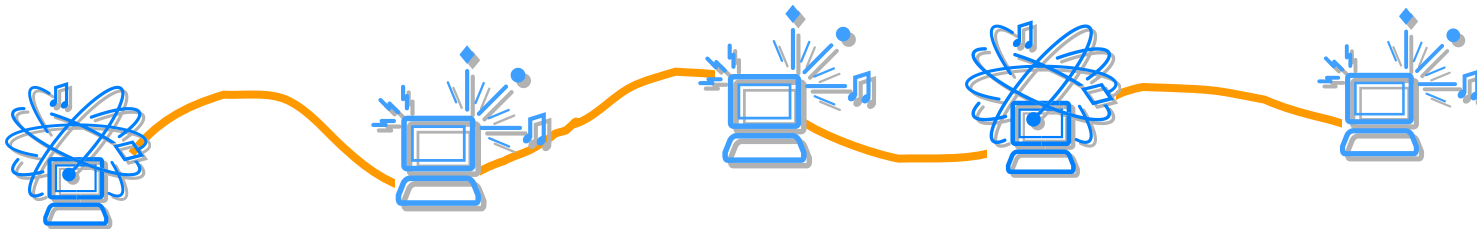




# Redes Ethernet: Camada Física e de Ligação

---



Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
Departamento de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de  
Computadores

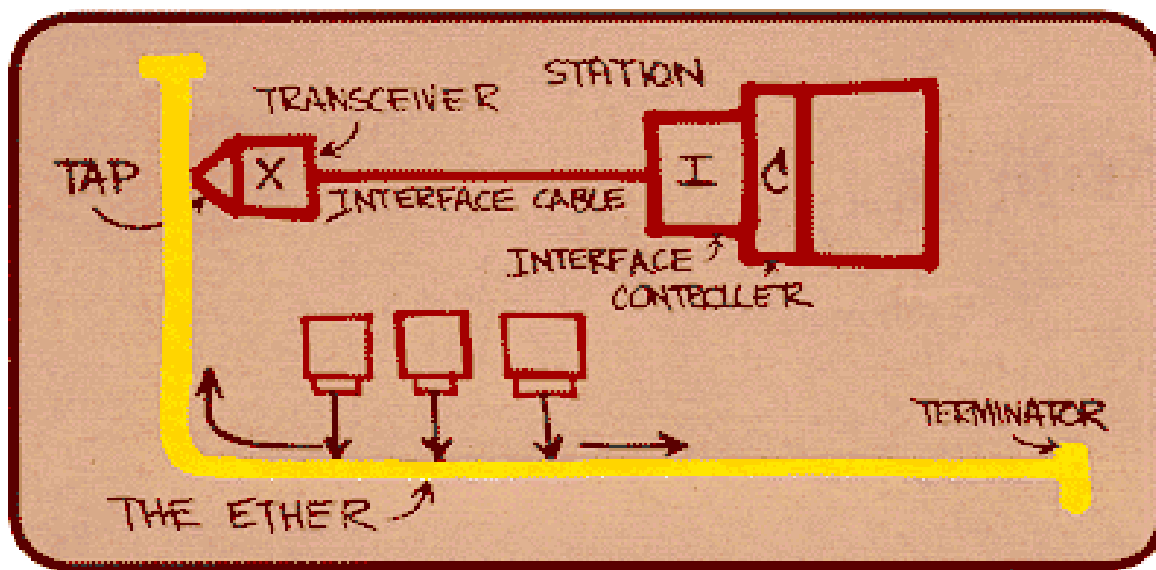
*Redes de Computadores*

---

# Ethernet



- Placas de rede na ordem dos 10€
- Primeira tecnologia LAN com larga utilização
- Mais simples e barata que outras tecnologias
- Débito tem vindo sempre a aumentar: 10 Mbps – 10 Gbps

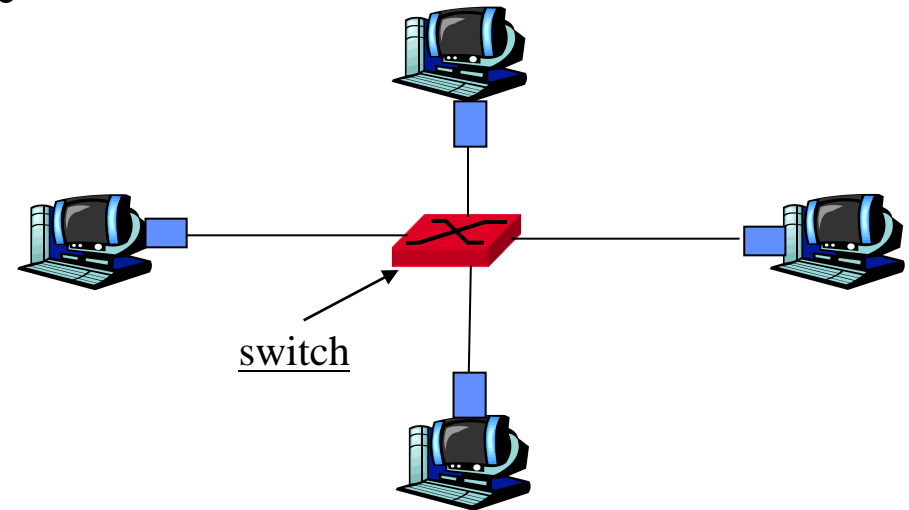
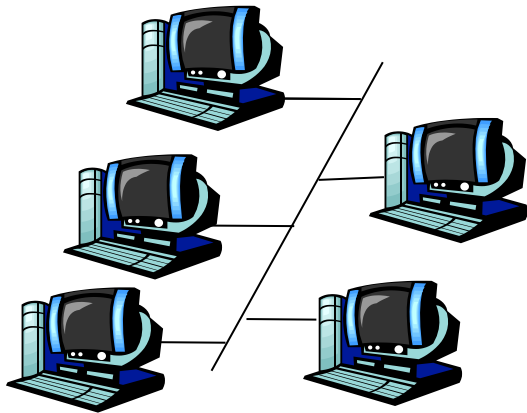


**Rascunho da rede  
Ethernet feito por Robert  
Metcalfe**

# Topologia em estrela



- Topologia em barramento era popular nos anos 90
  - Todos os nós no mesmo domínio de colisão

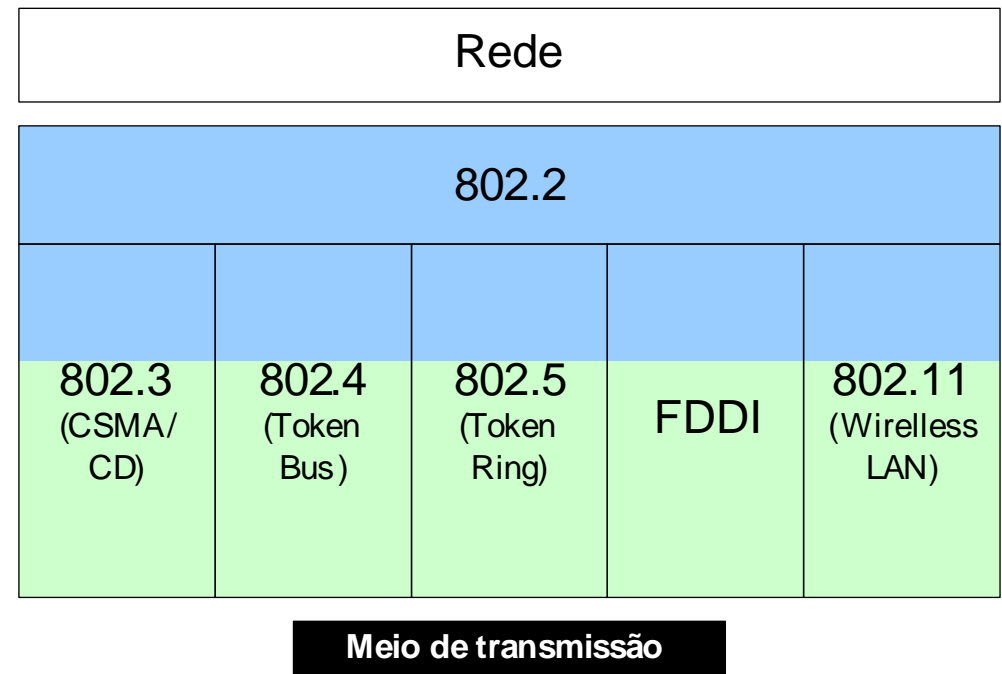
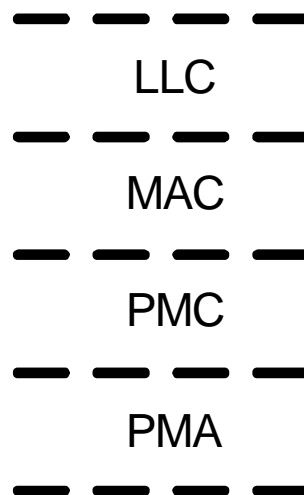


- Topologia em estrela é a mais utilizada actualmente
  - Switch no centro distribui o tráfego pelos terminais
  - Cada ligação entre um switch e um terminal é uma ligação Ethernet (
    - Se for half-duplex pode ocorrer colisões (mas com uma probabilidade muito baixa)
    - Se for full-duplex nunca ocorrem colisões

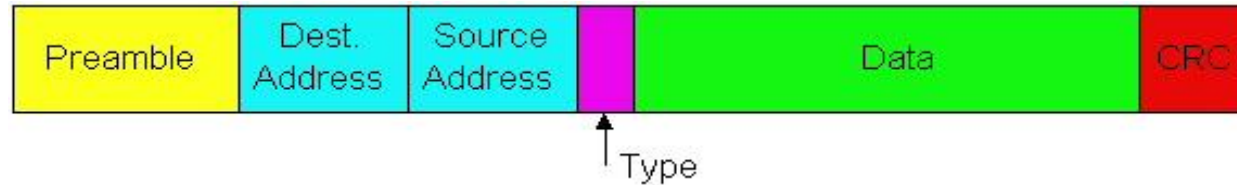
# Modelo IEEE 802 – Camada MAC (802.3 CSMA/CD)



- Formação das tramas para emissão e recepção
- Implementação do algoritmo MAC
- Detecção de Erros



# Formato da trama Ethernet



- **Preâmbulo**: 7 bytes com o padrão 10101010 seguido do marcador de início de trama 10101011
  - Usado para sincronizar o receptor (transporta o relógio do transmissor)
- **Endereços**: 6 bytes de endereço de origem e destino
  - Se adaptador recebe trama com o seu endereço ou endereço de difusão envia para a camada de rede
  - Caso contrário descarta a trama
- **Type**: indica o protocolo da camada de rede
- **CRC**: para verificar erros e descartar tramas se ocorreram erros



# Exemplos de valores do campo “Type”

---

- 0800 DOD Internet Protocol (IP)
- 0801 X.75 Internet
- 0805 X.25 Level 3
- 0806 Address Resolution Protocol (ARP) (for IP)
- 8035 Reverse Address Resolution Protocol (RARP)
- 8037 IPX (Novell Netware)
- 80D5 IBM SNA Services over Ethernet
- 80F3 AppleTalk Address Resolution Protocol (AARP)
- 8100 VLANs tag
- 8137 Novell (old) NetWare IPX (ECONFIG E option)
- 814C SNMP over Ethernet (see RFC1089)
- 8191 PowerLAN NetBIOS/NetBEUI (PC)

# Ethernet: Não fiável, não orientada à ligação



- **Rede não orientada à ligação**: não existe negociação entre as placas de rede transmissora e receptora
- **Não fiável**: receptor não envia confirmação de sucesso ou insucesso
  - Fluxo de tramas passado para a camada de rede pode não ser completo (podem ter sido perdidas tramas)
  - Dados perdidos são recuperados pelo protocolo TCP
- Protocolo de acesso ao meio: **unslotted CSMA/CD**

# Ethernet CSMA/CD algorithm

---



- Implementa o protocolo de acesso ao meio CSMA com detecção de colisões
- Quando detecta uma colisão envia um sinal JAM e aborta o envio
- Após a colisão M espera um tempo escolhido aleatoriamente do conjunto  $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\} \cdot 512$  tempo de bit
  - Técnica chamada exponential backoff:



# CSMA/CD em Ethernet



- **Jam Signal**: garante que todos os transmissores “vêem” a colisão; 48 bits
- **Interframe-Gap-Time**: espera 96 bits após uma trama ter sido transmitida antes de começar a transmitir uma nova
- **Bit time**: .1 microsec para 10 Mbps Ethernet

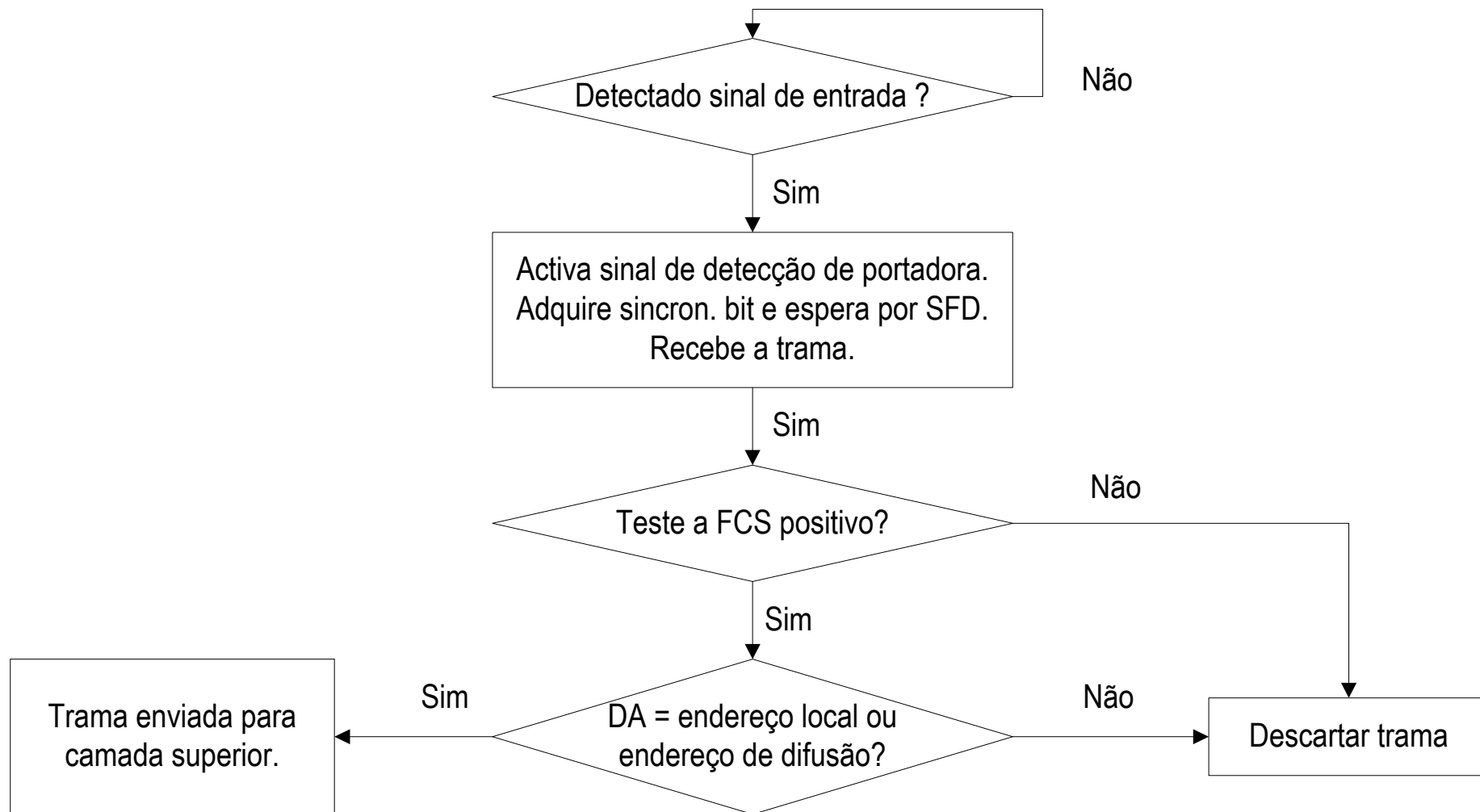
## **Exponential Backoff:**

- **Objectivo**: adapta retransmissões com base na estimativa da carga
- **1ª colisão**: escolhe K de {0,1}; atraso é  $K \cdot 512$  bits
- **Após 2ª colisão**: escolhe K de {0,1,2,3}
- **Após 10 colisões**, choose K from {0,1,2,3,4,...,1023}

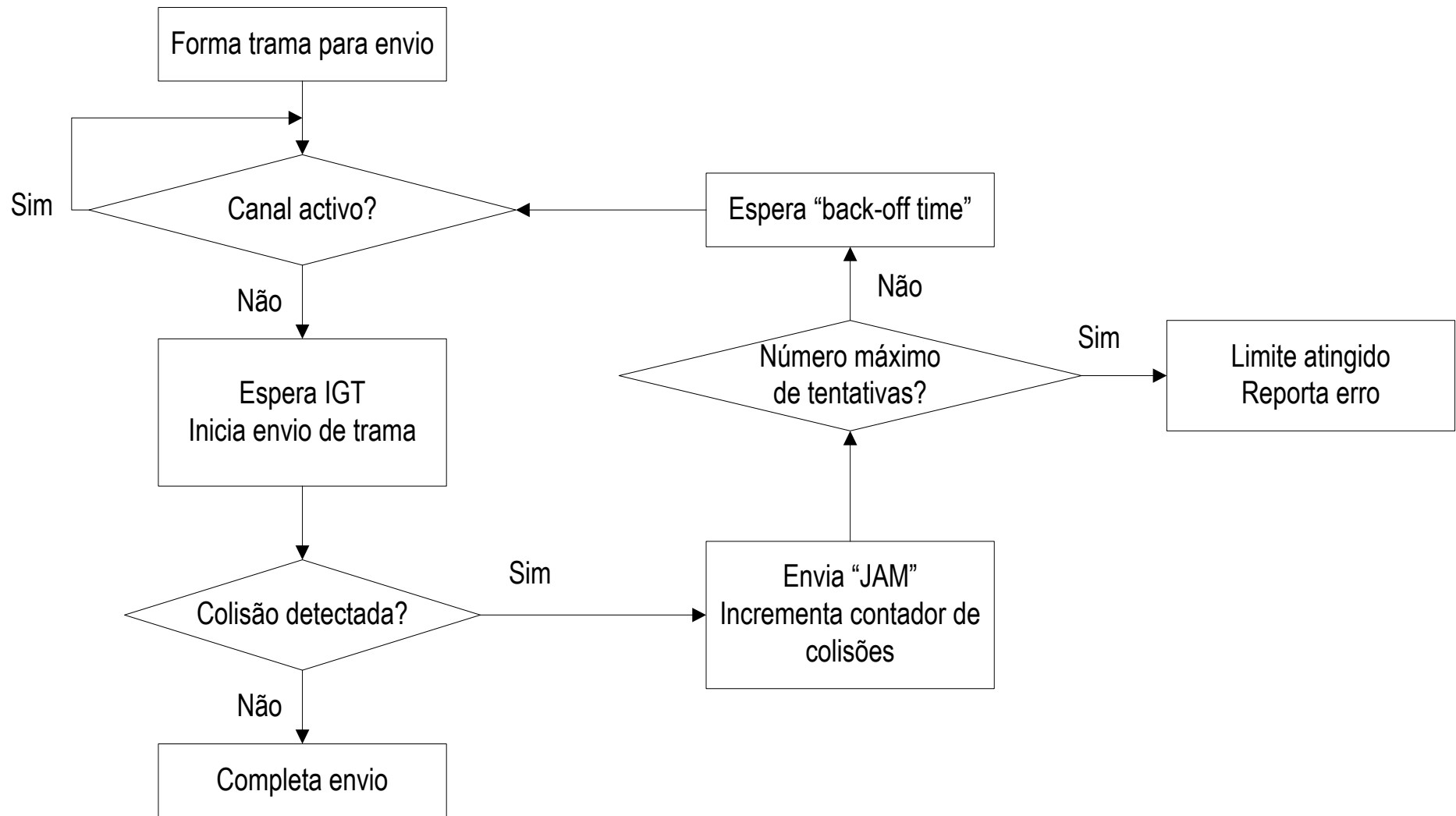
Ver demonstração de CSMA/CD em:

[http://wps.aw.com/aw\\_kurose\\_network\\_5/111/28536/7305312.cw/index.html](http://wps.aw.com/aw_kurose_network_5/111/28536/7305312.cw/index.html)

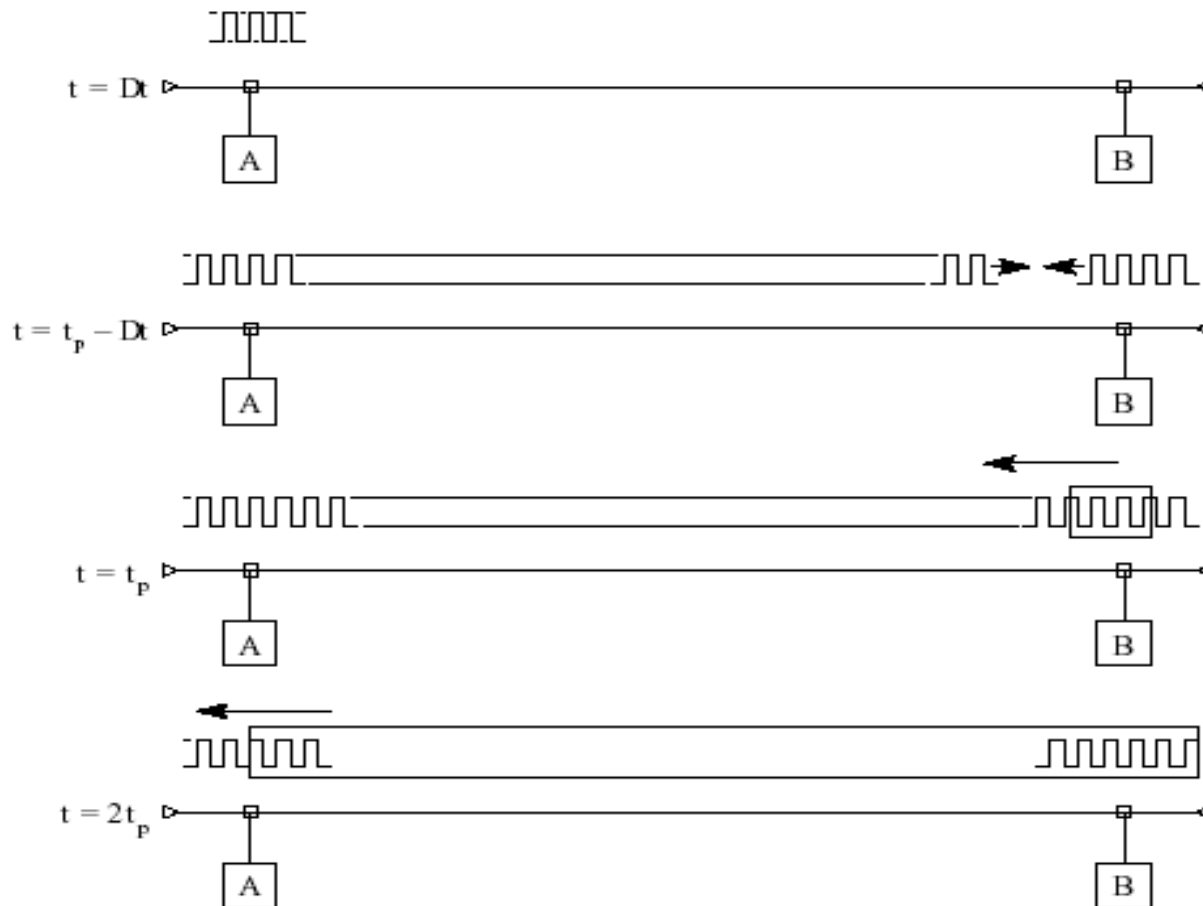
# Recepção da trama



# Emissão de trama



# Tempo de slot



“A” inicia a emissão de uma trama

“B” inicia a emissão de uma trama

“B” detecta uma colisão

“A” detecta uma colisão

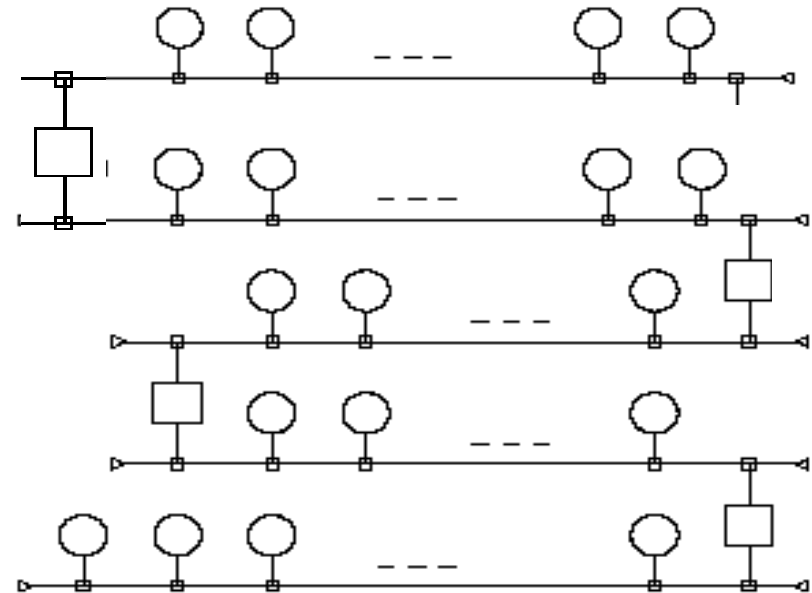
CSMA/CD – Carrier-Sense Multiple-Access with Collision Detection

$T_p$  – tempo de propagação (pior caso)

# Limites máximos da dimensão da rede



- 5 segmentos ligados por 4 repetidores
- 2 IRL (Inter-Repeater Link) – ponto a ponto
- 1 domínio de colisão com 1024 máquinas
- 3 segmentos com máquinas



# Cálculo do tempo de slot



- Comprimento máximo de um segmento →  $L = 500\text{m}$
  - Comprimento máximo da rede →  $5 \text{ Seg} + 4 \text{ Repet.}$
  - Débito em linha →  $V_t = 10\text{Mbps} = 10^7 \text{ bps}$
  - Tempo de bit →  $bt = 1/V_t = 10^{-7}\text{s} = 0,1 \mu\text{s}$
  - Vel. Propagação →  $V_p = C \times 2/3 = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$
  - Tempo de Propagação num segmento →  $L / V_p = 2,5 \mu\text{s} = 25 \text{ bt}$
  - Espaço de bit →  $L_b = T_b \times V_p = 20 \text{ m}$
  - Delay máximo de um repetidor →  $D_r = 23 \text{ bt}$
- 
- Slot time =  $2 \times \text{Bits na rede} + \text{margem de segurança} = 512 \text{ bits}$
- 
- M1 S1 Dr1 S2 Dr2 S3 Dr3 S4 Dr4 S5 M2
  - $(11 + 25 + 23 + 25 + 23 + 25 + 23 + 25 + 23 + 25 + 11) \times 2 = 478 \text{ bits}$



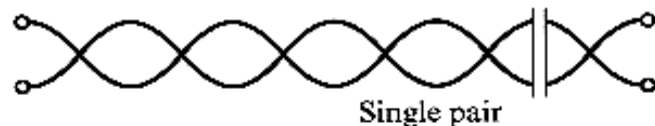
# Parâmetros definidos na norma

---

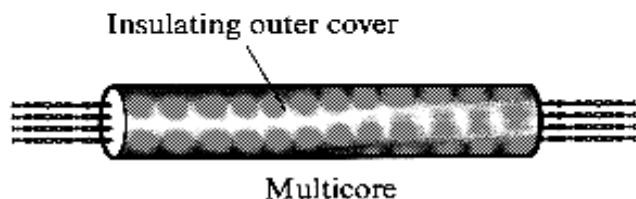
- Débito – 10 Mbps
- Slot time – 512 bits (64 bytes)
- Intervalo entre tramas – 9,6  $\mu$ s (96 bits)
- Maximo de tentativas – 16
- Limite de Backoff – 10
- Dimensão do pacote JAM – 32 bits
- Dimensão máxima (mínima) da trama – 1518 (64) bytes

# Meios físicos de transmissão

## Pares entrelaçados: UTP / STP (Unshielded Twisted Pair / Shielded Twisted Pair)

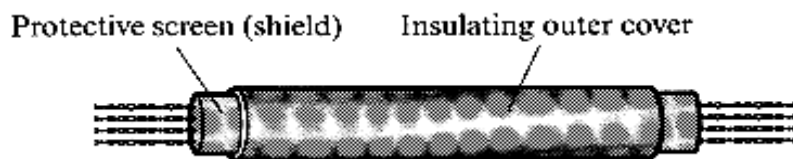


Single pair



Multicore

Unshielded Twisted Pair (UTP)



Shielded Twisted Pair (STP)



**\*8-POSITION EIA/TIA T568B  
JACK SPECIFICATIONS**

PIN #	CIRCUIT PAIR/POLARITY	UTP COLOR CODE
1	2/Tip	White/Orange
2	2/Ring	Orange/White
3	3/Tip	White/Green
4	1/Ring	Blue/White
5	1/Tip	White/Blue
6	3/Ring	Green/White
7	4/Tip	White/Brown
8	4/Ring	Brown/White

RJ-45 Jack

NOTE: Compatible with 10BASE-T and AT&T 258A.





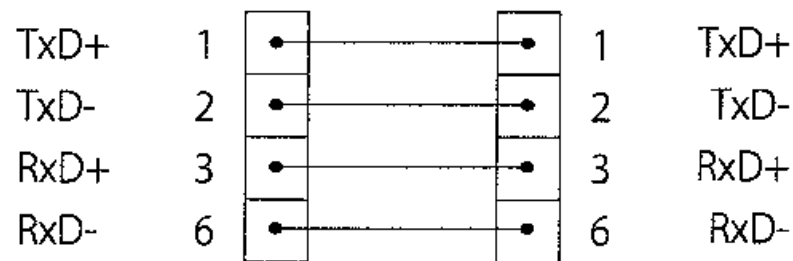
- **Straight-through**

Interface de ligação entre um *hub* e uma placa de rede (NIC)

- **Crossover**

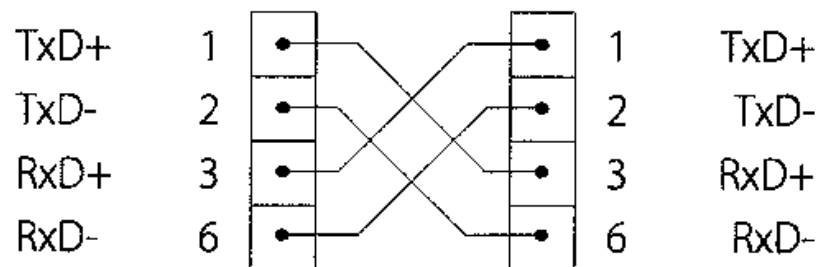
Interface de ligação entre dois *hubs* ou duas placas de rede (NICs)

## Straight-through



Pins 4, 5, 7 and 8 are not used

## Crossover



Pins 4, 5, 7 and 8 are not used

# Tipos de cabos LAN – Exemplos (100Mbps / 1Gbps)



Standard	Data de emissão 1ª Versão	Débito	Topologia	Meio Físico
100Base-TX	802.3u-1995	100Mb/s	Estrela	Dois pares UTP de 100-ohm e Category UTP 5
100Base-FX	802.3u-1995	100Mb/s	Estrela	Duas fibras ópticas
100Base-T4	802.3u-1995	100Mb/s	Estrela	Quatro pares UTP de 100-ohm e Category 3
100Base-T2	802.3y-1997	100Mb/s	Estrela	Dois pares UTP de 100-ohm e Category 3
1000Base-LX	802.3z-1998	1Gb/s	Estrela	Laser (1300nm) sobre: - fibra multi-mode de 62.5 µm - fibra multi-mode de 50 µm - fibra mono-modo de 10 µm
1000Base-SX	802.3z-1998	1Gb/s	Estrela	Laser (850nm) sobre: - fibra multi-mode de 62.5 µm - fibra multi-mode de 50 µm
1000Base-T	802.3ab-1999	1Gb/s	Estrela	Quatro pares UTP de 100-ohm e Category 5

# Codificação Manchester



- Usado em 10BaseT
- Cada bit tem uma transição
  - O relógio do transmissor é enviado para todos os receptores para obter sincronismo
  - Bit1= 1- $\rightarrow$ 0
  - Bit0= 0- $\rightarrow$ 1

