

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA APLICADA
INF01154 - Redes de Computadores N

**O Modelo de Referência OSI e a interface digital V.24/V.28 do ITU-T
(ou RS232 da EIA¹)**

1. Objetivos

Verificar como se aplica na prática o Modelo de Referência OSI (RM-OSI²) em sistemas de comunicação de dados reais. Observar características da interface V.24/V.28. Caracterizar diferenças entre transmissão assíncrona e síncrona.

2. Revisão Teórica

2.1. O Modelo de Referência OSI (RM-OSI)

- **Questão prática intermediária:** Cite pelo menos um protocolo utilizado na rede do laboratório da sala 105 nos níveis 1, 2, 3, 4 e 7 do modelo OSI.

O modelo de referência para interconexão de sistemas de arquitetura abertos (RM-OSI) constitui um modelo de arquitetura de sistemas que visa facilitar a interação destes sistemas com outros. A sua principal característica é uma arquitetura em camadas hierarquizadas (ou níveis), que funcionalmente são isoladas entre si (Fig. 1). À cada camada são associadas funções e serviços específicos. Os serviços de uma camada são oferecidos para a camada imediatamente superior. Na base dos dois sistemas é definido um meio de comunicação físico genérico que estabelece a comunicação entre ambos.

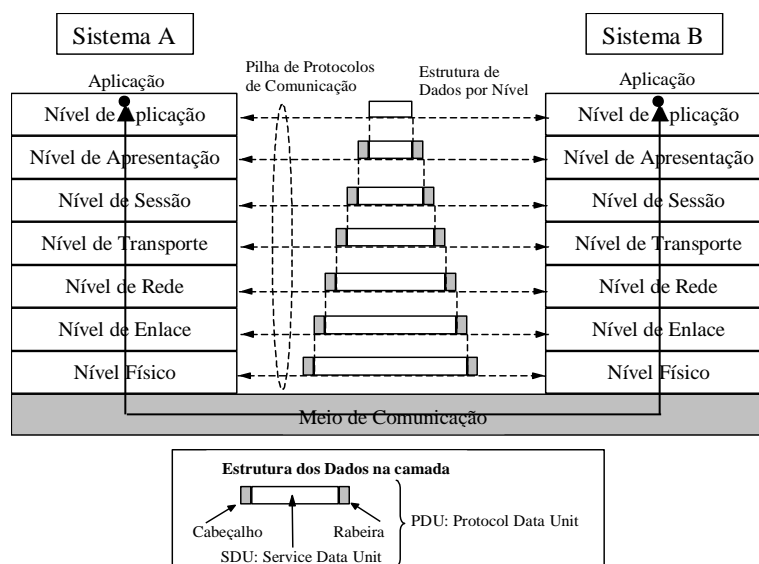


Fig. 1 - Arquitetura básica de interação entre dois sistemas segundo o RM-OSI da ISO

¹ EIA - *Electronic Industries Association*

² RM-OSI: *Reference Model for Open System Interconnection*

O fluxo real dos dados é nos dois sentidos (*duplex*), de uma aplicação até outra, passando pelas diferentes camadas do sistema local, a seguir pelo canal de comunicação e, finalmente, pelas diversas camadas do sistema remoto até a aplicação remota (e vice versa).

Na figura 2 apresenta-se os componentes funcionais de uma interação entre duas camadas quaisquer equivalentes (*peer layers*) na interação entre os dois sistemas. Os serviços da camada N são oferecidos à camada N+1 através do *Service Access Point N* (SAP-N). Um dos serviços importantes da camada N que é utilizado pela camada N+1 é o serviço de conexão N. A conexão N começa e termina nos *Connection End Points* (CEP-N), que se localizam dentro dos SAPs.

A dinâmica de interação entre as camadas do RM-OSI é definida através de quatro primitivas, que permitem a solicitação de qualquer tipo de serviço por parte de uma camada superior a uma camada inferior. O serviço é solicitado pela camada superior através das primitivas de *Request* (1) e a resposta correspondente da camada inferior é realizada através da primitiva *Confirm* (4). No sistema remoto tem-se a sinalização da camada inferior através da primitiva *Indication* (2) e a resposta da camada superior através da primitiva *Response* (3). Assim, por exemplo, para a solicitação do serviço de conexão da camada N à camada N-1 tem-se: *Connect Request* (1), *Connect Indication* (2), *Connect Response* (3) e *Connect Confirm* (4), como pode ser observado na figura 2.

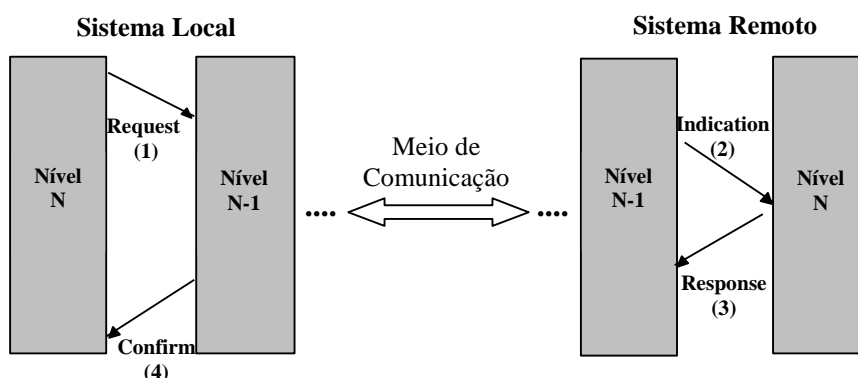


Fig. 2 - Interação entre camadas adjacentes do RM-OSI segundo primitivas básicas

2.2. A Interface Serial V.24/V.28 do ITU-T ou RS 232 da EIA

A interface V.24/V.28 do ITU-T define *funcionalmente* (recomendação V.24) e *eletricamente* (recomendação V.28) os diversos sinais (primitivas) pelos quais a camada de enlace busca os serviços da camada física. A interface pode ser considerada como uma implementação física do ponto de acesso (SAP – *Service Access Point*) dos serviços do nível físico. Um destes serviços, que é utilizado pela camada de enlace, é a conexão de nível físico.

Na figura 3 apresenta-se a modelagem dos primeiros dois níveis do modelo OSI: nível físico e nível de enlace. Destaca-se o ponto de acesso dos serviços do nível físico, que corresponde em muitas implementações de sistemas de comunicação de dados à interface V.24/V.28 (RTS232).

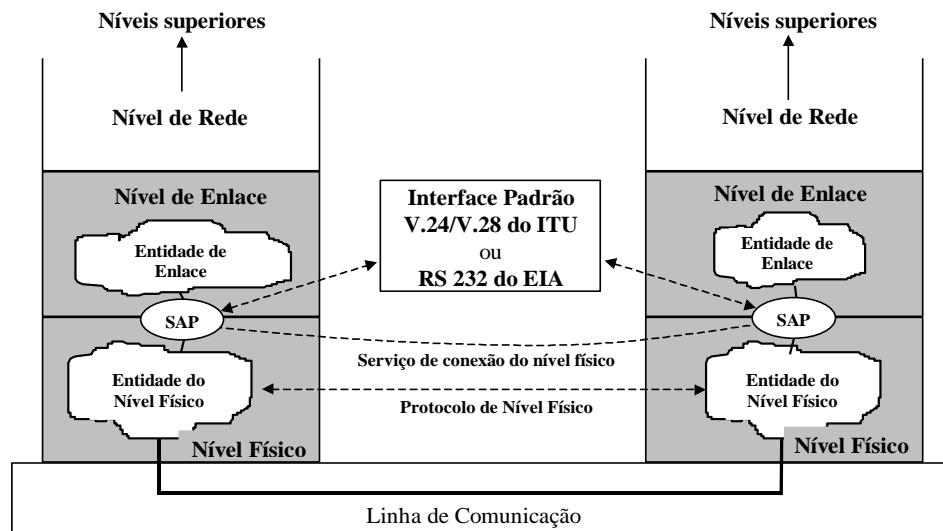
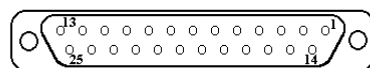


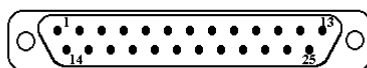
Fig. 3 - Modelo conceitual do RM-OSI para interação entre nível de enlace e nível físico

Apesar de possuir ao todo 25 pinos, cada qual com sua função específica, a comunicação é serial, pois existe apenas uma linha para transmissão de dados, e uma para recepção de dados.

As características físicas do conector também são objeto de especificação da recomendação V.28. Foi definido para a interface um conector de 25 pinos, ISO DIS 2110 (p.ex.: Cannon DBM 25P). No lado do ETD este conector deve ser do tipo macho, enquanto no lado do ECD deverá ser do tipo fêmea conforme mostra a figura a seguir. Atualmente também é aceita a implementação simplificada da interface RS 232 segundo um conector trapezoidal de 9 pinos.



Conector DB 25 Fêmea (lado do ECD)



Conector DB 25 Macho (lado do ETD)

Em geral, esta interface representa a fronteira entre o usuário e a concessionária dos serviços de telecomunicações. Para assegurar que equipamentos de diferentes fabricantes possam ser interconectados tanto mecânica quanto eletricamente, acordaram-se especificações para essas interfaces físicas. A interface constitui, dessa maneira, um importante ponto de teste para análise dos dados durante operação normal e para medições e simulação de erros, quando fora de serviço.

Em termos elétricos, os NÍVEIS DE TENSÃO dessa interface são +3V a +25V para representar o "0" lógico, e -3V a -25V para representar o "1" lógico.

Prática intermediária: Desenhe a transmissão dos bits “10111000” utilizando codificação NRZ e os níveis de tensão do V.24.

Na figura 4 apresenta-se, como exemplo, a topologia de um sistema de comunicação para transmitir dados através da rede telefônica. A fonte de dados (Micro 1) e o receptor de dados (Micro 2) são designados genericamente como ETD (Equipamento Terminal de Dados). O Equipamento de Comunicação de Dados ou ECD (ex: modem) possibilita a conexão à rede telefônica. A interação entre ETD e ECD é feita através da interface V.24/V.28 do ITU-T.

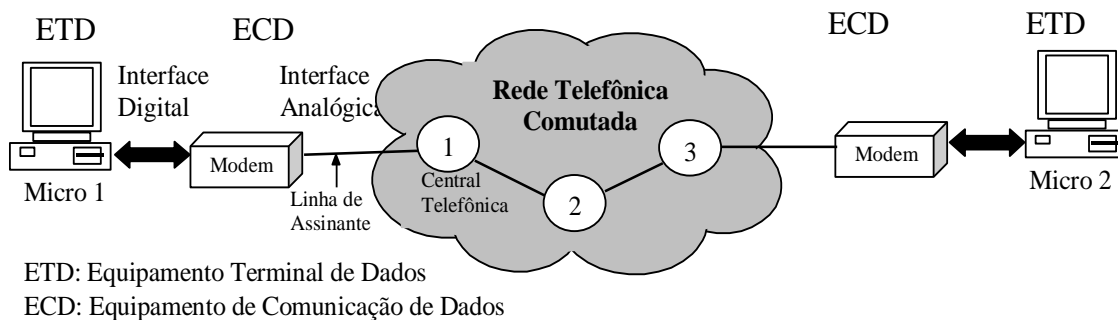


Fig. 4 - Ligação ponto-a-ponto entre dois computadores via rede telefônica

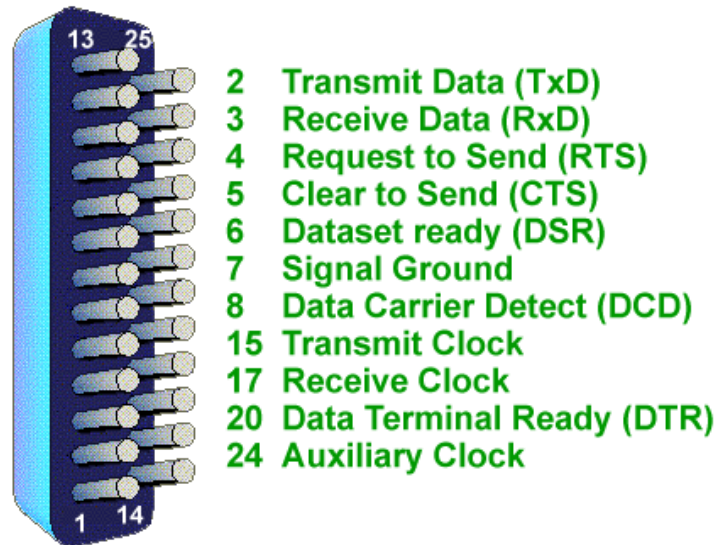
2.2.1. Tipos de Sinais da Interface V.24/V.28

A seguir serão analisados os principais pinos para dar uma noção mais genérica da interface:

- **TX:** pino 2 - é a linha utilizada para transmissão de dados;
- **RX:** pino 3 - é a linha utilizada para recepção dos dados;
- **GND:** pino 7 - é o terra lógico do conector. Todos os níveis de tensão utilizam como referência esta linha;
- **RTS:** pino 4 - Request To Send: pedido do DTE para o DCE para transmitir dados. Utilizado quando existe a necessidade de se efetuar uma transmissão;
- **CTS:** pino 5 - Clear To Send: permissão do DCE para o início da transmissão;
- **DSR:** pino 6 - Data Set Ready: indica que o DCE está pronto e energizado. Após ligar o equipamento, esta linha é ativada e assim permanece;
- **DTR:** pino 20 - Data Terminal Ready: indica que o DTE está pronto e energizado. Após ligar o equipamento, esta linha é ativada e assim permanece;
- **DCD:** pino 8 - Data Carrier Detect: indica que o DCE detectou portadora e deve começar a receber dados;
- **RI:** pino 22 - Ring Indicator: indica que está chegando uma ligação telefônica destinada àquele DCE, e se ele estiver em modo de resposta automática, poderá atender a ligação automaticamente após determinado número de rings.

Outra forma de ver os principais pinos (associados ao conector) é mostrada na figura a seguir, de <http://www.sangoma.com/signal.htm>.

RS232 Pinout on DB25



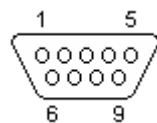
Ou, de http://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html.

No DB9, a pinagem é a seguinte:

<http://files.informatec-sp.com/pinagens.html#ydb9db9>.

Pinagem serial - RS-232C - conector DB9

Pino	Função	Abreviação
1	Data Carrier Detect	DCD
2	Receive Data	RX
3	Transmitted Data	TX
4	Data Terminal Ready	DTR
5	Signal Ground	GND
6	Data Set Ready	DSR
7	Request To Send	RTS
8	Clear To Send	CTS



visão olhando o conector de trás (a partir do cabo)

Como descrito anteriormente, o RM-OSI define quatro primitivas para a solicitação de qualquer tipo de serviço por parte de uma camada superior a uma camada inferior. O serviço é solicitado pela camada superior à camada inferior através da primitiva *Request*, e a resposta correspondente da camada inferior é dada através da primitiva *Confirm*. No sistema remoto tem-se a sinalização da camada inferior através da primitiva *Indication* e a resposta da camada superior através da primitiva *Response*. Na figura 6 mostra-se, como exemplo, a sequência de sinalização na interface V.24 para a fase de estabelecimento de uma conexão física. Nesta conexão a interface utiliza apenas três primitivas, pois não há um correspondente sinal na interface para a primitiva *Response* no sistema remoto.

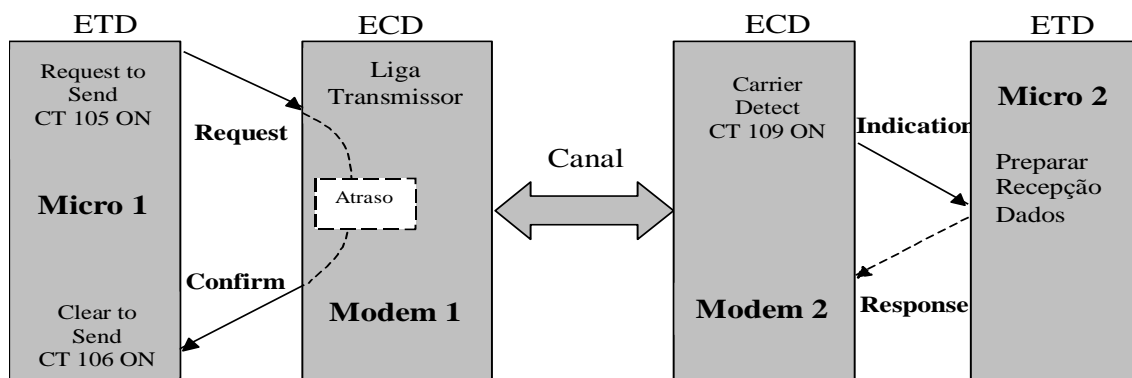


Fig. 6 - Equivalência entre os sinais da interface V.24 com as primitivas de requisição de serviços do RM-OSI. Nível de enlace requisitando serviço de conexão ao nível físico.

Visão funcional

A Figura 7 mostra a seqüência de sinalização na interface V.24 de forma funcional, de acordo com a função dos seus pinos.

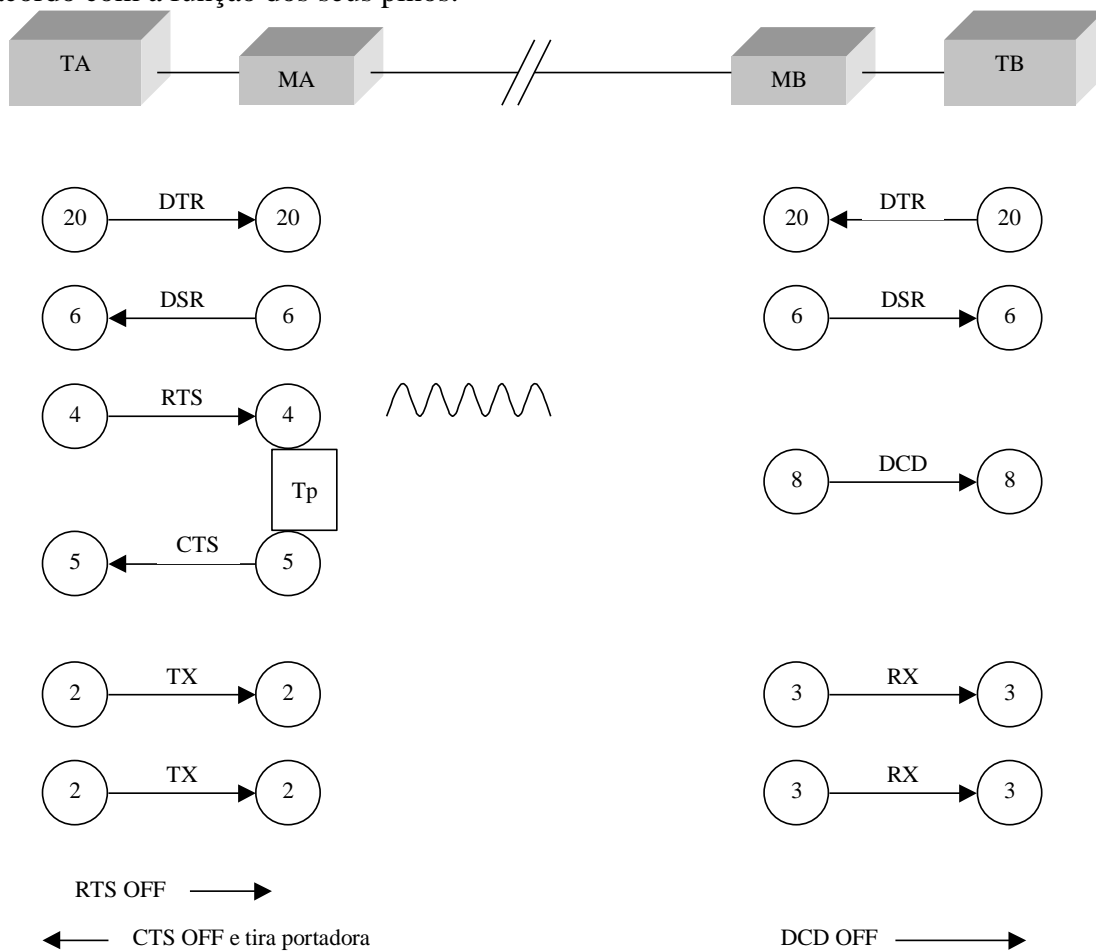


Fig. 7 – Visão funcional da interface V.24.

O Cabo “null” modem ou CrossOver Serial

A interface V.24 também permite conexões diretas de curta distância entre equipamentos terminais de dados (ETD). Ligações diretas do tipo ETD com ETD sem modems em distâncias curtas são frequentes. Neste caso, é utilizado o chamado cabo cruzado (*cross-over*) ou também cabo eliminador de modem, ilustrado na figura 8. Interconexões assíncronas ETD/ETD podem ser feitas em distâncias superiores a 50 m, porém interconexões síncronas em distâncias maiores que 15m (limite nominal da interface) devem ser evitadas.

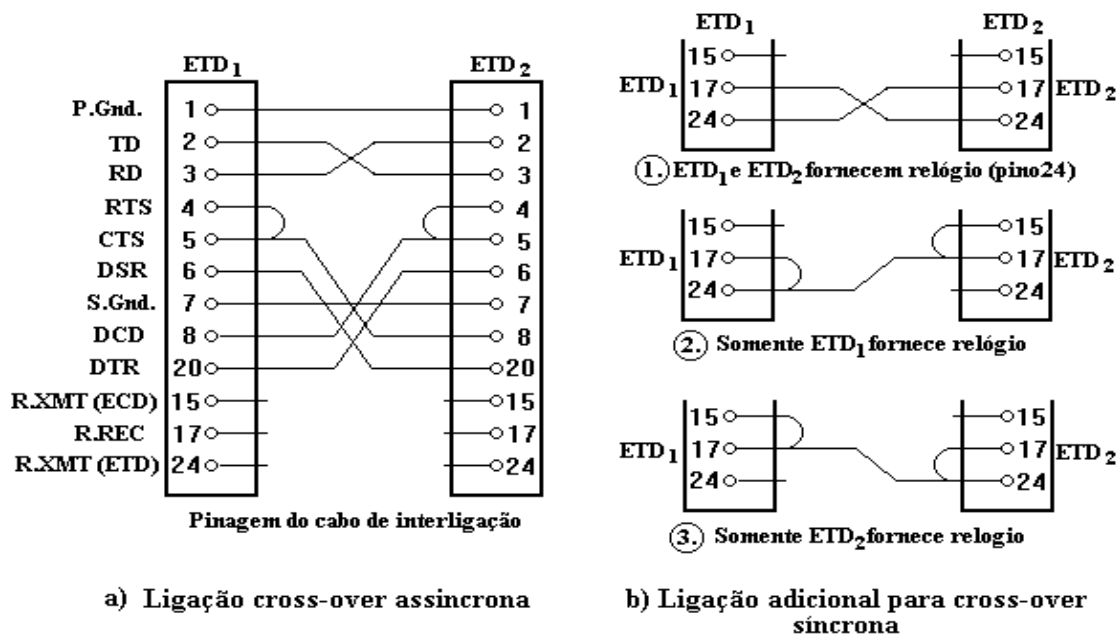


Fig. 8 - Ligação ETD/ETD através de cabo *cross-over* em distâncias curtas. (a) Ligação assíncrona. (b) Ligação síncrona

É possível simplificar ainda mais a ligação, deixando apenas 3 fios entre ETD e ECD. Nesse caso, ligam-se juntos no conector DSR, DTR e DCD. Nesse caso, o computador do destino acha que o outro lado está sempre presente (DSR) e pronto para receber dados, e fica com DCD sempre ativo, ficando também sempre pronto para receber dados.

Observa-se que a comunicação é Full-Duplex, e os dois lados estão sempre prontos para receber dados.

Prática intermediária: Faça a questão 1 das experiências deste laboratório – se houver grupos sem multímetro, fazer a questão 2.

2.2.2. Transmissão de Dados pela Interface V.24/V.28

Transmissão Assíncrona de Dados

Na transmissão assíncrona o terminal não fornece a cadência ou o sincronismo dos dados (relógio de transmissão). Neste caso, cada ETD utiliza o seu próprio relógio interno, que obviamente deve ter a mesma frequência nominal em cada ETD.

Em transmissão assíncrona, quando queremos transmitir um bloco de dados binários, este é segmentado em conjuntos de oito bits de informação, que podem ser acompanhados ou não de um bit de paridade. A eles são acrescentados um cabeçalho, constituído de um bit de início (*start bit*), e um finalizador, constituído de um ou dois bits de parada (*stop bits*), formando um conjunto de dez a doze bits (como ilustrado na figura 9).

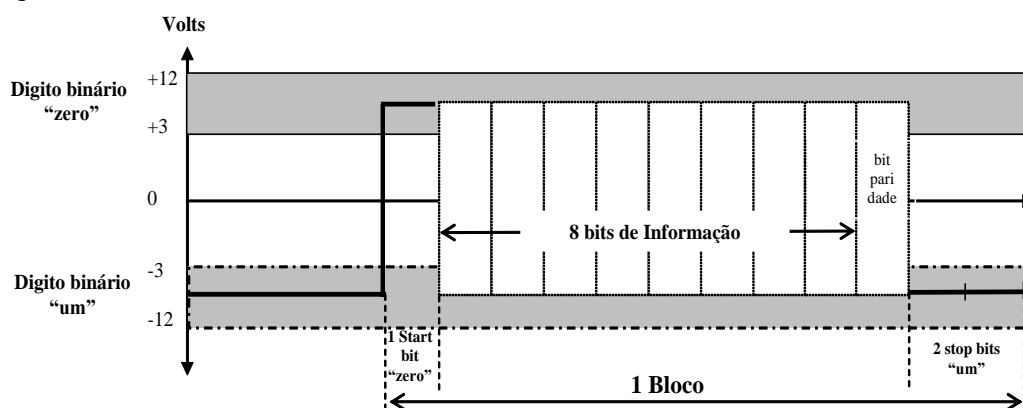


Fig. 9 - Transmissão assíncrona de caracteres ou bytes

O *start bit* ou cabeçalho é formado por um dígito binário zero, pois sinaliza o início do bloco de oito bits de informação. O finalizador, constituído de um a dois dígitos binários em *um* (também chamados de *stop bits*), indica o fim dos bits de informação. Os bits de *start* e *stop*, além de localizarem temporalmente os oito bits de informação, também têm a função de sincronizar a fase do relógio de recepção local no terminal de recepção.

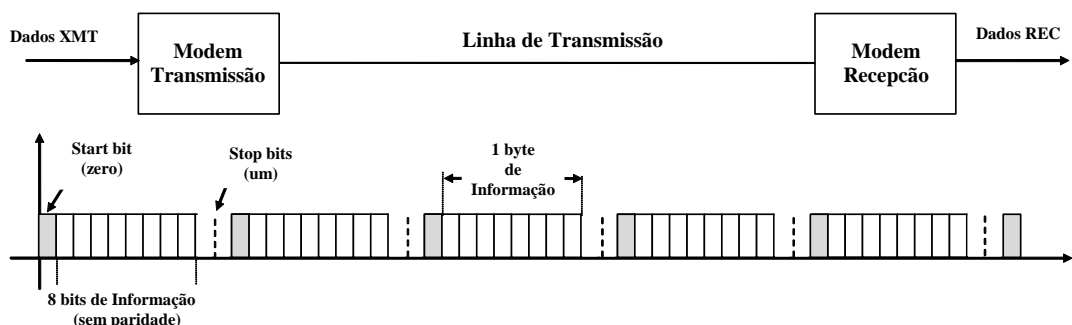


Fig. 10 - Transmissão assíncrona de um bloco de dados

Fica claro que a transmissão assíncrona, pelo fato de não se preocupar em enviar informação de sincronismo junto com os dados, possui uma implementação simples, mas, por outro lado, é pouco eficiente, pois para enviar oito bits de informação necessita um total de 11 bits, ou seja, uma eficiência $\eta = 8/11 = 0,72$ (72%). Na transmissão de

caracteres alfanuméricos, o nono bit às vezes ainda é utilizado para implementar um mecanismo de detecção de erros, baseado na paridade dos restantes oito bits de informação. Neste caso, a eficiência baixa para $\eta = 8/12 = 0,66$ (66%).

Praticamente todos os computadores possuem uma interface de comunicação serial do tipo assíncrona, ou seja, os dados fornecidos pela porta serial se apresentam da forma como é mostrado na figura 9 (caracteres soltos) ou segundo blocos de bytes como é mostrado na figura 10. Já os modems transmitem pela linha de forma síncrona. Para compatibilizar esta situação os modems dispõem internamente um bloco conversor do tipo assíncrono/síncrono e, desta forma, a interface serial assíncrona consegue enviar dados através de um canal síncrono.

Transmissão Síncrona de Dados

Um sistema de transmissão síncrono combina através de um código ou de uma técnica de modulação os sinais de *sincronismo de transmissão* e de *dados*, que é enviado pela linha em um único sinal. O receptor, por sua vez, decodifica este sinal, devolvendo o sinal de *sincronismo* e o sinal de *dados*, como ilustrado na figura 11.

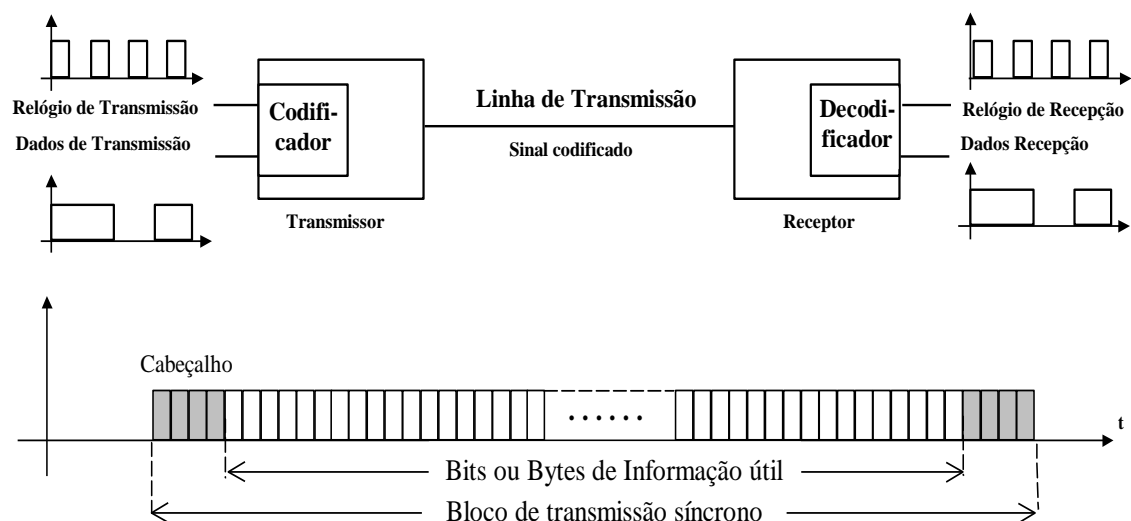


Fig. 11 - Características funcionais e blocos de dados em transmissão síncrona

Desta forma, torna-se necessário codificar os dados junto com o relógio, buscando a obtenção de um sinal mais adequado à transmissão pelo canal. Uma das funções dos modems síncronos (independente de ser analógico ou banda base) é, portanto, codificar e decodificar o sinal de *dados* e *sincronismo*, gerando um sinal único, mais adequado à transmissão pela linha física.

Os dados na transmissão síncrona são agrupados em blocos de tamanho variável, segundo múltiplos inteiros de bytes. Um bloco de dados é formado por um cabeçalho, um campo de informação e um finalizador. O cabeçalho normalmente contém a informação do protocolo daquele nível. O campo de informação útil pode variar desde algumas centenas de bytes até milhares de bytes. Pode-se verificar que a eficiência da transmissão síncrona chega próximo à capacidade máxima do enlace síncrono.

3. Atividades

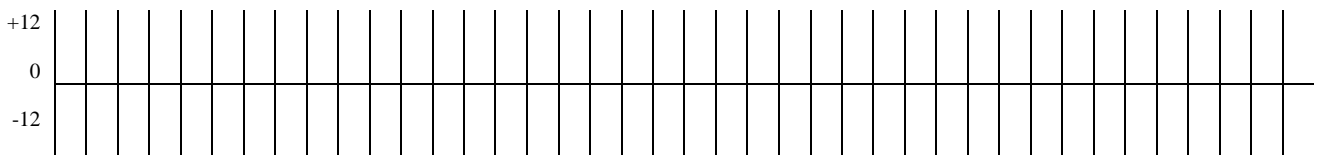
3.1. Exercícios (1 pt cada)

1. Suponha que dois computadores (A e B) estejam conectados diretamente pela porta serial via ligação cross-over assíncrona. Assuma, ainda, que um arquivo de 5 MB é transferido de A para B e que as portas seriais estão configuradas da seguinte forma:

- Bits por segundo: 4800
- Bits de dados: 8
- Paridade: par
- Bits de parada: 1

Desconsiderando o tráfego de controle gerado pelo protocolo empregado na sinalização (ex: XModem, YModem), determine:

- a. Número de bits que serão gerados para transmitir o arquivo;
 - b. Eficiência na transferência de informação;
 - c. Tempo estimado para completar a transmissão de todo o arquivo.
2. Suponha que dois computadores (A e B) estejam conectados diretamente pela porta serial via ligação cross-over assíncrona. Assuma, ainda, que os caracteres que compõe a palavra “PRO” são transferidos de A para B e que as portas seriais estão configuradas da seguinte forma:
- Bits por segundo: 2400
 - Bits de dados: 8
 - Paridade: par
 - Bits de parada: 1
- a. Ilustre a forma de onda que seria observada no trânsito entre A e B
 - b. Informe o tempo de bit (T_b).



3.2. Experiências (1 pt cada a menos onde explicitado diferente)

O arranjo experimental que será utilizado nesta experiência é apresentado na figura 12. O sistema de comunicações é constituído por dois computadores interconectados através de um cabo do tipo eliminador de modem ou cross-over, conectado nas portas de comunicação serial (COMn) dos computadores. Para um melhor acesso aos diversos circuitos da interface será utilizado um testador de dados (Data Test) configurado para a função de breakout box. Nesta função, o testador funciona unicamente como um monitor dos diversos sinais da interface V.24/V.28 que estão presentes no cabo cross-over.

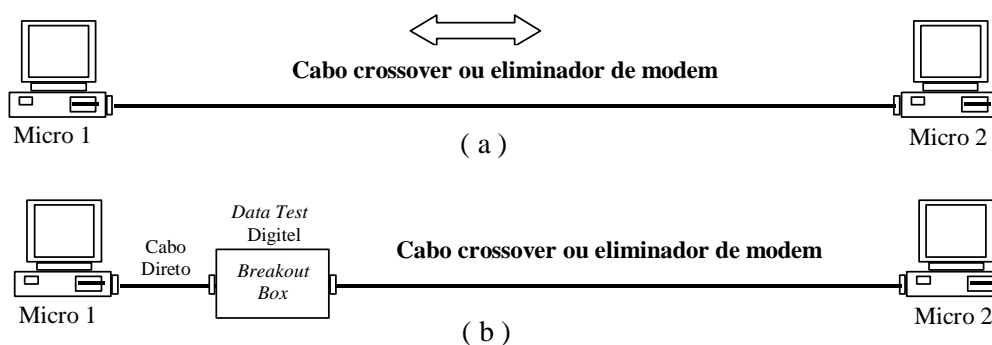


Fig. 12 - Interligação de dois computadores através de um cabo *cross-over* entre as portas seriais V.24/V.28 dos computadores: (a) sem *breakout box* (b) com *breakout box*

1. Ligue o multímetro e coloque o mesmo na opção de continuidade com “beep”:
 - a. Com uma ponta do multímetro no “pino 1” do cabo, e a outra ponta no “pino 1” do outro lado, verificar a continuidade. Continuar para o “pino 2” ao “pino 9”, e assim por diante para todas as conexões entre os dois lados do cabo. Desenhe um esquema dos diversos circuitos que estão conectados entre as duas portas seriais na experiência do laboratório.
 - b. Justifique os diversos cruzamentos entre os circuitos da interface.
2. Utilizando o aplicativo HyperTerminal do Windows, configure as portas seriais dos computadores inicialmente para 9600 bps, fazendo os computadores se comunicarem entre si. Teste a comunicação entre os dois computadores enviando caracteres avulsos a partir do teclado. Faça os seguintes itens:
 - a. Varie a taxa e verifique qual a velocidade máxima de funcionamento
 - b. Explique os seguintes parâmetros de configuração da porta COMn dos computadores utilizados (taxa de transmissão, paridade, número de bits de dados, número de stop bits).
 - c. Conceitue o que vem a ser a *taxa de transmissão física* e a *taxa de transferência de dados* por uma porta serial. Exemplifique para 9600 bit/s, sem paridade, 8 bits de dados, 1 stop.
 - d. O sistema de comunicação de dados implantado acima é assíncrono ou síncrono? Por quê?
3. Desenhe e compare a modelagem RM-OSI do sistema de comunicação utilizado no laboratório em relação à figura 2. Pense na figura 2 como a modelagem original OSI. Pense na figura 6 como a modelagem OSI do RS-232. Agora pense no que foi

utilizado no laboratório. Associe para cada primitiva os sinais que permitem sua execução, e justifique caso algum sinal não esteja presente no sistema utilizado.

4. **(1,5 pts)** Faça os seguintes itens (OBS: sugere-se utilizar a função de memória do osciloscópio para congelar o caracter recebido):
 - a. Obtenha a forma de onda **da primeira letra do primeiro nome do componente mais novo do grupo** com as seguintes configurações: (9600 bit/s, 1 stop, 8 bits de dados, sem paridade). Mostre a foto do osciloscópio. **IMPORTANTE:** Caso seu grupo esteja dividindo o osciloscópio com outra dupla, você deve tirar uma ou mais fotos relativas ao seu grupo, e o outro grupo deve tirar outras fotos relativas ao outro grupo. Essa observação vale para as outras questões também.
 - b. Justifique a forma de onda observada, bit a bit, comparando a parte de dados com a tabela ASCII.
 - c. Justifique a duração do caracter, comparando a taxa de transmissão configurada e a largura de cada bit no osciloscópio.
5. **(1,5 pts)** Efetue (opção “transferir”+“enviar arquivo de texto”) a transferência de um arquivo de texto contendo os caracteres formados **pela primeira letra do primeiro nome de cada um dos componentes do grupo, com um mínimo de 3 e máximo de 5 caracteres**. Mostre a foto da forma de onda gerada, explicando onde está cada caractere e todos sinais de controle. Utilize 9600bit/s, 1 stop, 8 bits de dados, paridade par. **Importante:** cada grupo deve tirar uma foto por caracter, senão fica muito difícil de interpretar. Para 3 caracteres, sugere-se três fotos.
6. Repita os itens da questão 4, porém utilizando o caractere formado pela **segunda letra do primeiro nome do mesmo componente do grupo**, e a configuração 19200 bit/s, 2 stop bits, 7 bits de dados, paridade ímpar.
7. A porta serial do computador pode ser configurada para dois tipos de controle de fluxo: através dos sinais de controle RTS (CT 105) e CTS (CT 106) e através dos caracteres X-on (DC1 na tabela ASCII ou *start*) e X-off (DC3 ou *stop*).
 - a. Explique o funcionamento de cada um deles.
 - b. Por quê o controle de fluxo não funciona para o sistema de comunicação da figura 12?