

Fundamentos de Redes de Computadores

Tema 2 - Transmissão de Dados

Prof. Fernando W Cruz

Slides gerados à partir do Cap. Data Transmission do livro Data and Computer Communications (Stallings)

Terminologia:

- Transmissor/Receptor e Meio de transmissão
 - Ex. de Meios Guiados: par trançado, fibra ótica
 - Ex. de Meios Não Guiados: ar livre, água, vácuo
- Tipos de Link (enlaces):
 - Direto: sem dispositivos intermediários
 - Ponto-a-ponto: link (direto) onde apenas dois dispositivos compartilham o meio
 - Ponto-multiponto: link compartilhado por mais de dois dispositivos

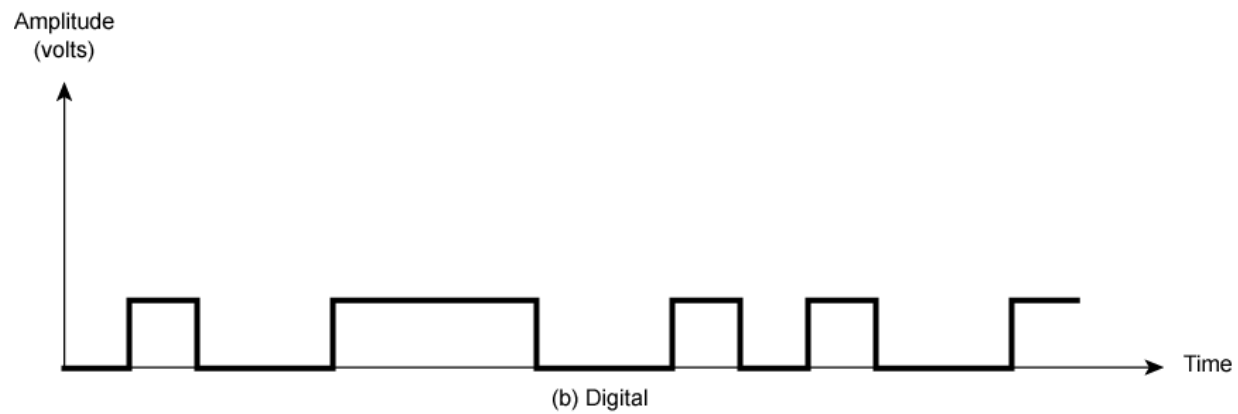
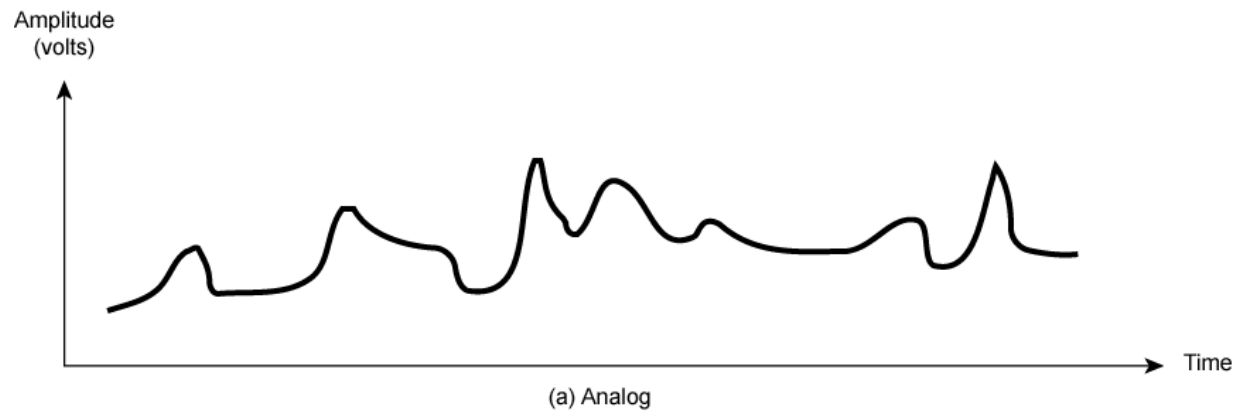
Terminologia (cont.)

- Simplex
 - Comunicação apenas em uma direção
 - Ex.: Televisão
- Half duplex
 - Comunicação nas duas direções, mas não ao mesmo tempo
 - Ex.: Sinais de radio usados pela polícia
- Full duplex
 - Comunicação nas duas direções ao mesmo tempo
 - Ex.: Telefone

Definição de Sinal no tempo

- Sinais analógicos x digitais
 - Analógico: Infinitos níveis contínuos registrados no tempo (valores contínuos)
 - Digital: Mantém um nível constante e então muda para um outro nível (valores discretos)
- Sinais aperiódicos x periódicos:
 - Aperiódicos: padrões de comportamento do sinal não são identificados
 - Sinal periódico: Percebe-se um padrão que se repete no tempo
 - Esse tipo de sinal interessa, e muito, para a transmissão de dados. Ex.: onda de seno.

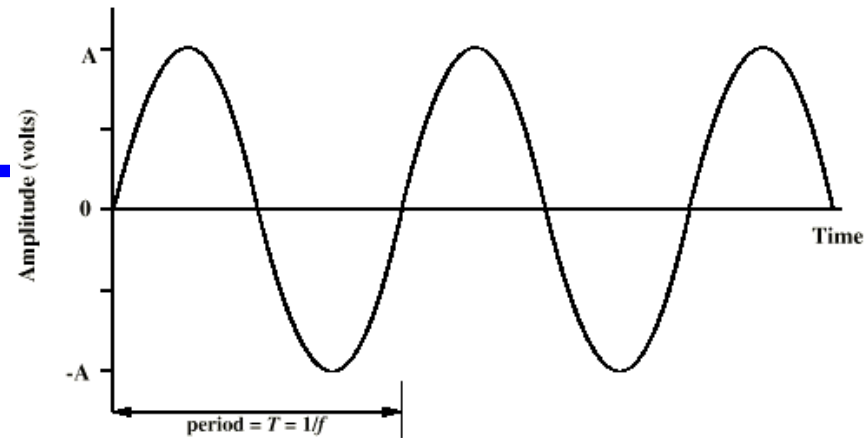
Sinais Análogos e Digitais



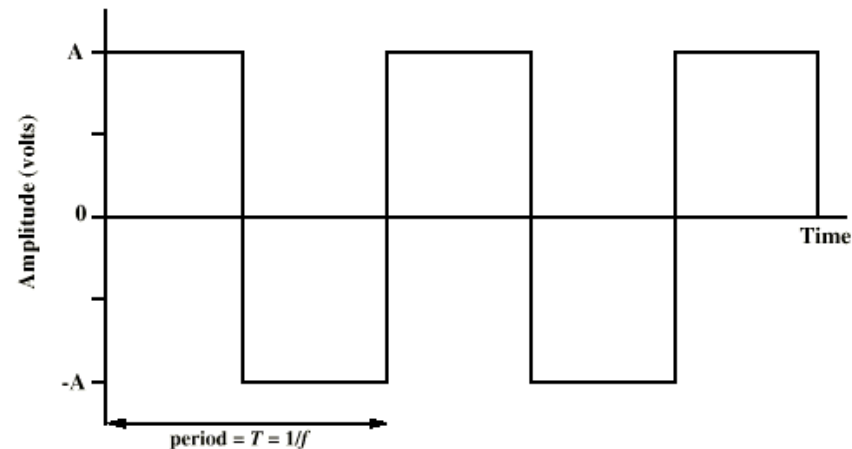
Sinais Periódicos

Características de uma senóide:
(no domínio do tempo)

- Amplitude (A)
 - Força máxima do sinal
 - Medida em Volts
- Frequência (f)
 - Taxa de mudança do sinal
 - Hertz (Hz) ou ciclos por segundo
 - Período = tempo gasto numa repetição (T)
 - $T = 1/f$
- Fase (ϕ)
 - Posição relativa no tempo



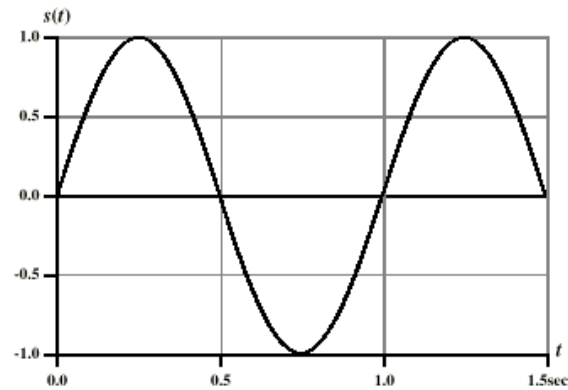
(a) Sine wave



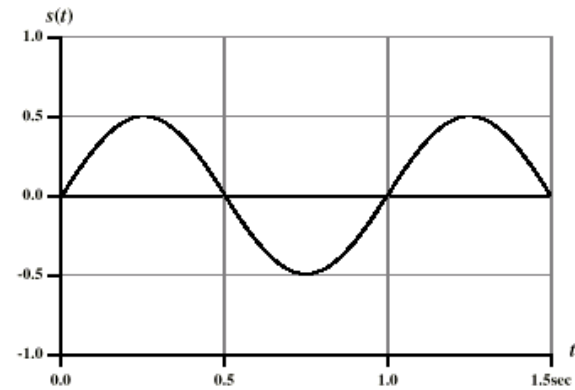
(b) Square wave

Alguns exemplos de senóides

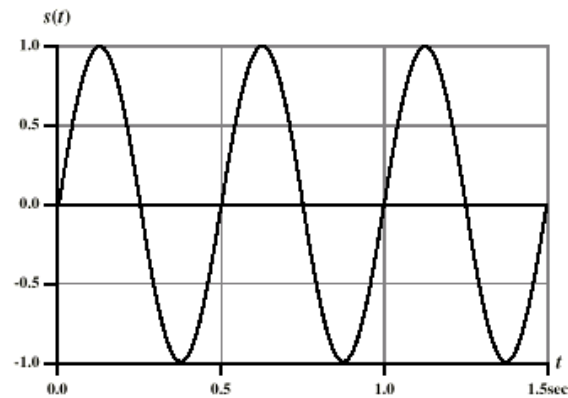
$s(t) = A \sin(2\pi ft + \Phi)$



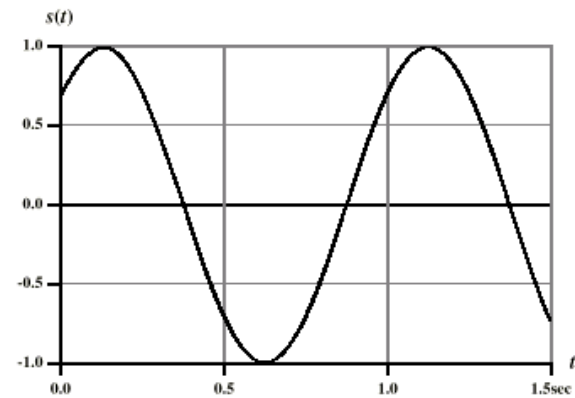
(a) $A = 1, f = 1, \phi = 0$



(b) $A = 0.5, f = 1, \phi = 0$



(c) $A = 1, f = 2, \phi = 0$



(d) $A = 1, f = 1, \phi = \pi/4$

Comprimento de onda:

- Distância ocupada por um ciclo
- Distância entre dois pontos de fase correspondente em dois ciclos consecutivos

∇ λ

- Assumindo V como sendo a velocidade do sinal

$$\lambda = vT$$

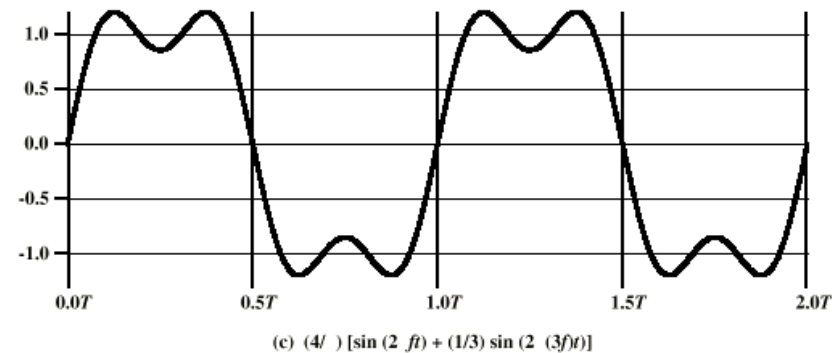
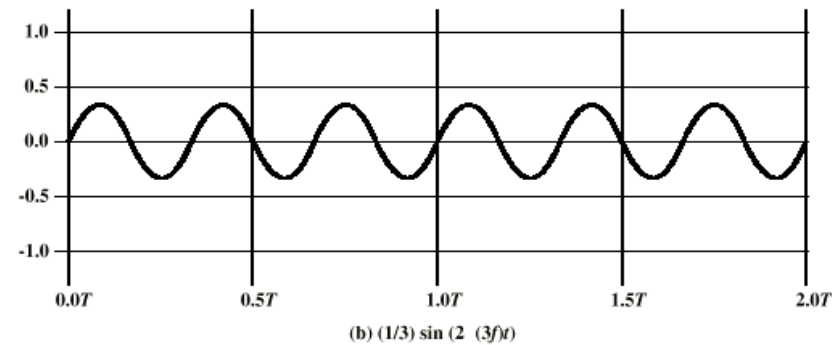
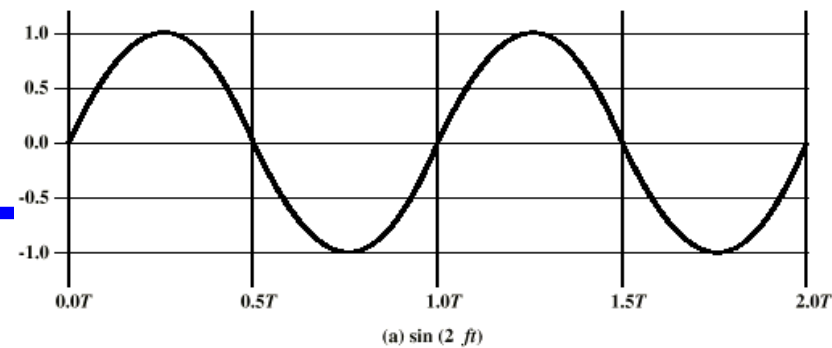
$$\lambda f = v$$

— $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ (velocidade da luz no espaço livre)

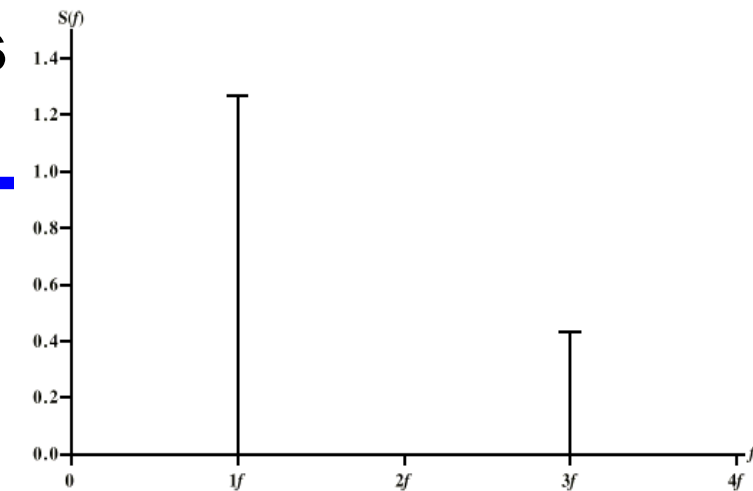
Definição de Sinais no domínio da Frequência

- Sinais normalmente são formados por muitas componentes
- Essas componentes são ondas de seno cada uma com uma frequência
- Essas afirmações podem ser provadas por uma disciplina denominada Análise de Fourier
- Portanto é possível “desenhar” funções no domínio da frequência

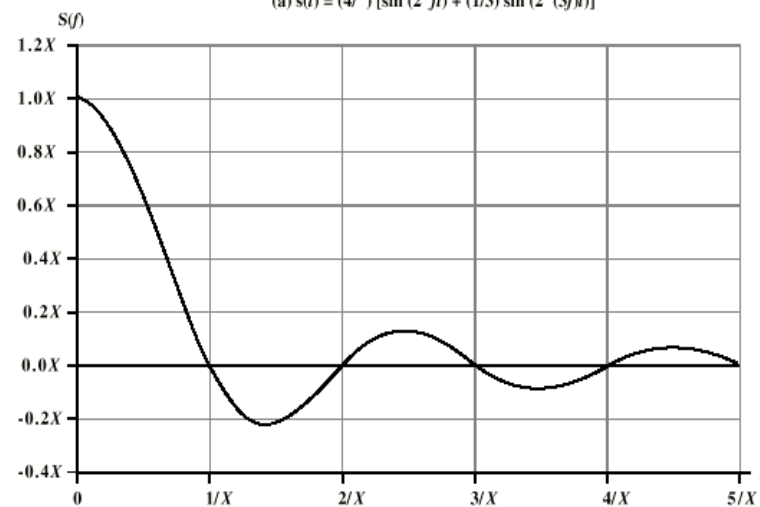
Adição de componentes de frequência a um sinal f ($T=1/f$)



Representações no domínio da frequência



$$(a) s(t) = (4f) [\sin(2\pi ft) + (1/3) \sin(2\pi (3f)t)]$$

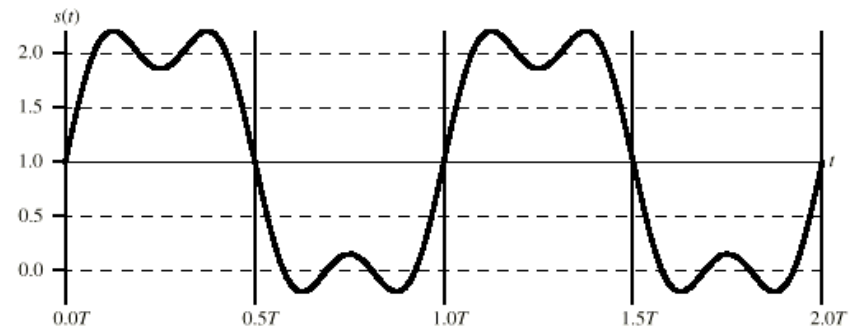


$$(b) s(t) = 1 - \frac{X}{2} t + \frac{X}{2}$$

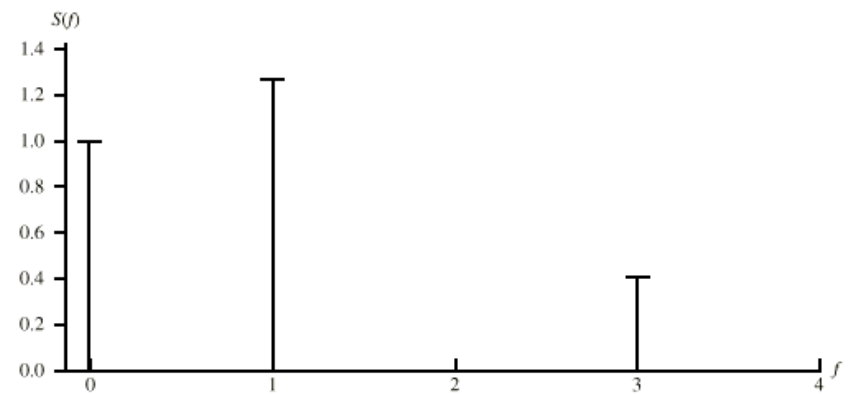
Definições no domínio das frequências

- Espectro
 - domínio de frequências contidas no sinal
- Largura de banda absoluta
 - largura do espectro
- Largura de banda efetiva (termo mais usado)
 - Conhecida como *bandwidth*
 - Trecho de frequências que contém a maior parte da energia do sinal (diferença entre a maior e a menor frequência do sinal)
- Componente DC
 - Componente de frequência zero

Sinal com componente DC



(a) $s(t) = 1 + (4/3) [\sin(2\pi ft) + (1/3) \sin(2\pi 3ft)]$



(b) $S(f)$

Relação entre taxa de dados e largura de banda

- Qualquer sistema de transmissão possui uma banda limitada de frequências
- Isto limita a taxa de dados que podem ser transportadas

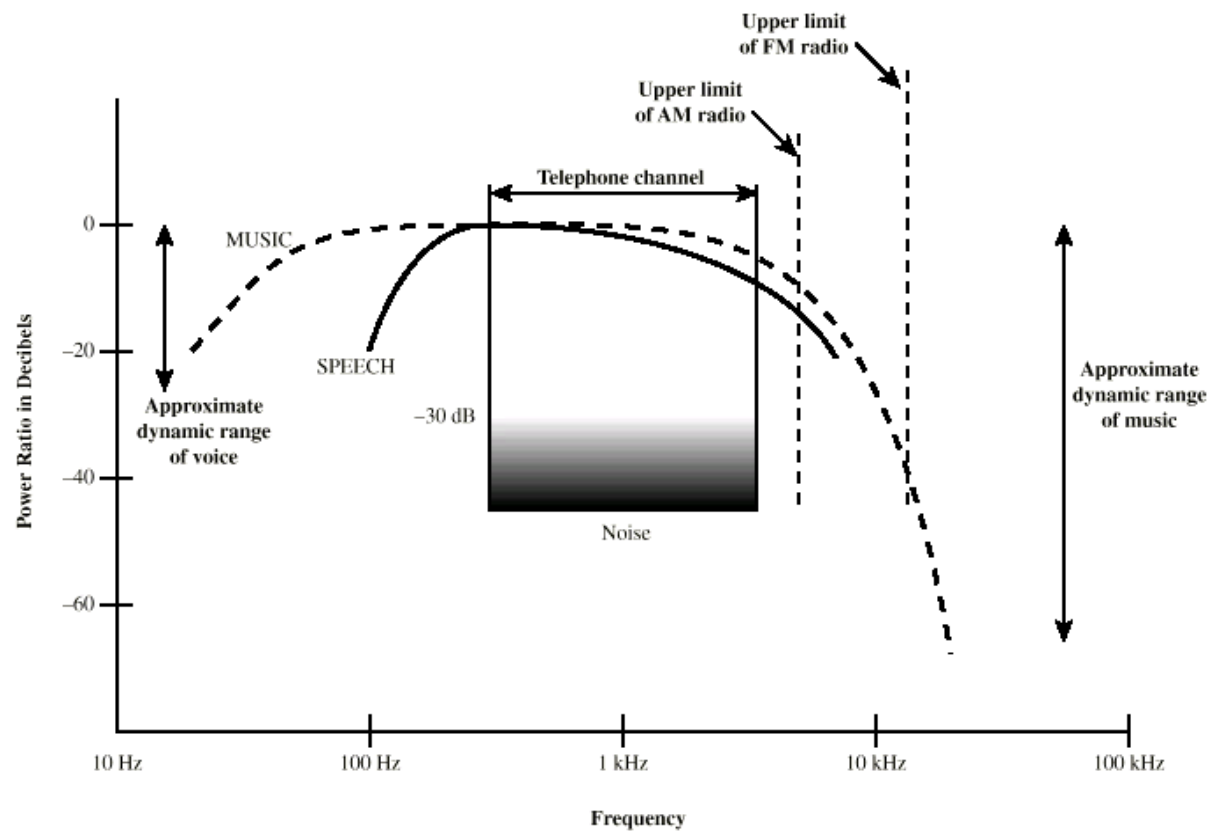
Transmissão de dados analógica e digital

- Dado
 - Entidades que contém significado
- Sinais
 - Representação elétrica ou eletromagnética dos dados
- Transmissão
 - Comunicação de dados pela propagação e processamento de sinais

Dados Analógicos e Digitais

- Analógicos
 - Valores contínuos dentro de um intervalo de tempo
 - Ex.: som, vídeo
- Digital
 - Valores discretos
 - Ex.: texto, números inteiros

Espectro Acústico (Analógico)



Sinais Analógicos e Digitais

- Meio pelo qual os dados são propagados
- Analógicos
 - Varia continuamente
 - Vários meios de transmissão
 - Cabos elétricos, fibra ótica, espaço livre
 - Exemplos de Largura de banda:
 - da fala: 100Hz a 7kHz
 - usada em telefones: 300 a 3400Hz
 - Usada para vídeos: 4MHz
- Digital
 - Usa dois componentes DC

Vantagens/Desvantagens da transmissão digital

- Mais barata
- Menos susceptível aos ruídos
- Maior atenuação
 - O sinal perde o contorno e ocorre perda da informação contida no sinal

Atenuação de Sinais Digitais

Voltage at
transmitting end



Voltage at
receiving end



Componentes da fala

- Domínio da Frequência (de escuta): 20Hz-20kHz
 - Sinal da fala: 100Hz-7kHz
- Facilmente convertido para sinal eletromagnético para transmissão
 - Frequências de som com variação de volume são convertidas em frequências eletromagnéticas com variação de voltagem
- Domínio de frequência limitada pelo canal de voz
 - 300-3400Hz

Conversão de Entrada de Voz em Sinal Analógico



In this graph of a typical analog signal, the variations in amplitude and frequency convey the gradations of loudness and pitch in speech or music. Similar signals are used to transmit television pictures, but at much higher frequencies.

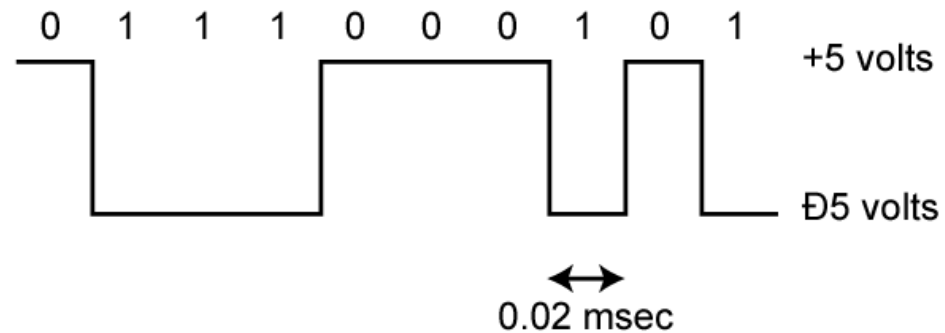
Componentes de Vídeo

- Nos USA - 483 linhas “scanneadas” por quadro a uma taxa de 30 quadros por segundo
 - Das 525 linhas 42 são perdidas durante a retração vertical
- Então 525 linhas x 30 scans = 15750 linhas por segundo
 - $63.5\mu\text{s}$ por linha
 - $11\mu\text{s}$ por retração, então $52.5\mu\text{s}$ por linha de vídeo
- Máxima frequência se a linha alterna entre pretos e brancos
- Resolução horizontal é em torno de 450 linhas dando 225 ciclos onda em $52.5\mu\text{s}$
- Frequência máxima de 4.2MHz

Dados Digitais Binários

- Proveniente de terminais de computadores, etc.
- Geralmente possui duas componentes dc
- A largura de banda depende da taxa de dados

Conversão de Entradas de Computador em Sinais Digitais

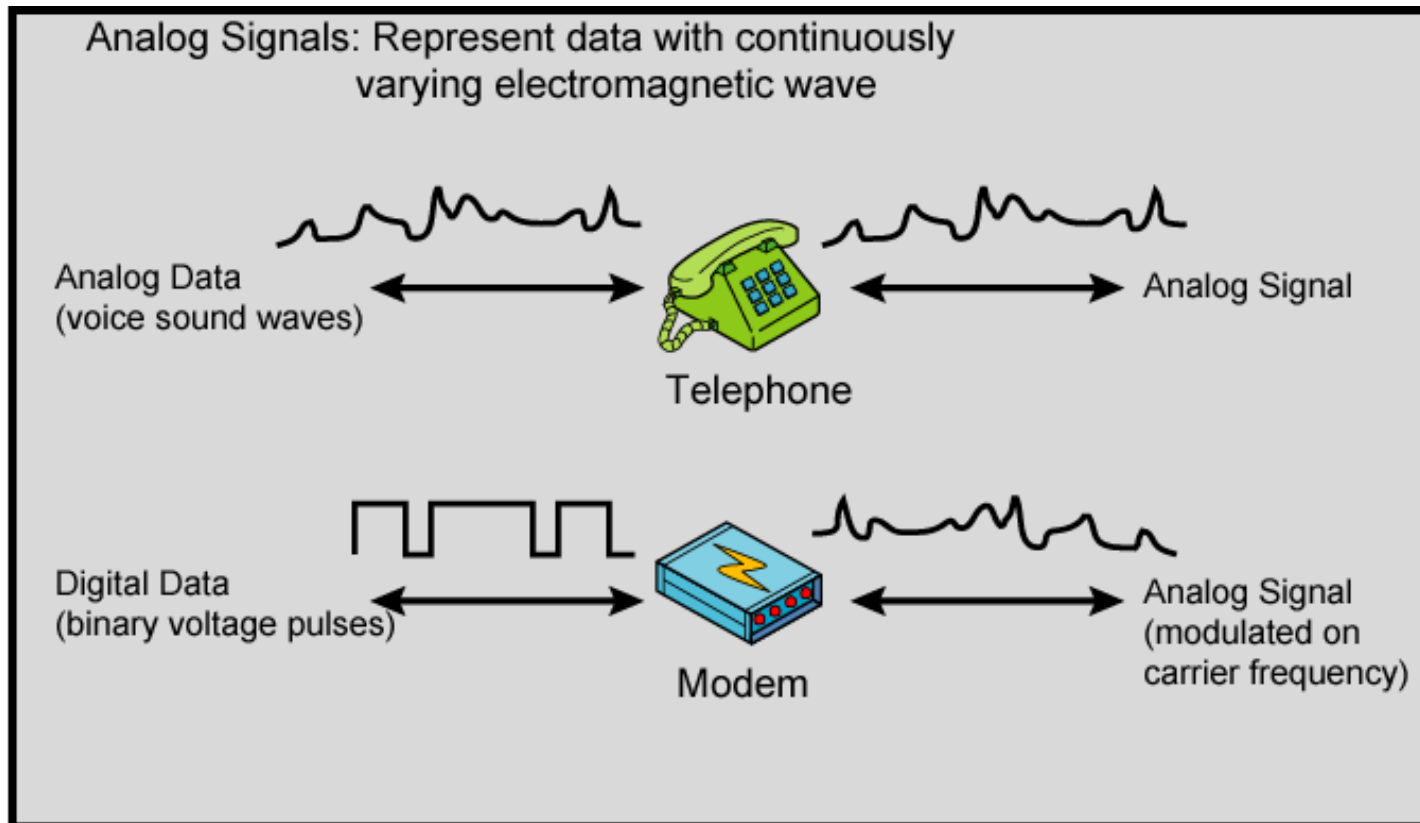


User input at a PC is converted into a stream of binary digits (1s and 0s). In this graph of a typical digital signal, binary one is represented by -5 volts and binary zero is represented by +5 volts. The signal for each bit has a duration of 0.02 msec, giving a data rate of 50,000 bits per second (50 kbps).

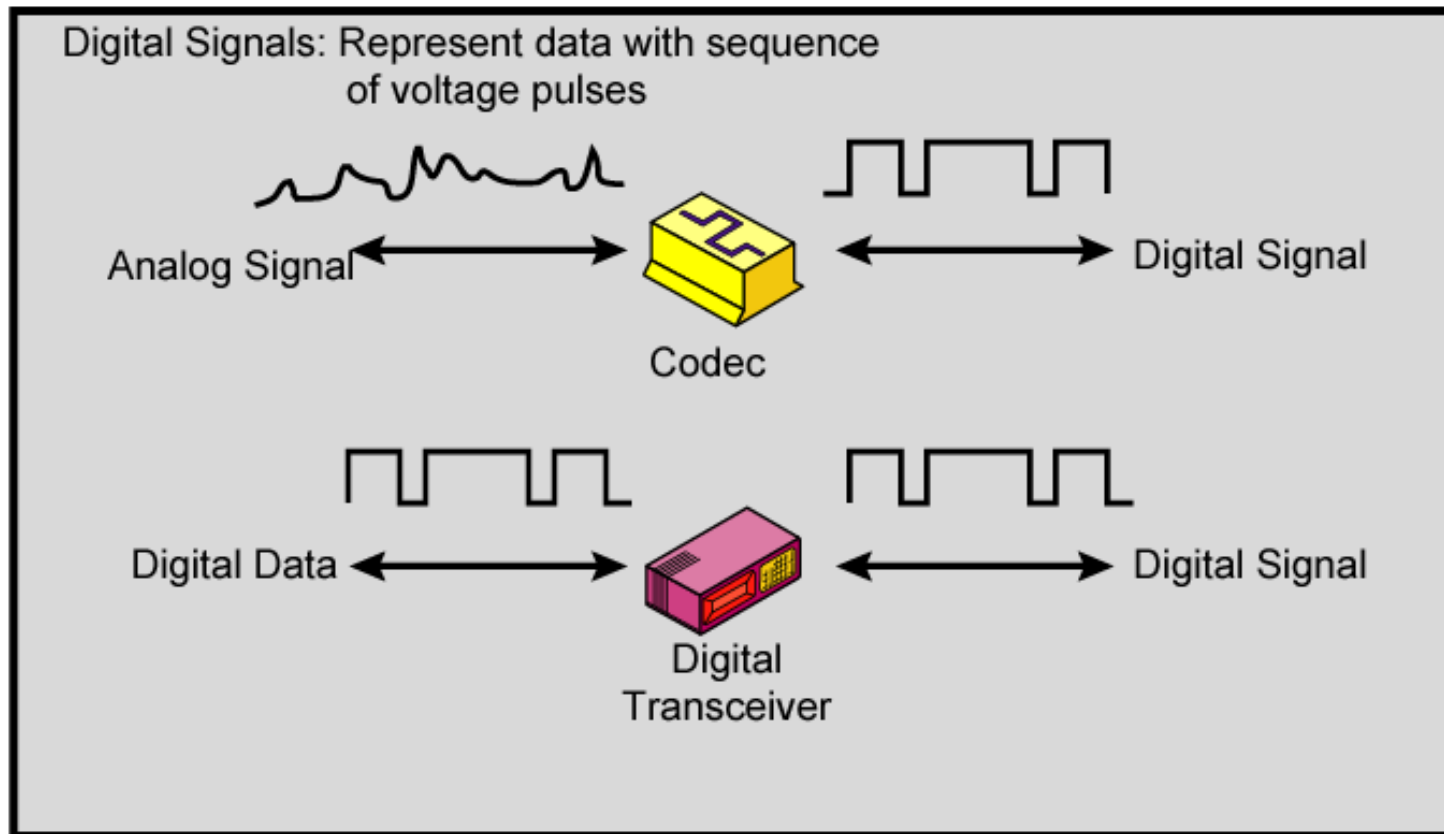
Dados e Sinais

- Normalmente usa sinais digitais para dados digitais e sinais analógicos para dados analógicos
- No entanto é possível usar sinais analógicos para transportar dados digitais
 - Necessita uso de um Modem
- Pode-se usar sinais digitais para transportar dados analógicos
 - Ex.: Áudios em Compact Disc's (CD's)

Sinais Analógicos transportando Dados Analógicos e Digitais



Sinais Digitais transportando Dados Analógicos e Digitais



Transmissão Analógica

- O sinal analógico é transmitido sem a interpretação do conteúdo
- Os dados contidos podem ser analógicos ou digitais
- Atenua com a distância
- Usa amplificadores para reforçar o sinal
 - Os ruídos que estão no sinal acabam sendo amplificados

Transmissão Digital

- Ocorre interpretação de conteúdo
- Mais suscetível a ruído, atenuação etc.
- Uso de repetidores
 - O repetidor recebe o sinal
 - Extraí o padrão de bits, e
 - Retransmite o sinal
- Atenuação ocorre também (superado - overcome??)
- O ruído não é amplificado

Vantagens da Transmissão Digital

- Tecnologia Digital
 - Baixo custo dos circuitos LSI/VLSI
- Integridade dos Dados
 - Longas distâncias sobre linhas de baixa qualidade
- Utilização de capacidade
 - Alta largura de banda em links econômicos
 - Alto grau de multiplexação facilitado com técnicas digitais
- Segurança e Privacidade
 - Encriptação dos dados
- Integração
 - Pode-se tratar dados analógicos e digitais de maneira similar

Imperfeições na Transmissão

- Ocorre quando o sinal recebido difere do sinal transmitido
 - Em sinais analógicos – degradação da qualidade do sinal
 - Em sinais digitais – erros nos bits transportados
- Causado por:
 - Atenuação e distorção da atenuação
 - Distorção por atraso
 - Ruídos

Atenuação

- A força do sinal cai de acordo com a distância
- É uma característica que depende do meio de transmissão
- Na recepção, a força do sinal:
 - deve ser suficiente para que o mesmo seja detectado
 - deve ser maior do que os ruídos para ser percebido sem erros
- Atenuação é melhorada de acordo com a frequência do sinal

Distorção por Atraso

- Ocorre apenas em meios de transmissão guiados (par trançado, etc.)
- A velocidade de propagação varia de acordo com a frequência

Ruídos (1)

- Definição: Sinais adicionais inseridos entre o transmissor e o receptor
- Ruído termal:
 - Ocorre devido a agitação termal dos elétrons
 - É distribuído uniformemente no meio de transmissão
 - **É considerado um ruído branco**
- Intermodulação
 - Sinais que são a soma e a diferença das frequências originais que compartilham o meio de transmissão

Ruídos (2)

- Crosstalk
 - O sinal de uma linha passa para uma outra linha adjacente (em geral)
- Impulso
 - Pulsos irregulares
 - Ex.: aqueles ruídos gerados por interferência eletromagnética externa
 - Curta duração
 - Alta amplitude

Capacidade do Canal

- Taxa de dados
 - Medida em bits por segundo
 - Taxa na qual o dado pode ser comunicado
- Largura de banda
 - Medido em ciclos por segundo (Hertz ou Hz)
 - Restrita pela capacidade do transmissor e do meio de transmissão

Largura de Banda de Nyquist

- Se a taxa de transmissão de um sinal é $2B$ então o sinal com frequências não maiores que B é suficiente para transportar este sinal
- Para uma dada largura de banda B , a maior taxa do sinal é $2B$
- Dado um sinal binário, a taxa de dados suportada por B Hz é $2B$ bps
- Esse valor pode ser aumentado por usar mais níveis de sinal (M níveis)
 - Nesse caso, a fórmula fica igual a $C = 2B \log_2 M$

Fórmula da Capacidade de Shannon

- Considera a taxa de dados, o ruído e a taxa de erros
- Quanto maior a taxa de dados, menor os bits. Portanto uma rajada de ruídos afeta muito mais bits.
 - P/ um dado nível de ruído, uma alta taxa de dados menciona maior taxa de erros
- Relação sinal/ruído medida em decibéis (SNR)
- $SNR_{db} = 10 \log_{10} (\text{relação sinal/ruído})$
- Capacidade $C = B \log_2(1 + SNR)$
- Existe capacidade livre de erro