



Redes de Computadores

Parte II: Camada Física

Dezembro, 2012

Professor: Reinaldo Gomes
reinaldo@computacao.ufcg.edu.br



Meios de Transmissão



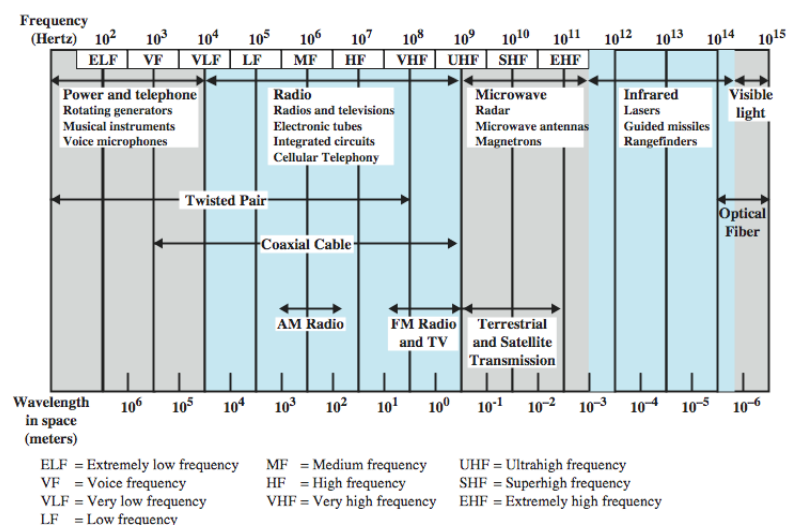
Meios de Transmissão

Terminologia

- A transmissão de dados ocorre entre um **transmissor** e um **receptor** através de algum meio
- Meios **guiados**
 - Par traçado, cabo coaxial, fibra óptica, ...
- Meios **não guiados**/sem fio
 - Ar, água, vácuo, ...



Espectro eletromagnético

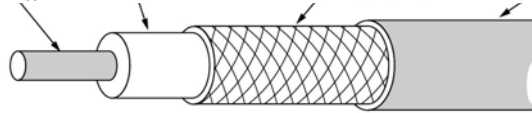




Meios de Transmissão

□ Cabos

▣ Coaxial



▣ Vantagens: menor interferência, maior distância

▣ Desvantagens: mais caro, precisa de aterramento, difícil instalação



Meios de Transmissão

□ Cabos

▣ Par trançado



▣ Vantagens: mais barato (não blindado), mais leve, fácil manuseio, não precisa de aterramento, fácil instalação

▣ Desvantagens: limitação da distância, interferência eletromagnética



Meios de Transmissão

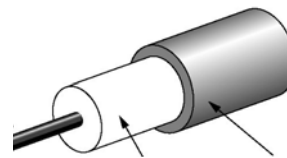
□ Cabos

▣ Fibra óptica

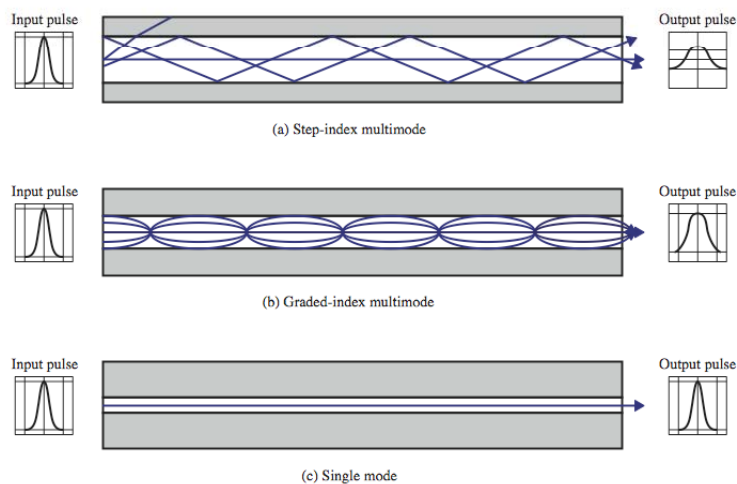


- ▣ Vantagens: **longo alcance**, baixa perda, **imune a ruído e a interferência** eletromagnética, banda passante quase infinita

- ▣ Desvantagens: **custo**, **instalação**



Modos de transmissão - Fibra Óptica

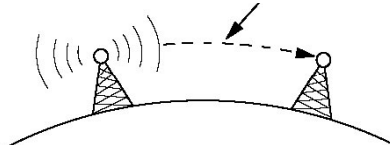




Meios de Transmissão

□ Sem fio

- ▣ Antenas: Rádio, Microondas, etc.
- ▣ Vantagem: fácil instalação
- ▣ Desvantagem: alta interferência



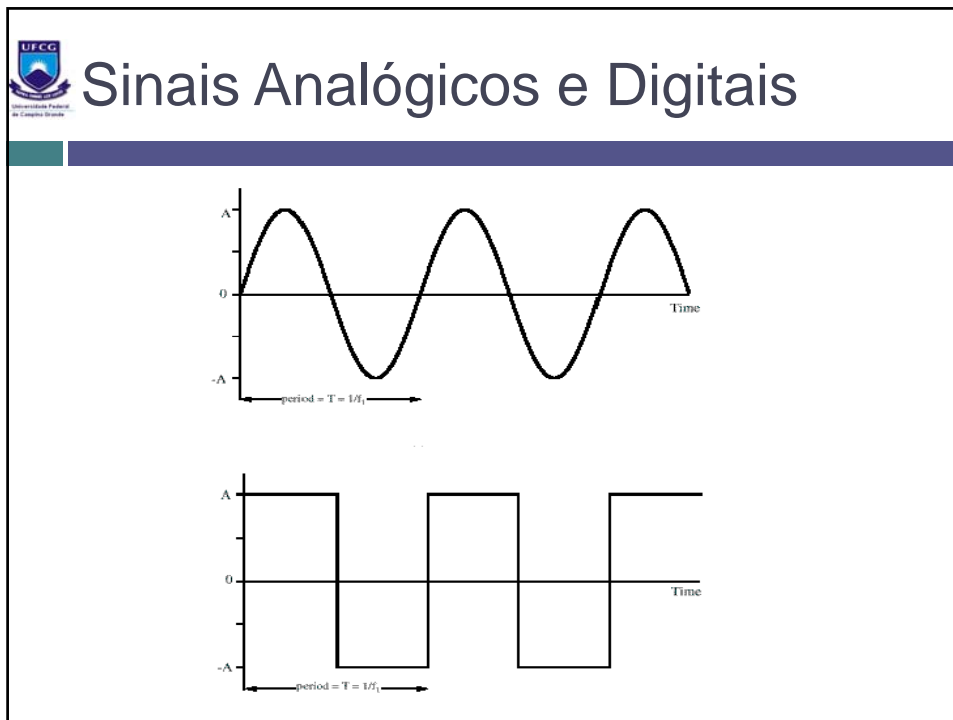
Forma de sinalização

□ Analógica:

- ▣ Informações geradas por fontes sonoras têm variações contínuas no tempo

□ Digital:

- ▣ Níveis discretos de tensão ou corrente. Pulsos nos quais a amplitude é fixa



UFCCG Universidade Federal do Ceará

Modos de transmissão

- **Paralela**
 - ▣ Transmissão simultânea de vários bits (em geral um byte), utilizando várias linhas de comunicação
 - ▣ Utilizada internamente nos computadores e para distâncias curtas
- **Serial**
 - ▣ Os bits são transmitidos um a um, em sequência, em um única linha de dados
 - ▣ Tipo de transmissão mais utilizado em redes de computadores



Ritmos de transmissão

- **Síncrona**
 - ▣ Cadência fixa para transmissão sequenciada dos bits
 - ▣ Transmissor e receptor devem estar **sincronizados**
- **Assíncrona**
 - ▣ Não exige fixação prévia de padrão de tempo
 - ▣ Tempo de transmissão entre dois grupos de bits **pode variar**
 - ▣ Utiliza *start bits* e *stop bits*



Modos de operação

- A **transmissão e a recepção** podem ou não existir simultaneamente no tempo
- **Simplex**
 - ▣ comunicação em uma **única** direção
- **Half-Duplex**
 - ▣ comunicação em **ambas** as direções, porém **não** simultaneamente
- **Full-Duplex**
 - ▣ comunicação em **ambas** as direções **simultaneamente**



Tipos de ligação

- **Ponto-a-ponto**
 - ▣ Apenas **dois equipamentos interligados** por um meio físico de transmissão
- **Multiponto**
 - ▣ **Vários equipamentos interligados** por um meio físico de transmissão



Banda passante

- **Banda passante** de um sinal
 - ▣ **Intervalo de frequências** que compõem o sinal (Ex.: 300Hz a 3300Hz - sinal de voz)
- **Largura de banda**
 - ▣ **Tamanho da banda passante**, ou seja, a diferença entre início e final da banda (Ex.: 3KHz)
- **Taxa de transmissão de dados**
 - ▣ **Depende da largura de banda**
 - ▣ Limitada a duas vezes a largura de banda (1 bit por intervalo de sinalização)
 - ▣ Especificada em **bits por segundo** (bps)



Fontes de distorção de sinais

- Ruídos
- Linha cruzada (*Crosstalk*)
- Atenuação
- Ecos



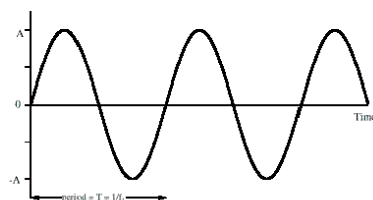
Formas de sinalização

- Há duas maneiras para transmissão de dados
 - Sinais Analógicos
 - Sinais Digital

Formas de sinalização

□ Analógica

- ▣ Informações geradas por fontes sonoras têm **variações contínuas no tempo**;
- ▣ Dispositivos que transformam movimento ou condição de um evento natural em sinal elétrico ou mecânico que seja similar;



- ▣ **Sofrem menos atenuações que sinais digitais em longas distâncias**;



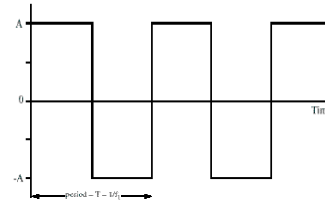
Exemplos de dados analógicos

- Relógio de ponteiros:
 - ▣ o seu movimento é análogo ao movimento do tempo.
- Termômetro:
 - ▣ mede temperaturas que mudam constantemente.
 - ▣ ação contínua e a faixa de valores não é limitada.

Formas de sinalização

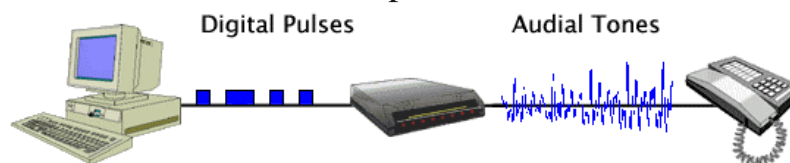
□ Digital

- ▣ Níveis discretos de tensão ou corrente;
- ▣ Pulsos nos quais a amplitude é fixa;
- ▣ Um sinal digital representa um valor “instantâneo” de uma situação e não representa um movimento contínuo.

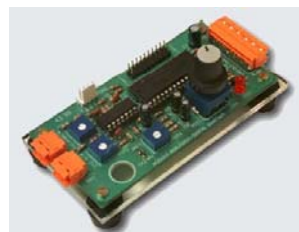


Exemplos de sinais digitais

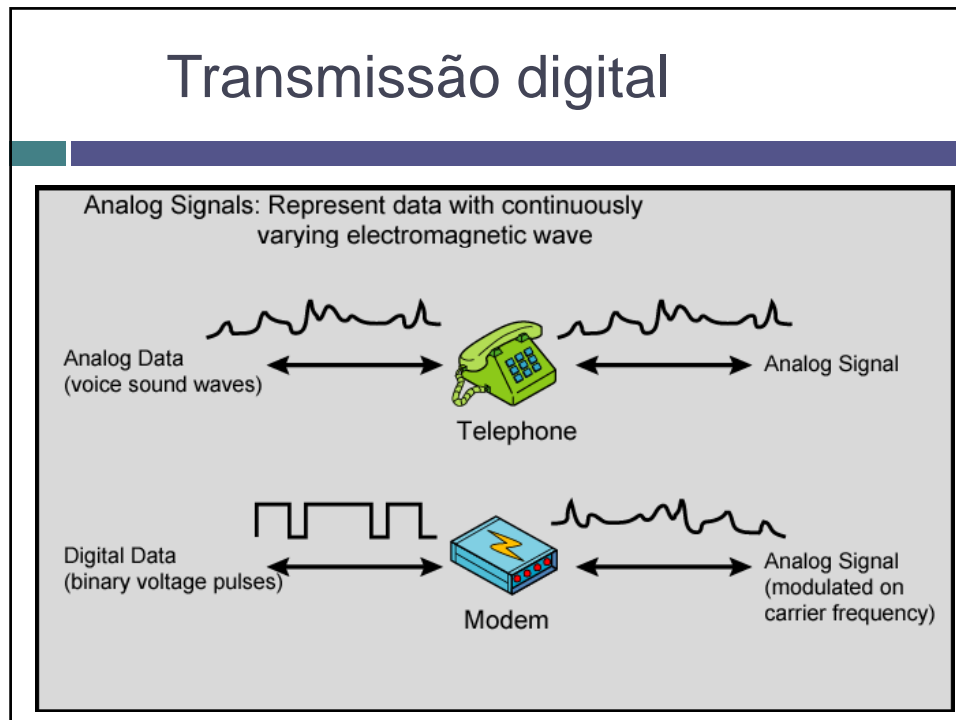
□ Saída serial de um computador:



□ Microcontroladores

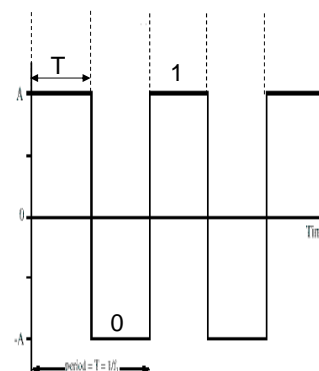


Transmissão digital



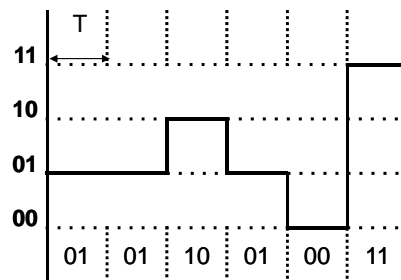
Transmissão digital

- Um sinal digital caracteriza-se pela presença de **pulsos nos quais a amplitude é fixa;**
- O **sinal é construído através de uma sequência de intervalos** (de sinalização) de tamanho fixo iguais a T segundos;
- **Cada nível representa um bit** (neste exemplo).



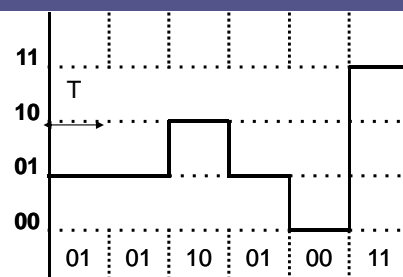
Transmissão digital

- O número de níveis usado na transmissão pode ser maior que dois;
- Com quatro níveis podemos representar 2 bits a cada intervalo de sinalização (dibit);
- Com oito níveis podemos representar 3 bits a cada intervalo de sinalização (tribit);



Transmissão digital

- O número de intervalos de sinalização por segundo pode ser diferente do número de bits por segundo;
- O número de intervalos de sinalização por segundo de um sinal digital é o número de bauds desse sinal;



$$1 \text{ baud} = \log_2 L(\text{bps})$$



A taxa máxima de transmissão de um Canal

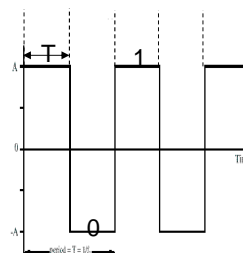
□ Teorema de Nyquist:

$$\text{Taxa máxima de dados} = 2H \log_2 L \text{ bps}$$

Onde:

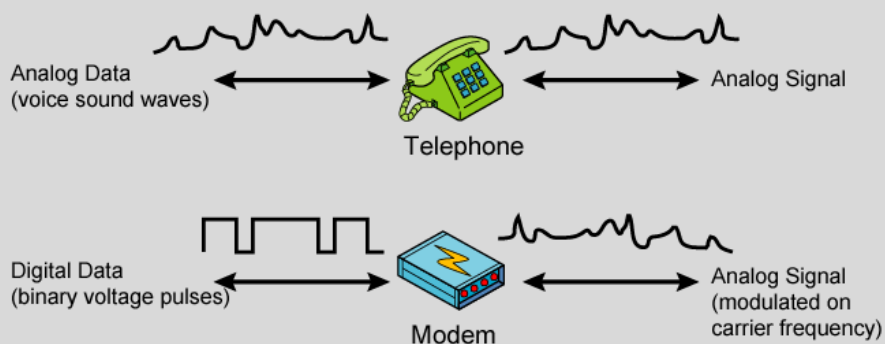
H é a largura de banda de um filtro passa baixa

L é o número de níveis discretos



Transmissão Analógica

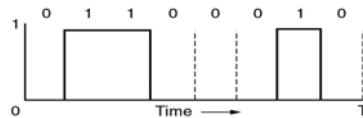
Analog Signals: Represent data with continuously varying electromagnetic wave





Transmissão Analógica

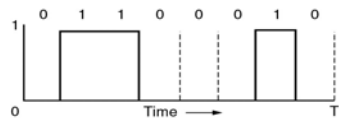
- Como posso transmitir um sinal digital através de um meio de transmissão analógico?



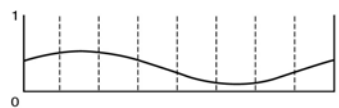
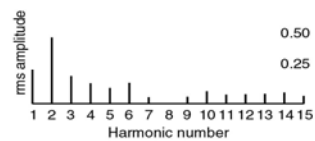
- Esta função descreve o sinal correspondente a transmissão do carácter “b”
- O padrão de bits a ser transmitido é “01100010”



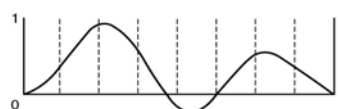
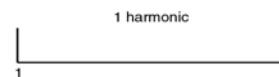
Transmissão Analógica



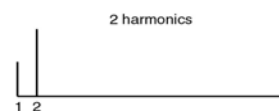
(a)



(b)

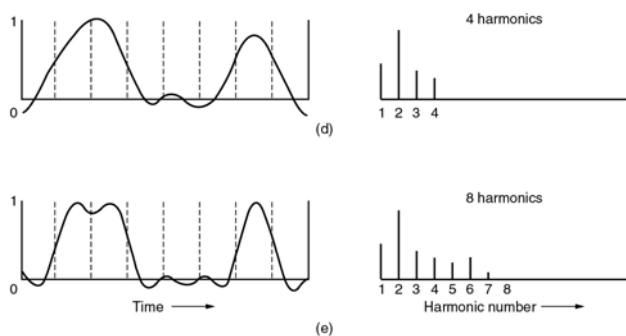


(c)





Transmissão Analógica



Fontes de distorção de sinais

- Além dos efeitos de distorção oriundos da largura de banda dos meios físicos, outros fatores podem causar distorções durante a transmissão:
 - Ruídos
 - Atenuação
 - Ecos



Fontes de distorção de sinais

□ Ruídos

- ▣ Interferências de sinais externos ao meio físico;
- ▣ A quantidade de ruído é medida em termos da razão entre a potência do sinal e a potência do ruído:
 - razão sinal-ruído = S / N :
 - Onde S = Sinal (Signal) e N = ruído (Noise)
- ▣ Normalmente utiliza-se uma escala logarítmica para essa relação:
 - $10 \log_{10} (S/N)$ em decibéis (dB)



Classificação de ruídos

- Ruído térmico;
- Ruído de intermodulação;
- Crosstalk;
- Ruído impulsivo



Classificação de ruídos

- **Ruído térmico;**
 - ▣ provocado pela agitação dos elétrons nos condutores;
 - ▣ uniformemente distribuído em todas as frequências do espectro;
 - ▣ função da temperatura;
 - ▣ chamado de “ruído branco”



Classificação de ruídos

- **Ruído de intermodulação;**
 - ▣ ocasionado quando diferentes frequências compartilham o mesmo meio físico através de FDM;
 - ▣ Pode ocorrer devido a sinais com potência muito alta;



Classificação de ruídos

- **Crosstalk;**
 - ▣ Muito comum em sistemas telefônicos;
 - ▣ Também chamado de linha cruzada;
 - ▣ Causado por interferências induzidas por cabos muito próximos;



Classificação de ruídos

- Ruído impulsivo;
 - ▣ Podem ser causados por falhas em equipamentos;
 - ▣ Podem ser causados por disparos de certos equipamentos como motores elétricos ligados próximos do meio físico ou no mesmo circuito elétrico;

Lei de Shannon

- A capacidade máxima teórica C de um canal (em bps), cuja largura de banda é H Hz e cuja a relação sinal ruído é S/N , é dada por:

$$C = H \log_2(1 + S / N) \text{ bps}$$

Fontes de distorção de sinais

- Atenuação
 - ▣ A potência cai com a distância de modo logarítmico;
 - ▣ Normalmente expresso em Decibéis;
 - ▣ Ocorre por aquecimento;
 - ▣ Repetidores podem reforçar o sinal e retransmiti-lo.

Fontes de distorção de sinais

- Ecos
 - ▣ Causam efeitos similares aos ruídos;
 - ▣ Mudanças de impedâncias na linha faz com que os sinais sejam refletidos;
 - ▣ Em linhas telefônicas utilizam-se canceladores de ecos.



Multiplexação

- Motivação
 - ▣ Banda passante necessária para um sinal é, em geral, bem menor do que a banda passante dos meios físicos disponíveis;
 - ▣ Pode-se aproveitar a banda passante não utilizada para transmitir outros sinais (simultaneamente).



Multiplexação

- Multiplexação
 - ▣ Compartilhamento de um mesmo canal de transmissão por vários sinais, sem interferência entre eles, para aproveitar toda a banda passante;
- Multiplexação na frequência e no tempo
 - ▣ FDM – Frequency Division Multiplexing
 - ▣ TDM – Time Division Multiplexing



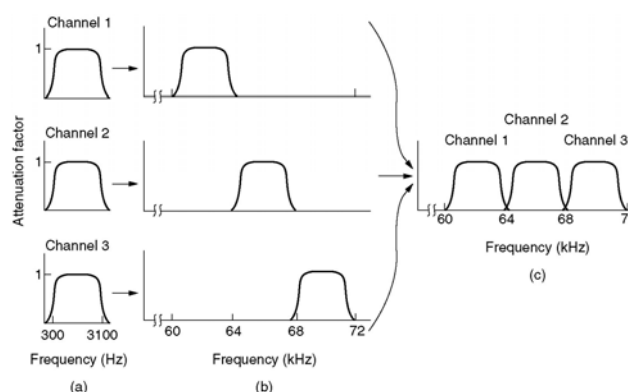
FDM - Frequency Division Multiplexing

- Procedimento no transmissor
 - ▣ Os sinais são filtrados para preservar a faixa relativa à banda passante de cada um;
 - ▣ Deslocamento da faixa de frequência original dos sinais, para que ocupem faixas disjuntas.
- Procedimento no receptor
 - ▣ Conhecimento da faixa de frequência do sinal
 - ▣ Deslocamento do sinal para a faixa original
 - ▣ Filtro para reconstituir o sinal original



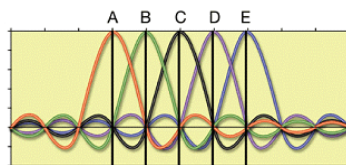
FDM - Frequency Division Multiplexing

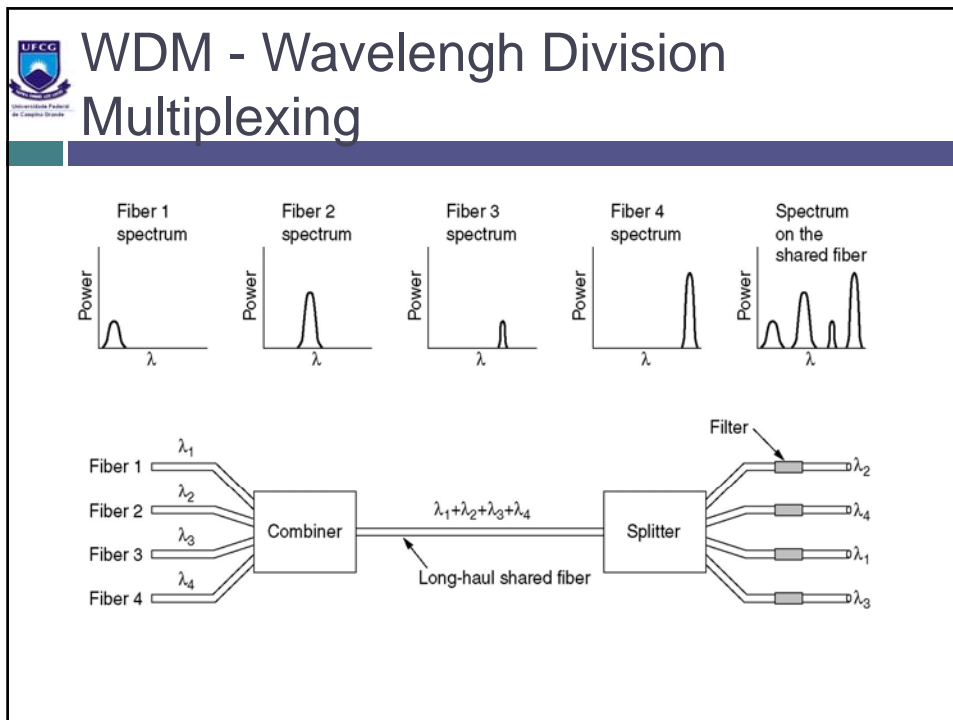
- a) Largura de banda original;
- b) Sinal deslocado na frequência;
- c) Canal multiplexado.



FDM - Frequency Division Multiplexing

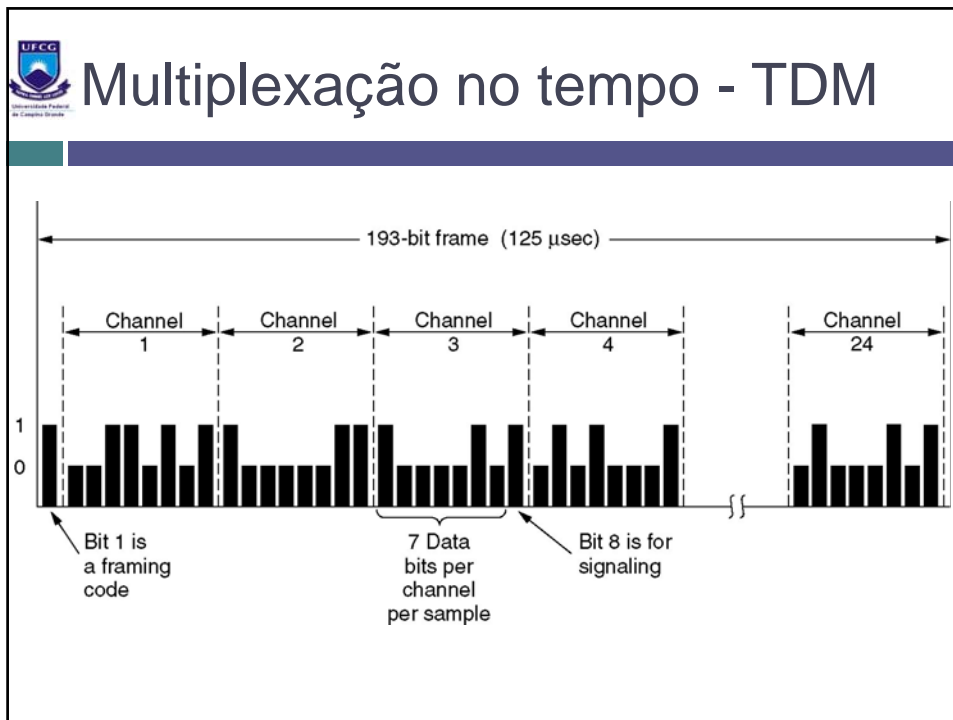
- OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 - Usando FDM não existe relacionamento entre as frequências no espectro – portadoras são colocadas juntas
 - No OFDM cada portadora é uma senoide com frequência igual a de uma frequência base da senoide fundamental – essa condição permite a ortogonalidade






TDM - Time Division Multiplexing

- Capacidade de transmissão (em bps), em muitos casos excede a taxa de geração dos equipamentos conectados;
- **Vários sinais são intercalados no tempo;**
- TDM síncrono
 - intervalos (frames) e subintervalos (segmentos)
 - canal: conjunto dos segmentos, um em cada frame
- TDM assíncrono
 - não existe alocação de canal
 - eliminação do desperdício

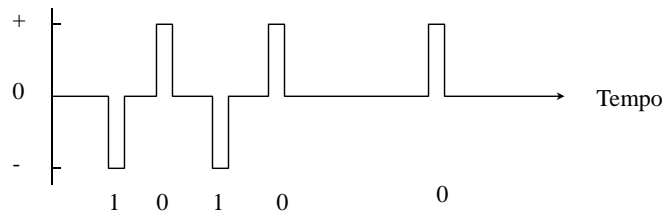


 **Métodos de Codificação Digital**

- Fisicamente: comunicação por corrente elétrica, ondas de rádio, luz
- Computadores: dispositivos digitais
- corrente elétrica \longleftrightarrow Info. Digital ?



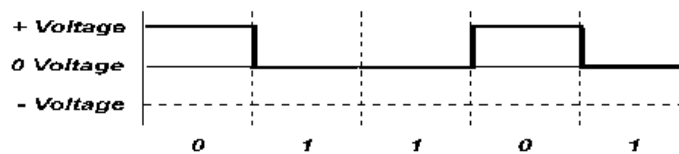
Codificação Polar



- ❑ Corrente elétrica para enviar bits.
- ❑ Voltagem negativa: bit 1
- ❑ Voltagem positiva: bit 0



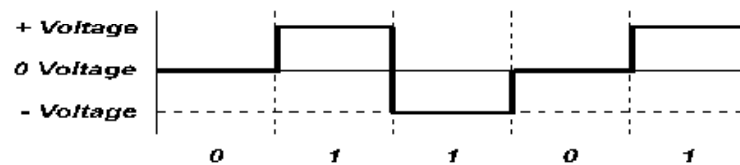
Codificação Unipolar



- ❑ 1's e 0's representados por voltagem positiva
- ❑ mas suscetível a interferências



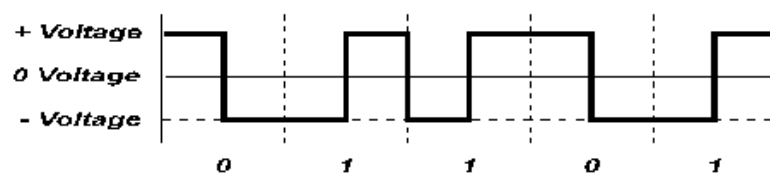
Codificação Bipolar



- Utiliza voltagens negativa, positiva e zero.
- 1 - positivo ou negativo
- 0 - voltagem zero
- mais resistente à interferência



Codificação Manchester - Bipolar



- 1 - mudança de negativo p/ positivo
- 0 - mudança de positivo p/ negativo



Modulação



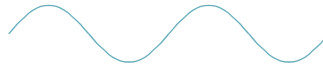
Modulação

- Deslocamento do sinal original, de sua faixa de frequência para outra faixa
 - ▣ Sinal original - sinal modulador
 - ▣ Portadora (*carrier*) - onda básica usada no deslocamento
- Modulação analógica
 - ▣ Modulação por Amplitude - AM
 - ▣ Modulação por Frequência - FM
 - ▣ Modulação por Fase - PM

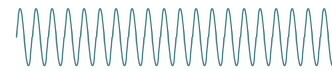


Tipos de modulação

MODULANTE



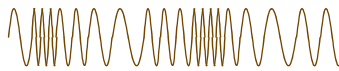
PORTADORA



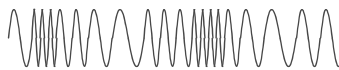
AM



FM



PM



Modulação em amplitude

