# *RCO2*

## Modems Digitais

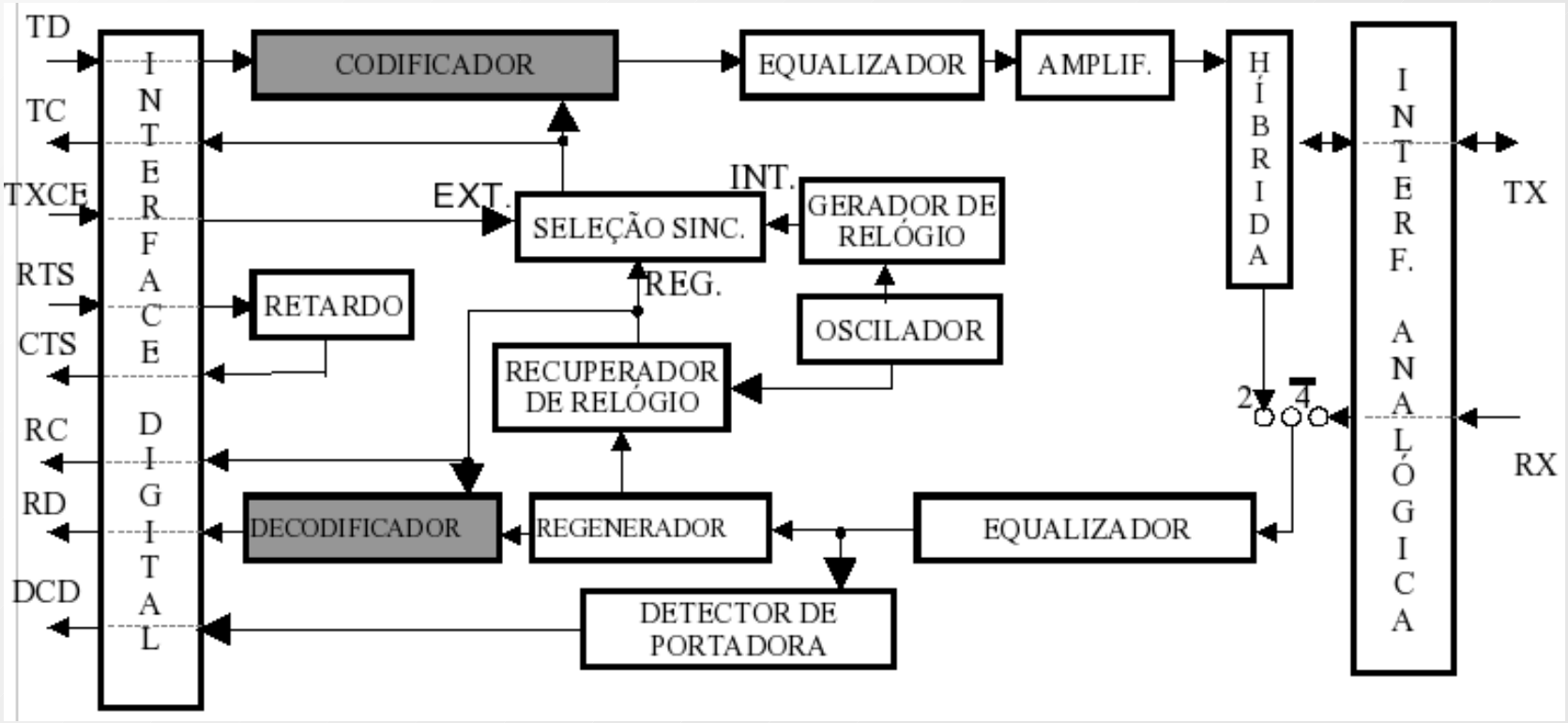
# Modems Digitais

**Modems (*MO*dulator / *DEM*odulator):**

- Equipamentos para modulação ou codificação de sinais digitais
  - DCE do modelo básico de comunicação de dados
  - Faz a adaptação do sinal digital ao meio de transmissão
  - Provê o sincronismo para comunicação

# Modems Digitais

- **Diagrama genérico de um modem digital**



# *Modems Digitais*

- **Principais elementos do modem:**
  - ***Interface Digital (ID):*** interface com DTE; define um conjunto de sinais digitais de dados e controle
    - RS-232
    - V.35
    - V.36
    - G.703

# Modems Digitais

- **Interface Digital (ID): sinais importantes**
  - ***TD (Tx Data):*** sinal de dados enviado pelo DTE
  - ***RD (Rx Data):*** sinal de dados recebido pelo DTE
  - ***TC (Tx Clock):*** relógio de transmissão a ser usado pelo DTE
  - ***TXCE (Tx Clock Ext.):*** relógio de transmissão externo informado pelo DTE
  - ***RC (Rx Clock):*** relógio de recepção usado pelo DTE
  - ***RTS (Ready To Send):*** DTE tem dados a transmitir
  - ***CTS (Clear to Send):*** DCE pode receber dados do DTE para transmitir
  - ***DCD (Data Carrier Detect):*** DCE detectou portadora na linha

# *Modems Digitais*

- **Principais elementos do modem:**
  - ***Interface Analógica (IA):*** interface com o meio de transmissão
    - ***2 fios metálicos****:* half-duplex ou full-duplex com FDM (usa componente ***Híbrida*** do modem)
    - ***4 fios metálicos****:* full-duplex
    - ***8 fios metálicos !****:* full-duplex
    - ***Par de Fibras óticas****:* full-duplex
    - ***RF****:* half-duplex por natureza ...

# Modems Digitais

- **Sincronismo: recepção do sinal no DTE B**
  - Modem B recebe o sinal da interface analógica
  - Modem B recupera o relógio usado para a transmissão do sinal pelo modem A
  - Modem B informa ao DTE B esse sinal de relógio, para que DTE B consiga entender os dados

# Modems Digitais

- **Sincronismo: transmissão do sinal no modem A**
  - ***Relógio externo:*** modem A usa o sinal de relógio gerado pelo DTE A
  - ***Relógio interno:*** modem A usa seu sinal de relógio interno, e o informa ao DTE A
  - ***Relógio regenerado:*** modem A recupera o sinal de relógio a partir do sinal recebido na interface analógica, e o informa ao DTE A

# Modems Digitais

- **Sincronismo: apenas uma fonte de relógio deve ser usada para a comunicação !**
  - Um dos modems deve usar relógio interno ou externo
  - Outro modem deve obrigatoriamente usar o relógio regenerado
    - Ex: modem A com relógio interno, e modem B com relógio regenerado (ou vice-versa)

# *Modems Digitais*

- **Principais elementos do modem:**
  - ***Codificador e decodificador:*** efetua as conversões entre sinal digital original e sinal codificado
  - *Várias codificações usadas comumente:*
    - *HDB3*
    - *2B1Q (modems HDSL)*
    - *AMI*
    - *TC-PAM (modems SHDSL)*
    - *QAM* (esta na verdade um tipo de modulação)
      - Ex: modems ADSL

# Modems Digitais

- **Desempenho do modem digital:**
  - Alcance (distância) da transmissão
  - Taxa de bits
  - Taxa de erros (*BER*) aceitável
  - Maiores taxas de transmissão → menores distâncias

**Ex: padrão Telebrás para fios 26 AWG e BER 50ppm**

| Velocidade | Alcance [Km] |
|---|---|
| 600 | 30 |
| 1200 | 22 |
| 2400 | 16 |
| 4800 | 11 |
| 9600 | 8 |
| 19200 | 5,4 |

# Modems Digitais

- **Desempenho do modem Digitel DT2048 SHDSL**

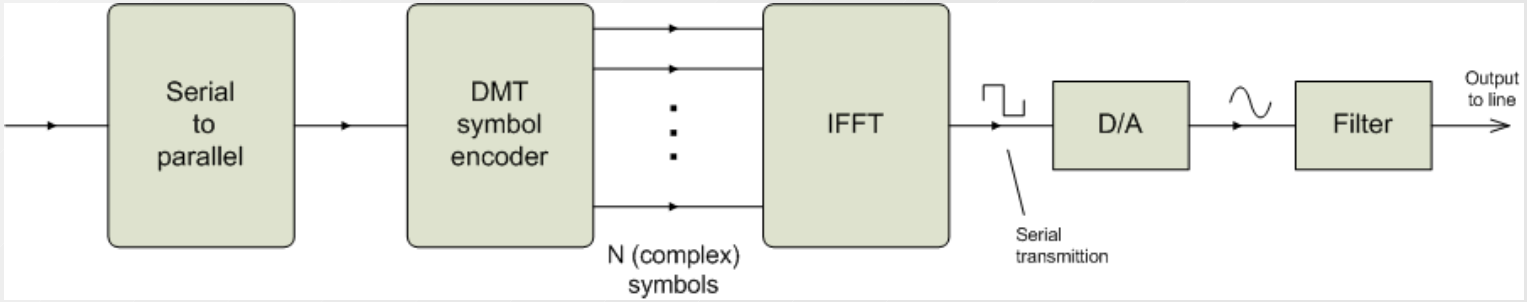
| Velocidade | Alcance** | Velocidade | Alcance** |
|---|---|---|---|
| 64 kbps | 6500 m | 1216 kbps | 4100 m |
| 128 kbps | 6500 m | 1280 kbps | 4100 m |
| 192 kbps | 6500 m | 1344 kbps | 4050 m |
| 256 kbps | 6100 m | 1408 kbps | 4050 m |
| 320 kbps | 5750 m | 1472 kbps | 4050 m |
| 384 kbps | 5450 m | 1536 kbps | 4000 m |
| 448 kbps | 5250 m | 1600 kbps | 4000 m |
| 512 kbps | 5100 m | 1664 kbps | 4000 m |
| 576 kbps | 4950 m | 1728 kbps | 3950 m |
| 640 kbps | 4800 m | 1792 kbps | 3950 m |
| 704 kbps | 4650 m | 1856 kbps | 3950 m |
| 768 kbps | 4550 m | 1920 kbps | 3900 m |
| 832 kbps | 4450 m | 1984 kbps | 3900 m |
| 896 kbps | 4350 m | 2048 kbps | 3900 m |
| 960 kbps | 4250 m | 2112 kbps | 3800 m |
| 1024 kbps | 4200 m | 2176 kbps | 3800 m |
| 1088 kbps | 4150 m | 2240 kbps | 3800 m |
| 1152 kbps | 4150 m | 2304 kbps | 3800 m |

** Configurações default.*

*** Alcances determinados com linha de 0,4 mm sem ruído.*

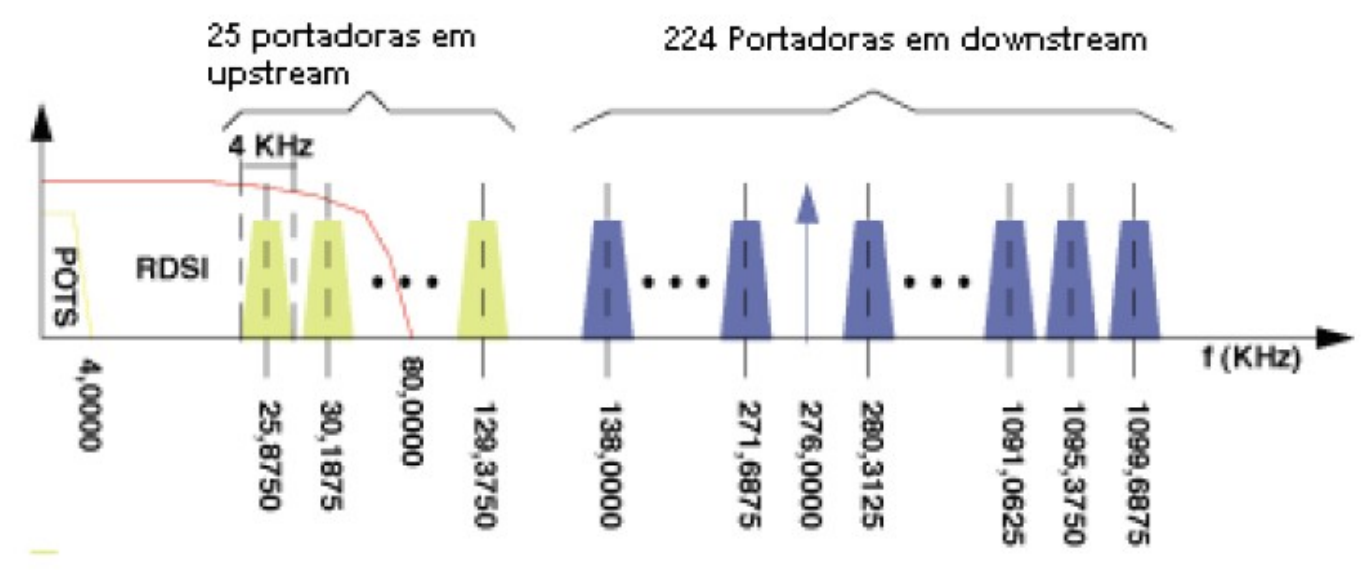
# Modems Digitais

- **Códigos (ou modulações) especiais para altas taxas de transmissão**
  - **DMT:** *Discrete Multi Tone*
    - Modulação multi-portadora (FDM)
    - Usada em modems xDSL (ex: ADSL e SHDSL)



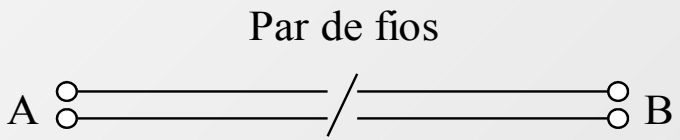
# Modems Digitais

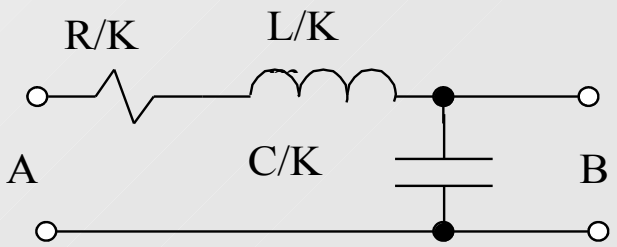
- **DMT:** *Discrete Multi Tone (usado no aDSL)*
  - Múltiplos canais com largura de banda de 4 kHz
  - Cada canal modulado com QAM



# INTERFACES DIGITAIS

- **O par metálico como meio de transmissão:**
  - Mais que 90% de uso na última milha no modelo básico de comunicação de dados
  - Pode ser modelado eletricamente

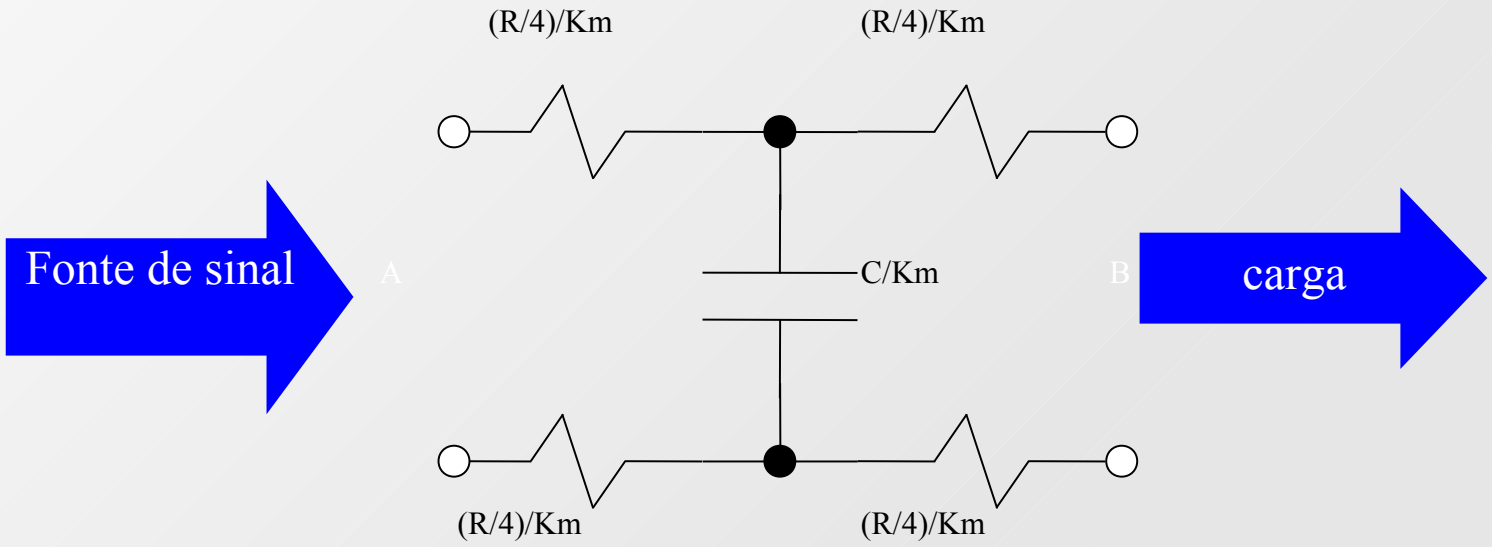



Modelo elétrico

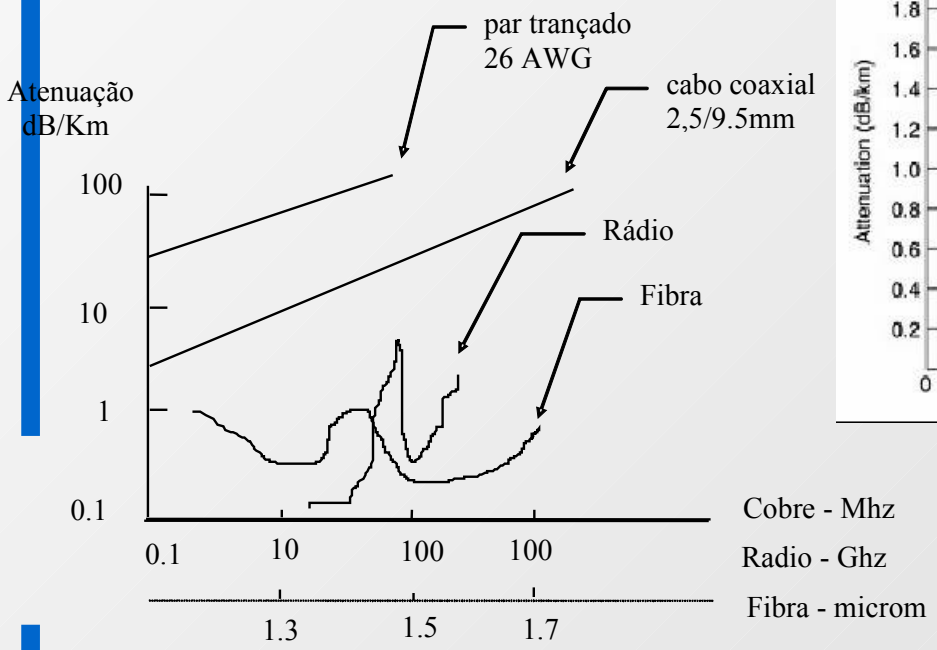
# INTERFACES DIGITAIS

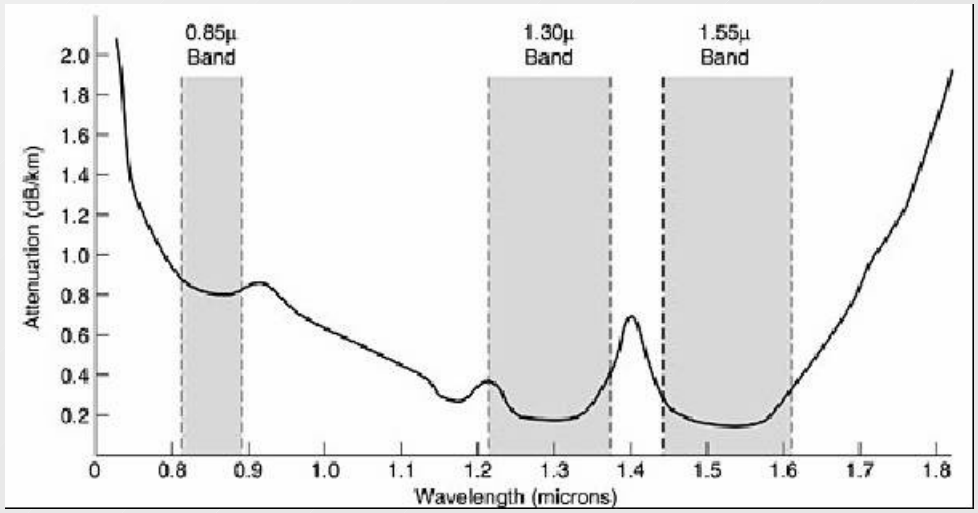
- **O par metálico como meio de transmissão:**
  - Modelo elétrico mais aproximado: Duplo T



# INTERFACES DIGITAIS

- **Comparativo com outros meios de transmissão:** Atenuação versus banda-passante



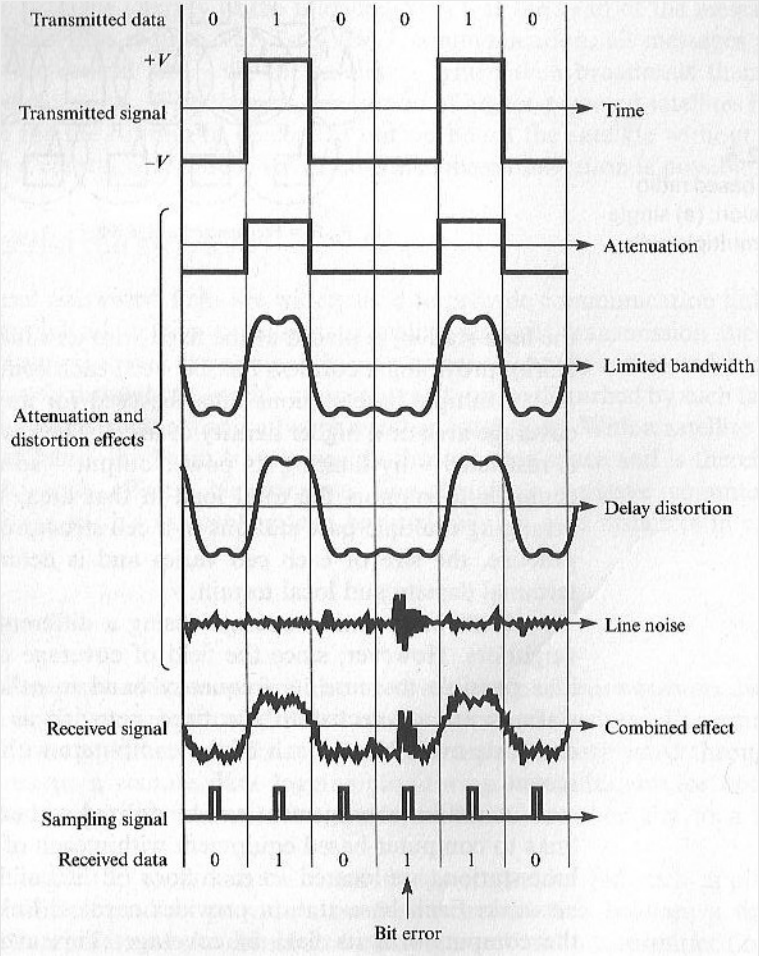
# ***INTERFACES DIGITAIS***

- **Necessidade da padronização de Interfaces Digitais:**
  - A transferência de dados entre equipamentos DTEs e/ou DCEs utiliza taxas, alcances e propósitos diversos
  - A característica elétrica do sinal deve respeitar cada aplicação
  - Interoperabilidade e universalização das conexões
  - Necessita definir:
    - *Características mecânicas*
    - *Descrição funcional dos sinais utilizados*
    - *Características Elétricas (esta define o padrão "comercial")*

# INTERFACES DIGITAIS

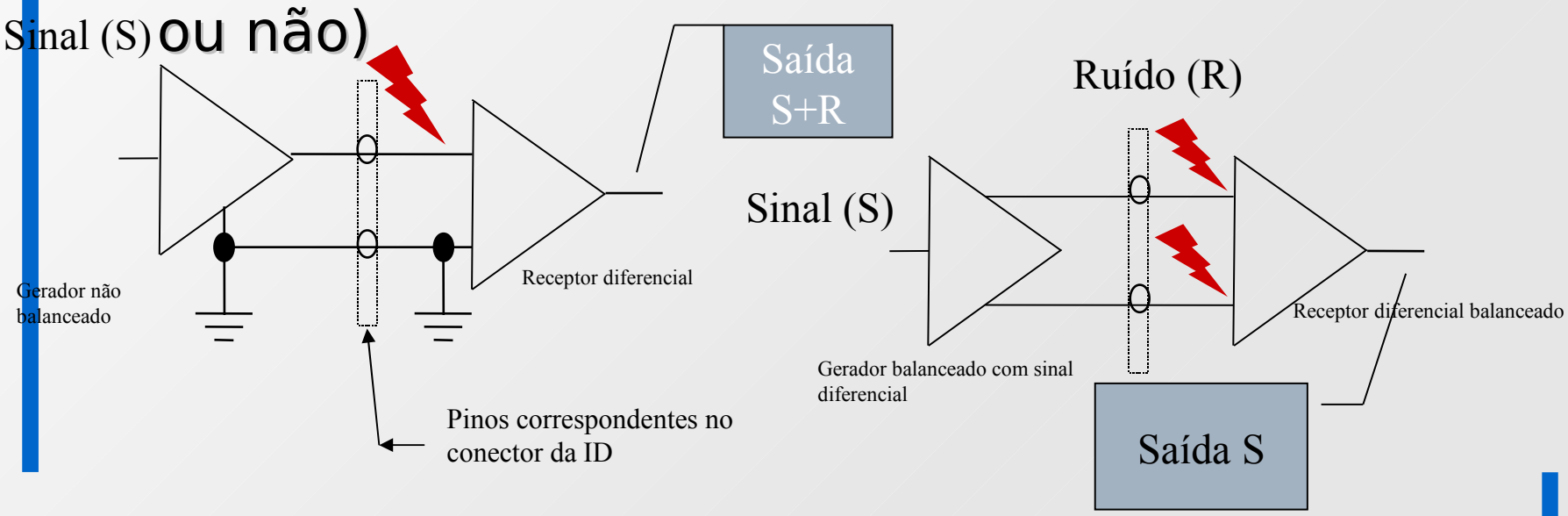
**Distorções podem ocorrer durante a transmissão:**

*Necessário prever formas de reduzi-las na ID*



# INTERFACES DIGITAIS

- Sinais não diferenciais (sempre não balanceados) e Sinais diferenciais (balanceados ou não)

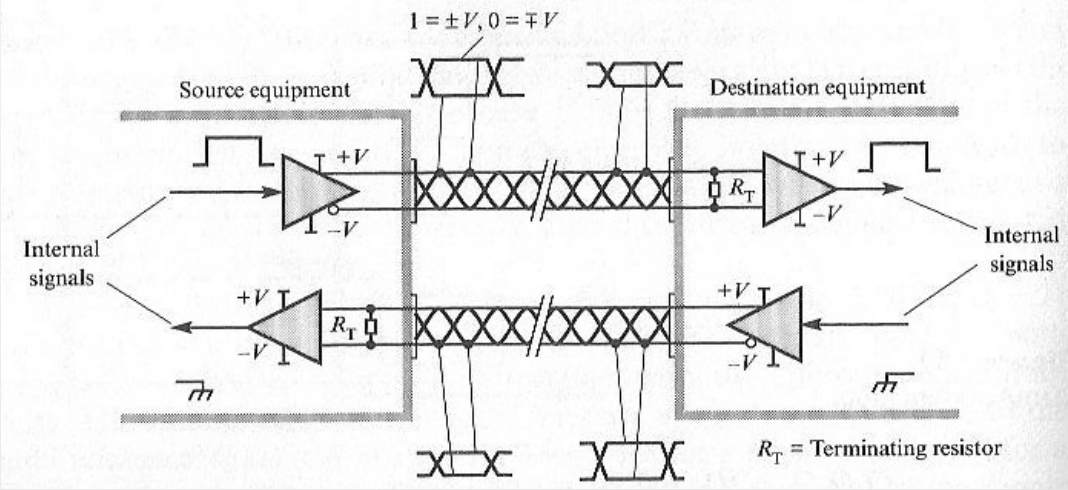



Ex. circuito não balanceado

Ex. circuito balanceado

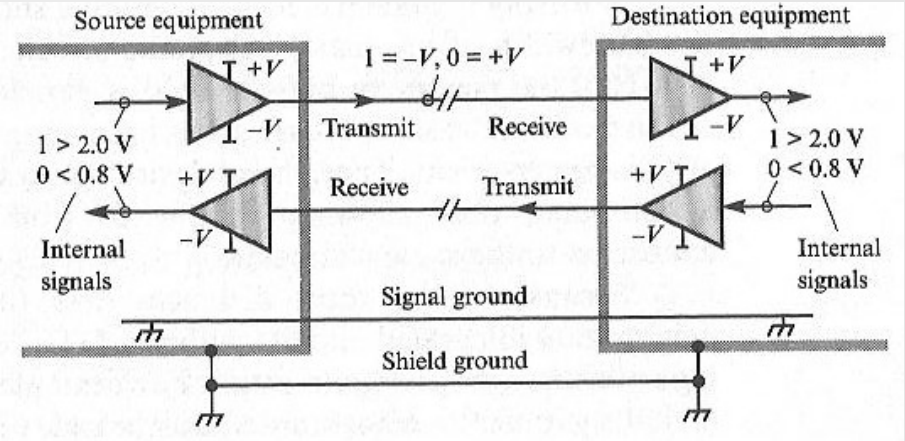
# INTERFACES DIGITAIS

- ***Sinal diferencial:***
  - Usa um par de fios
  - O sinal é enviado em ambos fios, porém defasado de 180º
  - Ruídos provavelmente ocorrem em ambos fios, sendo anulados na recepção



# INTERFACES DIGITAIS

- ***Sinal não-balanceado:***
  - Usa um terra (GND) comum para todos os sinais
  - Pequenas quedas de tensão sobre o fio GND são somadas
    - *Quanto maior o comprimento do fio, maiores as quedas de tensão*
    - *Quedas de tensão provenientes dos diferentes sinais*



# ***INTERFACES DIGITAIS***

- ***Usualmente diferencial é sinônimo de balanceado***
  - *Sinais não-diferenciais*: sempre não-balanceados
  - *Sinais diferenciais*: comumente balanceados
    - *Não-balanceados: recepção capaz de entender sinal não-diferencial como se fosse diferencial*
- Sinal diferencial → maior imunidade a ruídos !

# ***INTERFACES DIGITAIS***

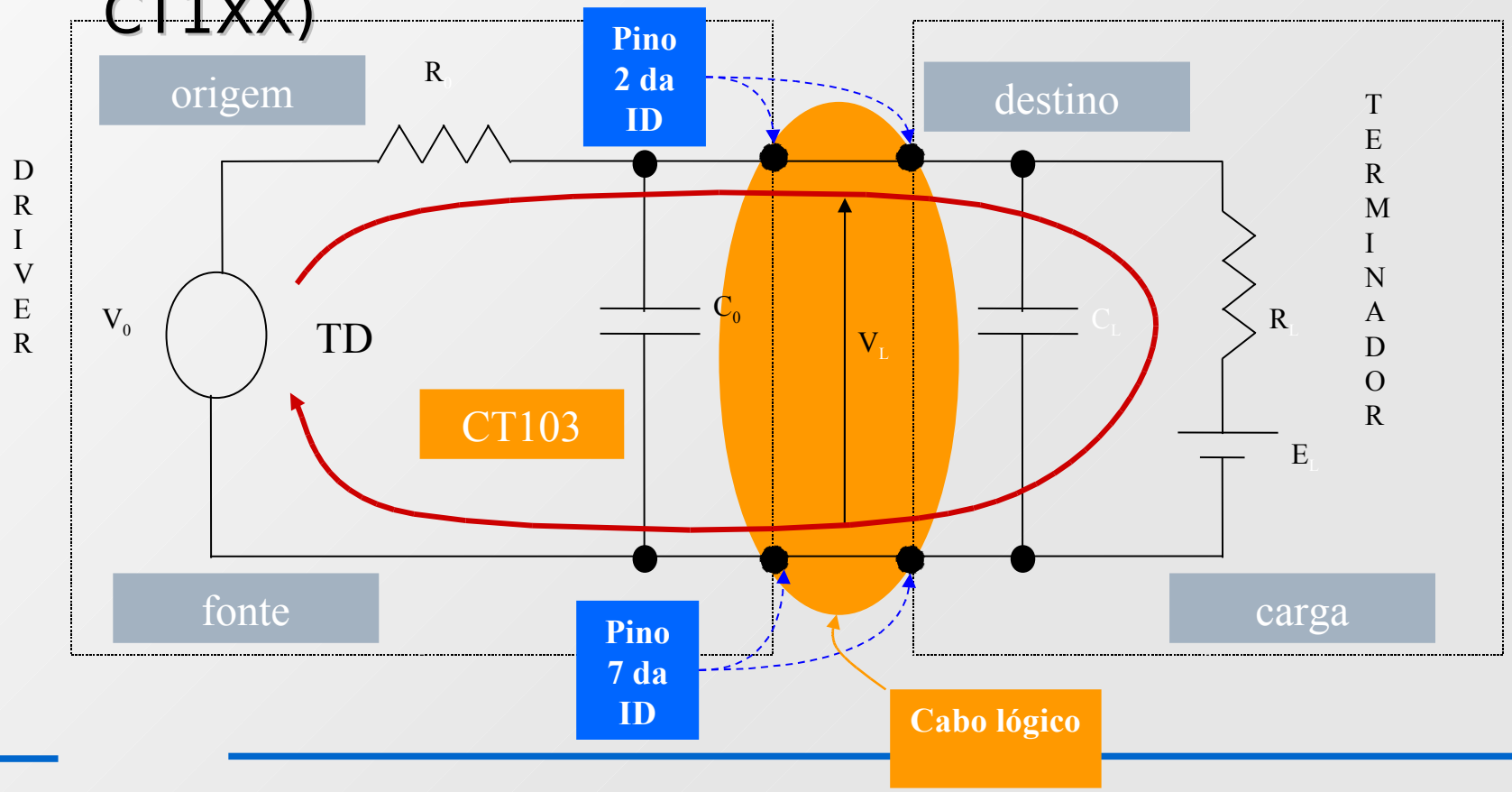
- **Normatização das IDs:**
  - Necessário definir limites elétricos para que um sinal seja considerado “1” ou “0” lógico
  - A Associação da Indústria Eletrônica (EIA) definiu padrões como os Recomendation Standard (RS) RS232, RS485, RS423 etc...
  - Circuitos balanceados (diferenciais) ou não e as taxas em *bps* aplicáveis são as bases da criação dos dos padrões.
    - *Ex.: RS530, V.35 estabelecem circuitos mistos diferenciais e não diferenciais para altas taxas.*
  - As mais utilizadas nos circuitos de dados são RS232, RS485, V.35, V.36 e G.703.

# ***INTERFACES DIGITAIS***

- **Normatização das IDs: Premissas Básicas**
  - Os DCEs regem todo o controle sobre a camada física e o compasso (sincronismo) entre os DTEs
  - Toda interface digital portanto deve prever uma padronização ***elétrica***, ***mecânica*** e ***funcional*** para uma conexão entre DTE-DCE
  - De forma elementar, um pino da ID que é fonte no DTE será carga no mesmo pino no DCE e vice-versa. Nasce o conceito de cabo pino-à-pino (ou cabo direto ou 1:1)

# INTERFACES DIGITAIS

- **Normatização das IDs:** Modelo Elétrico de um Circuito fonte-carga do TD da RS232 (padrão CT1XX)



# INTERFACES DIGITAIS

## Grupo de sinais (circuitos)

| CT | Sinal | Origem | Grupo dados | Grupo sincro. | Grupo controle | Grupo refer. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 101 | Terra | - | | | | X |
| 102 | GND | - | | | | X |
| 103 | TD | DTE | X | | | |
| 104 | RD | DCE | X | | | |
| 105 | RTS | DTE | | | X | |
| 106 | CTS | DCE | | | X | |
| 107 | DSR | DCE | | | X | |
| 108 | DTR | DTE | | | X | |
| 109 | DCD | DCE | | | X | |
| 113 | TCKE | DTE | | X | | |
| 114 | TC | DCE | | X | | |
| 115 | RC | DCE | | X | | |

# ***INTERFACES DIGITAIS***

## Grupo de sinais (circuitos)

**Em uma comunicação que usa todos os sinais da tabela:**

- O TD só é liberado se CTS,DSR,DCD, TC e RC estiverem presentes
- O RD só é liberado se RTS, DTR e TCKE estiverem presentes

# INTERFACES DIGITAIS

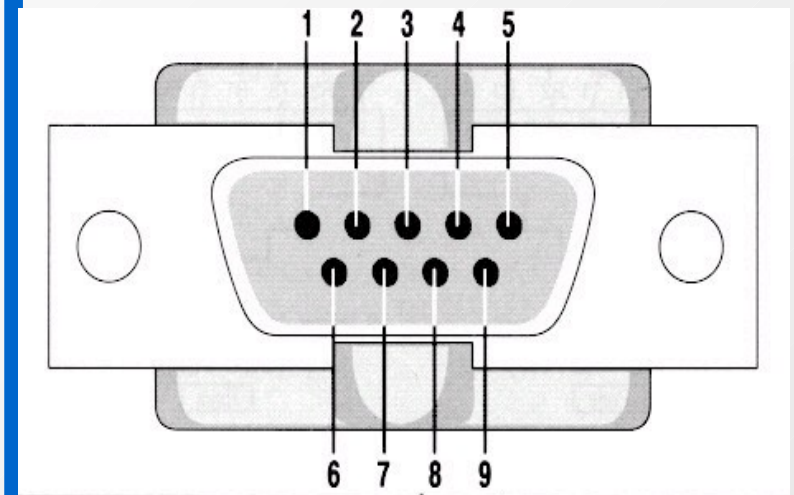
**Grupo de sinais (circuitos)**

**Mais importante**

| CT | Sinal | Grupo dados | Grupo sincro. | Grupo controle | Grupo refer. | Grupo testes |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 101 | Terra | | | | X | |
| 103 | TD | X | | | | |
| 104 | RD | X | | | | |
| 105 | RTS | | | X | | |
| 106 | CTS | | | X | | |
| 107 | DSR | | | X | | |
| 102 | GND | | | | X | |
| 109 | DCD | | | X | | |
| 114 | TC | | X | | | |
| 115 | RC | | X | | | |
| 141 | LAL | | | | | X |
| 108 | DTR | | | X | | |
| 140 | LDR | | | | | X |
| 125 | RI | | | X | | X |
| 111/112 | - | | | X | | X |
| 113 | TCKE | | X | | | |
| 142 | TEST | | | | | X |

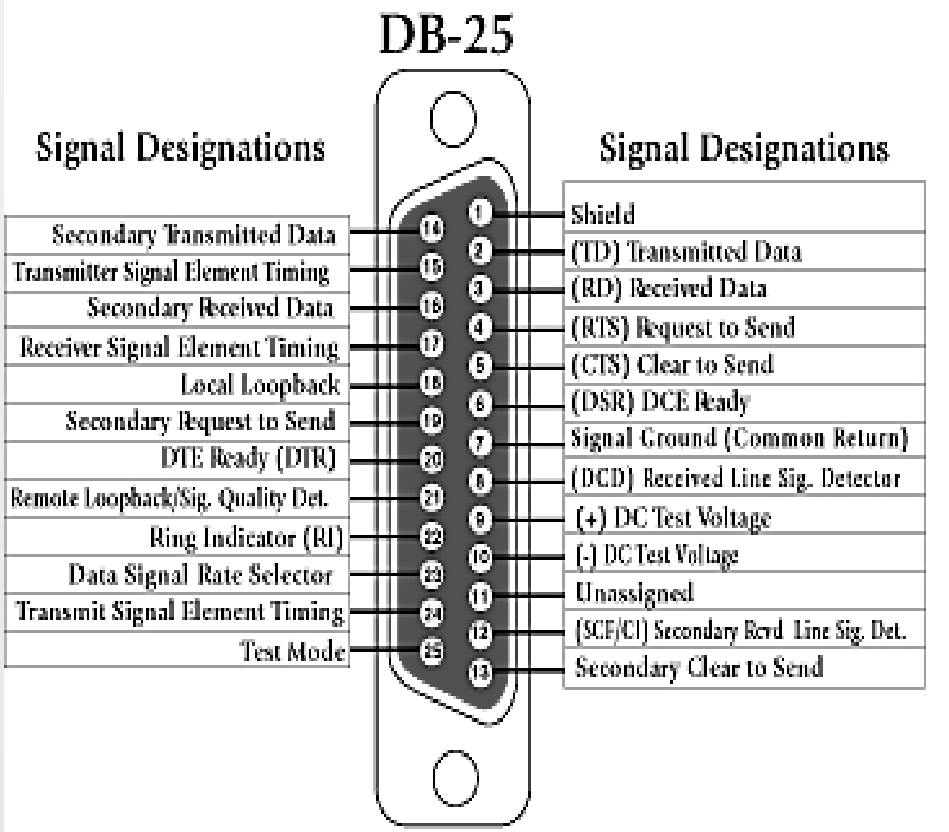
# INTERFACES DIGITAIS

## Interface RS232




| Pin | Signal | Pin | Signal |
|---|---|---|---|
| 1 | Data Carrier Detect | 6 | Data Set Ready |
| 2 | Received Data | 7 | Request to Send |
| 3 | Transmitted Data | 8 | Clear to Send |
| 4 | Data Terminal Ready | 9 | Ring Indicator |
| 5 | Signal Ground | | |

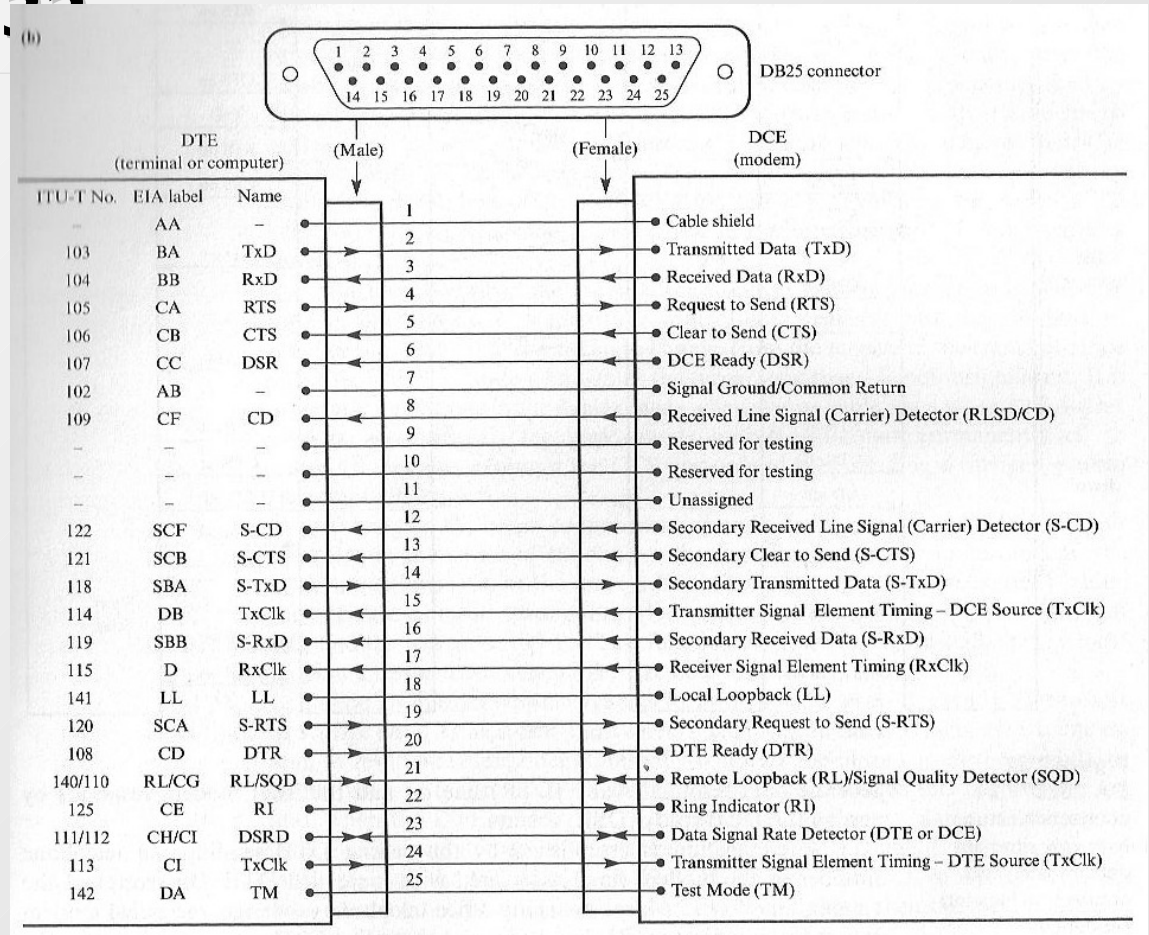
RS232C




RS-232 Interface

# INTERFACES DIGITAIS

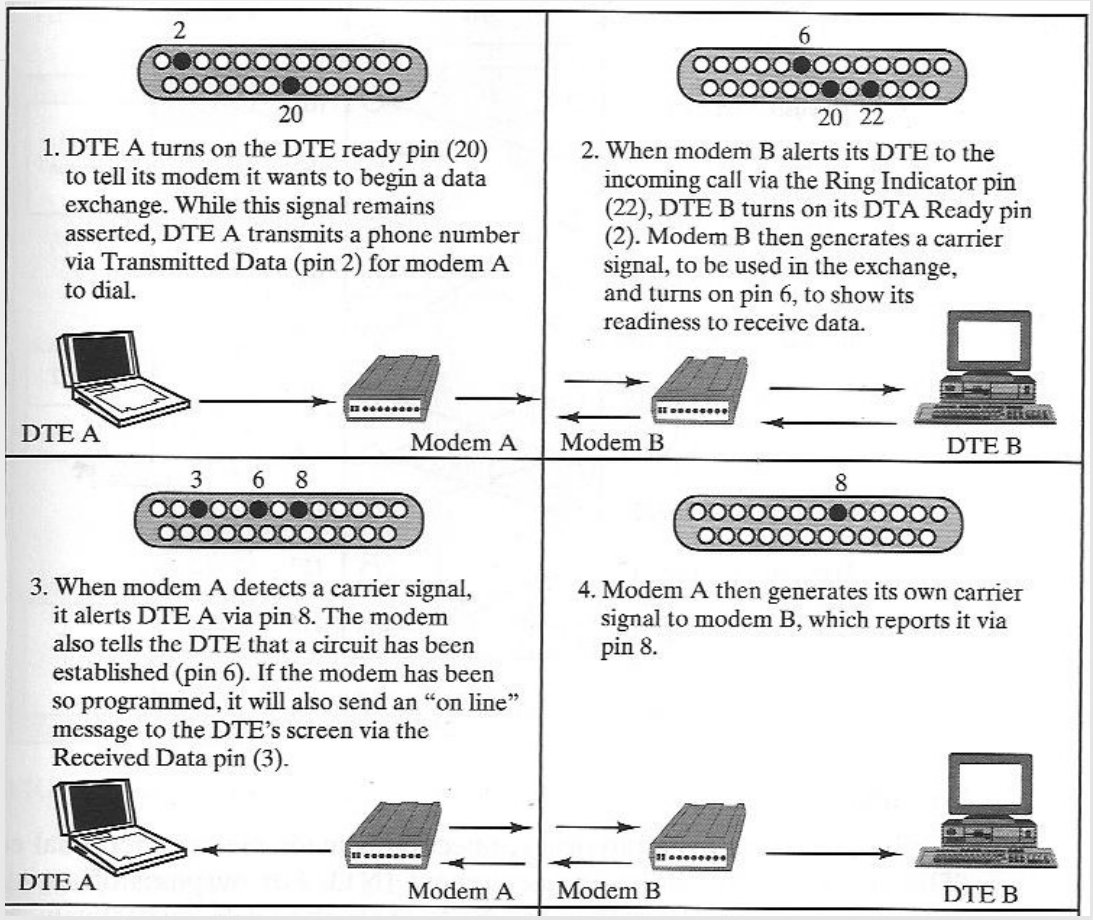
## Interface RS232



# INTERFACES DIGITAIS

**Interface RS232:**

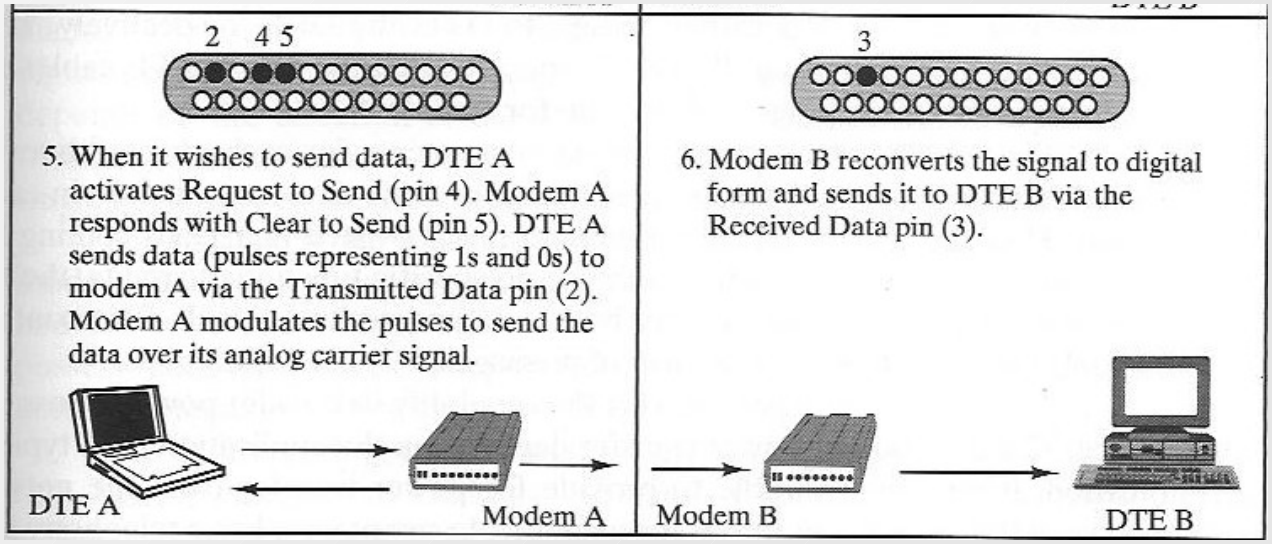
Exemplo de comunicação com modem discado



# INTERFACES DIGITAIS

## Interface RS232:

Exemplo de comunicação (cont.)



# INTERFACES DIGITAIS

- **Resumo dos circuitos da interface digital RS232 e RS232C (V.24) (CANAL PRINCIPAL)**
- **Todos os sinais não-diferenciais e limitados em 20Kbps (V.28)**
- **Aplicações Síncronas ou assíncronas**

**Pinout** – relação da posição dos pinos com seus respectivos sinais para o padrão mecânico (conector)

| PINO DB9 | PINO DB25 | CIRCUITO (CT) | SINAL | ORIGEM | FUNÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|
| - | 1 | 101 | Terra | - | TERRA DE PROTEÇÃO |
| 3 | 2 | 103 | TD | DTE | DADOS TRANSMITIDOS |
| 2 | 3 | 104 | RD | DCE | DADOS RECEBIDOS |
| 7 | 4 | 105 | RTS | DTE | PEDIDO PARA TRANSMITIR |
| 8 | 5 | 106 | CTS | DCE | PRONTO PARA TRANSMITIR |
| 6 | 6 | 107 | DSR | DCE | MODEM PRONTO |
| 5 | 7 | 102 | GND | - | TERRA DIGITAL |
| 1 | 8 | 109 | DCD | DCE | PORTADORA DETECTADA |
| - | 9 | - | +12V | DCE | ALIMENTAÇÃO EXTERNA |
| - | 10 | - | -12V | DCE | ALIMENTAÇÃO EXTERNA |
| - | 15 | 114 | TC | DCE | RELÓGIO DE TRANSMISSÃO |
| - | 17 | 115 | RC | DCE | RELÓGIO DE RECEPÇÃO |
| - | 18 | 141 | - | DTE | COMANDO DE LAL |
| 4 | 20 | 108/2 | DTR | DTE | TERMINAL DE DADOS PRONTO |
| - | 21 | 140 | - | DTE | COMANDO DE LDR |
| 9 | 22 | 125 | RI | DCE | INDICADOR DE CHAMADA (RING) |
| - | 23 | 111/112 | - | DTE/DCE | SELEÇÃO DE TAXA DE TRANSMISSÃO |
| - | 24 | 113 | TCKE | DTE | RELÓGIO DE TRANSMISSÃO EXTERNO |
| - | 25 | 142 | TEST | DCE | MODEM EM TESTE |

# ***INTERFACES DIGITAIS***

## Interface V.35

- Aplicações exclusivamente síncronas
- Velocidades acima de 48Kbps e até 2Mbps
- Grupo de sinais de dados e sincronismo são diferenciais (V.35)
- Grupo de sinais de controle não diferenciais (V.28)
- Conector padrão M.34 (ISO2593)

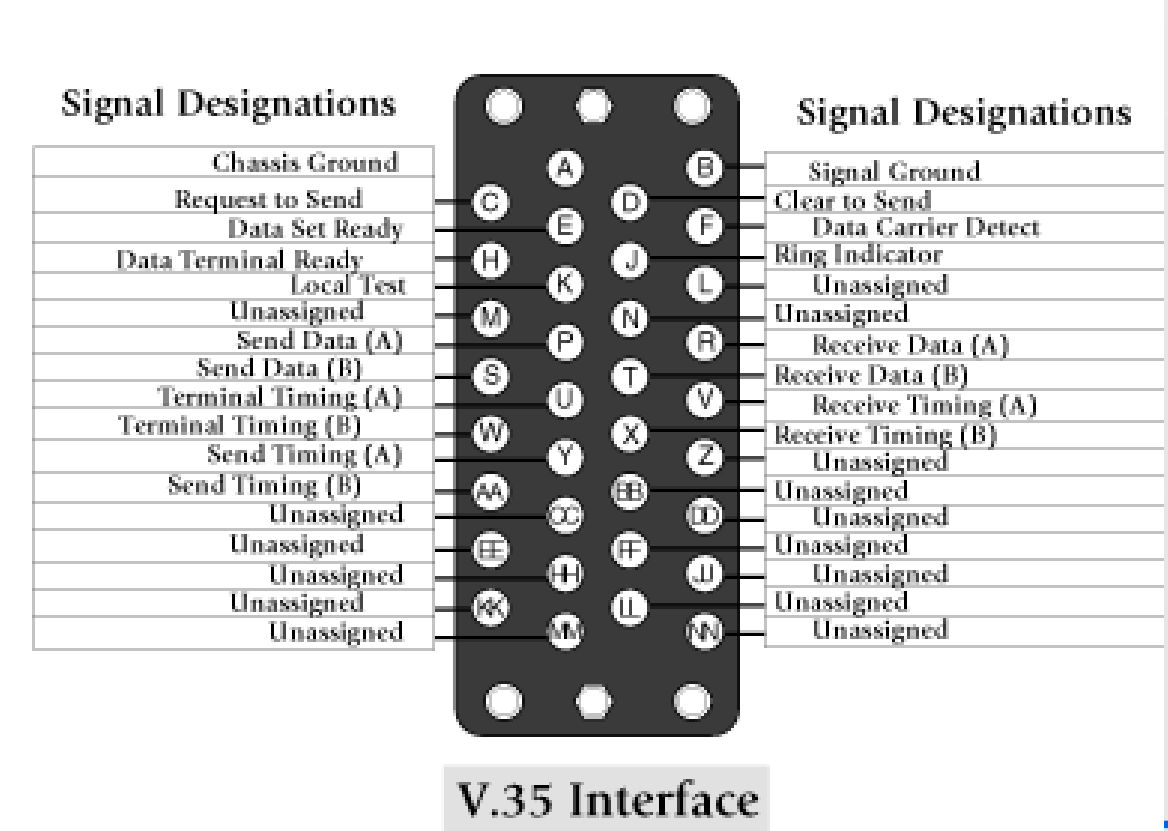
# ***INTERFACES DIGITAIS***

## Interface V.36

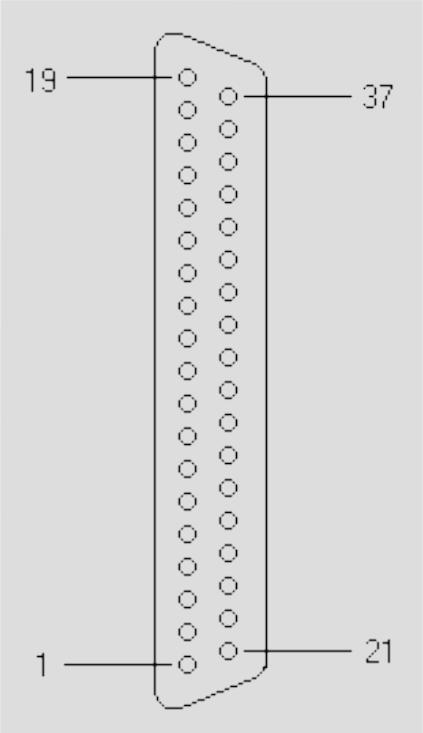
- Aplicações exclusivamente síncronas em ambientes ruidosos
- Velocidades acima de 48Kbps e até 2Mbps (RS449)
- Exceto os grupos de teste, os demais sinais são diferenciais (V.11)
- Conector padrão DB37 (ISO4902)

# INTERFACES DIGITAIS

- **Conectores das interfaces V.35 e V.36** (referência tipo Macho)




V.35 Interface




V.36

# INTERFACE V.35

- **Pinouts padrões**

| PINO M34 ISO2593 | PINO DB25 ISO2110 | PINO DB25 TELERÁS | Circuito (CT) | SINAL | ORIGEM | FUNÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 1 | 101 | P.GND | - | TERRA DE PROTEÇÃO |
| B | 7<br>23 | 13 | 102a<br>102b | S.GND | - | TERRA DIGITAL |
| P<br>S | 2<br>14 | 2<br>15 | 103 | SDa<br>SDb | DTE | DADOS TRANSMITIDOS |
| R<br>T | 3<br>16 | 4<br>17 | 104 | RDa<br>RDb | DCE | DADOS RECEBIDOS |
| C | 4 | 5 | 105 | RS | DTE | PEDIDO PARA TRANSMITIR |
| D | 5 | 7 | 106 | CS | DCE | PRONTO PARA TRANSMITIR |
| E | 6 | 9 | 107 | DM | DCE | MODEM PRONTO |
| H | 20 | - | 108 | DT | DTE | TERMINAL PRONTO |
| F | 8 | 10 | 109 | RR | DCE | PORTADORA DETECTADA |
| U<br>W | 24<br>11 | 11<br>24 | 113 | TTa<br>TTb | DTE | RELÓGIO DE TRANSMISSÃO EXTERNO |
| Y<br>AA/aa | 15<br>12 | 3<br>16 | 114 | STa<br>STb | DCE | RELÓGIO DE TRANSMISSÃO |
| V<br>X | 17<br>9 | 6<br>19 | 115 | RTa<br>RTb | DCE | RELÓGIO DE RECEPÇÃO |

# INTERFACE V.36

- **Pinouts padrões**

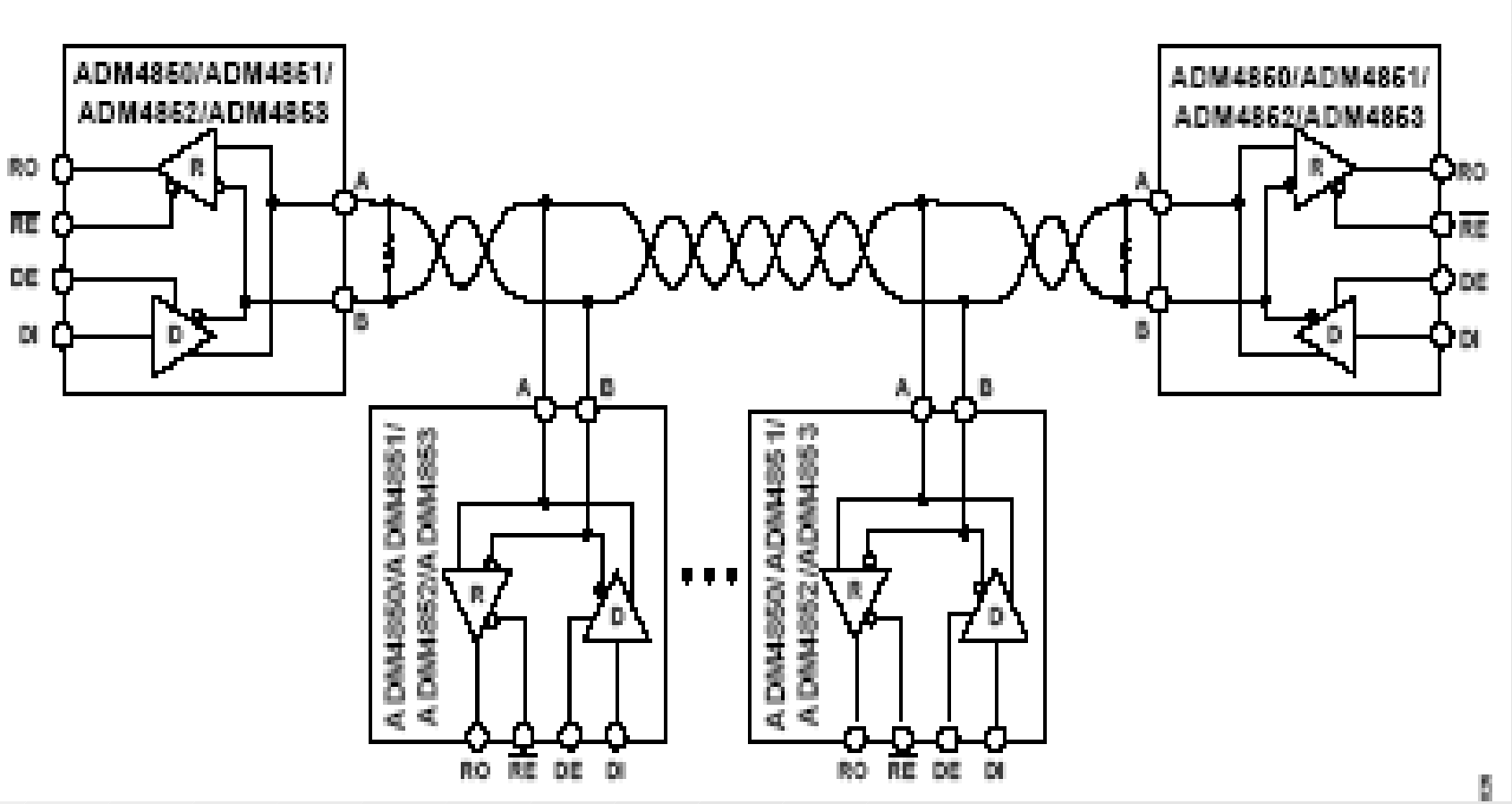
| PINO DB37 ISO4902 | PINO DB25 ISO2110 | PINO DB25 TELERÁS | Circuito (CT) | SINAL | ORIGEM | FUNÇÃO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 101 | P.GND | - | TERRA DE PROTEÇÃO |
| 19<br>20 | 7<br>23 | 13 | 102a<br>102b | S.GNDa<br>S.GNDb | - | TERRA DIGITAL (DE SINAL) |
| 4<br>22 | 2<br>14 | 2<br>15 | 103a<br>103b | Sda<br>SDb | DTE | DADOS TRANSMITIDOS |
| 6<br>24 | 3<br>16 | 4<br>17 | 104a<br>104b | RDa<br>RDb | DCE | DADOS RECEBIDOS |
| 7<br>25 | 4<br>19 | 5<br>18 | 105a<br>105b | RSa<br>RSb | DTE | PEDIDO PARA TRANSMITIR |
| 9<br>27 | 5<br>13 | 7<br>20 | 106a<br>106b | CSa<br>CSb | DCE | PRONTO PARA TRANSMITIR |
| 11<br>29 | 6<br>23 | 9<br>21 | 107a<br>107b | DMa<br>DMb | DCE | MODEM PRONTO |
| 12<br>30 | -<br>- | -<br>- | 108a<br>108b | DTa<br>DTb | DTE | TERMINAL PRONTO |
| 13<br>31 | 8<br>10 | 10<br>22 | 109a<br>109b | RRa<br>RRb | DCE | PORTADORA DETECTADA |
| 17<br>35 | 24<br>11 | 11<br>24 | 113a<br>113b | TTa<br>TTb | DTE | RELÓGIO DE TRANSMISSÃO EXTERNO |
| 5<br>23 | 15<br>12 | 3<br>16 | 114a<br>114b | STa<br>STb | DCE | RELÓGIO DE TRANSMISSÃO |
| 8<br>26 | 17<br>9 | 6<br>19 | 115a<br>115b | RTa<br>RTb | DCE | RELÓGIO DE RECEPÇÃO |

# INTERFACES DIGITAIS

## Interface RS485

- Sinais diferenciais balanceados com saída tri-state
- Conectada em barramento de 2 (half-duplex) ou 4 fios (full) com até 4000 pés
- Obrigatório o uso de protocolos para endereçar os dispositivos
- Adequada para redes multiponto com até 32 dispositivos em 2 fios com driver padrão (utilizando repetidores ou drivers especiais é possível muito mais!)
- Possibilidade de criação de redes locais

# INTERFACES DIGITAIS RS485 @2 FIOS



# INTERFACES DIGITAIS

## Comparativos RS485

| SPECIFICATIONS | | RS232 | RS423 | RS422 | RS485 |
|---|---|---|---|---|---|
| Mode of Operation | | SINGLE -ENDED | SINGLE -ENDED | DIFFERENTIAL | DIFFERENTIAL |
| Total Number of Drivers and Receivers on One Line (One driver active at a time for RS485 networks) | | 1 DRIVER 1 RECVR | 1 DRIVER 10 RECVR | 1 DRIVER 10 RECVR | 32 DRIVER 32 RECVR |
| Maximum Cable Length | | 50 FT. | 4000 FT. | 4000 FT. | 4000 FT. |
| Maximum Data Rate (40ft. - 4000ft. for RS422/RS485) | | 20kb/s | 100kb/s | 10Mb/s-100Kb/s | 10Mb/s-100Kb/s |
| Maximum Driver Output Voltage | | +/-25V | +/-6V | -0.25V to +6V | -7V to +12V |
| Driver Output Signal Level (Loaded Min.) | Loaded | +/-5V to +/-15V | +/-3.6V | +/-2.0V | +/-1.5V |
| Driver Output Signal Level (Unloaded Max) | Unloaded | +/-25V | +/-6V | +/-6V | +/-6V |
| Driver Load Impedance (Ohms) | | 3k to 7k | >=450 | 100 | 54 |
| Max. Driver Current in High Z State | Power On | N/A | N/A | N/A | +/-100uA |
| Max. Driver Current in High Z State | Power Off | +/-6mA @ +/-2v | +/-100uA | +/-100uA | +/-100uA |
| Slew Rate (Max.) | | 30V/uS | Adjustable | N/A | N/A |
| Receiver Input Voltage Range | | +/-15V | +/-12V | -10V to +10V | -7V to +12V |
| Receiver Input Sensitivity | | +/-3V | +/-200mV | +/-200mV | +/-200mV |
| Receiver Input Resistance (Ohms), (1 Standard Load for RS485) | | 3k to 7k | 4k min. | 4k min. | >=12k |

Tabela 1: Ref: http://www.rs485.com/rs485spec.html em 18/10/2006

# ***INTERFACES DIGITAIS***

## Interface G.703/G.704

- G.703 define uma ID simplificada com apenas dois pares de conectores
- G.704 define uma estruturação do sinal transmitido em canais multiplexados
  - *São 32 canais de 64 kbps*
- As duas normas conjuntas são conhecidas como E1

# INTERFACES DIGITAIS

## Interface G.703/G.704

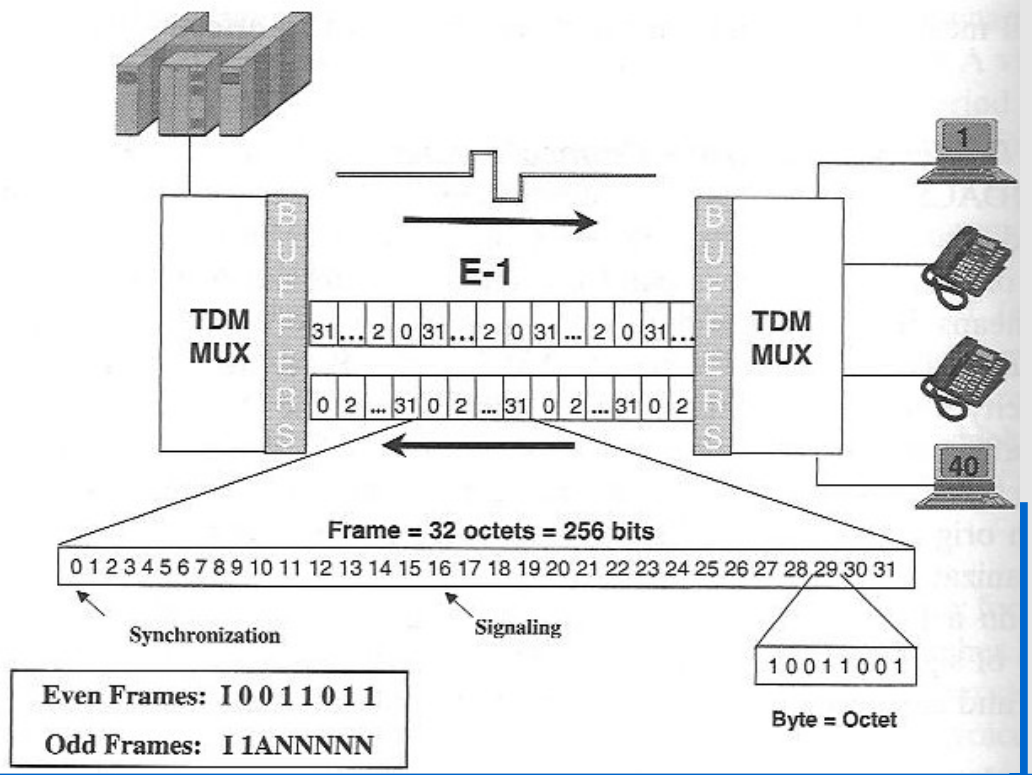
- Estruturação do tempo G.704

Taxa de bits: 2048 kbps

Canal: 64 kbps

Quadro: 32 bytes (125 us)

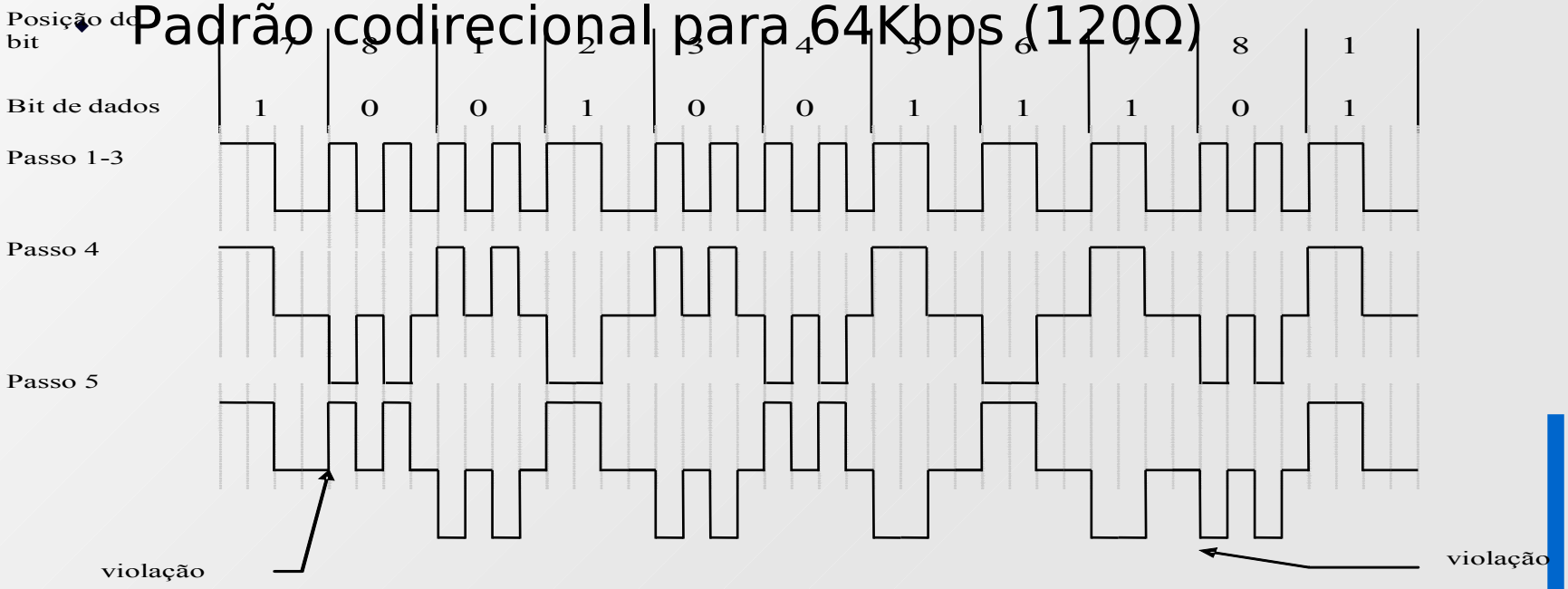
Ciclo: 4 ms



# INTERFACES DIGITAIS

## Interface G.703/G.704

- HDB3 para 2Mbps (75Ω) e estrutura G.704 (interface E1)
- Padrão codirecional para 64Kbps (120Ω)

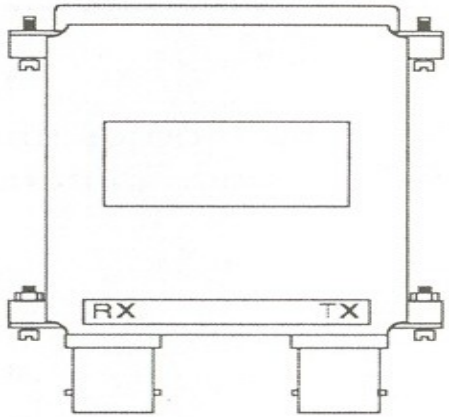


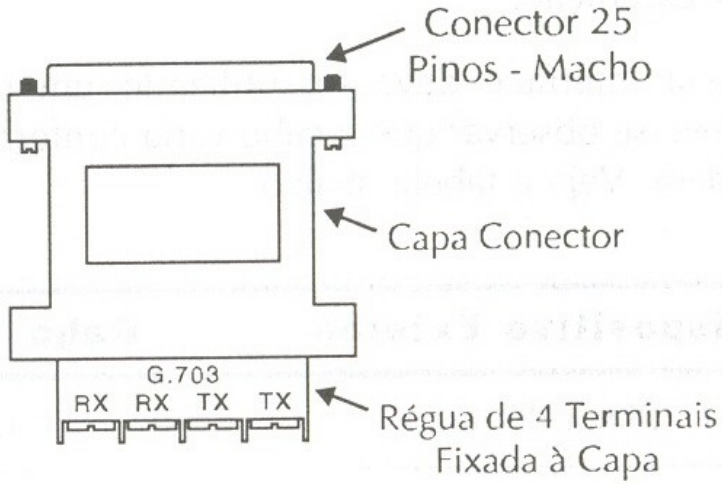

Sinal G.703 64Kbps codirecional

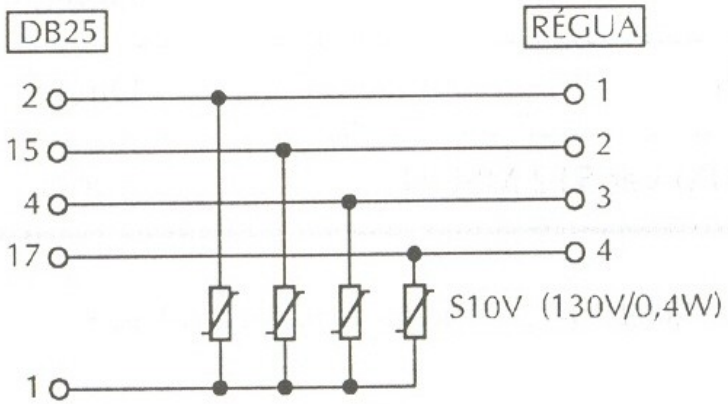
# INTERFACES DIGITAIS

- **Padrões mecânicos G.703**

| INTERLIGAÇÃO | |
|---|---|
| DB25 | COAXIAL |
| 4 | CONDUT CN 1 |
| 17 | MALHA CN 1 |
| 2 | CONDUT CN 2 |
| 15 | MALHA CN 2 |



# ***INTERFACES DIGITAIS***

## Cabos lógicos

- Seu custo é relevante e obrigatório na infra-estrutura.
- Má qualidade dos componentes ou de sua construção afeta o desempenho e confiabilidade dos circuitos de dados.
- Todos os sinais possuem um local de origem no DTE ou DCE

# ***INTERFACES DIGITAIS***

## Cabos lógicos

- Devem devem interligar adequadamente cada par de equipamentos respeitando basicamente:
  - *Não ligar pinos de origem com outros de origem*
  - *Não ligar pinos de destino com outros de destino*
  - *Operação funcional do par origem/destino*
- Cabos acima de 15m devem possuir malha ou fita de blindagem
- Para interfaces com sinais diferenciais cabos devem ser preferencialmente pareados (especialmente se > 15m)