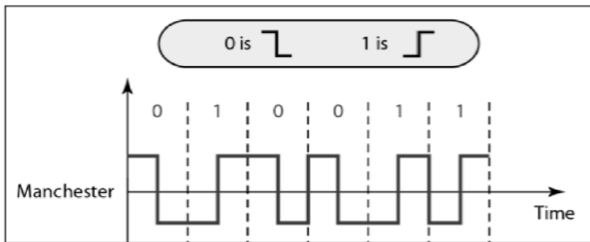
Referência

- Codificação Manchester:
  - Apresenta codificação no meio do tempo do bit.
  - São consideradas as codificações:
    - Manchester; e
    - Manchester diferencial.



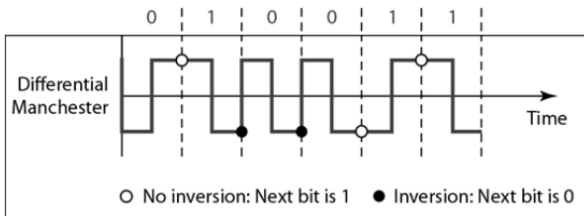
- Manchester:
  - Transição no meio de cada período de bit;
  - Transição serve como *clock* e dado;
  - Pode-se adotar:
    - Transição alto para baixo representa 0,
    - Transição baixo para alto representa 1.
  - Usada pelo IEEE 802.3 (Ethernet).

- Manchester
  - Realiza uma inversão no meio de cada estado para a representação e sincronização do sistema;
  - Bit “1” realiza uma transição positiva;
  - Bit “0” realiza uma transição negativa.



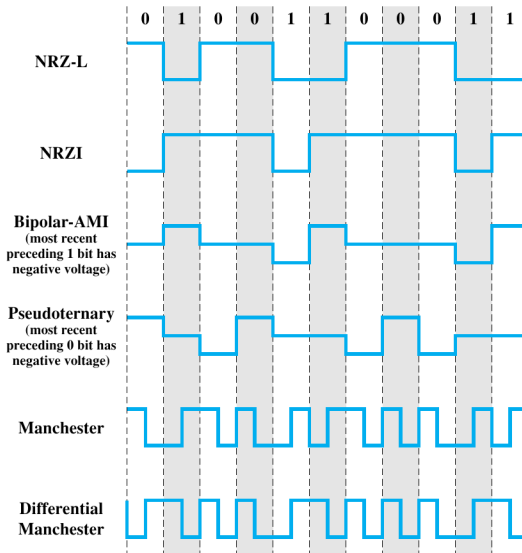
- Problema: exige largura de banda duas vezes maior que o NRZ.

- Manchester diferencial:
  - Transição do *clock* ocorre no meio do período de bit;
  - Inversão da transição no meio do período de bit representa 0;
  - Nenhuma transição representa 1;
  - Usado pelo IEEE 802.5 (*Token Ring*);
  - Em resumo: se não houver inversão na transição do bit é 1, caso contrário é 0.



- Manchester diferencial em relação ao Manchester:
  - Vantagem: por ser diferencial, é mais resistente a ruídos e distorções (em geral, é mais confiável comparar dois sinais do que um valor absoluto) e mesmo que o sinal seja invertido, por meio desta codificação, os nós poderão se comunicar sem problemas. Afinal, o que importa é a transição, não a polaridade.
  - Desvantagem: para descobrirmos no Manchester Diferencial qual é o sinal transmitido, precisamos saber também qual era o estado anterior do sinal.

- Manchester e Manchester diferencial:
  - Vantagens:
    - Sincronismo no meio da transição de bit (*self clocking*);
    - Nenhum componente DC;
    - Detecção de erro: ausência de uma transição pode permitir a detecção de erros.
  - Desvantagens:
    - Taxa de modulação máxima é duas vezes a do NRZ;
    - Requer maior largura de banda.





Camada  
Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência

## Exercício

Esquematize as ondas para as codificações NRZ-L, NRZI, Bipolar-AMI, Pseudoternário, Manchester e Manchester diferencial para a sequência de bits 01001110. Assuma que o nível do sinal do bit precedente para NRZI era "alto", o bit 1 precedente mais recente para o Bipolar-AMI tinha uma voltagem negativa e o bit 0 precedente mais recente para o Pseudoternário tinha uma voltagem negativa.

## Exercício

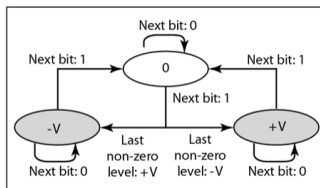
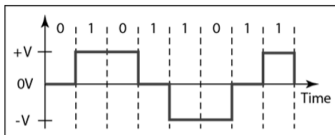
A onda abaixo pertence a um sinal codificado com a técnica Manchester. Determine o começo e o fim dos períodos de cada bit (extraia a informação de *clock*) e especifique a sequência dos dados.



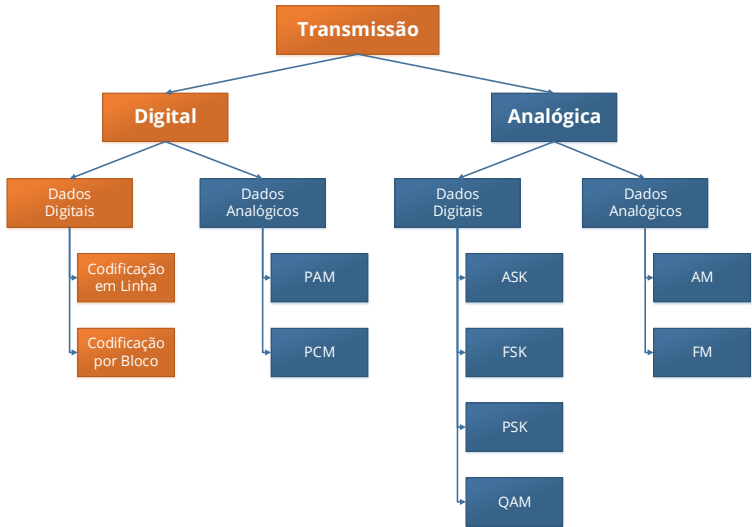


- *Multiline Transmission Three Level (MLT-3):*

- Parece com o NRZI, mas utiliza 3 níveis;
- A ideia é simples:
  - Quando o bit 0 aparece, nada acontece;
  - Quando o bit 1 aparece:
    - Quando o bit 1 não-zero anterior é positivo, subtraia  $V$ ;
    - Quando o bit 1 não-zero anterior é negativo, adicione  $V$ .



- *Multiline Transmission Three Level (MLT-3):*
  - Vantagens: requer uma banda menor do que a codificação bifásica e resulta em menos interferência eletromagnética.
  - Desvantagens: receptor deve distinguir entre 3 níveis (+A,-A,0).



Camada  
Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência

## Codificação por Bloco

Foi concebida para melhorar o desempenho da codificação em linha; inclui redundância e possibilidade de verificação de erros.

- A ideia é simples:
  - Basta substituir blocos de  $n$  bits por blocos de  $x$  bits.
  - Para isso:
    - A sequência de bits é dividida em blocos de  $n$  bits;
    - Os blocos de  $n$  bits são substituídos;
    - É feita uma codificação de linha.

- Minimiza o problema de sincronização do NRZI;
- Reduz sequências de 0;
  - Cada 4 bits são mapeados para uma sequência de 5 bits.

Dados (4B)	Código (5B)	Dados (4B)	Código (5B)
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

## Camada Física

Profa.  
Kalinka  
Branco





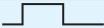
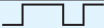


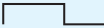

Transmissão

Transmissão Digital

Multiplexação

Referência

- Utiliza NRZI (como codificação de linha);
- É utilizado no padrão Ethernet 100 Mbps;
- Com a substituição de blocos de bits, ficarão blocos não alocados que podem ser alocados para controle de transmissão.

Data Input (4 bits)	Code Group (5 bits)	NRZI pattern	Interpretation
0000	11110		Data 0
0001	01001		Data 1
0010	10100		Data 2
0011	10101		Data 3
0100	01010		Data 4
0101	01011		Data 5
0110	01110		Data 6
0111	01111		Data 7
1000	10010		Data 8
1001	10011		Data 9



Camada Física





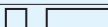


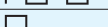
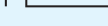
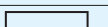
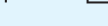

Profa. Kalinka Branco

Transmissão

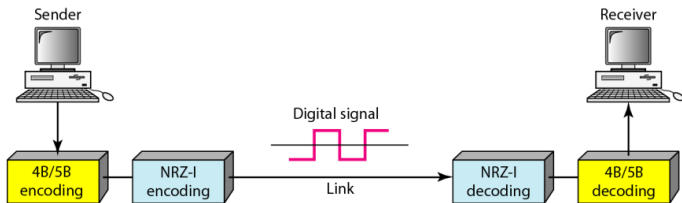
Transmissão Digital

Multiplexação

Referência

Data Input (4 bits)	Code Group (5 bits)	NRZI pattern	Interpretation
1010	10110		Data A
1011	10111		Data B
1100	11010		Data C
1101	11011		Data D
1110	11100		Data E
1111	11101		Data F
	11111		Idle
	11000		Start of stream delimiter, part 1
	10001		Start of stream delimiter, part 2
	01101		End of stream delimiter, part 1
	00111		End of stream delimiter, part 2
	00100		Transmit error

- Na prática, as duas estratégias são utilizadas conjuntamente.



Camada  
FísicaProfa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

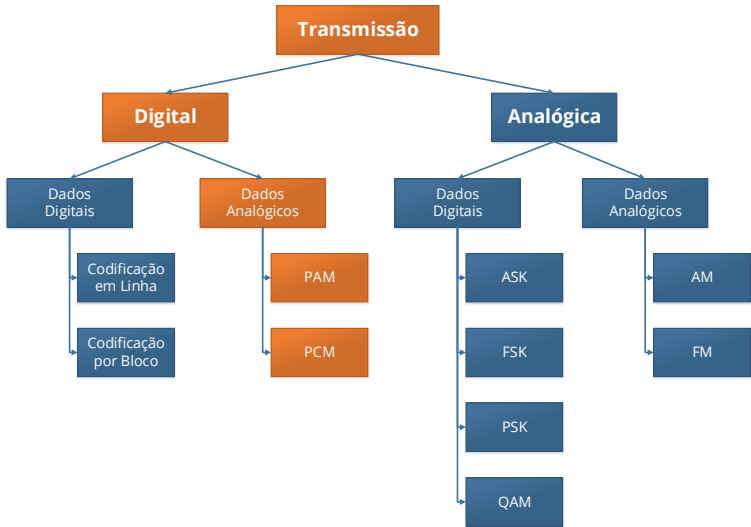
Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência

## Exercício

Esquematize as ondas para a codificação 4B-5B para a sequência de bits 01001110. Assuma que o nível do sinal do bit precedente para NRZI era "alto".

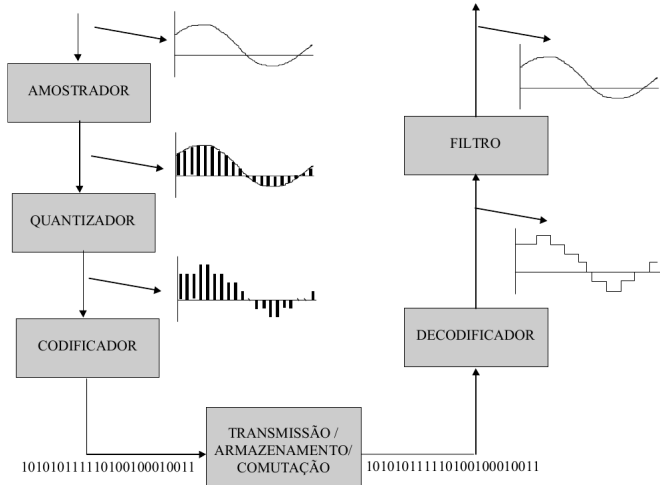


## PCM – *Pulse-Code Modulation*

É um método usado para converter sinais analógicos em digitais por meio de três etapas: amostragem, quantização e codificação.

- Transmissão digital:
  - Mais resistente a ruídos e distorções (basta que seja possível identificar os pulsos);
  - Uso de repetidores ao invés de amplificadores, gerando um ruído não cumulativo;

- Diagrama de Blocos do PCM:



## Teorema da Amostragem (Teorema de Nyquist)

Toda informação de um sinal analógico pode ser recuperada se uma amostragem for realizada a uma taxa de duas vezes a maior frequência do sinal. O sinal analógico pode ser reconstruído a partir dessas amostras utilizando-se um filtro passa-baixa.

## PAM – *Pulse-Amplitude Modulation*

Permite a modulação do sinal através da discretização das amplitudes do sinal modulante. Essa modulação é feita multiplicando-se o sinal modulante por um trem de pulsos da portadora, que consiste em uma onda quadrada.

Camada  
FísicaProfa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência

- Quantização:
  - Cada valor obtido pelas amostras PAM devem ser arredondados para ser representados por uma sequência de bits;
  - O número de níveis de quantização depende da quantidade de bits de cada amostra;
  - Esse processo de aproximação gera um erro conhecido como erro de quantização ou ruído de quantização, que não pode ser evitado, mas pode ser diminuído com o aumento de níveis de quantização.



- Codificação:
  - Consiste na atribuição de códigos binários aos níveis de quantização.
- As etapas de quantização e codificação costumam ser realizadas por um único circuito chamado “Conversor Analógico-Digital” .

Camada Física

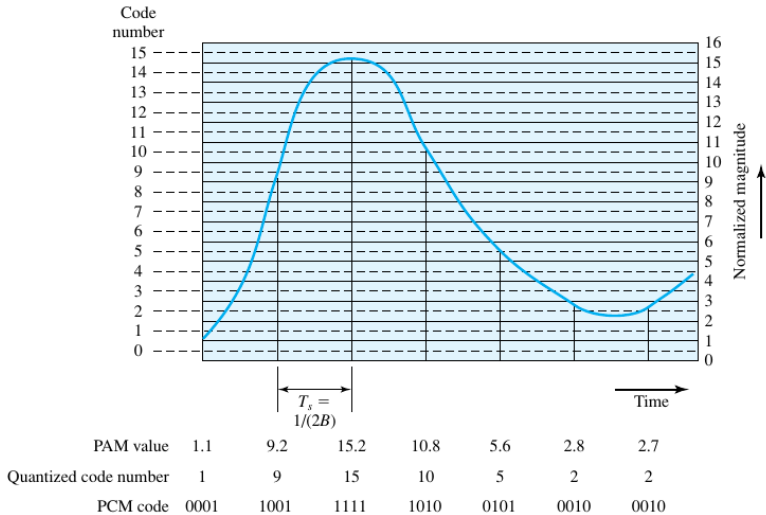
Profa. Kalinka Branco

Transmissão

Transmissão Digital

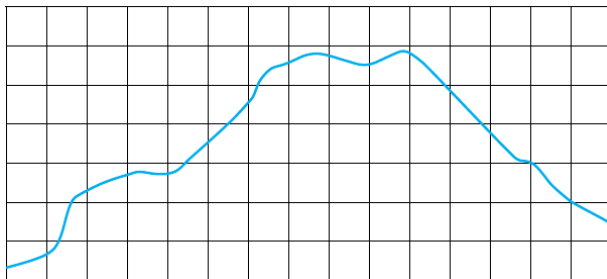
Multiplexação

Referência



## Exercício

Considerando que o período de um quadrado seja o período equivalente à frequência máxima do sinal analógico abaixo, realize a conversão desse sinal para dados digitais utilizando a técnica PCM com as etapas de Amostragem, Quantização e Codificação para 4 bits. O sinal é dado já normalizado de acordo com sua magnitude.



## Camada Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

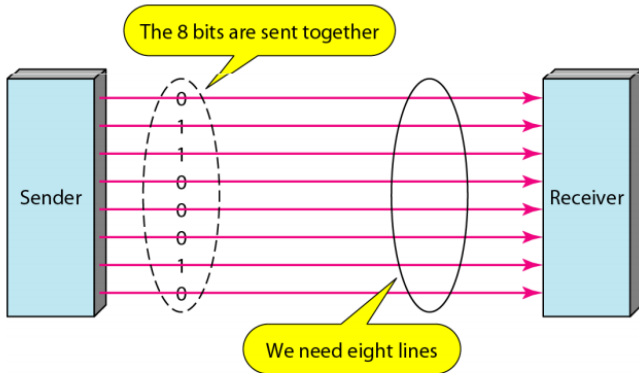
Transmissão  
Digital

Multiplexação

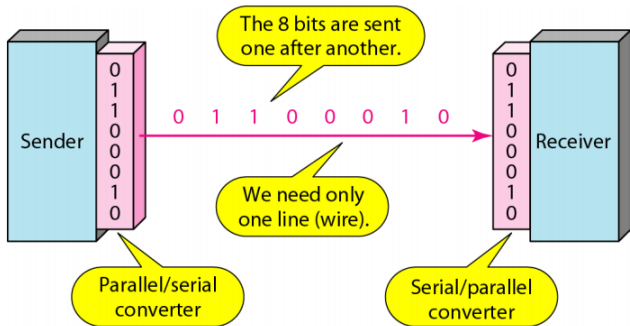
Referência

- Paralelo;
- Serial:
  - Síncrono;
  - Assíncrono.

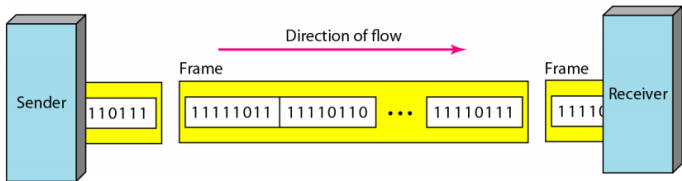
- Requer mais de um canal de comunicação.



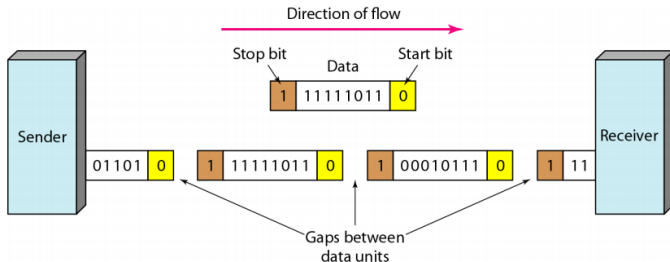
- Transmissão de dados mais simples;
- Utiliza apenas um canal de comunicação;
- Menor velocidade de transmissão.



- Transmissão Serial Síncrona:
  - Requer um relógio de sincronismo confiável;
  - A sincronização é efetivada na camada de enlace.



- Transmissão Serial Assíncrona:
  - Inserção de bits extras deixa mais lenta;
  - Mais barata, recomendada para baixas velocidades.



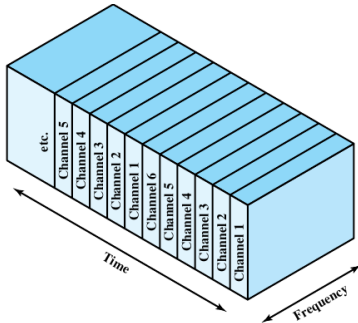


## Multiplexação

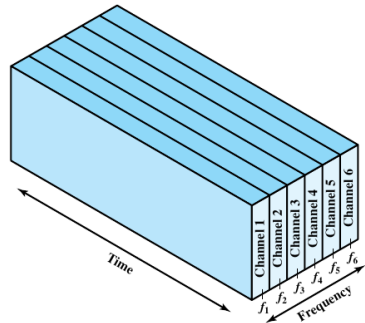
- Transmissão simultânea de dois ou mais elementos (sinais) de informação utilizando o mesmo meio de transmissão.
- Objetivo: maximizar o número de conexões;



- Métodos de multiplexação:
  - Por divisão de frequência (FDM);
    - Por divisão de comprimento de onda (WDM).
  - Por divisão de tempo (TDM);
  - Por divisão de código (CDM).

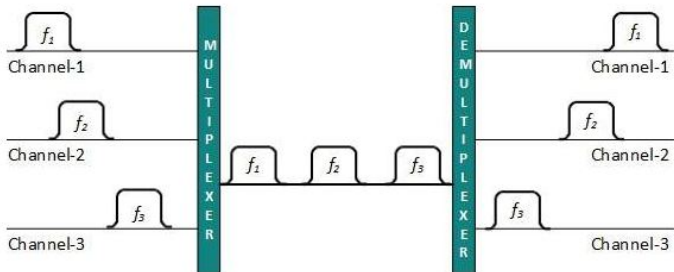


(b) Time division multiplexing

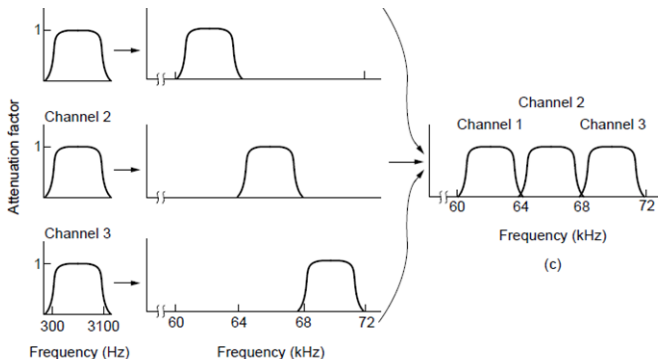


(a) Frequency division multiplexing

- *Frequency Division Multiplexing (FDM)*;
- Designa-se uma faixa de frequência para cada canal;



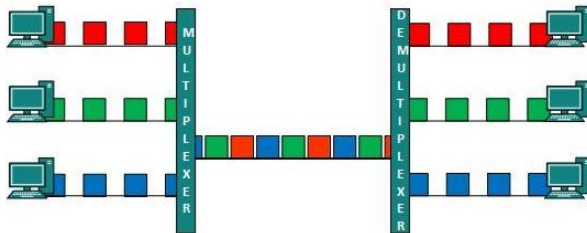
- O sinal deve ser deslocado em frequência para sua posição antes de ser realizada a multiplexação dos canais com a modulação.
- O novo sinal modulado não pode ter intersecção na frequência com os outros canais.



- *Wavelength Division Multiplexing* (WDM);
- Forma do FDM aplicado a fibras óticas;
- Utiliza diferentes comprimentos de onda.



- *Time Division Multiplexing* (TDM);
- Usuários se alternam em um rodízio: cada um utiliza toda a largura de banda por um pequeno período.



- *Code Division Multiplexing* (CDM);
- Não é baseado em propriedades físicas, e sim em propriedades matemáticas:
  - Valores de um espaço de vetores ortogonais podem ser combinados e separados sem interferência.
- Cada emissor recebe um código binário que representa vetores ortogonais e utiliza esse código para construir seu sinal digital.
- Os sinais de diferentes emissores são combinados (somados).
- Os receptores que também conhecem os respectivos códigos binários podem recuperar o sinal digital a partir do sinal combinado.

Camada  
Física

Profa.  
Kalinka  
Branco

Transmissão

Transmissão  
Digital

Multiplexação

Referência



## Redes e Sistemas de Comunicação de Dados

Tradução de 7ª edição

William Stallings | Thomas Case

ELSEVIER



STALLINGS, William; CASE,  
Thomas. Redes e Sistemas  
de Comunicação de Dados.  
2. ed., 2016. 552 p.