

EE15 Comunicação de Dados



Aula 16-17:
PROBLEMAS COM MEIO FÍSICO
DE TRANSMISSÃO- CON'T2.

Teorema de Nyquist

MÁXIMA TAXA DE DADOS: MTD (bits/seg. ou bps)

$$\text{MTD} = 2 \cdot \text{BW} \cdot \log_2 V$$

BW = BAND WIDTH = Largura de Banda (Hz)
V = Número de Níveis do sinal digital.

CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO

Problemas com o meio físico diminuem a capacidade de transmissão do mesmo.

- Atenuação
resolve-se com amplificadores.
- Ecos
Resolve-se com casamento de impedâncias (terminadores).
- Limitação em Banda e Ruídos
Solução mais complicada!

Exemplo:

- Transmissão de sinal digital NRZ pela linha telefônica.
- BW \approx 3000KHz
- Sinal digital NRZ: V=2 (bit 0 e bit1)
- MTD = $2 \cdot 3000 \cdot \log_2 2 = 6000$ bits /seg.
- MTD = 6 Kbps
- Como é possível atingir taxas de 33,6 Kbps e 56 Kbps na linha telefônica (modems domésticos)?

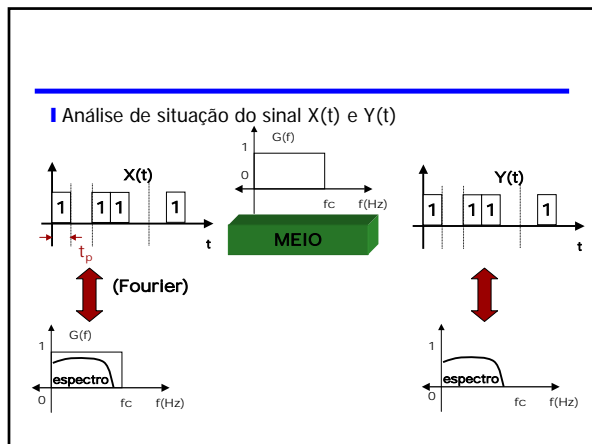
Dado um meio físico de transmissão (conhecidos G(f) e o nível de ruído), como avaliar a sua capacidade de transmissão?

- Teorema de Nyquist
Considera BW.
- Teorema de Shannon
Considera BW e nível de ruído.

$$\text{MTD} = 2 \cdot \text{BW} \cdot \log_2 V$$

característica
do meio físico
não há como evitar

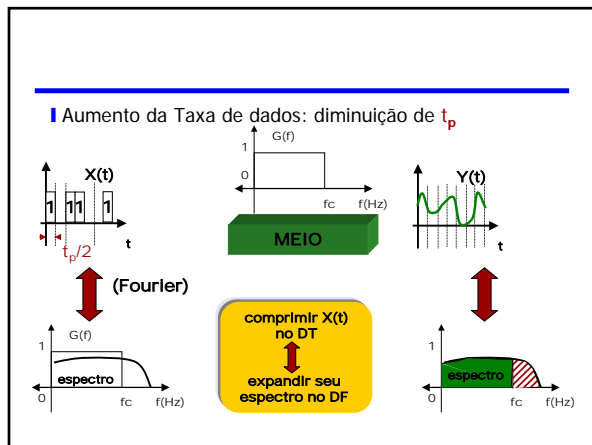
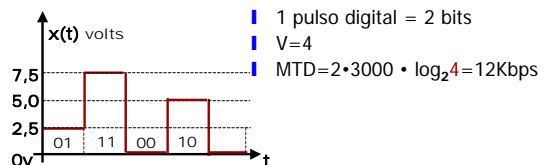
depende do
Sinal Digital
pode ser alterado



Codificação Multibit

- Manter t_p , aumentar V .
- Aumentar V significa aumentar a quantidade de bits enviados por cada pulso.
- 1 pulso digital = n bits com $n > 1$

Exemplo: sinal digital Quaternário ($V=4$)



Conclusão:

O teorema de Nyquist atesta que pode-se aumentar a taxa de dados em meios físicos com Banda Limitada apenas aumentando o número de bits por pulso ($\log_2 V$), o que implica no uso de sinais digitais mais complexos, com mais níveis (V maior).

conclusão:

A diminuição do tempo de cada bit provoca a expansão do espectro.

Como o meio físico é Limitado em Banda, o espectro será alterado = sinal recebido com DISTORÇÕES.

Outra possibilidade:

Aumentar $V \rightarrow$ usar sinais digitais multiníveis = **CODIFICAÇÃO MULTIBIT**

Teorema de Shannon

MÁXIMA TAXA DE DADOS: MTD (bits/seg. ou bps)

$$MTD = BW \cdot \log_2 (1 + SNR)$$

BW = BAND WIDTH= Largura de Banda (Hz)

SNR = Signal Noise Ratio= Relação Sinal/Ruído

$$SNR = \frac{P_{SINAL}}{P_{RUIDO}} \text{ (ABSOLUTA)}$$

P_{SINAL} = Potência do Sinal
 P_{RUIDO} = Potência do Ruído

$$SNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10} (SNR) \text{ (em dB)}$$

■ No teorema de Shannon não aparece **V** (número de níveis do sinal digital), ou seja: segundo Shannon em canais de comunicação sujeitos a ruídos, não adianta aumentar a quantidade de bits/pulso do sinal (codificação multibit).

■ O aumento indefinido de **V** não resultará em um aumento efetivo da MTD.

Taxa de Dados

■ Representa a quantidade de informação digital enviada a cada segundo, sendo medida em **bps** (bits/seg.).

■ Ela possui relação direta com a taxa de transmissão (BR) e com o tipo de sinal usado:

$$TD = BR \cdot b$$

BR=Baud Rate
(taxa de Transmissão)

$$b = \log_2 V \quad \text{Nº de Bits/pulso}$$

Exemplo:

■ Transmissão de sinal digital NRZ pela linha telefônica. Qual é a MTD segundo Shannon?

■ Canal Telefônico

■ Ruído: $SNR_{dB} \approx 30dB$

■ Limitado em Banda: $BW \approx 3KHz$

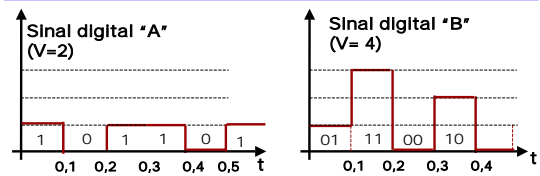
■ Sinal digital NRZ: $V=2$ (bit 0 e bit1)

$$SNR_{dB}=30dB = 10 \cdot \log_{10} SNR \rightarrow SNR=1000$$

$$MTD = BW \cdot \log_2(1+SNR) = 3000 \cdot \log_2(1+1000) \approx 30000 \text{ bits /seg.}$$

$$MTD = 30 \text{ Kbps}$$

Exemplo:



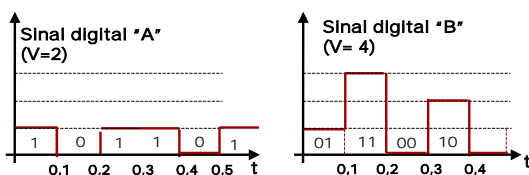
Ambos os sinais possuem a mesma taxa de transmissão:

$$BR = 1/t_p = 1/0,1 = 10 \text{ bauds}$$

$$TD_A = BR \cdot b = BR \cdot \log_2 V = 10 \cdot \log_2 2 = 10 \text{ bps}$$

$$TD_B = BR \cdot b = BR \cdot \log_2 V = 10 \cdot \log_2 4 = 20 \text{ bps}$$

Exemplo:



Ambos os sinais possuem a mesma taxa de transmissão:

$$BR = 1/t_p = 1/0,1 = 10 \text{ bauds}$$

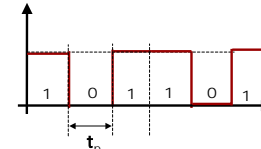
Taxa de Transmissão X Taxa de Dados

Taxa de Transmissão:

■ Representa a taxa de variação do sinal, o número de vezes por segundo que o sinal altera seu valor.

■ Pode ser vista como a quantidade de pulsos (digitais) enviados por segundo (independente a amplitude dos mesmos).

■ É medida em **bauds**, em homenagem a Emile Baudot



$$BR = \frac{1}{t_p}$$

| BR do inglês Baud Rate

| t_p = tempo de duração do pulso

| Um modem operando a 1000 bauds significa que está enviando 1000 pulsos/sinalizações a cada segundo.